



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES

MÁSTER UNIVERSITARIO EN DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

**ESTUDIO DEL USO DE LAS HERRAMIENTAS Y
TÉCNICAS DE LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE
PROYECTOS Y SU RELACIÓN CON EL ÉXITO EN
EL ÁMBITO DE LA INGENIERÍA QUÍMICA**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

AUTOR:

Borja Llorens Bellón

DIRECTORA:

Dra. Rosario Viñoles Cebolla

València, abril de 2017



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA



Índice de contenidos

1.	Introducción.....	11
2.	Justificación.....	13
3.	Objetivos.....	15
4.	Bases de la dirección y gestión de proyectos y de las metodologías ágiles	17
4.1.	Proyecto y dirección y gestión de proyectos	17
4.2.	Éxito de la dirección y gestión de proyectos	19
4.3.	Asociaciones y estándares de la dirección y gestión de proyectos	21
4.3.1.	International Project Management Association (IPMA).....	21
4.3.2.	Project Management Institute (PMI)	24
4.3.3.	AXELOS Global Best Practice.....	30
4.3.4.	International Organization for Standardization (ISO).....	34
4.4.	Aplicación de las metodologías ágiles en la dirección y gestión de proyectos	41
4.4.1.	El manifiesto ágil.....	42
4.4.2.	Metodologías ágiles	44
4.4.2.1.	Scrum	44
4.4.2.2.	Kanban	45
5.	Identificación y descripción de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.....	47
5.1.	Herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional	47
5.2.	Herramientas y técnicas de las metodologías ágiles aplicadas a la dirección y gestión de proyectos	48
5.3.	Descripción de las herramientas y técnicas más usadas en la dirección y gestión de proyectos	49
5.3.1.	Herramientas y técnicas más usadas en la dirección y gestión de proyectos convencional.....	49
5.3.2.	Herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.....	55
5.3.2.1.	Análisis con lista de verificación	55
5.3.2.2.	Análisis de las partes interesadas	55
5.3.2.3.	Análisis del valor ganado	58
5.3.2.4.	Auditorías	59
5.3.2.5.	Casa de la calidad.....	59
5.3.2.6.	Diagrama de causa y efecto.....	62
5.3.2.7.	Diagrama de Gantt	63
5.3.2.8.	Estructuras de descomposición	63

5.3.2.9.	Gráfico de control.....	64
5.3.2.10.	Habilidades interpersonales	66
5.3.2.11.	Indicadores financieros	67
5.3.2.12.	Matriz de probabilidad e impacto	68
5.3.2.13.	Método del camino crítico (CPM).....	69
5.3.2.14.	Métodos de comunicación	71
5.3.2.15.	Proyecciones y pronósticos.....	71
5.3.2.16.	Reuniones.....	73
5.3.2.17.	Software de gestión.....	73
5.3.2.18.	Toma de decisiones.....	74
5.3.2.19.	Tormenta de ideas	75
5.3.2.20.	Valor monetario esperado.....	75
5.3.3.	Herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.....	76
5.3.3.1.	Estimación de póker	76
5.3.3.2.	Estimación de tiempos	77
5.3.3.3.	Gráfico de avance.....	78
5.3.3.4.	Gráfico de producto.....	78
5.3.3.5.	Límite del WIP	79
5.3.3.6.	Pila de trabajo pendiente	79
5.3.3.7.	Retrospectiva.....	80
5.3.3.8.	Reunión diaria	80
5.3.3.9.	Revisión del sprint.....	81
5.3.3.10.	Tablero	81
6.	La ingeniería química y su relación con la dirección y gestión de proyectos	83
6.1.	Concepto de ingeniería química	84
6.2.	Perfil profesional del ingeniero químico	85
6.2.1.	Competencias del ingeniero químico	85
6.2.2.	Perfiles para el grado y el máster en ingeniería química.....	88
6.3.	La ingeniería química y su relación con la dirección y gestión de proyectos..	89
6.4.	Contenidos de dirección y gestión de proyectos en las titulaciones de grado y máster en ingeniería química de las universidades públicas de la Comunitat Valenciana	91
7.	Caso de estudio.....	95
7.1.	Descripción del método	96
7.2.	Diseño de cuestionarios	96
7.3.	Resultados del uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.....	101
7.3.1.	Resultados asociados a los ingenieros químicos	102

7.3.1.1.	Resultados del bloque I: perfil profesional	102
7.3.1.2.	Resultados del bloque II: empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional	104
7.3.1.3.	Resultados del bloque III: empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles	105
7.3.2.	Resultados asociados a los directores de proyectos.....	105
7.3.2.1.	Resultados del bloque I: perfil profesional	106
7.3.2.2.	Resultados del bloque II: empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional	108
7.3.2.3.	Resultados del bloque III: empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles	109
7.4.	Análisis de resultados	109
7.4.1.	Determinación del error muestral	110
7.4.2.	Comparación de resultados.....	111
7.4.2.1.	Perfil profesional	111
7.4.2.2.	Empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional	113
7.4.2.3.	Empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles	115
7.4.3.	Análisis estadístico	118
7.4.3.1.	Posición	118
7.4.3.2.	Dispersión.....	124
7.4.3.3.	Asimetría y curtosis.....	128
7.4.4.	Análisis de regresión lineal.....	131
7.4.4.1.	Consideraciones previas	132
7.4.4.2.	Formulación del modelo e hipótesis.....	133
7.4.4.3.	Cálculo del modelo de regresión lineal múltiple.....	134
8.	Conclusiones.....	143
9.	Líneas futuras de investigación	145
10.	Bibliografía.....	147
Anexos	155
Anexo 1.	Clasificación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.....	155
Anexo 2.	Comparación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos consideradas en los estudios de determinación de las más utilizadas por los expertos.....	159
Anexo 3.	Diseño de encuestas	163

Índice de tablas

<i>Tabla 1. Elementos competenciales de la ICB 3.</i>	23
<i>Tabla 2. Elementos competenciales de la ICB 4.</i>	24
<i>Tabla 3. Relación entre procesos, grupos de procesos y áreas de conocimiento.</i>	28
<i>Tabla 4. Características de los certificados del PMI.</i>	29
<i>Tabla 5. Procesos y actividades de PRINCE2.</i>	33
<i>Tabla 6. Niveles de certificación de PRINCE2.</i>	34
<i>Tabla 7. Grupos de materias de la norma ISO 21500.</i>	36
<i>Tabla 8. Grupos de procesos de la norma ISO 21500.</i>	37
<i>Tabla 9. Relación entre procesos, grupos de procesos y grupos de materia.</i>	38
<i>Tabla 10. Competencias de la ICB 3 de IPMA en la norma ISO 21500.</i>	40
<i>Tabla 11. Clasificación de las herramientas y técnicas del PMBOK y PRINCE2 (I).</i>	47
<i>Tabla 12. Clasificación de las herramientas y técnicas del PMBOK y PRINCE2 (II).</i>	48
<i>Tabla 13. Clasificación de las herramientas y técnicas de Scrum y Kanban.</i>	49
<i>Tabla 14. Investigaciones sobre el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.</i>	50
<i>Tabla 15. Herramientas y técnicas consideradas por autores en sus investigaciones (I).</i>	51
<i>Tabla 16. Herramientas y técnicas consideradas por autores en sus investigaciones (II).</i>	51
<i>Tabla 17. Prioridad en el uso de las herramientas y técnicas según las investigaciones.</i>	52
<i>Tabla 18. Clasificación de las herramientas y técnicas seleccionadas.</i>	54
<i>Tabla 19. Lista de verificación.</i>	55
<i>Tabla 20. Datos de aprovisionamiento de materiales.</i>	65
<i>Tabla 21. Indicadores financieros de un proyecto de mejora de una planta industrial.</i>	68
<i>Tabla 22. Tormenta de ideas.</i>	75
<i>Tabla 23. Cálculo del valor monetario esperado.</i>	76
<i>Tabla 24. Pila de trabajo pendiente.</i>	80
<i>Tabla 25. Competencias comunes de la ingeniería química y la dirección de proyectos.</i>	90
<i>Tabla 26. Contenidos sobre dirección y gestión de proyectos en ingeniería química.</i>	92
<i>Tabla 27. Competencias de dirección y gestión de proyectos en ingeniería química.</i>	94
<i>Tabla 28. Equivalencia numérica de las opciones de respuesta del cuestionario.</i>	97
<i>Tabla 29. Listado de herramientas y técnicas con fuerte asimetría y/o datos anómalos.</i>	131
<i>Tabla 30. Definición de las variables del modelo de regresión lineal múltiple.</i>	133
<i>Tabla 31. Análisis de regresión lineal para el cumplimiento de plazos.</i>	135
<i>Tabla 32. Análisis de regresión lineal para el cumplimiento de costes.</i>	137
<i>Tabla 33. Análisis de regresión lineal para las expectativas del cliente.</i>	139
<i>Tabla 34. Análisis de regresión lineal para la dirección del equipo del proyecto.</i>	141
<i>Tabla 35. Relación entre herramientas y técnicas, grupos de procesos y áreas de conocimiento.</i>	157
<i>Tabla 36. Comparación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos con las seleccionadas para el estudio de Besner y Hobbs.</i>	161
<i>Tabla 37. Comparación de las herramientas y técnicas seleccionadas para realizar estudios sobre el uso de las mismas.</i>	162

Índice de figuras

<i>Figura 1. Esquema de la distribución de los objetivos.</i>	16
<i>Figura 2. Triángulo de hierro.</i>	19
<i>Figura 3. Matriz de poder/interés.</i>	56
<i>Figura 4. Matriz de poder/influencia.</i>	57
<i>Figura 5. Matriz de impacto/influencia.</i>	57
<i>Figura 6. Elementos de la casa de la calidad.</i>	60
<i>Figura 7. Casa de la calidad.</i>	61
<i>Figura 8. Diagrama de causa y efecto.</i>	62
<i>Figura 9. Diagrama de Gantt.</i>	63
<i>Figura 10. Estructura de descomposición del trabajo.</i>	64
<i>Figura 11. Gráfico de control.</i>	65
<i>Figura 12. Matriz de probabilidad e impacto.</i>	69
<i>Figura 13. Método del camino crítico.</i>	70
<i>Figura 14. Cartas de estimación de póker.</i>	76
<i>Figura 15. Gráfico de avance.</i>	78
<i>Figura 16. Previsión de fechas sobre el gráfico de producto.</i>	79
<i>Figura 17. Tablero físico.</i>	81
<i>Figura 18. Resultados de la pregunta 1 para ingenieros químicos.</i>	102
<i>Figura 19. Resultados de la pregunta 2 para ingenieros químicos.</i>	102
<i>Figura 20. Resultados de la pregunta 3 para ingenieros químicos.</i>	102
<i>Figura 21. Resultados de la pregunta 4 para ingenieros químicos.</i>	102
<i>Figura 22. Resultados de la pregunta 5 para ingenieros químicos.</i>	103
<i>Figura 23. Resultados de las preguntas 6 a la 9 para ingenieros químicos.</i>	103
<i>Figura 24. Resultados de las preguntas 10 a la 29 para ingenieros químicos.</i>	104
<i>Figura 25. Resultados de las preguntas 30 a la 39 para ingenieros químicos.</i>	105
<i>Figura 26. Resultados de la pregunta 1 para directores de proyectos.</i>	106
<i>Figura 27. Resultados de la pregunta 2 para directores de proyectos.</i>	106
<i>Figura 28. Resultados de la pregunta 3 para directores de proyectos.</i>	106
<i>Figura 29. Resultados de la pregunta 4 para directores de proyectos.</i>	106
<i>Figura 30. Resultados de la pregunta 5 para directores de proyectos.</i>	107
<i>Figura 31. Resultados de las preguntas 6 a la 9 para directores de proyectos.</i>	107
<i>Figura 32. Resultados de las preguntas 10 a la 29 para directores de proyectos.</i>	108
<i>Figura 33. Resultados de las preguntas 30 a la 39 para directores de proyectos.</i>	109
<i>Figura 34. Media aritmética de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.</i>	119
<i>Figura 35. Media aritmética del uso de las herramientas y técnicas convencionales.</i>	120
<i>Figura 36. Media aritmética del uso de las herramientas y técnicas ágiles.</i>	120
<i>Figura 37. Mediana de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.</i>	122
<i>Figura 38. Mediana del uso de las herramientas y técnicas convencionales.</i>	123
<i>Figura 39. Mediana del uso de las herramientas y técnicas ágiles.</i>	123
<i>Figura 40. Desviación típica de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.</i>	126
<i>Figura 41. Desviación típica del uso de las herramientas y técnicas convencionales.</i>	126
<i>Figura 42. Desviación típica del uso de las herramientas y técnicas ágiles.</i>	127
<i>Figura 43. Asimetría y curtosis de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.</i>	129
<i>Figura 44. Asimetría y curtosis del uso de las herramientas y técnicas convencionales.</i>	130

Figura 45. Asimetría y curtosis del uso de las herramientas y técnicas ágiles. 130

1. Introducción

La dirección y gestión de proyectos es una disciplina transversal, cuyos conocimientos pueden ser aprendidos y aplicados por profesionales de cualquier ámbito en el que se desarrollen proyectos, con el objetivo de que la ejecución de éstos acabe siendo exitosa desde el punto de vista del cumplimiento de costes, del cumplimiento de plazos, de la satisfacción de los requisitos del cliente, y de la dirección del equipo del proyecto.

Sin embargo, y pese a que en la actualidad existen un sinnúmero de metodologías, herramientas, técnicas y buenas prácticas relacionadas con la dirección y gestión de proyectos, la realidad es que las empresas y organizaciones, en su mayoría, no utilizan muchas de ellas, ya sea porque sus empleados no tienen una formación específica o una certificación en dirección y gestión de proyectos, o porque, a pesar de que éstos tienen los suficientes conocimientos para entender sus fundamentos y su funcionamiento, no disponen de los medios adecuados para ello. En cualquier caso, no utilizarlas implica una mayor probabilidad de que el desarrollo de los proyectos sea inadecuado, incurriendo en un descontrol de los plazos, de los costes y de los resultados.

Debido a su carácter transversal, las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos se pueden usar en ámbitos como el de la ingeniería química, puesto que, desde sus orígenes, la labor de los ingenieros químicos ha estado íntimamente relacionada con el diseño y desarrollo de procesos y productos del sector químico, lo que evidencia una clara necesidad de aplicar dichas herramientas y técnicas para satisfacer las necesidades y expectativas del cliente, cumpliendo con las limitaciones o restricciones temporales y económicas.

Así pues, en este Trabajo de Fin de Máster se realizará un estudio sobre el grado de utilización de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de ingenieros químicos en el ejercicio de su profesión. Además, atendiendo a los resultados obtenidos, se determinará de qué manera el uso de dichas herramientas y técnicas influye sobre los criterios de éxito de la dirección y gestión de proyectos.

2. Justificación

La decisión de llevar a cabo un estudio sobre el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos y su relación con el éxito en el ámbito de la ingeniería química se debe a diversos motivos, los cuales se indican a continuación.

Desde un **punto de vista científico**, el desarrollo de este trabajo implica la generación de nuevos conocimientos, puesto que hasta la fecha no existe, en el estado del arte, ningún estudio que haya intentado determinar si hay alguna relación entre el grado de utilización de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos y los criterios de éxito asociados a ésta.

Desde un **punto de vista sociológico**, la elaboración de este trabajo conlleva describir la situación actual de las tituladas y titulados en ingeniería química en relación al empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos en el entorno profesional.

Finalmente, desde un **punto de vista académico**, la realización de este trabajo supone demostrar la capacidad de aplicación, por parte del alumno, de los conocimientos adquiridos en las asignaturas en las que se estructura el plan de estudios del Máster Universitario en Dirección y Gestión de Proyectos, para desarrollar un caso de estudio de elevada complejidad relacionado con esta disciplina.

3. Objetivos

El objetivo principal del presente Trabajo de Fin de Máster consiste en estudiar el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos y su relación con el éxito en el ámbito de la ingeniería química. Sin embargo, para superar dicho objetivo satisfactoriamente, primero se deben alcanzar otros más específicos, como:

- Recopilar las definiciones de *proyecto*, *dirección* y *gestión de proyectos* y *éxito de la dirección* y *gestión de proyectos*, aportadas por expertos en la disciplina.
- Describir las principales asociaciones profesionales de dirección y gestión de proyectos, así como los estándares que estas organizaciones desarrollan.
- Detallar los fundamentos de las metodologías ágiles y su aplicación en la dirección y gestión de proyectos.
- Identificar y organizar coherentemente las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.
- Seleccionar y describir las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, y las de las metodologías ágiles, más utilizadas por los expertos.
- Recopilar definiciones de *ingeniería química*, aportadas por distintos autores.
- Describir el perfil profesional básico y específico de los ingenieros químicos mediante competencias.
- Relacionar las competencias de ingenieros químicos y directores de proyectos.
- Comparar el contenido relacionado con la dirección y gestión de proyectos en los estudios de grado y máster en ingeniería química de la red pública de enseñanzas universitarias de la Comunitat Valenciana.
- Diseñar un cuestionario para ingenieros químicos y otro para directores de proyectos en el que se pregunte por el perfil profesional del experto y por el grado de uso de las herramientas y técnicas seleccionadas.
- Recopilar, estructurar y comparar los resultados de los expertos en ingeniería química con los de los directores de proyectos.
- Analizar, desde el punto de vista estadístico, los resultados obtenidos mediante los cuestionarios, empleando los parámetros más adecuados en cada caso.
- Determinar la relación entre los criterios de éxito y las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos mediante modelos de regresión lineal.
- A partir de los resultados del estudio, proponer líneas de investigación futuras.

En relación con lo anterior, para facilitar la comprensión sobre la distribución de los objetivos que se tratarán en cada capítulo, se muestra un esquema en la Figura 1.

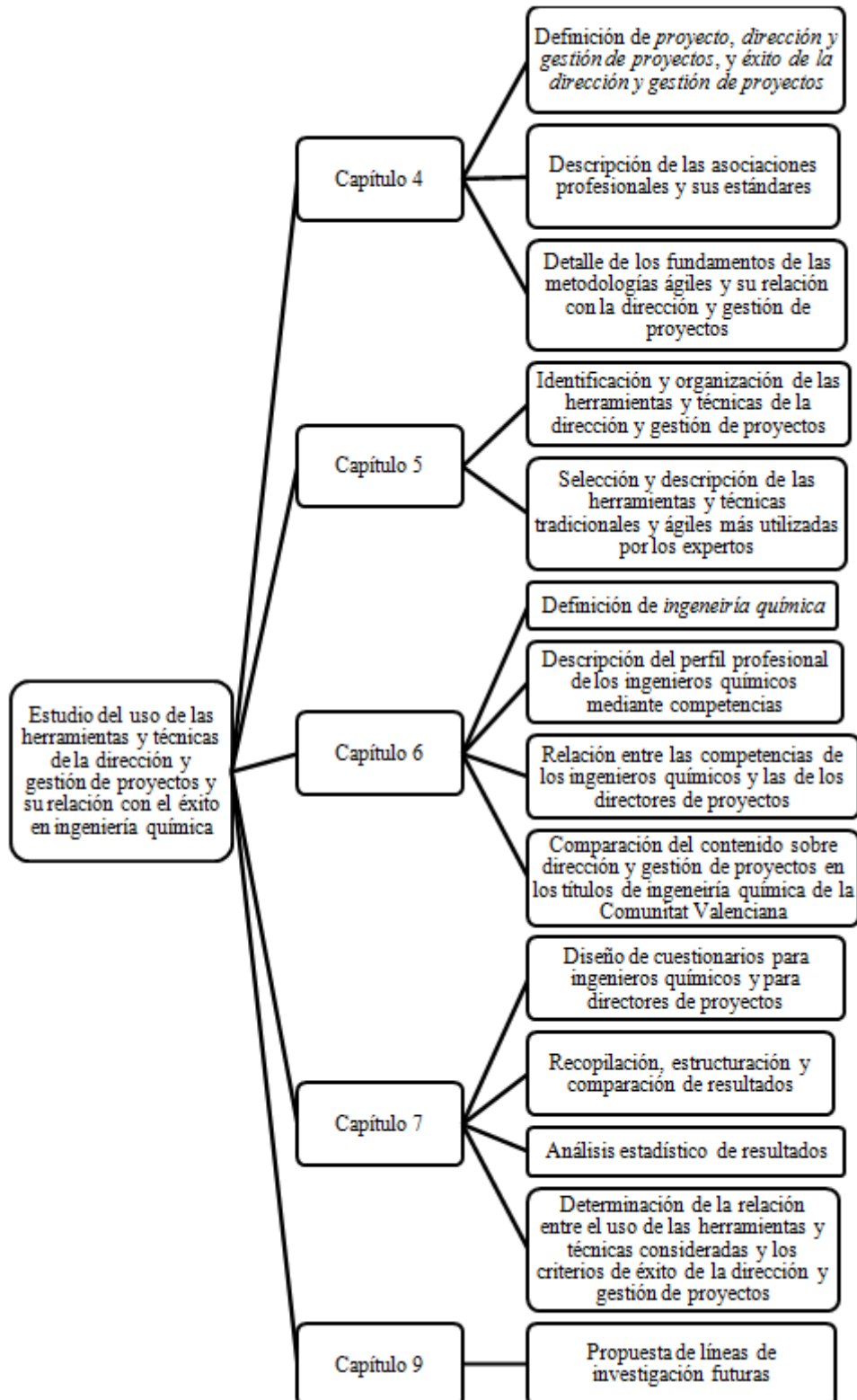


Figura 1. Esquema de la distribución de los objetivos.

Fuente: Elaboración propia.

4. Bases de la dirección y gestión de proyectos y de las metodologías ágiles

La dirección y gestión de proyectos surge en las organizaciones como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas para satisfacer requerimientos. Durante la evolución de esta disciplina, un elevado número de técnicas se han creado para emplearse en situaciones específicas.

La aparición de asociaciones profesionales en el ámbito de la dirección y gestión de proyectos ha significado que, desde la década de los 60, las organizaciones han incrementado su interés en la planificación de las actividades de los proyectos, hasta el punto de que los estándares y cuerpos de conocimiento se aplican en la mayor parte del mundo (Montes-Guerra et al., 2015).

Según Morris et al. (2006), los cuerpos de conocimiento constituyen marcos y estándares, los cuales contienen directrices y buenas prácticas que permiten mejorar las habilidades, formarse y gestionar proyectos.

Para ayudar a la estandarización e implementación de prácticas, diversas herramientas han sido desarrolladas por asociaciones tales como *Project Management Institute* (PMI) o *International Project Management Association* (IPMA), entre otras.

De acuerdo con Winter et al. (2006), la dirección y gestión de proyectos se ha convertido en un campo emergente, con un alcance académico y profesional amplio, y con la necesidad de desarrollarse así como de actualizarse de una forma normalizada.

4.1. Proyecto y dirección y gestión de proyectos

Etimológicamente, la palabra *proyecto* deriva del latín *projectus*, que a su vez proviene de *projicere* (concebir, elaborar, idear, trazar, llevar a cabo, poner en ejecución o poner en obra).

El término *proyecto* suele utilizarse frecuentemente en muy diversos contextos interpretándose, en consecuencia, de distintas formas. Esta diversidad de significados se debe fundamentalmente a tres variables que individualizan el contexto en que se usa: el tema objeto de la conversación, la especialización de los interlocutores y las coordenadas temporales en relación con el ciclo de vida del proyecto (Ayuso y Peña, 2009).

De esta manera, se procede a recopilar varias definiciones de *proyecto* y de *dirección y gestión de proyectos*, elaboradas por diferentes asociaciones profesionales y autores expertos en la materia.

Definición de proyecto.

- Un proyecto es una combinación de recursos humanos y materiales, reunidos temporalmente en una organización, para conseguir un propósito determinado (Cleland y King, 1975).
- Un proyecto es la combinación de recursos humanos necesarios reunidos en una organización temporal, para la transformación de una idea en realidad (De Cos, 1995).
- Un proyecto es un conjunto de actividades intelectuales estructuradas y ordenadas que establece lo que hay que hacer y cómo hacerlo para resolver un problema complejo, descomponible en subproblemas relacionados entre sí (Gómez-Senent, 1998).
- Un proyecto es un conjunto único de procesos que consta de actividades coordinadas y controladas, con fechas de inicio y fin, que se llevan a cabo para lograr unos objetivos, requiriéndose la provisión de entregables que satisfagan requisitos específicos, y pudiendo estar sujeto a múltiples restricciones (AENOR, 2013).
- Un proyecto es un esfuerzo temporal, único, multidisciplinar y organizado para elaborar entregables acordados según unos requerimientos y restricciones (IPMA, 2015).
- Un proyecto es un conjunto de actividades o tareas multifuncionales que consumen recursos (dinero, personas, equipamiento, etc.) y se caracterizan por tener un objetivo específico a cumplir, con una fecha definida de comienzo y finalización, así como con límites presupuestarios asignados (Kerzner, 2009).
- Un proyecto es una organización temporal que es creada con el propósito de entregar uno o más productos comerciales de acuerdo con un caso de negocio pactado (OGC, 2009).
- Un proyecto es un esfuerzo temporal (con un principio y un final definidos), el cual se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único que puede ser tangible o intangible (PMI, 2013).
- Un proyecto es un conjunto de escritos, cálculos y dibujos que se hacen para dar idea de cómo ha de ser y lo que ha de costar una obra de arquitectura o de ingeniería (RAE, 2016).

Definición de dirección y gestión de proyectos.

- La dirección y gestión de proyectos es la aplicación de métodos, herramientas, técnicas y competencias a un proyecto, llevándose a cabo mediante procesos enfocados desde un punto de vista sistémico. Incluye, además, la integración de las diversas fases del ciclo de vida del proyecto, las cuales deben tener entregables específicos, revisados regularmente para cumplir con los requisitos del patrocinador, de los clientes y de otras partes interesadas (AENOR, 2013).

- La dirección y gestión de proyectos consiste en la planificación, organización, seguimiento y control de todos los aspectos de un proyecto, así como la motivación de todos aquellos implicados en el mismo, para alcanzar los objetivos del proyecto de una forma segura y satisfaciendo las especificaciones definidas de plazo, coste y resultados (rendimiento/prestaciones). Ello también incluye el conjunto de tareas de liderazgo, organización y dirección técnica del proyecto, necesarias para su correcto desarrollo (AEIPRO, 2001).
- La dirección y gestión de proyectos consiste en la planificación, organización, dirección y control de los recursos de la compañía para cumplir con objetivos y metas establecidos. Además, permite combinar la jerarquía vertical con la horizontal, mediante la asignación de personas a proyectos (Kerzner, 2009).
- La dirección y gestión de proyectos es la planificación, la delegación, el seguimiento y el control de todos los aspectos del proyecto, y la motivación de aquellos involucrados, con el fin de conseguir los objetivos del proyecto cumpliendo con las restricciones de tiempo, coste, calidad, alcance, beneficios y riesgos (OGC, 2009).
- Según PMI (2013), la dirección de proyectos es la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del mismo. Se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de la dirección de proyectos, agrupados de manera lógica, categorizados en cinco grupos de procesos (inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre).

4.2. Éxito de la dirección y gestión de proyectos

Cuando se realizan consideraciones sobre el éxito de la dirección y gestión de proyectos, es posible encontrar multitud de enfoques diferentes. Uno de los más tradicionales es el denominado *triángulo de hierro*, el cual afirma que coste, tiempo y resultados son las tres variables que caracterizan cualquier proyecto (véase la Figura 2), las cuales deben gestionarse adecuadamente, y de forma conjunta, para conseguir el éxito (Machado et al., 2015).

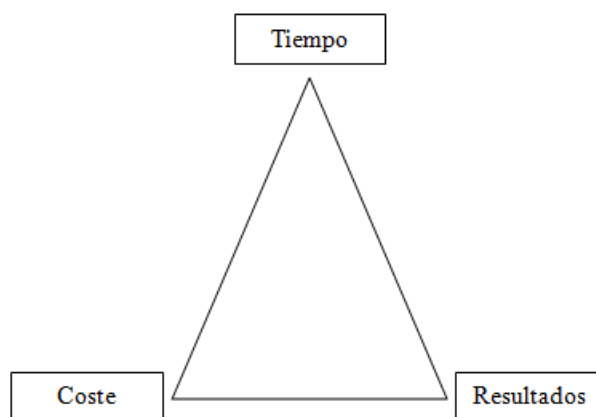


Figura 2. Triángulo de hierro.
Fuente: Elaborada a partir de Kerzner, 2009.

Sin embargo, a pesar de que esta forma gráfica de representar el éxito de la dirección y gestión de proyectos ha sido ampliamente aceptada durante décadas, muchos autores e instituciones expertas en esta disciplina han desarrollado sus propias definiciones para este concepto a lo largo de los años. Así pues, a continuación se recopilan las definiciones más representativas, ordenadas cronológicamente.

- El proyecto se considera exitoso si éste cumple las especificaciones técnicas y si el nivel de satisfacción de las partes interesadas (el equipo del proyecto, la organización y el cliente) es elevado (Wit, 1988).
- El éxito de la dirección y gestión de proyectos es la apreciación de los resultados de la dirección y gestión del proyecto por las partes interesadas relevantes (IPMA, 2006).
- Históricamente, la definición de éxito ha sido relacionada con las expectativas del cliente, independientemente de si éste es interno o externo. El éxito, además, se define a partir del trabajo realizado, teniendo en cuenta las restricciones de tiempo, coste y resultados (Kerzner, 2009).
- El éxito se define como el grado en el que las expectativas y las metas de los proyectos se cumplen, teniendo en cuenta los elementos técnicos, financieros, educativos, sociales y profesionales de los individuos y de los objetivos planteados (Ellatar, 2009).
- El éxito del proyecto depende de la perspectiva de las partes interesadas, de la tipología de proyecto y de la perspectiva temporal (Carvalho et al., 2011).
- Dado que los proyectos son de naturaleza temporal, el éxito de un proyecto debe medirse en términos de completar el proyecto dentro de las restricciones de alcance, tiempo, coste, calidad, recursos y riesgos, aprobadas por los directores de proyectos conjuntamente con la dirección general (PMI, 2013).
- El éxito se refiere al alcance de las metas y a la obtención de beneficios predichos en el proyecto. En este sentido, se trata de la efectividad de una iniciativa en relación con el logro de los objetivos iniciales, permitiendo a la organización disfrutar de los beneficios resultantes (Morioka et al., 2014).

Analizando las definiciones anteriores, se concluye que, a medida que el tiempo ha transcurrido, el concepto de éxito de la dirección y gestión de proyectos ha pasado de únicamente hacer referencia a las satisfacción de las partes interesadas y al cumplimiento de las especificaciones técnicas, a incorporar progresivamente más elementos, tales como coste, tiempo, resultados, objetivos, recursos, riesgos, entre otros, lo que ha permitido dotar de un significado más completo y preciso a este término.

4.3. Asociaciones y estándares de la dirección y gestión de proyectos

Los cuerpos de conocimiento y los estándares son guías o directrices desarrolladas por asociaciones y organizaciones, profesionales e investigadores, los cuales definen y validan el campo conceptual y las competencias requeridas para un desempeño apropiado en la disciplina de la dirección y gestión de proyectos, conteniendo la información más importante (Rozenes et al., 2006).

Estas guías, a pesar de no ser de obligado cumplimiento, han sido adoptadas por un gran número de organizaciones y empresas, ya que su contenido se considera como buenas prácticas que ayudan a conseguir el éxito en la dirección y gestión de proyectos (Montes-Guerra et al., 2015).

De hecho, la implementación de un estándar de este tipo, en una organización, puede ser propuesta por actores de diferente naturaleza. Así, podría ser un requerimiento de un cliente que quiera que su proyecto se dirija de acuerdo a un estándar determinado. Pero podría darse el caso, también, de que se deseara, por parte de la empresa, aumentar la transparencia, esperando con ello una mejor calidad de los resultados en la organización.

La importancia del estándar es mucho más elevada cuando diferentes organizaciones participan en un proyecto. En este caso, es esencial ser capaz de coordinar diversas actividades de acuerdo al mismo estándar, puesto que el vocabulario y los elementos que se utilicen en la dirección del proyecto deben tener el mismo significado para todos los involucrados en el mismo, con el fin de que haya un entendimiento entre todas las partes (Grau, 2013).

Desde esa perspectiva, la inexistencia de un cuerpo de conocimiento con carácter unificador puede dificultar la elección y aplicación de un estándar por parte de las organizaciones, ya que, en términos generales, cada asociación profesional elabora su propio estándar o cuerpo de conocimiento, con la premisa de ser guías útiles para una o varias tipologías de proyectos, aportando un enfoque particular, según la filosofía de cada entidad.

Así las cosas, a continuación se procede a realizar un análisis de las asociaciones profesionales de dirección y gestión de proyectos más relevantes internacionalmente, así como de sus estándares y sistemas de certificación propios.

4.3.1. International Project Management Association (IPMA)

International Project Management Association, IPMA, es la primera asociación internacional de dirección y gestión de proyectos. Fue fundada en 1965 por Pierre Koch, Dick Vullingsh, Roland Gutsch, Yves Eugene y Arnold Kaufmann bajo el nombre de IMSA (*International Management Systems Association*), independiente de las empresas y oficialmente localizada en Suiza. Dos años después, durante la celebración del primer congreso mundial, en Viena, se cambió el nombre de la asociación a *International Network* (INTERNET), y no sería hasta 1996 cuando, durante el 13º congreso mundial, celebrado en París, se adopta el tercer y actual nombre de la asociación, IPMA.

La visión de IPMA consiste en promover las competencias en dirección y gestión de proyectos en toda la sociedad, aplicando las mejores prácticas en todos los niveles de las organizaciones públicas y privadas, para conseguir un mundo en el cual todos los proyectos sean exitosos.

Por otro lado, su misión se fundamenta en promover el reconocimiento de la dirección y gestión de proyectos, así como facilitar la creación conjunta, impulsar la diversidad, ofrecer conocimientos y maximizar las sinergias, con el fin de conseguir beneficios para la profesión, la economía, la sociedad y el medio ambiente.

En este sentido, en la actualidad, IPMA está formado por más de 60 asociaciones nacionales de dirección y gestión de proyectos. Cada una de ellas desarrolla las competencias en sus áreas geográficas de influencia, interactuando con miles de profesionales y desarrollando relaciones con corporaciones, agencias estatales, universidades, centros de enseñanza y consultorías (IPMA, 2015).

Según IPMA (2006), el término competencia se define como el conjunto de conocimientos, actitudes, habilidades y experiencia necesarios para tener éxito en el desempeño de una función determinada.

Así, en 1998, IPMA publicó la primera versión de *IPMA Competence Baseline* (ICB), el estándar sobre dirección y gestión de proyectos elaborado por esta asociación. Se trata de un modelo basado en competencias, con el fin de desarrollar, evaluar y certificar las competencias, los conocimientos, la experiencia y las habilidades de los directores de proyectos, en calidad de profesionales de la dirección y gestión de proyectos (Al-Maghraby, 2010).

Además, IPMA establece que este estándar no es un libro de texto ni un libro de recetas, sino que es un documento, sometido a un proceso de mejora continua, que ofrece acceso a los elementos competenciales de la dirección y gestión de proyectos, al cual se le puede añadir contenido o competencias específicas, según el ámbito geográfico (elaborando así la *National Competence Baseline*, NCB, propia de cada país), mientras que en ningún caso recomienda metodologías o herramientas concretas, puesto que el director de proyectos es el que debe escoger la más adecuada para cada situación (IPMA, 2006).

En 2006, IPMA publicó la tercera versión de la ICB, en la que se establece que la dirección y gestión de proyectos se desglosa en un total de 46 competencias organizadas en tres tipologías distintas, las cuales se indican en la Tabla 1.

Tabla 1. Elementos competenciales de la ICB 3.
 Fuente: Elaborada a partir de IPMA, 2006.

Competencias técnicas	Competencias de comportamiento	Competencias contextuales
Éxito en la dirección de proyectos	Liderazgo	Orientación a proyectos
Partes interesadas	Compromiso y motivación	Orientación a programas
Requisitos y objetivos del proyecto	Autocontrol	Orientación a <i>portfolios</i> (carteras)
Riesgos y oportunidades	Confianza en sí mismo	Implementación de PPP
Calidad	Relajación	Organización permanente
Organización del proyecto	Actitud abierta	Negocio
Trabajo en equipo	Creatividad	Sistemas, productos y tecnología
Resolución de problemas	Orientación a resultados	Dirección de personal
Estructuras del proyecto	Eficiencia	Seguridad, higiene y medio ambiente
Alcance y entregables	Consulta	Finanzas
Tiempo y fases del proyecto	Negociación	Legal
Recursos	Conflictos y crisis	
Coste y financiación	Confiabilidad	
Aprovisionamiento y contratos	Apreciación de valores	
Cambios	Ética	
Control e informes		
Información y documentación		
Comunicación		
Lanzamiento		
Cierre		

Así, las **competencias técnicas** se ocupan de los asuntos propios de la dirección y gestión de proyectos, en los que los profesionales trabajan diariamente. Por otro lado, las **competencias de comportamiento** están relacionadas con las relaciones personales entre las personas y grupos gestionados en proyectos, programas y carteras. Por último, las **competencias contextuales** se ocupan de la interacción del equipo del proyecto con el ambiente del proyecto y con la organización permanente (IPMA, 2006).

En 2015, IPMA publica la cuarta versión de la ICB, que pasa de denominarse *IPMA Competence Baseline*, a *IPMA Individual Competence Baseline*. La ICB 4 es un estándar global que define las competencias requeridas por los profesionales que trabajan en el ámbito de la dirección de proyectos, programas y carteras. En este sentido, la ICB 4 se confecciona a partir de sus predecesoras, sirviendo, de la misma manera, como elemento fundamental para la evaluación de las competencias en el sistema de certificación de IPMA.

Este nuevo estándar supone un gran avance para el éxito de la moderna dirección de proyectos, programas y carteras. Esta versión describe tres dominios de experiencia actuales (dirección de proyectos, programas y carteras), para los cuales establece un total de 29 elementos competenciales divididos en 3 áreas (IPMA, 2015), tal y como se muestra en la Tabla 2, siendo las áreas:

- **Personas:** se trata de competencias personales e interpersonales requeridas para dirigir un proyecto, programa o cartera satisfactoriamente.
- **Práctica:** consiste en los métodos, herramientas y técnicas usadas en proyectos, programas y carteras para conseguir su éxito.
- **Perspectiva:** se refiere a los métodos, herramientas y técnicas, a través de las cuales las personas interactúan con el ambiente, así como la lógica que lleva a las personas, organizaciones y asociaciones a empezar y apoyar proyectos, programas y carteras.

Tabla 2. Elementos competenciales de la ICB 4.

Fuente: Elaborada a partir de IPMA, 2015.

Perspectiva	Personas	Práctica
Estrategia	Introspección y autogestión	Diseño
Gobierno, estructuras y procesos	Integridad y confiabilidad	Requisitos, objetivos y beneficios
Cumplimiento, normas y regulaciones	Comunicación	Alcance
Poder e interés	Relaciones y compromiso	Tiempo
Cultura y valores	Liderazgo	Organización e información
	Trabajo en equipo	Calidad
	Conflictos y crisis	Finanzas
	Iniciativa	Recursos
	Negociación	Aprovisionamiento y asociación
	Orientación a resultados	Planificación y control
		Riesgos y oportunidades
		Partes interesadas
		Cambio y transformación
		Elegir y equilibrar

Por último, cabe destacar que en 1998 (el mismo año en que se publicó la primera versión de la ICB), se comenzó con el sistema de certificación de IPMA. Los certificados concedidos a las personas están basados en una evaluación de sus competencias relacionadas con actividades típicas de la dirección y gestión de proyectos que ocurren normalmente en sus jornadas de trabajo. En el sistema de certificación de IPMA se establecen cuatro categorías distintas (4-L-C, *4 Level Certification*), a las cuales se le aplica el mismo estándar. Así, en la ICB 3 (IPMA, 2006), se distingue entre:

- ***Certified Project Director (IPMA Level A)***: significa que la persona es capaz de dirigir una cartera o programa de proyectos importante, con los correspondientes recursos, métodos y herramientas. Para ello, se requiere de un nivel avanzado de conocimientos y de experiencia.
- ***Certified Senior Project Manager (IPMA Level B)***: significa que la persona es capaz de gestionar un proyecto de elevada complejidad, dividido en proyectos de menor dificultad, y no gestionando directamente al equipo de proyectos, sino a sendos directores de proyectos.
- ***Certified Project Manager (IPMA Level C)***: significa que la persona es capaz de dirigir un proyecto de limitada complejidad, cosa que implica que ha demostrado el correspondiente nivel de experiencia, así como la habilidad de aplicar los conocimientos de la dirección y gestión de proyectos.
- ***Certified Project Management Associate (IPMA Level D)***: significa que la persona es capaz de aplicar los conocimientos de la dirección y gestión de proyectos cuando participa en un proyecto de forma adecuada.

4.3.2. Project Management Institute (PMI)

Project Management Institute, PMI, es la principal organización mundial sin ánimo de lucro dedicada a la dirección y gestión de proyectos. Fue fundada en 1969 por James R. Snyder, Eric Jenett, J. Gordon Davis, E.A. Engman y Susan Gallagher en Estados Unidos, y su sede principal se encuentra localizada en Pensilvania (PMI Madrid Chapter, 2016).

Su propósito inicial fue el ser una organización en la que los miembros pudieran compartir sus experiencias en dirección y gestión de proyectos e intercambiar opiniones (Barron et al., 2009).

Actualmente, el PMI se organiza a nivel mundial en más de 200 Capítulos con identidad propia, con responsables de la actividad de la organización en una área geográfica determinada. Así, España cuenta con tres Capítulos: el Capítulo de Madrid, el Capítulo de Barcelona y el Capítulo de Valencia (PMI Madrid Chapter, 2016).

El objetivo principal del PMI es el de hacer avanzar el estado del arte en la efectiva y apropiada aplicación de la práctica y la ciencia de la dirección y gestión de proyectos. Para conseguirlo, el PMI se centra en la realización de las siguientes actividades (PMI Valencia Chapter, 2016):

- Fomentar el profesionalismo en la dirección y gestión de proyectos.
- Contribuir con la calidad y el alcance de la dirección y gestión de proyectos.
- Estimular la apropiada aplicación global de la dirección y gestión de proyectos para el beneficio del público general.
- Proveer un reconocido foro para el libre intercambio de ideas, aplicaciones y soluciones de dirección y gestión de proyectos generadas entre los miembros del Instituto y otros interesados o involucrados.
- Identificar y promover los fundamentos de la dirección y gestión de proyectos, así como el avance del cuerpo de conocimientos para dirigir proyectos exitosamente.
- Colaborar con universidades, otras instituciones educativas y entidades corporativas, con el fin de promover la adecuada educación y el desarrollo de carrera en las actividades de todos los niveles de dirección y gestión de proyectos.
- Proveer una influencia orientadora en investigaciones académicas e industriales en el campo de la dirección y gestión de proyectos.
- Buscar y fomentar la cooperación internacional y los contactos con otras organizaciones, públicas y privadas, con relación a la dirección y gestión de proyectos, y para colaborar en materia de intereses y beneficios comunes.
- Identificar, desarrollar, fomentar y mantener la práctica, la ética y la credencialización profesional, así como la acreditación de estándares y principios.

Por otro lado, con la finalidad de mantener una coherencia y claridad con los términos y conceptos de la dirección y gestión de proyectos, el *Project Management Institute* publicó, en 1987, su primer estándar, denominado *Project Management Body of Knowledge (PMBOK)* (Barron et al., 2009), el cual se definió como el documento que contiene todos aquellos temas, materias y procesos intelectuales que están relacionados con la aplicación de los principios de la dirección y gestión a los proyectos (PMI, 1996).

Sin embargo, debido a esa definición, el PMI decidió cambiar el nombre de los estándares publicados a partir de esa fecha, puesto que, en opinión de los expertos encargados de desarrollarlos, un documento nunca contendrá todo el cuerpo de conocimiento de la dirección y gestión de proyectos de forma completa (PMI, 1996).

Así las cosas, en 1996 se publicó la primera edición de *A guide to the project management body of knowledge (PMBOK guide)*. Posteriormente, sucesivas versiones actualizaron y mejoraron el contenido de este documento en los años 2000 (segunda edición), 2004 (tercera edición), 2008 (cuarta edición) y 2013 (quinta edición, disponible actualmente en 12 idiomas distintos). Es de mencionar además, que actualmente la sexta edición se encuentra en desarrollo, cuya publicación se prevé que se efectúe en el tercer trimestre de 2017 (PMI, 2016).

De esta manera, el PMBOK puede ser considerado como el marco más genérico y tradicional de la dirección y gestión de proyectos. Tiene la intención de abarcar la mayor cantidad de tipologías de proyectos distintas como sea posible, aunque originalmente fue desarrollado por y para el campo de la construcción.

No obstante, la aplicación de este estándar es únicamente eficaz (y rentable) cuando los proyectos son de gran tamaño, puesto que de otra manera, añade mucha burocracia y una gran necesidad de adaptación para aplicar los procesos de la dirección y gestión de proyectos (Al-Maghraby, 2010).

Por otro lado, atendiendo al contenido y estructura de la quinta edición de la guía del PMBOK (PMI, 2013), este estándar describe la naturaleza de los procesos de la dirección y gestión de proyectos en términos de integración entre los mismos, sus interacciones y los propósitos a los cuales sirven, ya que rara vez se trata de eventos discretos o únicos, sino que, en muchas ocasiones, la salida de un proceso se convierte en la entrada de otro, o constituye un entregable. Así, los procesos de la dirección y gestión de proyectos se agrupan en cinco categorías conocidas como grupos de procesos, los cuales se describen a continuación.

- **Grupo de procesos de inicio:** consta de aquellos procesos realizados para definir un nuevo proyecto o una nueva fase de un proyecto existente, y obtiene la autorización para iniciar el proyecto o fase.
- **Grupo de procesos de planificación:** consta de aquellos procesos requeridos para establecer el alcance del proyecto, refinar los objetivos y definir el curso de acción necesario para lograr alcanzar los objetivos del proyecto.
- **Grupo de procesos de ejecución:** consta de aquellos procesos realizados para completar el trabajo definido en el plan para la dirección del proyecto, a fin de cumplir con las especificaciones del mismo.

- **Grupo de procesos de seguimiento y control:** consta de aquellos procesos requeridos para monitorear, analizar y regular el progreso y el desempeño del proyecto, con el fin de identificar áreas en las que el plan requiera cambios, y para iniciar los cambios correspondientes.
- **Grupo de procesos de cierre:** consta de aquellos procesos realizados para finalizar todas las actividades de todos los grupos de procesos, a fin de cerrar formalmente el proyecto o una fase del mismo.

Así, la guía del PMBOK (PMI, 2013) identifica un total de 47 procesos en su quinta edición, los cuales se agrupan en diez áreas de conocimiento. Además, define el término área de conocimiento como la representación de un conjunto completo de conceptos, términos y actividades que conforman un ámbito profesional, un ámbito de la dirección y gestión de proyectos o un área de especialización. De esta manera, se identifican las siguientes áreas de conocimiento:

- Gestión de la integración del proyecto.
- Gestión del alcance del proyecto.
- Gestión del tiempo del proyecto.
- Gestión de los costes del proyecto.
- Gestión de la calidad del proyecto.
- Gestión de los recursos humanos del proyecto.
- Gestión de las comunicaciones del proyecto.
- Gestión de los riesgos del proyecto.
- Gestión de las adquisiciones del proyecto.
- Gestión de los interesados del proyecto.

Cada una de estas áreas se trata en una sección específica de la guía del PMBOK, la cual define los aspectos importantes de cada una de ellas y cómo éstas se integran en los cinco grupos de procesos. Como elementos de apoyo, proporcionan una descripción detallada de las entradas y salidas de los procesos, así como las herramientas y técnicas de uso más frecuentes.

Así las cosas, la Tabla 3 refleja la relación entre los 47 procesos de la dirección y gestión de proyectos con las 10 áreas de conocimiento y los 5 grupos de procesos anteriores.

Tabla 3. Relación entre procesos, grupos de procesos y áreas de conocimiento.

Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013.

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de procesos de cierre
Gestión de la integración del proyecto	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Desarrollar el plan para la dirección del proyecto	Dirigir y gestionar el trabajo del proyecto	- Monitorear y controlar el trabajo del proyecto - Realizar el control integrado de cambios	Cerrar proyecto o fase
Gestión del alcance del proyecto	-	- Planificar la gestión del alcance - Recopilar requisitos - Definir el alcance - Crear la EDT	-	- Validar el alcance - Controlar el alcance	-
Gestión del tiempo del proyecto	-	- Planificar la gestión del cronograma - Definir las actividades - Secuenciar las actividades - Estimar los recursos de las actividades - Estimar la duración de las actividades - Desarrollar el cronograma	-	Controlar el cronograma	-
Gestión de los costes del proyecto	-	- Planificar la gestión de los costes - Estimar los costes - Determinar el presupuesto	-	Controlar los costes	-
Gestión de la calidad del proyecto	-	Planificar la gestión de la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Controlar la calidad	-
Gestión de los recursos humanos del proyecto	-	Planificar la gestión de los recursos humanos	- Adquirir el equipo del proyecto - Desarrollar el equipo del proyecto - Dirigir el equipo del proyecto	-	-
Gestión de las comunicaciones del proyecto	-	Planificar la gestión de las comunicaciones	Gestionar las comunicaciones	Controlar las comunicaciones	-
Gestión de los riesgos del proyecto	-	- Planificar la gestión de los riesgos - Identificar los riesgos - Realizar el análisis cualitativo de riesgos - Realizar el análisis cuantitativo de riesgos - Planificar la respuesta a los riesgos	-	Controlar los riesgos	-
Gestión de las adquisiciones del proyecto	-	Planificar la gestión de las adquisiciones	Efectuar las adquisiciones	Controlar las adquisiciones	Cerrar las adquisiciones
Gestión de los interesados del proyecto	Identificar a los interesados	Planificar la gestión de los interesados	Gestionar la participación de los interesados	Controlar la participación de los interesados	-

Analizando la tabla anterior, se comprueba que los 47 procesos de la dirección y gestión de proyectos no se reparten de forma equitativa, sino que existen algunos grupos de procesos que, para una área de conocimiento determinada, no se le asocia ninguno de ellos (como es el caso del grupo de procesos de inicio para la gestión de la calidad del proyecto).

De la misma manera, existen algunos grupos de procesos que, para un área de conocimiento concreta, se les asocian varios de ellos (como por ejemplo en el grupo de procesos de planificación para la gestión del tiempo del proyecto).

Así las cosas, únicamente la gestión de la integración del proyecto es el área de conocimiento que contiene un proceso, o más de uno, en los cinco grupos de procesos anteriormente definidos.

Por último, en cuanto al sistema de certificación del PMI, cabe destacar que fue creado con el propósito de desarrollar, mantener, evaluar, promover y administrar un sistema de credenciales profesionales, basado en examinar rigurosamente a los candidatos para apoyar y difundir la dirección y gestión de proyectos y sus profesionales (SSI, 2008).

Actualmente, el sistema de certificación del PMI cuenta con ocho tipos de certificados diferentes (los cuales se describen en la Tabla 4), y es ampliamente reconocido y aceptado por las organizaciones de todo el mundo como prueba del nivel de conocimientos y experiencia en dirección y gestión de proyectos.

Tabla 4. Características de los certificados del PMI.

Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2016.

Certificado	Descripción
<i>Project Management Professional (PMP)</i>	Reconoce la competencia en desempeñar el rol de director de proyectos, liderando y dirigiendo proyectos y equipos. Indica que entiende y usa correctamente el lenguaje de la dirección y gestión de proyectos.
<i>Program Management Professional (PgMP)</i>	Reconoce avanzada experiencia, habilidad y desempeño en la supervisión de múltiples proyectos relacionados y sus recursos, alineados con los objetivos de la organización.
<i>Portfolio Management Professional (PfMP)</i>	Reconoce avanzada experiencia, habilidad y desempeño necesarios para gestionar conflictos y recursos entre proyectos o programas, así como para alinear los objetivos de una cartera de proyectos y programas con la estrategia de la organización.
<i>Certified Associate in Project Management (CAPM)</i>	Reconoce la posesión del conocimiento de los fundamentos y de la terminología de la Guía del PMBOK.
<i>PMI Professional in Business Analysis (PMI-PBA)</i>	Reconoce el conocimiento experto en el análisis de negocios, así como el uso de herramientas y técnicas específicas para lograr el éxito del proyecto.
<i>PMI Agile Certified Practitioner (PMI-ACP)</i>	Reconoce el conocimiento experto en el uso de metodologías ágiles en proyectos, así como el uso de herramientas y técnicas específicas.
<i>PMI Risk Management Professional (PMI-RMP)</i>	Reconoce el conocimiento experto en la identificación, evaluación y mitigación de amenazas (o explotación de oportunidades) de los proyectos.
<i>PMI Scheduling Professional (PMI-SP)</i>	Reconoce el conocimiento experto en el desarrollo y mantenimiento de la programación del proyecto.

Observando la tabla anterior, se concluye que cada uno de los certificados disponibles está especialmente dirigido a profesionales con un perfil muy característico y claramente diferenciado del resto, no existiendo niveles o grados de dominio que incrementen progresivamente los requisitos necesarios para obtener el título.

4.3.3. AXELOS Global Best Practice

AXELOS es una empresa mixta, creada en 2013 por Capita PLC y por la Oficina Gubernamental (*Cabinet Office*) en representación del Gobierno de Su Majestad (*Her Majesty's Government*, HMG) en Reino Unido, con el fin de gestionar, desarrollar, mejorar y promover un conjunto de metodologías de buenas prácticas en dirección y gestión de proyectos, programas y carteras, ciber resiliencia y servicios de gestión de tecnologías de la información, conocidas de forma agrupada como *the Global Best Practice Portfolio*, las cuales se enumeran a continuación (AXELOS, 2016).

- ITIL (*Information Technology Infrastructure Library*).
- RESILIA (*Cyber Resilience Best Practices*).
- PRINCE2 (*Projects in Controlled Environment*).
- PRINCE2 Agile (*Agile Project Management*).
- MSP (*Managing Successful Programmes*).
- M_o_R (*Management of Risk*).
- P3M3 (*Portfolio, Programme and Project Management*).
- P3O (*Portfolio, Programme and Project Offices*).
- MoP (*Management of Portfolios*).
- MoV (*Management of Value*).

La misión de AXELOS, como organización, consiste en hacer a las personas y a las empresas más eficaces mediante el aprovisionamiento de guías prácticas, certificaciones profesionales y contenido actualizado, basándose en la experiencia del mundo real. Por otro lado, su visión consiste en ser la empresa proveedora de buenas prácticas globales más respetada del mundo, cosa que les inspira para seguir una dirección estratégica común y coherente para desarrollar nuevos productos y servicios, independientes del ámbito geográfico o empresarial (AXELOS, 2016).

En cuanto al método de referencia sobre dirección y gestión de proyectos de esta organización, PRINCE2 (*Projects in a Controlled Environment*), es un método que deriva de otros anteriormente publicados (PROMPT II y PRINCE).

Así, en 1989, la Agencia Central de Computación y Telecomunicaciones (*Central Computer and Telecommunications Agency*, CCTA) adoptó una versión de PROMPT II (*Project Resource Organisation Management Planning Techniques*) como el estándar del gobierno británico para la dirección y gestión de los sistemas de información, pasando a denominarse como PRINCE (*PROMPT II in CCTA Environment*, aunque posteriormente cambiaría su significado a *Projects in Controlled Environments*).

El método PRINCE originariamente se aplicaba en exclusiva al ámbito de proyectos de tecnologías de la información. Sin embargo, poco después de su publicación, su uso fue extendiéndose a tipologías de proyectos muy diferentes tanto en el sector público de Reino Unido como en el sector privado y a nivel internacional.

Finalmente, en 1996 se publicó el método PRINCE2, sucesor de PRINCE, como un método genérico de dirección y gestión de proyectos, aplicable a cualquier tipología de proyecto.

Así, desde 1996 (primera edición de PRINCE2), se han sucedido cuatro ediciones más, publicadas en 1998, 2002, 2005 y 2009, elaboradas por la Oficina Gubernamental de Comercio (*Office Government Commerce*, OGC), siendo esta última publicada como una guía bajo el nombre de *Managing Successful Projects with PRINCE2*, la cual mantiene el método fiel a sus principios, pero adaptándose a los cambios en el contexto de los negocios, con el fin de simplificar, mejorar y permitir la integración de éste con otros métodos (Saad et al., 2013).

Sin embargo, debido al hecho de que en 2011 se suprimió esta entidad pública (Say, 2011), esta y todas las metodologías elaboradas por OGC actualmente son también responsabilidad de AXELOS como resultado del acuerdo empresarial entre Capita PLC y la Oficina Gubernamental (AXELOS, 2016).

En *Managing Successful Projects with PRINCE2* (OGC, 2009) se establece que el objetivo principal del estándar consiste en proporcionar un método de dirección y gestión de proyectos que pueda ser aplicado independientemente de la magnitud y tipología de proyecto, del tipo de empresa y del área geográfica donde se desarrolle el proyecto, basándose en siete principios, los cuales se resumen a continuación.

- Justificación continua del proyecto (durante todo su ciclo de vida) a través del caso de negocio.
- Aprendizaje a partir de la experiencia de proyectos anteriores o similares, con el fin de evitar errores cometidos y potenciar logros obtenidos en el pasado.
- Roles y responsabilidades correctamente definidos para que cada persona o parte involucrada en el proyecto conozca qué se espera de ella en el proyecto.
- Gestión por etapas, para poder incrementar el seguimiento y control de la ejecución del proyecto a corto plazo.
- Gestión por excepción, es decir, delegar responsabilidades a niveles inferiores estableciendo tolerancias y mecanismos de control.
- Enfoque a productos frente a orientación a actividades, con el fin de satisfacer los requerimientos y expectativas de las partes interesadas.
- Adaptación del método al ambiente del proyecto para satisfacer adecuadamente y con coherencia las necesidades del proyecto.

Análogamente, PRINCE2 distingue siete áreas temáticas, las cuales se relacionan entre sí y describen aspectos de la dirección y gestión de proyectos que deben ser abordados continuamente. Estas áreas temáticas son:

- Caso de negocio
- Organización
- Calidad
- Planes
- Riesgo
- Cambio
- Desarrollo

De esta manera, todas las áreas temáticas tienen que ser aplicadas en los proyectos, pero cada una de ellas debe ser correctamente dimensionada, atendiendo a la naturaleza y complejidad de cada proyecto.

En cuanto a los procesos establecidos en el estándar, éstos consisten en un conjunto de actividades designadas para cumplir un objetivo específico. Se basan en tomar una o varias entradas para obtener una o varias salidas. Además, los procesos dirigen el flujo cronológico del proyecto, con acciones referidas a diferentes áreas temáticas que suceden simultáneamente.

Así las cosas, PRINCE2 considera siete procesos, los cuales se indican en la Tabla 5, incluyendo, además, las actividades que los componen.

Tabla 5. Procesos y actividades de PRINCE2.*Fuente: Elaborada a partir de OGC, 2009.*

Proceso	Objetivo	Actividades
Arrancar un proyecto	Evitar empezar la ejecución de proyectos que sean inviables o que no merezcan la pena.	<ul style="list-style-type: none"> -Designar al ejecutivo y al director del proyecto. -Recopilar lecciones previas. -Diseñar y designar al equipo de dirección de proyectos. -Preparar un borrador del caso de negocio. -Elegir el enfoque del proyecto y elaborar un breve informe. -Planificar la etapa de iniciación.
Dirigir un proyecto	Permitir que la Junta del proyecto lleve a cabo los procesos de toma de decisiones clave, así como el control total del proyecto, mientras se delegan las actividades de dirección del día a día al director del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> -Autorizar la iniciación. -Autorizar el proyecto. -Autorizar el plan de etapas. -Dirigir de forma adecuada. -Autorizar el cierre del proyecto.
Iniciar un proyecto	Establecer bases sólidas para el proyecto, permitiendo a la organización entender el trabajo que se necesita realizar para entregar el producto antes de incurrir en gastos significativos.	<ul style="list-style-type: none"> -Preparar la estrategia de la gestión de riesgos. -Preparar la estrategia de la gestión de la configuración. -Preparar la estrategia de gestión de la calidad. -Preparar la estrategia de la gestión de la comunicación. -Establecer los controles del proyecto. -Crear el plan del proyecto. -Perfeccionar el caso de negocio. -Recopilar la documentación referida al inicio del proyecto.
Controlar una etapa	Asignar trabajo pendiente de realizar, monitorearlo, lidiar con incidencias, reportar los avances a la Junta del proyecto y aplicar acciones correctivas para asegurar que las etapas permanecen dentro de los límites de tolerancia.	<ul style="list-style-type: none"> -Autorizar los paquetes de trabajo. -Comprobar el estado de los paquetes de trabajo. -Finalizar los paquetes de trabajo. -Comprobar el estado de las etapas. -Reportar lo más destacable. -Examinar riesgos e incidencias. -Priorizar riesgos e incidencias. -Aplicar acciones correctivas.
Gestionar la entrega del producto	Controlar la conexión entre el director de proyectos y el director del equipo mediante la especificación de requerimientos formales en la aceptación, ejecución y entrega del trabajo del proyecto.	<ul style="list-style-type: none"> -Aceptar los paquetes de trabajo. -Ejecutar los paquetes de trabajo. -Entregar los paquetes de trabajo.
Gestionar los límites de una etapa	Permitir que la Junta del proyecto sea provista de la información suficiente, a través del director del proyecto, con el fin de que se pueda comprobar el éxito de cada etapa, aprobar el plan de la siguiente, revisar el plan del proyecto actualizado, confirmar la justificación continua del negocio y confirmar el grado de aceptación de riesgos.	<ul style="list-style-type: none"> -Planificar la siguiente etapa. -Actualizar el plan del proyecto. -Actualizar el caso de negocio. -Reportar el fin de una etapa. -Producir un plan de excepción.
Cerrar un proyecto	Conseguir que la aceptación del producto sea confirmada, y que los objetivos establecidos en la documentación de inicio del proyecto hayan sido alcanzados.	<ul style="list-style-type: none"> -Preparar el plan de cierre. -Preparar el cierre prematuro. -Entregar productos. -Evaluar el proyecto. -Recomendar el cierre del proyecto.

Así las cosas, analizando la tabla anterior, se observa que efectivamente las actividades en las que se descompone cada proceso pertenecen a áreas temáticas distintas. Un claro ejemplo de esto se encuentra en el proceso de iniciar un proyecto, en el que se llevan a cabo actividades relacionadas con las áreas de riesgo (preparar la estrategia de la gestión de riesgos), calidad (preparar la estrategia de gestión de la calidad) y caso de negocio (perfeccionar el caso de negocio), entre otras.

Para finalizar, en cuanto al sistema de certificación desarrollado por AXELOS, éste se caracteriza por establecer diferentes niveles dentro de cada metodología. Para el caso de PRINCE2, la Tabla 6 muestra una descripción de cada uno de los niveles de certificación disponibles actualmente.

Tabla 6. Niveles de certificación de PRINCE2.

Fuente: Elaborada a partir de AXELOS, 2016.

Nivel	Descripción
Fundamento (<i>Foundation</i>)	Reconoce la suficiencia de conocimientos del método PRINCE2 para trabajar eficientemente en equipos de dirección de proyectos.
Practicante (<i>Practitioner</i>)	Reconoce que el candidato demuestra tener suficiente comprensión sobre cómo aplicar y escalar el método en cualquier situación.
Profesional (<i>Professional</i>)	Reconoce que el candidato posee habilidad en dirigir y gestionar proyectos no complejos desde todos los aspectos de su ciclo de vida.

Así las cosas, analizando la tabla anterior, se observa que existen tres niveles distintos de certificación en la metodología PRINCE2, siendo *Foundation* el nivel más elemental y *Professional* el nivel más avanzado.

4.3.4. International Organization for Standardization (ISO)

La Organización Internacional de Normalización (ISO) es una federación mundial, independiente y no gubernamental, fundada en 1946, localizada en Ginebra (Suiza) y compuesta actualmente por 163 organismos nacionales de normalización (organismos miembros de ISO). A través de ellos se facilita la reunión de expertos, con el fin de compartir el conocimiento para desarrollar, de forma voluntaria y consensuada, los estándares internacionales que apoyan la innovación y aportan soluciones a los retos globales. Así, desde su fundación, más de 21000 normas internacionales han sido publicadas, cubriendo casi todo el espectro tecnológico y de la industria manufacturera (ISO, 2016).

En el caso concreto de España, la organización nacional representante de ISO es AENOR (Asociación Española de Normalización), constituida en 1986, coincidiendo con la incorporación de España a la Comunidad Económica Europea. Hasta esa fecha, las labores de normalización eran responsabilidad del Instituto de Racionalización y Normalización (IRANOR), entidad pública creada en 1945, dependiente del Centro Superior de Investigaciones Científicas (Martínez, 2013).

La misión de ISO consiste en desarrollar estándares internacionales de cumplimiento voluntario, los cuales faciliten el intercambio internacional de bienes y servicios, apoyando el crecimiento sostenible y equitativo, promoviendo la innovación, y protegiendo la salud, la seguridad y el medio ambiente. Su visión, por otro lado, se fundamenta en ser el proveedor líder mundial de estándares internacionales de alta calidad, a través de sus miembros y partes interesadas (ISO, 2010).

El trabajo de preparación de las normas internacionales se realiza, normalmente, a través de los comités técnicos de ISO. Cada organismo miembro interesado en una materia para la cual se haya establecido un comité técnico, tiene el derecho de estar representado en dicho comité. Las organizaciones internacionales, públicas y privadas, en coordinación con ISO, también participan en el trabajo.

Así las cosas, la tarea principal de los comités técnicos es preparar normas internacionales, cuyos proyectos (redactados de acuerdo con las reglas establecidas en la Parte 2 de las Directivas ISO/IEC) se envían a los organismos miembros para su votación, requiriéndose un mínimo del 75% de votos favorables para su publicación (AENOR, 2013).

En este sentido, en 2006, Reino Unido registró una propuesta para desarrollar un nuevo estándar internacional para la dirección y gestión de proyectos. Con la celebración de los Juegos Olímpicos de Londres de 2012 próxima, se dieron cuenta de la necesidad de revisión de la norma creada por la BSI (*British Standard Institution*). Los Estados Unidos mostraron su apoyo y se realizó una encuesta a los países con representación en ISO, de los cuales la gran mayoría votó a favor. Así, se creó el Comité de Proyectos ISO/PC 236 en octubre de 2007 en Londres, con el propósito de desarrollar dicho estándar.

Desde ese momento, y durante cinco años, cientos de expertos en dirección y gestión de proyectos de más de 30 países colaboraron en la elaboración de la norma, debatiendo sobre el contenido, redactando el cuerpo del estándar y procesando más de 1000 comentarios de los borradores previos al texto definitivo. Además, las principales asociaciones profesionales en dirección y gestión de proyectos se involucraron de diversas maneras. En concreto, el PMI asumió la secretaría de ISO/PC 236, mientras que IPMA tomó parte en el desarrollo de la norma como intermediario (Zandhuis et al., 2013).

Para la elaboración de la norma se tomaron como referencia las siguientes guías y estándares de dirección y gestión de proyectos (Martínez, 2013).

- ICB versión 3 IPMA Competence Baseline (IPMA, 2006).
- PMBOK Guide, 3rd Edition, Capítulo 3 y su glosario (PMI, 2004).
- PRINCE2 (OGC, 2009).
- DIN 69901 Project Management: Project Management System (DIN, 2007).
- BS 6079 y BS ISO 15188:2001 Project Management (BSI, 2001).
- ISO 9001 Sistemas de gestión de la calidad.
- ISO 10006 Sistemas de gestión de la calidad. Guía para la gestión de la calidad en proyectos.
- ISO 31000 Gestión de riesgos. Principios y guías.

En 2012, se publica la norma *ISO 21500 Directrices para la dirección y gestión de proyectos*, cuya traducción al castellano es divulgada por AENOR en marzo de 2013, resultando ser una guía generada a partir de las mejores prácticas y estándares mundiales anteriormente citados. No compara ninguno de ellos ni indica preferencias, ya que lo que pretende es utilizar lo mejor de cada uno de ellos, proporcionando un lenguaje común y estandarizado para las mejores prácticas en la dirección y gestión de proyectos a nivel mundial.

De esta manera, la ISO 21500 describe una aproximación profesional a la dirección y gestión de proyectos, aplicable a la mayoría de proyectos en las organizaciones, siendo su propósito final el poder ayudar a mejorar la comunicación y la cooperación en el contexto e interfaz del proyecto en la organización permanente, así como a alcanzar el éxito del proyecto (Martínez, 2013).

La norma, en su estructura y contenidos, identifica los procesos de dirección y gestión de proyectos que se recomienda aplicar en la totalidad de un proyecto, para las fases individuales o para ambos. Así mismo, los procesos se definen y describen en función de los fines que persiguen, las relaciones entre los procesos, las interacciones dentro de los mismos, y las entradas y salidas asociadas a cada proceso (AENOR, 2013).

De esta forma, los procesos se agrupan en 10 grupos de materias y 5 grupos de procesos (del mismo modo que sucede con los procesos de la quinta edición del PMBOK), los cuales se indican a continuación en la Tabla 7 y en la Tabla 8.

Tabla 7. Grupos de materias de la norma ISO 21500.

Fuente: Elaborado a partir de AENOR, 2013.

Grupos de materia	Definición
Integración	Incluye los procesos necesarios para identificar, definir, combinar, unificar, coordinar, controlar y cerrar las distintas actividades y procesos relacionados con el proyecto.
Parte interesada	Contiene los procesos requeridos para identificar y realizar la gestión del patrocinador del proyecto, los clientes y las otras partes interesadas.
Alcance	Agrupar los procesos precisos para identificar y definir el trabajo y los entregables requeridos.
Recurso	Incluye los procesos requeridos para identificar y adquirir los recursos adecuados del proyecto, tales como personas, instalaciones, equipamiento, materiales, infraestructuras y herramientas.
Tiempo	Contiene los procesos necesarios para realizar el cronograma de actividades del proyecto y hacer el seguimiento de su progreso para controlar el cronograma.
Coste	Agrupar los procesos precisos para desarrollar el presupuesto y hacer el seguimiento de su progreso para controlar los costes.
Riesgo	Incluye los procesos necesarios para identificar y gestionar amenazas y oportunidades.
Calidad	Contiene los procesos requeridos para planificar y establecer el aseguramiento y control de la calidad.
Adquisiciones	Agrupar los procesos precisos para planificar y adquirir productos, servicios o resultados, así como gestionar la relación con los proveedores.
Comunicación	Incluye los procesos necesarios para planificar, gestionar y distribuir la información relevante al proyecto.

Tabla 8. Grupos de procesos de la norma ISO 21500.
Fuente: Elaborado a partir de AENOR, 2013.

Grupos de procesos	Definición
Inicio	Se utilizan para comenzar el proyecto o una de sus fases; para definir sus objetivos, y para autorizar al director del proyecto a proceder con el trabajo del proyecto.
Planificación	Se emplean para desarrollar el detalle de la planificación, el cual debería ser suficiente para establecer líneas base contra las cuales se gestiona la implementación del proyecto y se controla su desempeño.
Implementación	Se usa para realizar actividades de la gestión del proyecto y para apoyar la producción de los entregables de acuerdo con los planes del proyecto.
Control	Se hacen servir para seguir, medir y controlar el desempeño del proyecto con respecto al plan del proyecto, con el fin de que se puedan tomar acciones preventivas y correctivas, así como realizar solicitudes de cambio cuando sean necesarias para lograr los objetivos del proyecto.
Cierre	Se utilizan para establecer formalmente que la fase del proyecto, o el proyecto en su conjunto, se ha concluido, proporcionando las lecciones aprendidas para que sean consideradas e implementadas según sea necesario.

Así pues, la Tabla 9 refleja la relación entre los 39 procesos de la dirección y gestión de proyectos (de un total de 47 procesos que identifica el PMI en la quinta edición del PMBOK) con los 10 grupos de materia y los 5 grupos de procesos anteriores (muy similares, en esencia, a las 10 áreas de conocimiento y a los 5 grupos de procesos que establece el PMI en la quinta edición del PMBOK).

Tabla 9. Relación entre procesos, grupos de procesos y grupos de materia.*Fuente: Elaborada a partir de AENOR, 2013.*

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de implementación	Grupo de procesos de control	Grupo de procesos de cierre
Integración	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Desarrollar los planes de proyecto	Dirigir el trabajo del proyecto	-Controlar el trabajo del proyecto -Controlar los cambios	-Cerrar el proyecto -Recopilar las lecciones aprendidas
Parte interesada	Identificar las partes interesadas	-	Gestionar las partes interesadas	-	-
Alcance	-	-Definir el alcance -Crear la EDT -Definir las actividades	-	Controlar el alcance	-
Recurso	Establecer el equipo de proyecto	-Estimar los recursos -Definir la organización del proyecto	Desarrollar el equipo de proyecto	-Controlar los recursos -Gestionar el equipo de proyecto	-
Tiempo	-	-Secuenciar las actividades -Estimar la duración de las actividades -Desarrollar el cronograma	-	Controlar el cronograma	-
Coste	-	-Estimar los costes -Desarrollar el presupuesto	-	Controlar los costes	-
Riesgo	-	-Identificar los riesgos -Evaluar los riesgos	Tratar los riesgos	Controlar los riesgos	-
Calidad	-	Planificar la calidad	Realizar el aseguramiento de la calidad	Realizar el control de la calidad	-
Adquisiciones	-	Planificar las adquisiciones	Seleccionar los proveedores	Administrar los contratos	-
Comunicación	-	Planificar las comunicaciones	Distribuir la información	Gestionar las comunicaciones	-

Analizando la tabla anterior, se comprueba que, al igual que en el PMBOK (véase la Tabla 3), los 39 procesos de la dirección y gestión de proyectos no se reparten de forma equitativa, sino que existen algunos grupos de procesos que, para un grupo de materia determinado, no se le asocia ninguno de ellos (como es el caso del grupo de procesos de inicio para la calidad).

De la misma manera, existen algunos grupos de procesos que, para un grupo de materia concreto, se les asocian varios de ellos (como por ejemplo en el grupo de procesos de planificación para el tiempo). Así las cosas, únicamente la integración es el grupo de materia que contiene un proceso, o más de uno, en los cinco grupos de procesos anteriormente definidos.

Cabe destacar, además, que para el caso de los recursos, en la ISO 21500 aparecen procesos en los grupos de inicio y control, mientras que en la quinta edición del PMBOK no hay ningún proceso asociado a estos grupos. Además, en el área de riesgos, se ha incluido un proceso en el grupo de implementación con respecto al PMBOK, en donde no se definía ninguno para ese grupo de procesos.

Por otro lado, en el grupo de materia de adquisiciones, para la ISO 21500 no aparece ningún proceso asociado al grupo de cierre, a diferencia del PMBOK que sí que asocia un proceso en este grupo en la quinta edición. También ocurre algo similar con las partes interesadas, en donde se ha suprimido, con respecto el PMBOK, los procesos asociados a planificación y control.

Además de estas diferencias entre ambos estándares, el hecho de que se hayan definido para la ISO 21500 menos procesos, en comparación con el PMBOK, se traduce en que algunos de los grupos poseen menos procesos asociados con respecto al estándar del PMI, ya sea por simplificación o por reubicación en un grupo de procesos diferente.

Así, en el caso del alcance, hay un proceso menos en planificación y en control. Para la planificación del tiempo, se reduce a la mitad el número de procesos, pasando de 6 a 3, mientras que en el caso de la planificación de riesgos se pasa de 5 a 2, o en el caso de la planificación de los costes, en donde únicamente se reducen los procesos en una unidad respecto al PMBOK. Finalmente, para los recursos, a parte de las diferencias ya comentadas, aumenta un proceso en la planificación, mientras que se reducen dos procesos en la implementación con respecto al PMBOK.

Respecto a la ICB 3 de IPMA, la Tabla 10 muestra la relación existente entre los procesos anteriores de la ISO 21500 y las competencias (técnicas, de comportamiento o contextuales) que se identifican con cada una.

Cabe comentar que, en dicha tabla, dentro de la columna de las competencias de la ICB3, la parte de la izquierda hace referencia a las competencias comunes a varios procesos de la ISO 21500 dentro de una misma materia, mientras que la parte de la derecha de dicha columna se refiere a las competencias específicas para cada proceso de una misma materia de la ISO 21500.

Tabla 10. Competencias de la ICB 3 de IPMA en la norma ISO 21500.*Fuente: Elaborada a partir de Zandhuis et al., 2013.*

Materia	Procesos ISO 21500	Competencias ICB 3		
Integración	Desarrollar el acta de constitución del proyecto	Éxito en la dirección de proyectos Organización permanente Negocio	Requisitos y objetivos Lanzamiento	
	Desarrollar los planes de proyecto		Orientación a proyectos Sistemas, productos y tecnología Dirección de personal Seguridad, higiene y medio ambiente Finanzas Legal	
	Dirigir el trabajo del proyecto		Éxito en la dirección de proyectos Sistemas, productos y tecnología	
	Controlar el trabajo del proyecto			
	Controlar los cambios		Éxito en la dirección de proyectos Resolución de problemas	Cambios Control e informes
	Cerrar el proyecto		Éxito en la dirección de proyectos Cierre	
	Recopilar lecciones aprendidas			
Parte interesada	Identificar las partes interesadas	Partes interesadas	Legal	
	Gestionar las partes interesadas		-	
Alcance	Definir el alcance	Alcance y entregables	Requisitos y objetivos Organización permanente	
	Crear la EDT		-	
	Definir las actividades		-	
	Controlar el alcance		Cambios Control e informes	
Recurso	Establecer el equipo de proyecto	Organización del proyecto	Dirección de personal	
	Estimar los recursos		Recursos	
	Definir la organización del proyecto		Estructuras del proyecto Legal	
	Desarrollar el equipo de proyecto	Organización del proyecto Liderazgo Compromiso y motivación Orientación a resultados	-	
	Gestionar el equipo de proyecto	Eficiencia Consulta Conflictos y crisis Dirección de personal	Trabajo en equipo	
	Controlar los recursos	Organización del proyecto Recursos	Cambios Control e informes	
Tiempo	Secuenciar las actividades	Tiempo y fases del proyecto	-	
	Estimar la duración de las tareas		-	
	Desarrollar el cronograma		-	
	Controlar el cronograma		Cambios Control e informes	
Coste	Estimar los costes	Coste y financiación Finanzas	-	
	Desarrollar el presupuesto		-	
	Controlar los costes		Cambios Control e informes	
Riesgo	Identificar los riesgos	Riesgos y oportunidades		
	Evaluar los riesgos			
	Tratar los riesgos			
	Controlar los riesgos			
Calidad	Planificar la calidad	Calidad	-	
	Asegurar la calidad		-	
	Controlar la calidad		Cambios Control e informes	
Adquisiciones	Planificar las adquisiciones	Aprovisionamiento y contratos	-	
	Seleccionar los proveedores		Legal	
	Administrar los contratos		Control e informes	
Comunicación	Planificar las comunicaciones	Información y documentación Comunicación	-	
	Distribuir la información		Control e informes	
	Gestionar las comunicaciones		-	

Analizando la tabla anterior, se observa que todos los procesos de la ISO 21500 llevan asociados, al menos, una competencia de la ICB 3 de IPMA. En muchas ocasiones, sin embargo, un proceso se relaciona con varias competencias de las tres tipologías definidas por IPMA (competencias técnicas, de comportamiento y contextuales), como es el caso de *Gestionar el equipo de proyecto*, proceso perteneciente al grupo de materia de *Recurso*.

Además, se concluye que en la ISO 21500 aparecen todas las competencias técnicas definidas en la ICB 3, aproximadamente la mitad de las competencias de comportamiento (exceptuando autocontrol, confianza en sí mismo, relajación, actitud abierta, creatividad, negociación, confiabilidad, apreciación de valores y ética), y la mayoría de las competencias contextuales (excepto orientación a programas, orientación a carteras e implantación de proyectos, programas y carteras).

En cuanto al sistema de certificación, la norma ISO 21500 es un estándar internacional cuyo estatus es *guía* o *estándar informativo*, y así se evidencia en la norma impresa original, donde se indica claramente que la versión 2012 no es certificable. El objetivo de ISO y el espíritu del ISO/PC 236 durante el programa de consenso fue que la Guía ISO 21500 fuese, en primer lugar, aplicada a nivel internacional con la mayor difusión posible y, posteriormente, con las conclusiones y evidencias del interés real del mercado por su certificación, revisada y convertida en un *estándar normativo*, es decir, es una norma certificable. Sin embargo, cuando se efectúe la revisión de la versión 2012 y se redacte el estándar normativo correspondiente, solamente se podrán certificar organizaciones, y no personas.

Así las cosas, únicamente en España y en Iberoamérica, algunos organismos nacionales de normalización y estandarización han constituido recientemente Comités Técnicos de Certificación, con el fin de generar el estándar nacional ISO 21500 certificable. En estos casos, la versión resultante no será de aplicación internacional, sino el resultado de la aplicación nacional de la homónima ISO (Martínez, 2013).

4.4. Aplicación de las metodologías ágiles en la dirección y gestión de proyectos

Las metodologías ágiles surgieron como una reacción a la forma tradicional de desarrollar programas informáticos, evidenciando la necesidad de alternativas para los procesos en los que se requiere la generación y la gestión de grandes cantidades de documentación. En concreto, en la implementación de los métodos tradicionales, el trabajo se inicia con la obtención y el registro de un conjunto completo de necesidades y requerimientos, seguido de una estructura compleja de diseño, desarrollo e inspección.

Así pues, a mediados de la década de los 90, algunos profesionales encontraron estos pasos iniciales frustrantes y, en ocasiones, imposibles de llevar a cabo, puesto que la industria y la tecnología evolucionan muy rápidamente, haciendo que muchos de los requerimientos o necesidades iniciales de los proyectos estuvieran ya cubiertos por otros desarrollos tecnológicos recientes, o que el producto a desarrollar quedase obsoleto antes de su lanzamiento al mercado. Además, cabe destacar que es común que los clientes tampoco conozcan cuáles son los requisitos que debe tener el producto o servicio que necesitan, lo que limita, en gran medida, el trabajo de los profesionales.

De esta manera, algunos consultores desarrollaron, de forma independiente, métodos y prácticas para responder ante indefiniciones y cambios rápidos, los cuales forman una colección de técnicas que comparten los mismos valores y principios fundamentales, como por ejemplo la mejora iterativa.

Las técnicas iterativas se centran en la partición del desarrollo del proyecto en pequeñas partes, con el objetivo de trabajar sobre ellas durante un corto periodo de tiempo, al final del cual se obtiene un entregable que será analizado por el cliente. Así, una vez éste aprueba la validez de la iteración correspondiente (satisfaciendo sus requerimientos y necesidades), se añade el siguiente conjunto de tareas lógicas, incrementando la complejidad del desarrollo, pero permitiendo poder aplicar los cambios e imprevistos que puedan surgir con el tiempo (Cohen et al., 2004).

4.4.1. El manifiesto ágil

En marzo de 2001, 17 profesionales del software, críticos de los modelos de producción basados en procesos, fueron convocados por Kent Beck, autor del libro en el que se explicaba la metodología *Extreme Programming*, para discutir sobre los procesos empleados por los equipos de programación.

En la reunión que tuvo lugar en Salt Lake City, se acuñó el término *Métodos Ágiles* para definir a aquellos que estaban surgiendo como alternativa a las metodologías formales, a las que consideraban excesivamente rígidas por su carácter normativo, debido a la fuerte dependencia de las planificaciones detalladas (Palacio et al., 2016).

Los integrantes de la reunión resumieron en cuatro postulados lo que ha quedado denominado como *manifiesto ágil*, donde se describen los valores sobre los que se asientan estos métodos (Palacio et al., 2016).

- **Valorar más a los individuos y su interacción que a los procesos y las herramientas:** Este es el postulado más importante del manifiesto, ya que explicita que los procesos son guías de operación que ayudan a desempeñar los trabajos. Sin embargo, existen tareas que requieren talento y necesitan personas que lo aporten. En este sentido, los métodos de producción basados en procesos afirman que la calidad del resultado es consecuencia del *know-how* de los procesos, más que del conocimiento aportado por los individuos.
- **Valorar más el software que funciona que la documentación exhaustiva:** El manifiesto ágil no considera inútil la documentación, sólo la innecesaria. Los documentos son soportes de hechos, permiten la transferencia del conocimiento, registran información histórica, y en muchas cuestiones legales son obligatorios. Sin embargo, su relevancia debe ser menor que la del producto final.

A la comunicación a través de documentos le falta la riqueza y la producción de valor que logra la comunicación directa entre las personas y a través de la interacción con prototipos del producto. Por eso, siempre que sea posible, se debe reducir al mínimo indispensable el uso de documentación que consuma trabajo sin aportar un valor directo al producto, ya que de lo contrario, se forman barreras de burocracia entre departamentos o personas.

- **Valorar más la colaboración con el cliente que la negociación contractual:** Las prácticas ágiles están indicadas para productos de evolución continua, de tal manera que no es posible definir en un documento los requisitos de forma cerrada, ni cómo debería ser el producto final. Por el contrario, resulta más apropiado tomar retroalimentación de forma continua y, en paralelo al desarrollo del producto, redefinir y mejorar los requisitos.

Así, el objetivo de un proyecto ágil no es controlar la ejecución para garantizar el cumplimiento de la planificación, sino proporcionar de forma continua el mayor valor posible al producto o servicio. Por tanto, resulta más adecuada una relación de implicación y colaboración continua con el cliente, que una contractual delimitación de responsabilidades.

- **Valorar más la respuesta al cambio que el seguimiento de un plan:** Para desarrollar productos de requisitos inestables, en los que es inherente el cambio y la evolución rápida y continua, resulta mucho más valiosa la capacidad de respuesta que la de seguimiento y aseguramiento de los planes. Los principales valores de la gestión ágil son la anticipación y la adaptación, diferentes a los de la gestión de proyectos convencional (planificación y control para garantizar el cumplimiento del plan).

Además, en el manifiesto ágil, tras los postulados anteriores, se establecen doce principios, los cuales se indican a continuación, que completan la definición de la esencia de las metodologías ágiles (Palacio et al., 2016).

1. La principal prioridad es satisfacer al cliente a través de la entrega temprana y continua de *software* de valor.
2. Son bienvenidos los requisitos cambiantes, incluso si llegan tarde al desarrollo. Los procesos ágiles se doblan al cambio como ventaja competitiva para el cliente.
3. Entregar con frecuencia software que funcione, en periodos de entre dos semanas y dos meses.
4. Las personas del negocio y los desarrolladores deben trabajar juntos de forma cotidiana a través del proyecto.
5. Construcción de proyectos en torno a individuos motivados, dándoles la oportunidad y el respaldo que necesitan, y procurándoles confianza para que realicen las tareas.
6. La forma más eficiente y efectiva de comunicar información de ida y vuelta dentro de un equipo de desarrollo es mediante la conversación cara a cara.
7. El software que funciona es la principal medida del progreso.
8. Los procesos ágiles promueven el desarrollo sostenido. Los patrocinadores, desarrolladores y usuarios deben mantener un ritmo constante de forma indefinida.
9. La atención continua a la excelencia técnica enaltece la agilidad.

10. La simplicidad, como arte de maximizar la cantidad de trabajo que no se hace, es esencial.

11. Las mejores arquitecturas, requisitos y diseños emergen de equipos que se autoorganizan.

12. En intervalos regulares, el equipo reflexiona sobre la forma de ser más efectivo y ajusta su conducta en consecuencia.

4.4.2. Metodologías ágiles

En la actualidad, existe una gran variedad de metodologías ágiles, las cuales, surgieron para la ejecución de proyectos de diseño de *software*. Sin embargo, a medida que el tiempo ha transcurrido, éstas han ido adaptándose para poder usarse en otras tipologías de proyectos.

De entre las más empleadas destacan Scrum y Kanban, cuyos fundamentos y elementos característicos se procede a detallar a continuación.

4.4.2.1. Scrum

Este modelo fue definido por Ikujiro Nonaka e Hirotaka Takeuchi a principios de la década de los 80, al analizar cómo desarrollaban los nuevos productos las principales empresas de manufactura tecnológica.

En su estudio, Nonaka y Takeuchi compararon esta nueva forma de trabajo en equipo con el avance en formación de scrum de los jugadores de rugby, y por esta razón la denominaron así.

Aunque esta forma de trabajo surgió en empresas de productos tecnológicos, es apropiada para proyectos con requisitos inestables y para los que requieran rapidez y flexibilidad (Palacio et al., 2016).

El marco técnico de Scrum está formado por un conjunto de prácticas y reglas que dan respuesta a los siguientes principios de desarrollo ágil (Palacio et al., 2016).

- Gestión evolutiva del producto, en lugar de la tradicional o predictiva.
- Calidad del resultado basado en el conocimiento tácito de las personas, antes que en el explícito de los procesos y la tecnología empleada.
- Estrategia de desarrollo incremental a través de iteraciones.

Se comienza con la visión general del resultado que se desea y, a partir de ella, se especifica y se detallan las funcionalidades que se quieren obtener en primer lugar.

Cada ciclo de desarrollo o iteración (*sprint*) finaliza con la entrega de una parte operativa del producto (incremento). La duración de cada sprint puede ser desde una hasta seis semanas, aunque es recomendable no exceder más un mes.

En Scrum, el equipo monitoriza la evolución de cada sprint en reuniones breves diarias donde se revisa, en conjunto, el trabajo realizado por cada miembro el día anterior, así como la previsión de trabajo para ese día. Estas reuniones diarias (*stand-up meetings*) son de tiempo cerrado (entre 5 y 15 minutos), se realizan de pie junto a un tablero o pizarra con información de las tareas del sprint, y el trabajo pendiente en cada una.

Al finalizar cada sprint, se entrega una parte del producto operativa y se revisa funcionalmente el resultado, con todos los implicados en el proyecto. Por tanto, durante el tiempo que dura cada sprint, se descubren planteamientos erróneos, mejorables, o malinterpretaciones en los requerimientos del cliente, ya que el equipo del proyecto durante el desarrollo del producto, o bien el cliente durante la revisión, alertan sobre dichos aspectos a modificar en ese (o en el siguiente) sprint.

En este sentido, Scrum considera la inestabilidad o incertidumbre en los requerimientos como una premisa, adoptando técnicas de trabajo para facilitar la evolución sin degradar la calidad del producto y permitir que éste también evolucione durante el desarrollo. De hecho, a lo largo de la ejecución del proyecto, se va depurando el diseño ya que, al contrario que en el desarrollo en cascada, no se cierra en una primera fase. Así, en vez de operar de forma secuencial, esta metodología ágil solapa las fases del proyecto y las ejecuta de forma continua y simultánea.

Finalmente, tras cada sprint, el equipo del proyecto realiza una sesión de retrospectiva para analizar lo sucedido durante ese intervalo de tiempo, destacando las fortalezas, debilidades y aspectos a mejorar, tanto individual como colectivamente (Palacio et al., 2016).

4.4.2.2. *Kanban*

El término japonés Kanban (tablero) fue el empleado por Taiichi Onho (Toyota), en la década de los 50, para referirse al sistema de visualización empleado en los procesos de producción que coordinan, en una cadena de montaje, la entrega a tiempo de cada parte en el momento que se necesita, evitando la sobreproducción y el almacenamiento innecesario de productos (Wagener et al., 2012).

Kanban es una metodología para la gestión de los flujos (materiales, información, etc.) en un proceso, lo que se traduce, en última instancia, en la optimización del flujo de trabajo (Klipp, 2014).

En este sentido, existen tres reglas básicas que permiten implementar satisfactoriamente esta metodología, las cuales se procede a detallar a continuación (Klipp, 2014).

- **Visualizar el flujo de trabajo:** Una representación visual de los procesos posibilita conocer exactamente cómo las tareas cambian de estar sin ejecutar a estar realizadas correctamente. A medida que el proceso es más complejo, esta herramienta es más útil, puesto que se puede trazar el flujo de trabajo de forma rápida y entendible por todos los trabajadores.

La representación visual consiste en un tablero, pizarra o cualquier superficie plana, en la que se dibujan tantas columnas como fases se identifiquen (sin hacer, en desarrollo, hecho; planificar, diseñar, ensayar, integrar, entregar; entre otros). Así, en cada fase se colocarán tarjetas (representando tareas), las cuales se asignarán a los miembros del equipo, de tal manera que, conforme las tareas se completen en cada fase, las tarjetas irán avanzando hacia la derecha en el tablero.

Normalmente, existe una primera columna de trabajo pendiente (*backlog*) en la que se almacenan todas las tarjetas con tareas pendientes de ejecutar. Además, con el objetivo de optimizar el trabajo, en cada tarjeta se incluye, además del nombre de la tarea a realizar, una descripción de la misma, la duración estimada y la prioridad (alta, media, baja), lo que permite establecer un orden de ejecución de las mismas.

- **Limitar el trabajo simultáneo:** Existe un límite de tareas que se pueden llevar a cabo simultáneamente obteniendo resultados óptimos. Sin embargo, si ese límite se sobrepasa, el rendimiento disminuye, y si está por debajo se pueden crear tiempos ociosos. En este sentido, la aplicación de Kanban en un proceso permite encontrar el nivel de carga de trabajo óptimo en cada momento de la ejecución del proyecto.

Así, el límite trabajo simultáneo que en cada fase del proyecto se puede realizar se indica en la parte superior de cada columna del tablero Kanban. Esto se conoce como límite del WIP (*Work in Progress*), y señala el número máximo de tarjetas (tareas) que pueden coexistir en una columna, de tal manera que para mover una tarjeta a una columna que ya está al máximo de su capacidad, previamente una de las tareas de esa columna debe ser completada para dejar un espacio disponible.

- **Medir y mejorar el flujo:** La aplicación de Kanban en un proceso no requiere empezar dicho proceso desde cero, sino que respeta todo aquello que anteriormente se estaba desarrollando correctamente y corrige los elementos que suponen cuellos de botella y pérdidas. Para ello, esta metodología propone medir la evolución experimentada con indicadores objetivos, puesto que darán una visión más representativa y veraz de la realidad.

5. Identificación y descripción de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos

Dirigir un proyecto con éxito implica que los directores de proyectos deben ser expertos en iniciar, planificar, ejecutar, realizar el seguimiento y control, y cerrar los proyectos. Para ello, suelen utilizar herramientas y técnicas como ayuda en la gestión de las actividades a lo largo del ciclo de vida de los mismos.

Según el *Oxford Dictionary of English* (Soanes et al., 2003), se define el término *herramienta* como el instrumento o el elemento utilizado para llevar a cabo una función determinada. Por otro lado, el término *técnica* hace referencia a la forma de llevar a cabo una tarea concreta, especialmente la ejecución de un procedimiento científico.

5.1. Herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional

El uso adecuado de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos permite implementar, más fácilmente, sus fundamentos. En este sentido, diversos elementos se pueden usar para guiar a las organizaciones en la selección de las más idóneas para cada contexto específico, como es el caso del PMBOK, el cual incluye una serie de prácticas ampliamente utilizadas por las empresas (Fernandes et al., 2013).

Así pues, la Tabla 11 y la Tabla 12, cuyo contenido puede leerse con mayor claridad en la Tabla 35 del Anexo 1, indican la relación existente entre las áreas de conocimiento y los grupos de procesos definidos por el PMBOK en su quinta edición, con las herramientas y técnicas que se describen en ese mismo estándar y en la guía de PRINCE2, ya que estos dos documentos son los únicos, de los cuatro que anteriormente se han descrito, que ofrecen en su contenido herramientas y técnicas.

Tabla 11. Clasificación de las herramientas y técnicas del PMBOK y PRINCE2 (I).
Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013 y OGC, 2009.

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de procesos de cierre
Gestión de la integración del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Técnicas de gestión de reuniones -Técnicas de resolución de conflictos -Técnicas de resolución de problemas -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Técnicas de gestión de reuniones -Técnicas de resolución de conflictos -Técnicas de resolución de problemas -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Reuniones -Sistemas de autorización de trabajos -Sistemas de gestión de la configuración -Sistemas de información -Sistemas de recopilación y distribución de la información 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis causal -Análisis de árbol de fallos (FTA) -Análisis de causa raíz -Análisis de curva S -Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA) -Análisis de regresión -Análisis de reservas -Análisis de tendencias -Análisis de variación -Análisis del valor ganado (EVG) 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de regresión -Análisis de tendencias -Juicio de expertos -Reuniones
Gestión del alcance del proyecto		<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de alternativas -Análisis de documentos -Análisis de requisitos -Análisis de sistemas -Análisis del valor -Cuestionarios y encuestas -Decisión por dictadura -Decisión por mayoría -Decisión por pluralidad -Decisión por unanimidad (técnica Delphi) -Descomposición -Desglose del producto -Despliegue de la función de calidad (QFD) -Diagrama de similitud -Diagrama de consenso 	<ul style="list-style-type: none"> -Entrevistas -Estudios comparativos -Grupos focales -Historias de usuarios -Ingeniería de sistemas -Ingeniería del valor -Juicio de expertos -Mapa conceptual mental -Observaciones -Pensamiento lateral -Promopos -Reuniones -Sesiones conjuntas de desarrollo de aplicaciones (JAD) -Técnicas de grupo nominal -Toma de decisiones -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de la variación -Auditorías -Decisiones por dictadura -Decisiones por mayoría -Decisiones por pluralidad -Decisiones por unanimidad (técnica Delphi) 	
Gestión del tiempo del proyecto		<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de alternativas -Análisis de escenarios -Análisis de reservas -Adeletas y resacas -Descomposición -Determinación de dependencias -Diagrama de Gam -Ejecución rápida del cronograma -Equilibrio de recursos -Estimación analógica -Estimación ascendente -Estimación descendente -Estimación paramétrica -Estimación por tres valores (PERT) -Estimación por un valor 	<ul style="list-style-type: none"> -Estimaciones publicadas -Identificación del cronograma -Juicio de expertos -Método de diagramación por precedencia (PDM) -Método de la cadena crítica (CCM) -Método del camino crítico (CPM) -Nivelación de recursos -Planificación gradual -Simulación de Monte Carlo -Software de gestión de proyectos -Técnica de grupo nominal -Técnica Delphi -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Ajuste de adelantos retrasos -Análisis de curva S -Análisis de escenarios -Análisis de tendencias -Análisis del valor ganado (EVG) -Diagrama de Gam -Diagrama de hitos -Ejecución rápida del cronograma 	<ul style="list-style-type: none"> -Equilibrio de recursos -Identificación del cronograma -Método de la cadena crítica (CCM) -Método del camino crítico (CPM) -Nivelación de recursos -Simulación de Monte Carlo -Software de gestión de proyectos
Gestión de los costos del proyecto		<ul style="list-style-type: none"> -Agregación de costos -Análisis de ofertas de proveedores -Análisis de reservas -Beneficio neto -Conexión del límite de financiación -Coste de la calidad (COQ) -Estimación analógica -Estimación ascendente -Estimación descendente -Estimación paramétrica -Estimación por tres valores (PERT) -Estimación por un valor 	<ul style="list-style-type: none"> -Flujo de caja descontado -Juicio de expertos -Plan de retorno de la inversión -Relaciones históricas -Retorno de la inversión (ROI) -Reuniones -Software de gestión de proyectos -Tasa interna de retorno (TIR) -Técnica Delphi -Tormenta de ideas -Valor actual neto (VAN) 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de curva S -Análisis de la variación -Análisis de reservas -Análisis de tendencias -Análisis del valor ganado (EVG) 	<ul style="list-style-type: none"> -Desglose del valor ganado -Diagrama de hitos -Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) -Promopos -Software de gestión de proyectos

Tabla 12. Clasificación de las herramientas y técnicas del PMBOK y PRINCE2 (II).
Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013 y OGC, 2009.

Grupo de proceso de inicio	Grupo de proceso de planificación	Grupo de proceso de ejecución	Grupo de proceso de seguimiento y control	Grupo de proceso de cierre	
<ul style="list-style-type: none"> -Análisis costo-beneficio -Análisis de campo de fuerza -Coste de la calidad (COC) -Diagramas de actividad -Diagramas de árbol -Diagramas de control -Diagramas de dispersión -Diagramas de flujo -Diagramas de Ishikawa -Diagramas matriciales -Diagramas de Pareto -Diagramas de red de la actividad 	<ul style="list-style-type: none"> -Diagramas de interdependencias -Diseño de experimentos (DOE) -Estudios comparativos -Gráficas de programación de decisiones de proceso (PD/CP) -Histogramas -Hojas de verificación -Matrices de priorización -Muestreo estadístico -Reuniones -Técnicas de grupo nominal -Tormenta de ideas 	<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de causa raíz -Auditorías de calidad -Diagramas de actividad -Diagramas de árbol -Diagramas de red de la actividad -Diagramas matriciales -Diagramas de interdependencias -Gráficas de programación de decisiones de proceso (PD/CP) -Matrices de priorización 	<ul style="list-style-type: none"> -Diagramas de control -Diagramas de dispersión -Diagramas de flujo -Diagramas de Ishikawa -Diagramas de Pareto -Histogramas -Hojas de verificación -Inspección -Muestreo estadístico -Revisión de solicitudes de cambio aprobadas 		
<ul style="list-style-type: none"> -Creación de relaciones de trabajo -Diagramas jerárquicos -Diagramas matriciales (RACI) -Formatos tipo texto 	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Reuniones -Teoría organizacional 	<ul style="list-style-type: none"> -Actividades de desarrollo del espíritu de equipo -Adquisición -Asignación previa -Capacitación -Coaliciones -Equipos virtuales -Escuestas de actitud -Entrevistas estructuradas -Evaluaciones de desempeño -Evaluaciones específicas -Gestión de conflictos -Herramienta electrónica -Informar el desempeño -Modelos de comunicación -Tecnología de la comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> -Gestión de conflictos: colaborar -Gestión de conflictos: conciliar -Gestión de conflictos: eludir -Gestión de conflictos: forzar -Grupos focales -Habilidades interpersonales -Negociación -Observación y conversación -Pruebas de habilidad -Reconocimiento y recompensas -Reglas básicas -Toma de decisiones 		
<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de requisitos de comunicación -Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push 	<ul style="list-style-type: none"> -Modelos de comunicación -Reuniones -Tecnología de la comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> -Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push -Gestión de documentos -Gestión de documentos impresos y electrónicos 	<ul style="list-style-type: none"> -Herramienta electrónica -Modelos de comunicación -Tecnología de la comunicación 	<ul style="list-style-type: none"> -Gestión de documentos impresos y electrónicos -Herramienta electrónica -Juicio de expertos -Reuniones 	
<ul style="list-style-type: none"> -Aceptar amenazas -Aceptar oportunidades -Análisis con lista de verificación -Análisis de causa raíz -Análisis de Pareto -Análisis de sensibilidad -Análisis de supuestos -Análisis del perfil de riesgo de los interesados -Análisis del "valor medio esperado" -Análisis DAFO -Árboles de probabilidad -Comparación de riesgos -Compartir oportunidades -Diagramas de causa y efecto -Diagramas de flujo de procesos o de sistemas -Diagramas de interdependencias -Distribuciones de probabilidad -Estrategias de respuesta a contingencias -Estructura de descomposición de riesgos (RSB) 	<ul style="list-style-type: none"> -Entrevistas -Evaluación de la calidad de los datos sobre los riesgos -Evaluación de la urgencia de los riesgos -Evaluación de probabilidad e impacto -Evitar amenazas -Explorar oportunidades -Hoja de calificación de riesgo estratégico -Juicio de expertos -Matriz de probabilidad e impacto -Mejorar oportunidades -Minimizar amenazas -Modelado de riesgos -Reuniones -Revisión de documentación previa -Simulación de Monte Carlo -Técnica Delphi -Tormenta de ideas -Transferir amenazas -Valor monetario esperado (EMV) 		<ul style="list-style-type: none"> -Análisis de reservas -Análisis de variación y de tendencias -Auditorías de riesgos -Medición del desempeño técnico -Reevaluación de riesgos -Reuniones 		
<ul style="list-style-type: none"> -Análisis hacer o comprar -Investigación de mercado 	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Reuniones 	<ul style="list-style-type: none"> -Emisiones independientes -Juicio de expertos -Negociación -Publicidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Reuniones con proveedores -Técnicas analíticas -Técnicas de evaluación de propuestas 	<ul style="list-style-type: none"> -Formularios -Gestión de reclamaciones -Informes de desempeño -Inspecciones y auditorías -Resolución de conflictos -Reuniones del desempeño -Sistemas de gestión de registros -Sistemas de pago -Sistemas de rastreo 	<ul style="list-style-type: none"> -Auditorías -Negociación -Sistema de gestión de registros
<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Matriz de influencia/impacto -Matriz de poder/influencia -Matriz de poder/interés -Matriz de promiscuidad -Reuniones 	<ul style="list-style-type: none"> -Juicio de expertos -Matriz de evaluación de la participación de interesados -Reuniones 	<ul style="list-style-type: none"> -Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push 	<ul style="list-style-type: none"> -Habilidades de gestión -Habilidades interpersonales 	<ul style="list-style-type: none"> -Hojas de cálculo -Juicio de expertos -Presentaciones -Reuniones -Tablas 	

Tal y como se observa analizando las tablas anteriores (o la Tabla 35 del Anexo 1), las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos se han clasificado atendiendo a la relación existente entre los grupos de procesos y las áreas de conocimiento ofrecidas por el PMBOK en su quinta versión, por lo que en todos aquellos elementos de la matriz en los que existen procesos, también aparecen herramientas y técnicas, mientras que en aquellos elementos de la matriz para los que no se han definido procesos, tampoco se ubican herramientas y técnicas.

5.2. Herramientas y técnicas de las metodologías ágiles aplicadas a la dirección y gestión de proyectos

En el caso de que una organización lleve a cabo proyectos con elevada incertidumbre, bajo presupuesto, corta duración, elevada flexibilidad de los requisitos del producto, y alta participación del cliente durante todo el ciclo de vida del proyecto, puede ser interesante, en ese caso, la aplicación de las metodologías ágiles.

Así, la dirección y gestión de proyectos, desde el punto de vista de las metodologías ágiles, difiere del enfoque tradicional, ya que éstas, generalmente, ponen énfasis en llevar a cabo una gestión ligera de los proyectos, centrándose en eliminar la burocracia, los procesos y las prácticas innecesarias, con el fin de realizar trabajo productivo únicamente (Cervone, 2011).

En concreto, se basan en el trabajo conjunto entre el cliente y el equipo de proyectos, permitiendo un desarrollo iterativo e incremental del proyecto, cosa que, a su vez, disminuye los errores, aumenta la flexibilidad y adaptabilidad, y disminuye el tiempo de desarrollo del producto, para satisfacer al cliente (Parveen et al., 2015).

En este sentido, las herramientas ágiles se definen como aquellas herramientas que permiten ayudar a los equipos y organizaciones a desempeñar las prácticas ágiles, y lo que es más importante, la gestión de las tareas pendientes de realizar (Suomi, 2014).

Así las cosas, la Tabla 13 muestra una recopilación de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles *Scrum* y *Kanban*, clasificándolas atendiendo a los grupos de procesos de la dirección y gestión de proyectos tradicional.

Tabla 13. Clasificación de las herramientas y técnicas de *Scrum* y *Kanban*.
Fuente: Elaborada a partir de Cervone, 2011; Greening, 2010; Palacio et al., 2016 y Parveen et al., 2015.

Grupo de procesos	Herramientas y técnicas
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> -Estimación de póker (<i>planning poker cards</i>) -Estimación por numeración -Estimación por sucesión de Fibonacci -Gráfico de producto -Reunión diaria (<i>stand up meeting</i>) -Tablero
Ejecución	<ul style="list-style-type: none"> -Límite del WIP (<i>Work In Progress</i>) -Pila de trabajo pendiente (<i>backlog</i>)
Seguimiento y control	<ul style="list-style-type: none"> -Gráfico de avance -Retrospectiva -Reunión diaria (<i>stand up meeting</i>) -Revisión del sprint

Tal y como se observa en la tabla anterior, las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles son distintas y en mucha menor cantidad que en la dirección y gestión de proyectos convencional (véase Anexo 1). Este hecho está en consonancia con el principio de gestión ligera, que permite minimizar las prácticas y eliminar la burocracia innecesaria, reduciendo a tres los grupos de procesos para la clasificación de las herramientas y técnicas ágiles.

5.3. Descripción de las herramientas y técnicas más usadas en la dirección y gestión de proyectos

En este apartado, se va a llevar a cabo, en primer lugar, la identificación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional más empleadas en el desarrollo de la actividad profesional. Posteriormente, se definirá con detalle cada una de ellas, así como las referidas a las metodologías ágiles, anteriormente listadas en la Tabla 13.

5.3.1. Herramientas y técnicas más usadas en la dirección y gestión de proyectos convencional

En el Anexo 1, se ha mostrado la Tabla 35 en la que se clasificaban, por grupos de procesos y por áreas de conocimiento, las diferentes herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos que aparecen en la quinta edición del PMBOK y en el estándar oficial sobre PRINCE2.

Sin embargo, tal y como se observa en dicha tabla, existe una gran variedad de herramientas y técnicas, las cuales se pueden aplicar en un amplio rango de contextos distintos, cosa que dificulta, en muchas ocasiones, la elección de unas frente a otras en organizaciones que empiezan a implantar los fundamentos de la dirección y gestión de proyectos. Por ello, algunos profesionales e investigadores han llevado a cabo estudios empíricos para identificar aquellas que son más utilizadas por los directores de proyectos en todo el mundo.

Así pues, la Tabla 14 muestra una recopilación de investigaciones, llevadas a cabo, en este sentido, por expertos en la profesión de la dirección y gestión de proyectos a lo largo de las dos últimas décadas.

Tabla 14. Investigaciones sobre el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.

Fuente: Elaborada a partir de Besner y Hobbs, 2004; Coombs et al., 1998; Fernandes et al., 2013; Fox y Spence, 1998; Patanakul et al., 2010; Raz y Michael, 2001; Thamhain, 1999 y White y Fortune, 2002.

Autores de la investigación	Descripción de la investigación	Herramientas y técnicas estudiadas	Encuestas
Coombs et al. (1998)	Benchmarking de las prácticas de la dirección y gestión de proyectos de investigación y desarrollo	Sin especificar	11 empresas
Fox y Spence (1998)	Estudio sobre la identificación de las herramientas más utilizadas, nivel de uso, satisfacción con los resultados, formación específica recibida y adecuación del uso	Sin especificar	159 directores de proyectos
Thamhain (1999)	Identificación de la popularidad de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos	38	180 proyectos y 294 profesionales
Raz y Michael (2001)	Determinación de las herramientas de gestión de riesgos más usadas, asociado con el éxito del proyecto	38	84 directores de proyectos
White y Fortune (2002)	Identificación de las herramientas y técnicas más empleadas por directores de proyectos y reporte de sus limitaciones	44	236 proyectos
Besner y Hobbs (2004)	Determinación del uso de las herramientas y técnicas de la dirección de proyectos	70	753 directores de proyectos
Patanakul et al. (2010)	Estudio del uso de las técnicas y herramientas de la dirección y gestión de proyectos sobre el ciclo de vida y el éxito del proyecto	39	412 miembros del PMI
Fernandes et al. (2013)	Identificación de las prácticas más usadas por los profesionales de la dirección y gestión de proyectos para mejorar sus resultados	68	793 directores de proyectos

Respecto a la tabla anterior, cabe destacar que el estudio llevado a cabo por Besner y Hobbs en 2004 obtuvo unos resultados totalmente consistentes con los de White y Fortune en 2002, ya que las herramientas y técnicas más empleadas según el estudio de White y Fortune también aparecen en la parte alta de la lista, mucho más amplia, elaborada por Besner y Hobbs (Fernandes, 2013).

De esta manera, en dichas tablas se puede apreciar la semejanza existente entre las herramientas y técnicas utilizadas por cada grupo de autores en sus estudios, o incluso con los estándares, ya que se ha empleado un código de colores (especificado en el Anexo 2) para resaltar cuáles son comunes en las investigaciones llevadas a cabo.

Analizando las tablas del Anexo 2, se concluye que la mayoría de las herramientas y técnicas incluidas en el estudio de Besner y Hobbs coinciden (o son similares) a las que se indican en las guías del PMBOK y de PRINCE2. Por su parte, Fernandes et al., comparten un elevado número de elementos con los utilizados por Besner y Hobbs (y por extensión, con los estándares), mientras que Patanakul et al. usan un menor número de herramientas y técnicas comunes, proponiendo, a su juicio, otras que pueden ser más utilizadas por los expertos.

Así pues, la Tabla 17 muestra las 10 herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos más empleadas por los profesionales, según los estudios realizados por Besner y Hobbs, Patanakul et al. y Fernandes et al.

Tabla 17. *Prioridad en el uso de las herramientas y técnicas según las investigaciones.*
Fuente: *Elaborada a partir de Besner y Hobbs, 2004; Fernandes et al., 2013 y Patanakul et al., 2010.*

Nº	Besner y Hibbs	Patanakul et al.	Fernandes et al.
1	Software de gestión (programar tareas)	Diagrama de barras	Informe de progreso
2	Informe de progreso	Estimación análoga	Análisis de requerimientos
3	Definición del alcance	Estimación ascendente	Reunión de progreso
4	Análisis de requerimientos	Informe de desempeño	Identificación de riesgos
5	Reunión de lanzamiento	Lista de verificación	Definición del alcance
6	Diagrama de Gantt	Lecciones aprendidas	Reunión de lanzamiento
7	Lecciones aprendidas	Diagrama de hitos	Planificación de hitos
8	Solicitud de cambios	Medición del desempeño de la línea base	Estructura de descomposición del trabajo
9	Software de gestión (controlar la programación)	Registro de cambios del proyecto	Solicitud de cambios
10	Estructura de descomposición del trabajo	Tormenta de ideas	Registro de incidencias

De esta manera, analizando la tabla anterior, se concluye que los resultados que se obtuvieron fueron cualitativamente similares para el caso de Fernandes et al. y Besner y Hobbs, ya que el listado de las herramientas y técnicas ordenadas según su grado de uso era parecido, aunque el orden de importancia variaba ligeramente respecto a los estudios de referencia. En concreto, 6 de las 10 herramientas y técnicas más empleadas según las investigaciones de Fernandes et al., aparecen también en los resultados de Besner y Hobbs, lo que implica un alto grado de concordancia entre ambas investigaciones.

En el caso de Patanakul et al., los resultados fueron más dispares (respecto a los de Besner y Hobbs) debido, sobre todo y como ya se ha mencionado anteriormente, a la introducción de numerosas herramientas y técnicas que no aparecían en el estudio de referencia. De hecho, de entre las 10 herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos más utilizadas por los profesionales, únicamente tienen en común las lecciones aprendidas, la cual aparece en el 6º lugar en el ranking de Patanakul et al. y en el 7º puesto en el listado ordenado de Besner y Hobbs, lo que evidencia una importancia similar para ese elemento concreto en ambos casos.

De este modo, partiendo de los resultados de las tres investigaciones más actuales, se ha seleccionado un conjunto reducido de herramientas y técnicas, intentando que fueran comunes a todos los estudios y representando, en la medida de lo posible, a todos los grupos de procesos y áreas de conocimiento de la dirección y gestión de proyectos. Así pues, el siguiente listado enumera las herramientas y técnicas seleccionadas.

- Análisis con lista de verificación
- Análisis de las partes interesadas
- Análisis del valor ganado (EVM)
- Auditorías
- Casa de la calidad
- Diagrama de Ishikawa
- Diagrama de Gantt
- Estructuras de descomposición
- Gráfico de control
- Habilidades interpersonales
- Indicadores financieros
- Matriz de probabilidad e impacto
- Método del camino crítico (CPM)
- Métodos de comunicación
- Proyecciones y pronósticos
- Reuniones
- Software de gestión
- Toma de decisiones
- Tormenta de ideas
- Valor monetario esperado (EMV)

Tal y como se aprecia en la Tabla 37 del Anexo 2, la columna denominada *selección propia*, contiene la lista de herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos que son objeto de estudio del presente trabajo. Como se observa, analizando el contenido de dicho listado, las herramientas y técnicas escogidas son, en un grado considerable, comunes a los tres grupos de autores y a los estándares consultados (6 de los 20 elementos, es decir, un 30%), o a combinaciones de autores (otro 30% respecto del total), intentando así, que la selección fuese lo más fundamentada posible en dichas investigaciones. El resto de herramientas y técnicas (8 de las 20 escogidas, o lo que es lo mismo, un 40%), coinciden, o son similares, a las que aparecen en las guías del PMBOK y de PRINCE2.

De esta manera, la Tabla 18 muestra la matriz de áreas de conocimiento y grupos de procesos de la dirección y gestión de proyectos del PMI, en cuyos elementos se hallan las herramientas y técnicas escogidas para el estudio de este trabajo.

Tabla 18. Clasificación de las herramientas y técnicas seleccionadas.
Fuente: Elaboración propia.

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de procesos de cierre
Gestión de la integración del proyecto	-Tormenta de ideas	-Tormenta de ideas	-Reuniones	-Análisis del valor ganado (EVM) -Proyecciones y pronósticos -Reuniones	-Reuniones
Gestión del alcance del proyecto	-	-Estructura de descomposición del trabajo (WBS) -Reuniones -Toma de decisiones -Tormenta de ideas	-	-Auditorías -Toma de decisiones	-
Gestión del tiempo del proyecto	-	-Diagrama de Gantt -Estructura de descomposición del trabajo (WBS) -Método del camino crítico (CPM) -Software de gestión -Tormenta de ideas	-	-Análisis del valor ganado (EVM) -Diagrama de Gantt -Método del camino crítico (CPM) -Proyecciones y pronósticos -Software de gestión	-
Gestión de los costes del proyecto	-	-Indicadores financieros -Reuniones -Software de gestión -Tormenta de ideas	-	-Análisis del valor ganado (EVM) -Proyecciones y pronósticos -Software de gestión	-
Gestión de la calidad del proyecto	-	-Casa de la calidad -Diagrama de Ishikawa -Gráfico de control -Reuniones -Tormenta de ideas	-Auditorías	-Análisis con lista de verificación -Diagrama de Ishikawa -Gráfico de control	-
Gestión de los recursos humanos del proyecto	-	-Reuniones	-Habilidades interpersonales -Toma de decisiones	-	-
Gestión de las comunicaciones del proyecto	-	-Métodos de comunicación -Reuniones	-Métodos de comunicación	-Reuniones	-
Gestión de los riesgos del proyecto	-	-Análisis con lista de verificación -Análisis de interesados -Diagrama de Ishikawa -Estructura de descomposición de riesgos (RBS) -Matriz de probabilidad e impacto -Reuniones -Software de gestión -Tormenta de ideas -Valor monetario esperado (EMV)	-	-Auditorías -Reuniones -Software de gestión	-
Gestión de las adquisiciones del proyecto	-	-Reuniones	-Reuniones	-Auditorías	-Auditorías
Gestión de los interesados del proyecto	-Análisis de interesados -Reuniones	-Reuniones	-Habilidades interpersonales -Métodos de comunicación	-Reuniones	-

Hecho esto, se procede a describir, por orden alfabético, cada una de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos incluidas en la tabla anterior, así como aquellas propias de las metodologías ágiles indicadas en la Tabla 13.

5.3.2. Herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional

5.3.2.1. Análisis con lista de verificación

Una lista de verificación (o *checklist*), es un listado de elementos o criterios, ordenados de una manera determinada, que permite al usuario registrar la presencia o ausencia de ese elemento en la evaluación llevada a cabo.

Esta herramienta posee diversos objetivos, de entre los cuales cabe destacar la estandarización y regulación de los procesos y metodologías, convirtiéndose en un instrumento útil para las evaluaciones y diagnósticos.

Además, es fácil de usar, y normalmente se actualiza con el tiempo, añadiéndose elementos o criterios adicionales por contribución de expertos en la materia o por la experiencia colectiva (Ammar et al., 2007).

Así las cosas, a continuación se procede a mostrar un ejemplo de lista de verificación aplicado a un proyecto de diseño de un videojuego de aventuras y supervivencia.

Tabla 19. Lista de verificación.

Fuente: Elaboración propia.

Diseño de la introducción del juego	
√	Diseño de escenas cinemáticas.
√	Selección del actor que dará voz al personaje protagonista
√	Redacción de las frases del personaje protagonista.
	Grabación de las frases del personaje protagonista en el estudio.
√	Grabación de los efectos sonoros.
	Elaboración de la introducción cinemática del juego (escenas + voces + sonidos).

Analizando la tabla anterior, se observa que, para el diseño de la introducción del juego, se contemplaron 6 tareas, de las cuales, en el momento de realizar el seguimiento, se habían ejecutado satisfactoriamente 4. En este caso, debido a que la tarea de elaboración de la introducción cinemática del juego dependía del resto de tareas, no se pudo señalar como completada, ya que la grabación de las frases del personaje en el estudio todavía no se había ejecutado en ese momento.

5.3.2.2. Análisis de las partes interesadas

El análisis de las partes interesadas es una técnica que consiste en recopilar y analizar, de manera sistemática, información cuantitativa y cualitativa, con el fin de determinar qué intereses particulares deben tenerse en cuenta a lo largo del proyecto.

Esta técnica permite identificar los intereses, expectativas e influencia de las partes interesadas, y relacionarlas con el propósito del proyecto. Además, posibilita entender las relaciones de los interesados con el proyecto o con otros interesados, para crear alianzas y asociaciones que aseguren el éxito del proyecto (PMI, 2013).

En general, el análisis de las partes interesadas sigue los siguientes pasos (Missonier, 2014).

- 1) Identificar a las partes interesadas y analizar sus relaciones.
- 2) Identificar los intereses de las partes interesadas.
- 3) Evaluar la influencia de las partes interesadas.
- 4) Identificar las controversias.
- 5) Analizar los efectos de las controversias en la red de interesados.

Por otro lado, indicar que para el análisis anterior, existen múltiples modelos matriciales que ayudan a la clasificación de los interesados, tales como la matriz de poder/interés, la matriz de poder/influencia y la matriz de influencia/impacto (PMI, 2013).

Así pues, partiendo del siguiente listado de interesados de un proyecto de diseño de un videojuego de aventuras y supervivencia, se procede a clasificarlos en dichas matrices.

- A. CEO
- B. Beta-testers
- C. Usuarios
- D. Accionistas
- E. Publicaciones y prensa especializada

- Matriz de poder/interés: agrupa a los interesados basándose en su nivel de autoridad (poder) y preocupación (interés) con respecto a los resultados del proyecto.

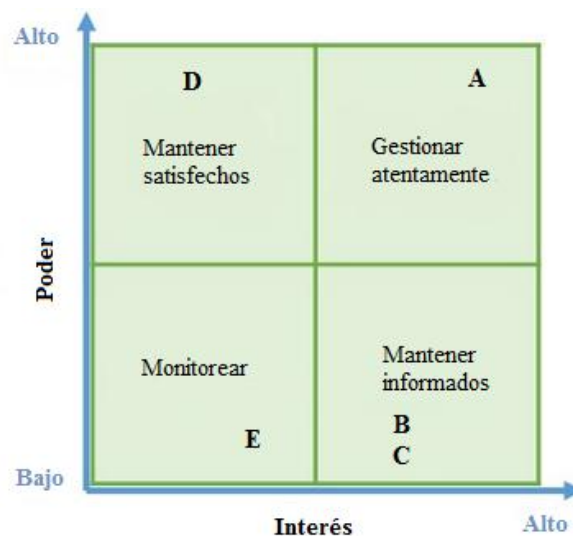


Figura 3. Matriz de poder/interés.

Fuente: Elaboración propia.

- Matriz de poder/influencia: agrupa a los interesados basándose en su nivel de autoridad (poder) y su participación activa (influencia) en el proyecto.

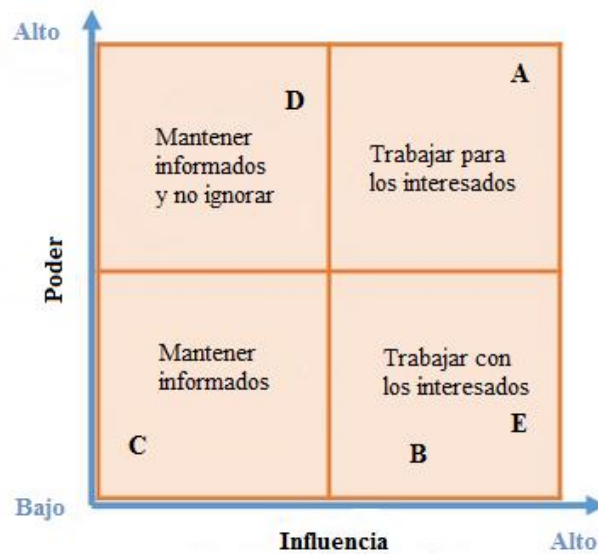


Figura 4. Matriz de poder/influencia.
Fuente: Elaboración propia.

- Matriz de influencia/impacto: agrupa a los interesados basándose en su participación activa (influencia) en el proyecto y su capacidad de efectuar cambios a la planificación o ejecución del proyecto (impacto).

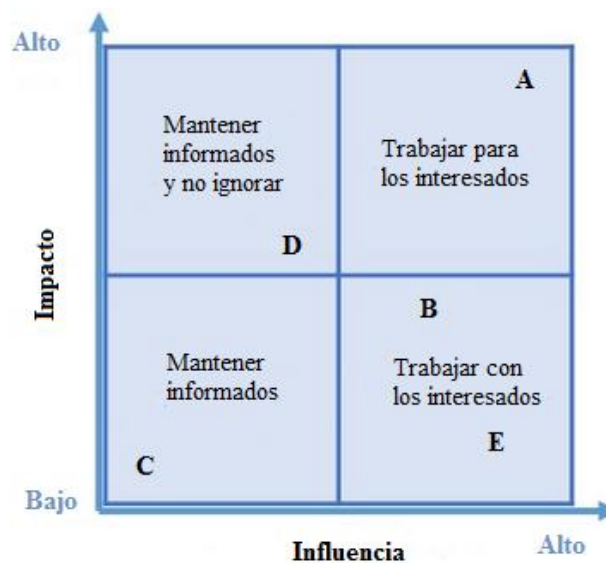


Figura 5. Matriz de impacto/influencia.
Fuente: Elaboración propia.

Así las cosas, atendiendo al tipo de matriz, las diferentes partes interesadas del proyecto se sitúan en un cuadrante u otro, en el que se indica el tipo de acciones a llevar a cabo para gestionar correctamente a esa parte interesada concreta.

5.3.2.3. *Análisis del valor ganado*

El análisis del valor ganado es un método ampliamente utilizado para el seguimiento y control de los proyectos, ya que permite integrar el alcance, el coste, el tiempo y la planificación bajo el mismo marco (Acebes et al., 2013).

En este sentido, se define como la técnica que posibilita la relación de la planificación y uso de recursos con la programación del proyecto y con el desempeño técnico de los requerimientos, con el fin de proporcionar una mejor y más precisa comprensión del estado del proyecto a los directores de proyectos (Kim et al., 2003).

Este método se caracteriza por el uso de una serie de parámetros, los cuales se procede a comentar (PMI, 2013).

- Coste Presupuestado del Trabajo Planificado (CPTP): se trata del presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo que debe ejecutarse para completar una actividad.
- Coste Presupuestado del Trabajo Realizado (CPTR): es el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha completado en una fecha concreta.
- Coste Real del Trabajo Realizado (CRTR): se trata del coste incurrido por el trabajo llevado a cabo en una actividad durante un periodo de tiempo específico.
- Desviación de plazos (DP): es un indicador de desempeño del cronograma que se expresa como la diferencia entre el CPTR y el CPTP. Determina, en unidades monetarias, en qué medida el proyecto está adelantado o retrasado con la fecha de entrega en un momento concreto. Si el valor que adquiere es negativo, entonces hay un retraso en la ejecución del proyecto respecto a la planificación.
- Desviación de costes (DC): se trata del déficit o superávit presupuestario en un momento dado, expresado como la diferencia entre el CPTR y el CRTR. Si el valor de este parámetro es negativo, entonces el proyecto se está ejecutando con sobrecoste respecto a la planificación.
- Índice de Rendimiento de Plazos (IRP): es una medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el CPTR y el CPTP. Refleja la medida de la eficiencia con que el equipo del proyecto está utilizando el tiempo, de tal manera que si tiene un valor superior a la unidad, el proyecto va adelantado.
- Índice de Rendimiento de Costes (IRC): es una medida de eficiencia de los costes de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el CPTR y el CRTR. Mide la eficiencia del coste para el trabajo completado, de tal forma que si el valor que adquiere es superior a la unidad, el proyecto se está ejecutando por debajo del presupuesto.

Cabe mencionar que en determinadas ocasiones (sobre todo en los extremos de la ejecución del proyecto), estos indicadores pierden credibilidad, ya que distorsionan en gran medida las predicciones sobre la finalización del proyecto, por lo que se definen otros parámetros que corrigen estos errores (Vandevoorde et al., 2006).

- Programación ganada (ES): constituye una versión ampliada de las métricas CPTR y CPTP, calculándose como:

$$ES = t + \frac{CPTR - CPTP_t}{CPTP_{t+1} - CPTP_t} \quad (1)$$

- Variación de la programación con la programación ganada (SV(t)): este parámetro se calcula como la diferencia entre la programación ganada (ES) y el CRTR, de tal manera que si adquiere un valor negativo, el proyecto está retrasado en el tiempo.
- Índice de avance de la programación con la métrica de programación ganada (SPI(t)): este parámetro se calcula como el cociente entre la programación ganada (ES) y el CRTR, de tal forma que si el valor resultante es superior a la unidad, el proyecto está adelantado.

5.3.2.4. Auditorías

Según la RAE (2016) una auditoría es la revisión sistemática de una actividad o de una situación para evaluar el cumplimiento de las reglas o criterios objetivos a que aquellas deben someterse. Así, en la dirección y gestión de proyectos existen auditorías para diferentes áreas de conocimiento, las cuales se procede a comentar a continuación (PMI, 2013).

- Auditoría de calidad: se trata de un proceso estructurado e independiente para determinar si las actividades del proyecto cumplen con las políticas, los procesos y los procedimientos del proyecto y de la organización.
- Auditoría de las adquisiciones: consiste en la revisión de los contratos y de los procesos contractuales en cuanto a su completitud, exactitud y efectividad.
- Auditoría de los riesgos: es la examinación y documentación de la efectividad de las respuestas a los riesgos, así como de la efectividad del proceso de gestión de riesgos.

5.3.2.5. Casa de la calidad

La casa de la calidad (*House of Quality*, HOQ), es un elemento del despliegue de la función de calidad (*Quality Function Deployment*, QFD). Esta herramienta usa una matriz de planificación para trasladar las necesidades del cliente al diseño del producto y a los métodos de fabricación. Permite considerar el impacto de estas necesidades, de las características técnicas y de la situación del mercado en la calidad del producto.

Así las cosas, los resultados que se obtienen tras la aplicación de esta herramienta posibilitan establecer prioridades para las diferentes necesidades de los clientes e identificar deficiencias en el diseño y en el proceso de fabricación del producto, mediante la comparación de tecnologías existentes en la industria. En consecuencia, esta información puede ser usada en la selección, ajuste, modificación y optimización de la planificación inicial, consiguiendo satisfacer las necesidades del cliente y alcanzar mayor competitividad del producto (Yang et al., 2015). De esta manera, a continuación se muestra un esquema de la casa de la calidad, indicando la información a introducir en cada una de las partes en las que se divide.

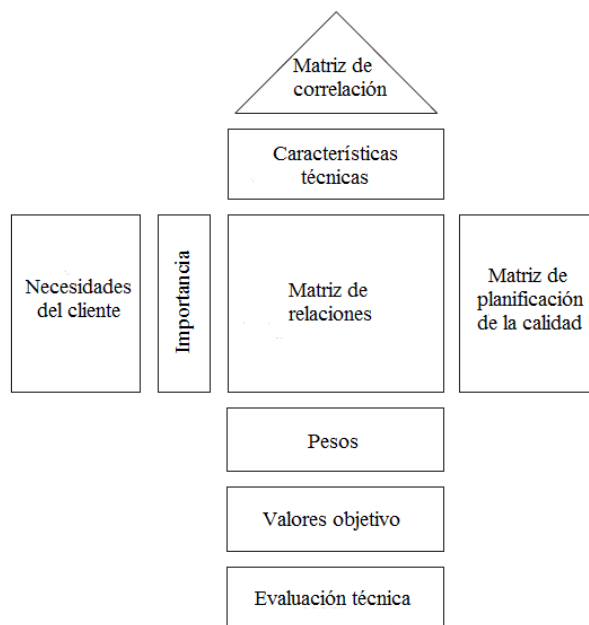


Figura 6. Elementos de la casa de la calidad.
Fuente: Elaborada a partir de Yang et al., 2015.

Así, atendiendo a la figura anterior, se procede a definir cada una de las áreas de la casa de la calidad (Yang et al., 2015).

- Necesidades del cliente: se trata de un listado con los requerimientos del cliente para el producto, expresados con sus propias palabras.
- Características técnicas: permite ilustrar las relaciones entre las necesidades del cliente y los parámetros técnicos. Esta información la genera el equipo del proyecto, quien identifica todas las características medibles del producto que creen que son importantes para satisfacer tales necesidades.
- Matriz de relaciones: consiste en la evaluación del impacto de las características técnicas en las necesidades del cliente y en la determinación de su fuerza.
- Matriz de correlación: esta matriz permite mostrar las conexiones existentes entre las características técnicas.
- Matriz de planificación de la calidad: se usa para evaluar la competitividad de los productos o procesos desde el punto de vista del cliente.

- **Importancia:** representa la importancia relativa de las necesidades del cliente.
- **Pesos:** indica la importancia relativa de las características técnicas del producto.
- **Valores objetivo:** identifica los valores que se desea alcanzar para cada una de las características técnicas evaluadas.
- **Evaluación técnica:** consiste en una ordenación de las características técnicas en relación con las necesidades del cliente, permitiendo identificar las oportunidades de mejora del producto.

Así pues, la Figura 7 muestra la casa de la calidad aplicada a un proceso de selección de tecnologías de pirólisis de carbón para proyectos de generación de energía y calor. Para ello, Yang et al. (2015) consultaron a 100 expertos en tecnología de los combustibles fósiles, formando así un panel de expertos con una amplia variedad de especializaciones dentro de esta disciplina.

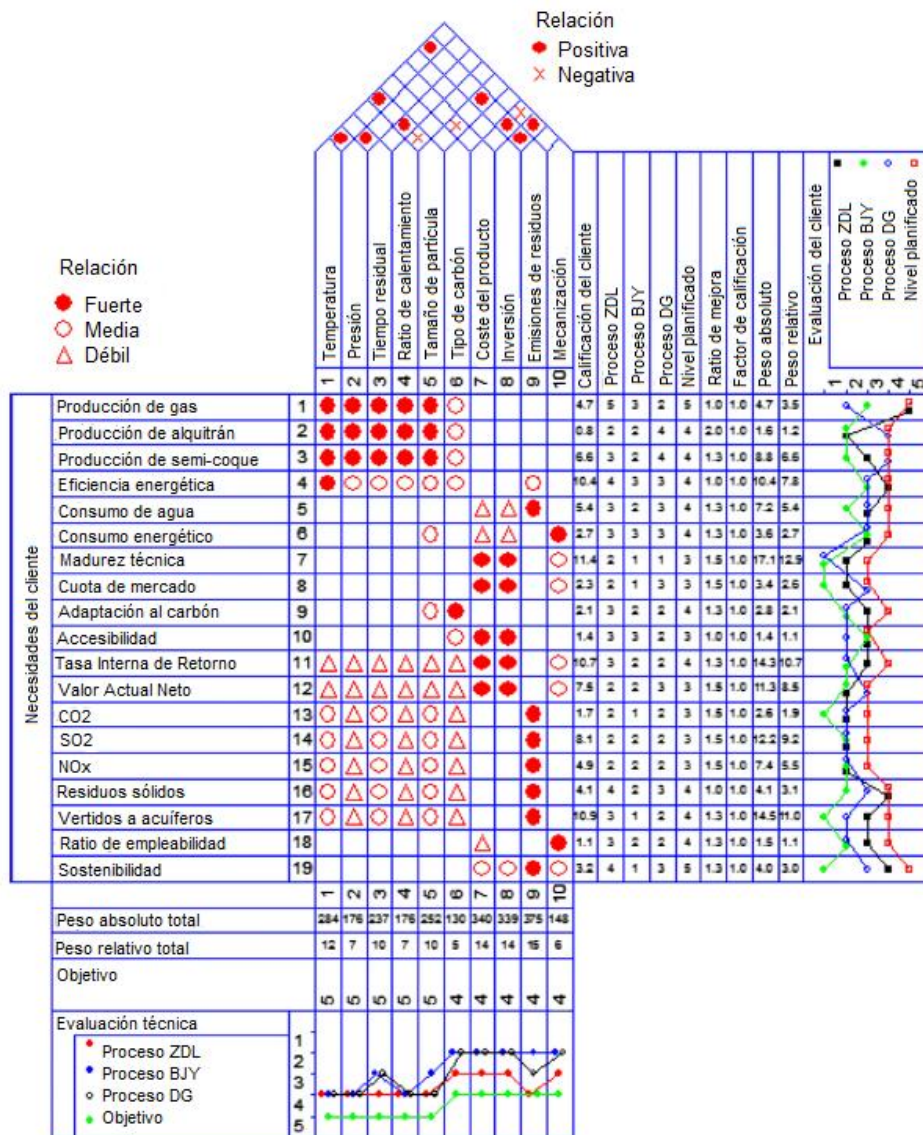


Figura 7. Casa de la calidad.
 Fuente: Elaborada a partir de Yang et al., 2015.

Así pues, atendiendo a la figura anterior, la aplicación de la casa de la calidad evidenció que las tres necesidades más importantes para los expertos eran el nivel de madurez técnica, los vertidos a los acuíferos y la tasa interna de retorno. Además, el análisis mostró que el proceso ZDL (pirolisis de carbón basada en un lecho fluidificado desarrollado por la Universidad de Zhejiang) es el que posee una mayor ventaja competitiva frente a los otros dos procesos contemplados, BJY (pirolisis del carbón basada en un lecho movable desarrollado por el Instituto de Investigación Energética) y DG (pirolisis del carbón basada en el proceso desarrollado por la Universidad de Tecnología de Dalian), por lo que debería ser considerado como la mejor opción para su empleo en plantas de generación de energía que empleen carbón (Yang et al., 2015).

5.3.2.6. Diagrama de causa y efecto

El diagrama de causa y efecto, diagrama de Ishikawa o de espina de pescado, es considerado una de las siete herramientas básicas del control de la calidad. Se trata de una herramienta gráfica, con forma de espina de pescado, en cuya cabeza se ubica el problema principal a resolver. Por otro lado, las causas de dicho problema se colocan en espinas, las cuales se ordenan en espinas principales, si se han detectado a partir del problema, o secundarias, si son causas de las principales, y así sucesivamente hasta encontrar las causas raíz (Ammar et al., 2007).

De esta manera, la Figura 8 muestra un ejemplo de diagrama de causa y efecto aplicado a la búsqueda de las causas que generan la pérdida (o fuga) de personal técnico en un equipo de proyectos.

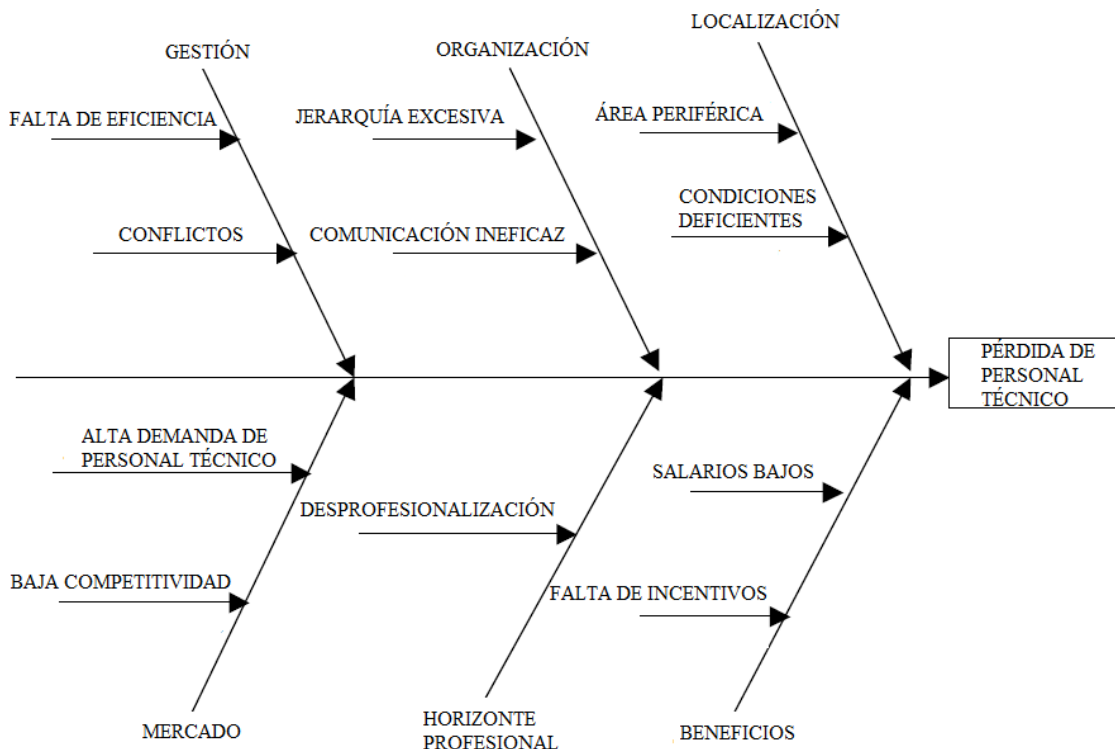


Figura 8. Diagrama de causa y efecto.
Fuente: Elaborada a partir de Ilie et al., 2010.

5.3.2.7. Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt es una herramienta de planificación de la ejecución de las actividades del proyecto. Se trata de una representación gráfica en donde el tiempo de cada actividad se simboliza con una barra horizontal, cuya longitud es proporcional a la duración de la tarea (Jowah, 2015), tal y como se muestra en la Figura 9.

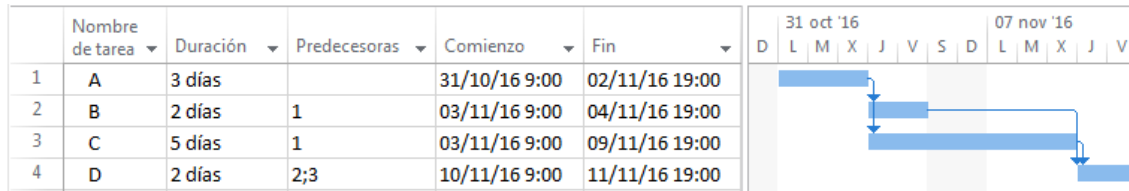


Figura 9. Diagrama de Gantt.
Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura anterior, se observa la construcción del diagrama de Gantt tras indicar el número de tareas a ejecutar, su duración y su relación de dependencia (fin-inicio, fin-fin, inicio-inicio e inicio-fin), obteniéndose así el diagrama que aparece en la parte derecha de la figura, del cual se posibilita la lectura de las fechas de comienzo y fin de las actividades.

Es una herramienta fácil de utilizar, la cual permite llevar a cabo análisis de duración, de costes y de uso de recursos en una misma hoja de cálculo para las actividades o para el proyecto en su conjunto.

De esta manera, el diagrama de Gantt posibilita conocer la relación de dependencia de las tareas, sus fechas de inicio y fin, los requerimientos de recursos, la distribución de hitos y el progreso de la ejecución real del proyecto (Jowah, 2015).

5.3.2.8. Estructuras de descomposición

Una estructura de descomposición es un método jerárquico que divide sucesivamente elementos complejos en otros de mayor sencillez, de tal manera que la suma de determinados componentes de un mismo nivel, constituye la unidad de complejidad inmediatamente superior. Así, esta herramienta permite definir un mapa del proyecto que asegure que todos los elementos que lo componen estén identificados y agrupados de forma lógica (Jowah, 2015).

De esta manera, existen varios tipos de estructuras de descomposición, de entre las cuales cabe destacar la estructura de descomposición del trabajo (*Work Breakdown Structure*, WBS), y la estructura de descomposición de riesgos (*Risk Breakdown Structure*, RBS), las cuales, normalmente, se diseñan atendiendo al sistema de esquema en forma de árbol, tal y como se aprecia en la Figura 10 para un proyecto de diseño y optimización de una instalación industrial de obtención de polimetacrilato de metilo.

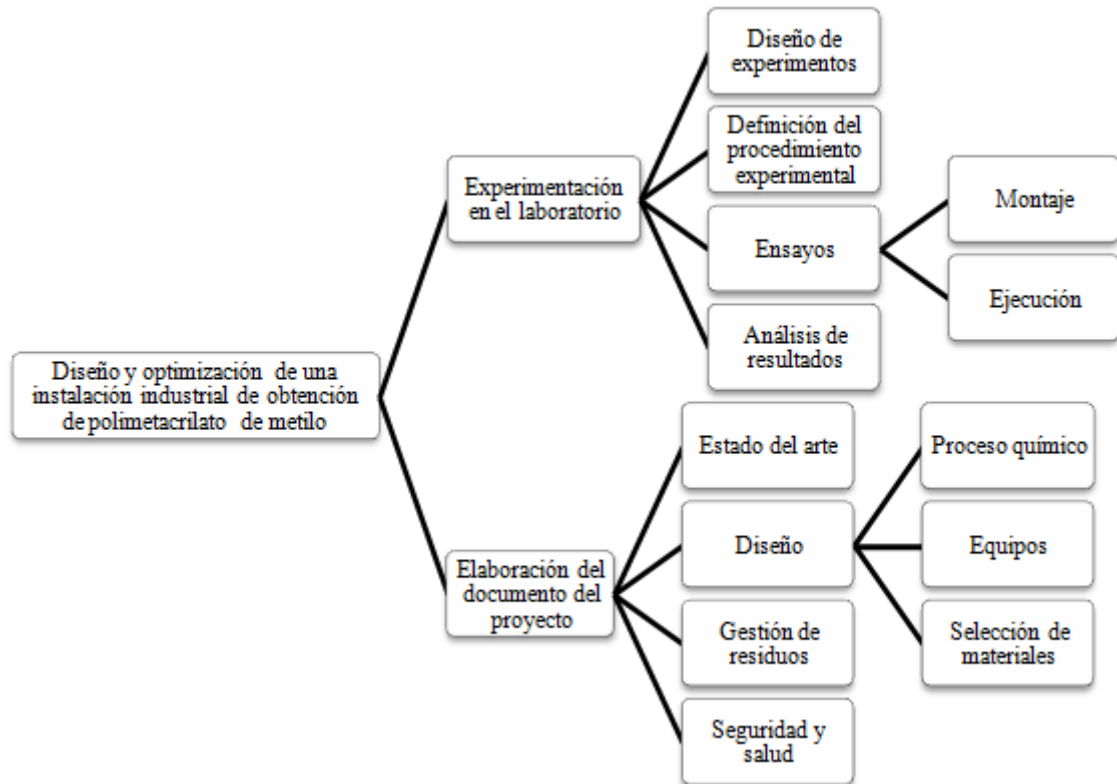


Figura 10. Estructura de descomposición del trabajo.
Fuente: Elaboración propia.

En este caso concreto, la estructura de descomposición se ha elaborado de forma horizontal, de tal manera que, a medida que los elementos se encuentran más hacia la derecha, la complejidad es menor.

5.3.2.9. Gráfico de control

Un gráfico de control consiste en una representación gráfica, en cuyo eje de ordenadas se representan las unidades de los resultados obtenidos, mientras que en el eje de abscisas se incluye el tiempo o la unidad de secuencia de resultados.

Normalmente, este tipo de gráficos están provistos de unas líneas adicionales que indican la media de los datos obtenidos, los límites de alerta superiores e inferiores (ubicados a una distancia de $\pm 2\sigma$ de la media), así como los límites de control superiores e inferiores (a una distancia de $\pm \sigma$ de la media).

Así, los gráficos de control permiten el análisis de los datos respecto de la media, asumiendo que siguen una distribución normal, de tal manera que posibilita la detección de errores o de patrones indeseados (Ursulescu et al., 2006).

De esta manera, la Figura 11 muestra un ejemplo de gráfico de control aplicado a la gestión del almacenamiento de material de obra en la construcción de una planta industrial.

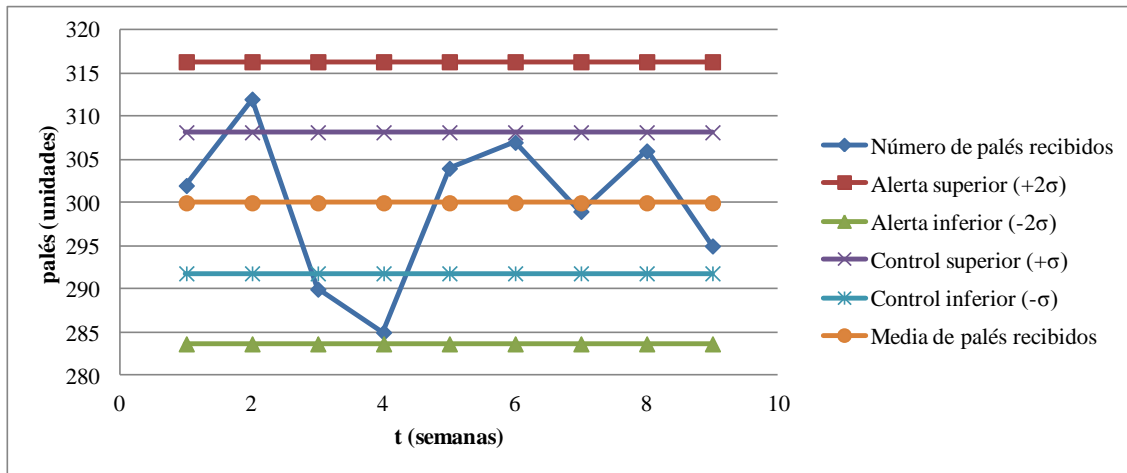


Figura 11. Gráfico de control.
Fuente: Elaboración propia.

Así las cosas, suponiendo una recepción media (y un espacio de almacenamiento dedicado a tal efecto) de 300 palés de materiales de construcción, la figura anterior muestra la evolución de la recepción de dichos materiales durante 9 semanas.

En el caso de superar la línea morada (control superior), puede ocurrir que algún palé no quepa en el espacio diseñado para almacenar los materiales, lo que implicará ubicar el material sobrante en otro lugar, mientras que si se supera la línea roja (alerta superior), habrán muchos palés que no podrán ser almacenados debidamente, lo que puede contraer problemas de falta de espacio y de identificación de materiales posteriormente, debiéndose informar a los proveedores de la situación de las entregas.

Por otro lado, en caso de que no se supere la línea azul claro (control inferior), puede que haya carencia de materiales para ese periodo (aunque si existen aún palés de semanas previas, podría ser suficiente). Sin embargo, si no se sobrepasa la línea verde, es muy probable que la cantidad de materiales que los proveedores han enviado sea muy insuficiente, pudiendo retrasar la obra hasta la siguiente entrega, en cuyo caso, se deberán tomar las medidas oportunas para informar al proveedor correspondiente de la situación de los aprovisionamientos.

Finalmente, para una mejor comprensión de esta herramienta, se procede a mostrar, en la Tabla 20, los datos de origen con los que se ha construido dicho gráfico.

Tabla 20. Datos de aprovisionamiento de materiales.
Fuente: Elaboración propia.

t (semanas)	Palés (unidades)	Datos estadísticos	
1	302	Media	300,00
2	312	Desviación típica	8,16
3	290	Media + σ (control superior)	308,16
4	285	Media + 2σ (alerta superior)	316,33
5	304	Media - σ (control inferior)	291,84
6	307	Media - 2σ (alerta inferior)	283,67
7	299		
8	306		
9	295		

5.3.2.10. *Habilidades interpersonales*

Las habilidades interpersonales son aquellas habilidades o aptitudes relacionadas con la personalidad o el comportamiento, en vez de con el conocimiento formal o técnico de un tema (Rao, 2014).

Así, Marques (2013), en su estudio sobre las habilidades interpersonales comúnmente identificadas en los líderes más admirados por la sociedad, obtiene, como resultado, el siguiente listado de aptitudes como una parte intrínseca para el éxito del liderazgo y, por tanto, de los proyectos.

- | | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| - Preocupación por los demás | - Ayudar a los demás |
| - Sinceridad | - Liderar por ejemplificación |
| - Fidelidad a las propias creencias | - Humildad |
| - Orientación a objetivos | - Cohesionar el equipo |
| - Valentía | - Responsabilidad |
| - Inspirar a los demás | - Paciencia |

En este sentido, existen numerosas técnicas para desarrollar y mejorar estas habilidades en los líderes de los equipos de proyectos. En concreto, cabe destacar la diseñada por Richard Boytzis en 1989, la cual consiste en un proceso basado en la neurociencia, con el fin de reconducir el cerebro hacia comportamientos más emocionalmente inteligentes. Así las cosas, a continuación se procede a describir, brevemente, las etapas de dicho proceso (Goleman et al., 2001).

- **Paso 1. "¿Quién quiero ser?".** Para empezar el proceso, la persona tiene que describir cómo sería un día cualquiera si fuera un líder eficaz, considerando sus más profundos deseos y cómo éstos forman parte de su vida diaria.
- **Paso 2. "¿Quién soy ahora?".** Este paso consiste en determinar las fortalezas y debilidades de la persona, a partir de un diagnóstico elaborado por jefes, compañeros y subordinados.
- **Paso 3. "¿Cómo consigo llegar de aquí a allí?".** Esta etapa se basa en diseñar un plan de acción, cuyo objetivo es cambiar aquellos hábitos negativos, fortalecer los positivos y desarrollar las carencias.
- **Paso 4. "¿Cómo hago para que el cambio sea permanente?".** Para que un cambio perdure en el tiempo, se necesita practicar las nuevas conductas en diferentes escenarios hasta que salgan de manera natural y automática.
- **Paso 5. "¿Quién puede ayudarme?".** La última etapa del proceso consiste en crear una comunidad, o grupo de apoyo, con el fin de desarrollar un sentimiento de confianza que facilite la realimentación de la información referente a los errores de comportamiento detectados por el grupo.

5.3.2.11. *Indicadores financieros*

Los indicadores financieros son un conjunto de técnicas y herramientas que permiten la evaluación económica de proyectos, permitiendo obtener la información necesaria para tomar decisiones. Tienen como finalidad la cuantificación económica de las ventajas e inconvenientes de cada alternativa de inversión (Junkes et al., 2012). En este sentido, a continuación se procede a definir los indicadores más empleados en la evaluación económica de proyectos.

- Valor Actual Neto (VAN): se define como la suma algebraica de los flujos de caja asociados al proyecto. Así, el proyecto es viable si este indicador es positivo (Junkes et al., 2012).

$$VAN = F_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+i)^t} \quad (2)$$

Siendo F_0 la inversión inicial; F_t el flujo de caja durante los periodos del ciclo de vida del proyecto; e i el valor de la tasa de interés.

Para determinar el VAN de un proyecto, se debe considerar el ciclo de vida del mismo. Generalmente, para el cálculo, se suele considerar un ciclo de vida (n) de 10, 15 ó 20 años (Anderson et al., 2013).

- Tasa Interna de Retorno (TIR): es un indicador usado, normalmente para evaluar la conveniencia de invertir en un determinado proyecto. Se define con la tasa de interés para la cual el Valor Actual Neto es nulo. De esta manera, a medida que el valor de la TIR es mayor, el proyecto es más conveniente (Erményi, 2015).
- Retorno de la Inversión (Return on Investment, ROI): este indicador se utiliza para justificar nuevas inversiones. Se calcula como el cociente entre el beneficio y la inversión, expresado en porcentaje.

Existen múltiples formas de determinar el ROI, ya que normalmente cada organización especifica qué tipo de beneficio (antes o después de impuestos) y de inversión (en momentos distintos del ciclo de vida) se emplea en la expresión matemática, y qué valores mínimos son los aceptables (Anderson et al., 2013).

- Periodo de retorno: es el tiempo requerido para que un proyecto devuelva la inversión inicial. Se computa mediante el cálculo del retorno acumulado para cada año y comparando ese total con la inversión inicial. El tiempo transcurrido en el que la suma iguala o excede esa inversión es el periodo de retorno (Anderson et al., 2013).
- Retorno en acciones (Return on Equity, ROE): este indicador muestra la cantidad de ingresos netos que se devuelve, como porcentaje, a los inversores. Permite medir la rentabilidad de un proyecto mediante el beneficio que genera respecto al dinero que los accionistas han invertido en el proyecto. Así, se calcula como el cociente entre los ingresos netos y la inversión de los accionistas (Erményi, 2015).

Así, la Tabla 21 muestra el cálculo de indicadores financieros mediante un ejemplo de determinación de la viabilidad económica de un proyecto de introducción de mejoras en una planta de producción industrial para reducir los costes energéticos.

Tabla 21. Indicadores financieros de un proyecto de mejora de una planta industrial.
Fuente: Elaborada a partir de Anderson et al., 2013.

Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Producción (MM kg)	-	-	10	10	10	10	10	10	10	10
Reducción del coste (€/kg)	-	-	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Ingresos (MM €)	-	-	5	5	5	5	5	5	5	5
Coste materias primas (€/kg)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Coste total materias primas (€)	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros costes (MM €)	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Total costes (MM €)	-	-	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Depreciación (MM €)	-	-	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0	0	0
Impuestos (30%) (MM €)	-	-	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,4	1,4	1,4
Beneficio neto (MM €)	-	-	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	3,2	3,2	3,2
Capital (MM €)	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
Flujo de caja (MM €)	-1,0	-5,0	3,6	3,6	3,6	3,6	3,6	3,2	3,2	3,2
Factor de descuento (r =10%)	0,95	0,86	0,80	0,71	0,64	0,58	0,52	0,47	0,43	0,39
Flujo descontado (MM €)	-0,95	-4,31	2,79	2,52	2,28	2,07	1,87	1,52	1,38	1,25
VAN (10 años) (MM €)	10,4									
TIR	42%									
ROI	54%									
Periodo de retorno (años)	4									

Así las cosas, ante los resultados de la tabla anterior, se concluye que el proyecto es económicamente viable (con un VAN mayor que cero, una TIR elevada y un ROI elevado). Además, tras los cuatro primeros ejercicios, se conseguiría el retorno de la inversión inicial.

5.3.2.12. Matriz de probabilidad e impacto

La matriz de probabilidad e impacto es una herramienta para la gestión de riesgos que proporciona ayuda para decidir qué riesgos necesitan atención. Esta matriz se basa en el principio de que un riesgo tiene dos componentes:

- Probabilidad de ocurrencia de una amenaza (u oportunidad) superior al 0% e inferior al 100%.
- Impacto negativo (o positivo) sobre los objetivos.

Así pues, la matriz de probabilidad e impacto permite identificar riesgos potenciales atendiendo a las dos variables, las cuales se disponen formando ejes perpendiculares. De esta manera, ubicando los riesgos en la matriz, se consigue una visión clara y rápida de cuáles son las amenazas que necesitan ser atendidas prioritariamente, y posibilita el estudio de la evolución de las mismas con el tiempo, a partir de la variación de su posición dentro de la matriz (Susterova et al., 2012).

De esta manera, la Figura 12 muestra un ejemplo de matriz de probabilidad e impacto (empleado el *software* Risky Project), en la cual se distinguen las amenazas existentes en un proyecto de diseño y optimización de una instalación industrial de obtención de polimetacrilato de metilo.

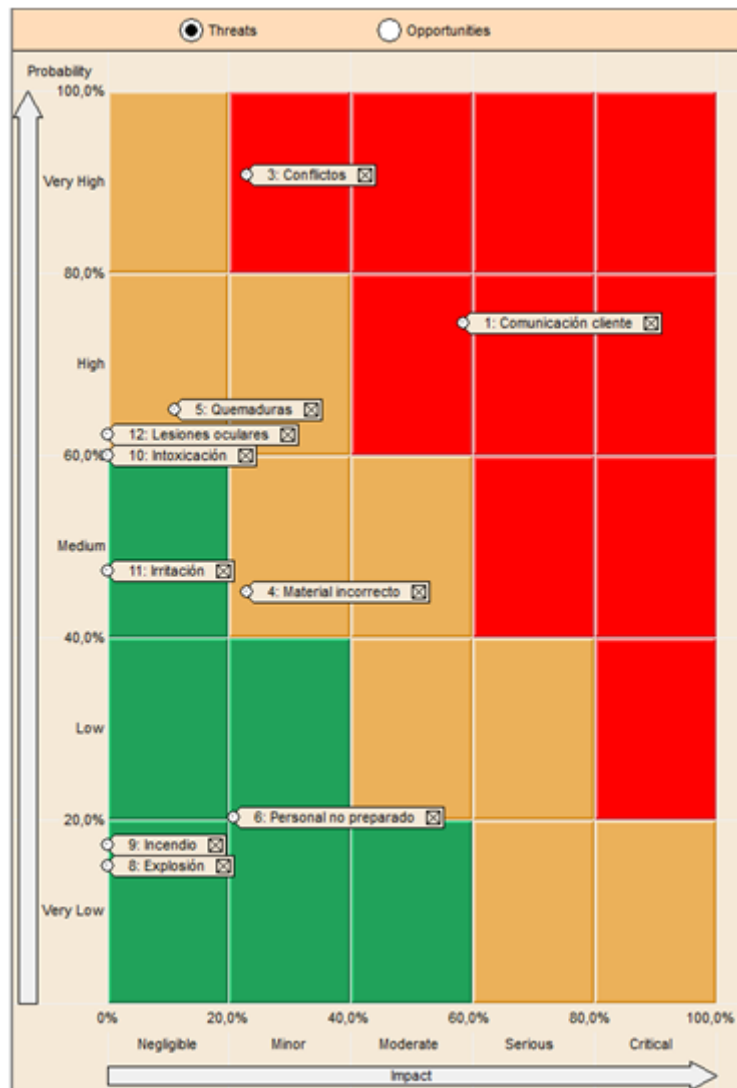


Figura 12. Matriz de probabilidad e impacto.

Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura anterior, se observa que las amenazas se ubican en la matriz atendiendo a los valores de ambas variables. De esta manera, aquellas amenazas que estén en la zona roja (comunicación con el cliente y conflictos) son las que necesitan urgentemente un análisis para aplicar salvaguardas y disminuir el riesgo, puesto que las consecuencias, en caso de materialización, son de elevada gravedad. Por el contrario, las amenazas de la zona verde (irritación, personal no preparado, incendio y explosión), no requieren la aplicación de salvaguardas con tanto apremio, y bastará con llevar a cabo un control periódico de esos riesgos, dado que las consecuencias son más leves.

5.3.2.13. Método del camino crítico (CPM)

El método del camino crítico (*Critical Path Method*, CPM) se utiliza para estimar la duración mínima del proyecto y determinar el nivel de flexibilidad en la programación de los caminos de la red del cronograma. Esta técnica permite el cálculo de las fechas de inicio y fin, tempranas y tardías, de las actividades, sin tener en cuenta las limitaciones de los recursos, y realiza un análisis que recorre hacia delante y hacia atrás toda la red del cronograma.

Para cualquiera de los caminos, la flexibilidad se mide por la cantidad de tiempo que una actividad del cronograma puede retrasarse o extenderse respecto a su fecha de inicio temprana sin retrasar la fecha de finalización del proyecto, es decir, por su holgura total. Por tanto, el camino crítico constituye el conjunto de actividades secuenciadas cuya holgura total es nula (PMI, 2013).

Este método muestra las actividades a ejecutar en forma de nodos o cajas, y las relaciones de dependencia mediante flechas. La información sobre la duración de las tareas, las fechas de inicio y fin, así como la holgura total, se incluyen en los nodos (Jowah, 2015), tal y como se muestra en el ejemplo de la Figura 13. Así, para poder calcular los parámetros anteriores, se emplean las siguientes expresiones matemáticas.

$$\text{Finalización temprana}_i = \text{inicio temprano}_i + \text{duración}_i \quad (3)$$

$$\text{Inicio tardío}_i = \text{finalización tardía}_i - \text{duración}_i \quad (4)$$

$$\text{Holgura total}_i = \text{inicio tardío}_i - \text{inicio temprano}_i \quad (5)$$

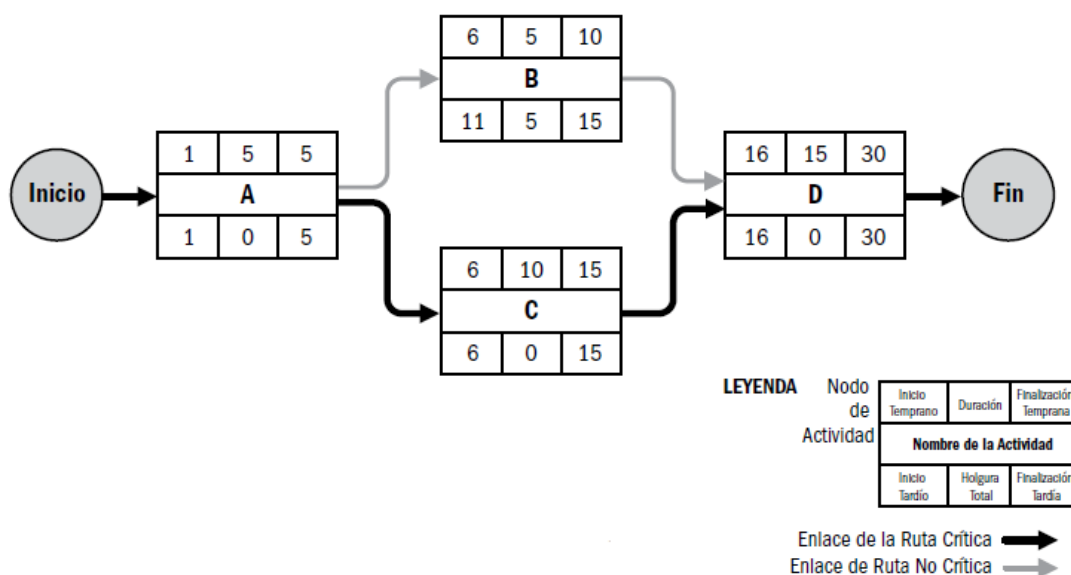


Figura 13. Método del camino crítico.
 Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013.

Analizando la figura anterior, de la cual cabe mencionar que se ha utilizado la convención del PMI de que el proyecto comienza en el día 1, se concluye que la duración del proyecto (30 días) no puede ser mayor que la duración total del camino crítico. Además, las tareas críticas (A, C y D) forman cuellos de botella, puesto que si alguna de ellas sufre un retraso en su ejecución, la duración del proyecto en su conjunto también se ve afectada (Jowah, 2015).

5.3.2.14. *Métodos de comunicación*

Existen varios métodos que se emplean para compartir la información entre los interesados del proyecto. De manera general, estos métodos se pueden clasificar en (PMI, 2013):

- Comunicación interactiva: Es un método eficiente para asegurar una comprensión común entre todos los participantes sobre temas específicos. Incluye reuniones, llamadas telefónicas, mensajería instantánea, videoconferencias, etc.
- Comunicación de tipo *push*: Este método asegura la distribución de la información, pero no garantiza que efectivamente haya llegado ni sea comprendida por la audiencia prevista. Incluye cartas, memorandos, informes, correos electrónicos, faxes, correos de voz, blogs, comunicados de prensa, etc.
- Comunicación de tipo *pull*: Se utiliza para grandes volúmenes de información o para audiencias muy grandes. Requiere que los receptores accedan al contenido de la comunicación según su propio criterio. Incluye sitios intranet, *e-learning*, bases de datos de lecciones aprendidas, repositorios de conocimiento, etc.

5.3.2.15. *Proyecciones y pronósticos*

Relacionado con el análisis del valor ganado, a medida que avanza el proyecto, el equipo puede desarrollar un pronóstico para predecir cómo terminará el proyecto en plazo y costes. Así, se pueden calcular los siguientes parámetros.

- Coste Estimado del Proyecto (CEP): es el coste total previsto de completar todo el trabajo, expresado como la suma del coste real a la fecha y la estimación hasta la conclusión. Se calcula como el cociente entre el coste presupuestado total y el índice de rendimiento de coste (PMI, 2013).
- Sobrecoste Proyectado (SP): mide la desviación en costes al final del proyecto, calculándose como la diferencia entre el coste presupuestado total y coste estimado del proyecto (adopta valor negativo en caso de sobrecoste).
- Retraso Proyectado (RP): mide la desviación de plazos al final del proyecto, y se calcula mediante la siguiente expresión (adopta valor positivo en caso de retraso).

$$RP = Duración\ planificada(1 - IRP) \quad (6)$$

- Duración Estimada (DE): es la duración prevista del proyecto, calculada como la suma entre la duración planificada y el retraso proyectado.

Por otro lado, y de la misma manera que para el análisis del valor ganado (véase el apartado 5.3.2.3), se definen métodos adicionales que permiten predecir, de forma más precisa, cuál será la situación final del proyecto (Vandevoorde et al., 2006).

- Método del valor planificado: emplea las siguientes fórmulas de predicción.
 - Duración estimada al término (EAC(t)) con la duración del trabajo restante como se planificó.

$$EAC(t)_{PV1} = Duración\ planificada - \frac{Duración\ planificada \cdot (CPTR - CPTP)}{CEP} \quad (7)$$

- EAC(t) con la duración del trabajo restante siguiendo la tendencia del IRP.

$$EAC(t)_{PV2} = \frac{Duración\ planificada}{IRP} \quad (8)$$

- EAC(t) con la duración del trabajo restante siguiendo la tendencia del ratio crítico.

$$EAC(t)_{PV3} = \frac{Duración\ planificada}{IRP \cdot IRC} \quad (9)$$

- Método de la duración ganada: emplea los siguientes pares de fórmulas de predicción (la segunda fórmula de cada tipo se utiliza cuando la duración real excede la duración planificada) .

- Duración del trabajo restante como se planificó.

$$EAC(t)_{ED1} = Duración\ planificada + CRTR \cdot (1 - IRP) \quad (10)$$

$$EAC(t)_{ED1} = CRTR \cdot (2 - IRP) \quad (11)$$

- Duración del trabajo restante con la tendencia del IRP.

$$EAC(t)_{ED2} = \frac{Duración\ planificada}{IRP} \quad (12)$$

$$EAC(t)_{ED2} = \frac{CRTR}{IRP} \quad (13)$$

- Duración del trabajo restante con la tendencia del ratio crítico.

$$EAC(t)_{ED3} = \frac{Duración\ planificada}{IRP \cdot IRC} + CRTR \cdot \left(1 - \frac{1}{IRC}\right) \quad (14)$$

$$EAC(t)_{ED3} = CRTR \cdot \left(1 - \frac{1}{IRC} + \frac{1}{IRP \cdot IRC}\right) \quad (15)$$

- Método de la programación ganada: emplea las siguientes fórmulas de predicción.
 - Duración del trabajo restante como se planificó.

$$EAC(t)_{ES1} = CRTR + Duración\ planificada - ES \quad (16)$$

- Duración del trabajo restante como la tendencia del SPI(t).

$$EAC(t)_{ES2} = CRTR + \frac{Duración\ planificada - ES}{SPI(t)} \quad (17)$$

- Duración del trabajo restante con la tendencia del ratio crítico.

$$EAC(t)_{ES3} = CRTR + \frac{Duración\ planificada - ES}{SPI(t) \cdot IRC} \quad (18)$$

5.3.2.16. Reuniones

A pesar de que previamente se ha mencionado que las reuniones son un método de comunicación, en el PMBOK se indican como herramienta de elevada importancia, puesto que se recomienda su uso en distintas áreas y procesos. Por esta razón, se ha decidido tenerla en cuenta de forma independiente en el presente trabajo.

Las reuniones se emplean para debatir y abordar los asuntos pertinentes al proyecto durante la dirección y gestión del mismo. Los asistentes a las reuniones pueden ser el director de proyectos, el equipo del proyecto o las partes interesadas, entre otros. Así, cada uno de ellos debe tener un rol concreto, de modo que se asegure la participación adecuada de todas las personas.

Para que una reunión sea efectiva, se debe comunicar a los asistentes, con la suficiente antelación, la fecha y la ubicación en la que tendrá lugar dicha reunión, los objetivos o el propósito de la misma y la duración estimada.

De la misma manera, cada persona que vaya a participar debe prepararse, previamente, el contenido a tratar, las preguntas que desee realizar, así como la documentación a aportar a los asistentes (PMI, 2013).

5.3.2.17. Software de gestión

El software de gestión es una herramienta informática que ayuda a la planificación, organización y gestión de los grupos de recursos, así como a la realización de las estimaciones de los mismos. Dependiendo de la sofisticación del software, se podrán definir las estructuras de desglose de recursos, su disponibilidad y sus tarifas, así como diversos calendarios para ayudar en la tarea de optimización del uso de recursos.

Además, permite hacer un seguimiento de las fechas y de los costes planificados en comparación con los datos reales, informando sobre las desviaciones en el avance con respecto a la línea base y pronosticando los efectos de los cambios en el cronograma del proyecto (PMI, 2013).

Así las cosas, en la actualidad existen numerosos programas informáticos de gestión de proyectos y de gestión de áreas concretas de la dirección y gestión de proyectos. En concreto, cabe destacar Microsoft Project, Oracle Primavera y SAP-PS como softwares de gestión de proyectos, Risky Project como software de gestión de riesgos, Super Decisions como software para la toma de decisiones y Mind Manager para la elaboración de mapas mentales.

5.3.2.18. *Toma de decisiones*

En la literatura existen numerosos métodos para la toma de decisiones, de entre los cuales cabe destacar:

- Decisión por dictadura: una única persona toma la decisión en nombre del equipo (PMI, 2013).
- Decisión por mayoría: es una decisión a la que se llega con el apoyo de más del 50% de los miembros de un grupo (PMI, 2013).
- Decisión por pluralidad: es una decisión a la que se llega cuando el conjunto de personas más numeroso del grupo elige una de las alternativas, aun sin alcanzar la mayoría (PMI, 2013).
- Decisión por unanimidad: es una decisión a la que se llega cuando todos están de acuerdo en seguir una única línea de acción (PMI, 2013).
- Pensamiento grupal: se trata de un tipo de pensamiento que involucra a personas que son devotas a un grupo. Los miembros de ese equipo tienden a usar el pensamiento unificado para la evaluación de alternativas, lo que permite llegar a acuerdos y tomar decisiones basadas en la filosofía del equipo o de la organización (Yazdani et al., 2012).
- Proceso jerárquico analítico (*Analytic Hierarchy Process, AHP*): se trata de una teoría de medición, a través de comparaciones pareadas, basada en el juicio de los expertos para determinar las prioridades de las alternativas. Para su aplicación, se requiere de la ejecución de cuatro etapas (Saaty, 2008):
 - Definir el problema y determinar el tipo de conocimiento buscado.
 - Estructurar jerárquicamente la decisión en forma de niveles: superior (objetivo), intermedio (criterios) e inferior (alternativas).
 - Construir un conjunto de matrices de comparación pareadas. Cada elemento de un nivel superior se usa para comparar elementos del nivel inmediatamente inferior.

- Usar las prioridades obtenidas de las comparaciones para asignar pesos a las prioridades del nivel inmediatamente inferior. Calcular la prioridad global del nivel y repetir el proceso, descendiendo de nivel, hasta obtener las prioridades de las alternativas.

Cabe destacar, por otro lado que, además del método AHP, existen otros métodos matemáticos para la toma de decisiones (ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), los cuales se caracterizan por ser más complejos (ANP) o por tener un uso menos extendido que el método AHP.

5.3.2.19. Tormenta de ideas

La tormenta de ideas, o *brainstorming*, es una técnica para determinar enfoques adecuados basados en el pensamiento grupal. Este método aprueba cualquier teoría planteada, independientemente del riesgo que conlleve su ejecución o de su viabilidad, ya que la calidad de las ideas se evalúan en etapas posteriores.

Así, teniendo en cuenta que no se permite criticar las ideas propuestas, el equipo se reúne con el líder para buscar diferentes ideas que permitan resolver un problema o satisfacer una necesidad. En ese sentido, los componentes del grupo presentan y describen sus ideas, las cuales se pueden recopilar en una pizarra, un bloc de notas o en un archivo de texto, entre otros soportes (Yazdani, et al., 2012).

De esta manera, la Tabla 22 muestra un ejemplo de tormenta de ideas para el caso del diseño de un videojuego de aventuras y supervivencia.

Tabla 22. Tormenta de ideas.

Fuente: Elaboración propia.

Videojuego de aventuras y supervivencia
Diseño exclusivo para PlayStation 4
Historia ambientada en un mundo postapocalíptico
El personaje protagonista es el único superviviente
Los enemigos son zombis
Desarrollo en mundo abierto
El jugador puede tener un inventario ampliable ganando experiencia
El jugador tiene la opción de personalizar el aspecto de su personaje
Existen varios tipos de armas disponibles para combatir zombis
El personaje experimenta heridas, cansancio, hambre y sed
El jugador puede elegir el grado de dificultad del juego

5.3.2.20. Valor monetario esperado

El valor monetario esperado (*Expected Monetary Value*, EMV), es una herramienta utilizada para realizar la cuantificación de los riesgos de forma económica. Se determina como el producto entre el riesgo de un determinado evento y las consecuencias económicas de ocurrencia de ese evento, obteniéndose un resultado en unidades monetarias (Walke et al., 2011).

Así pues, en la Tabla 23 se muestra un ejemplo de cálculo del valor monetario esperado, partiendo de un listado de riesgos en el que se ha determinado, previamente, cuál es la probabilidad y el impacto de cada uno de ellos.

Tabla 23. Cálculo del valor monetario esperado.
Fuente: Elaborada a partir de OGC, 2009.

Riesgo	Probabilidad (%)	Impacto (€)	Valor monetario esperado (€)
A	60	20.000	12.000
B	30	13.000	3.900
C	10	4.000	400
D	5	10.000	500
Valor monetario esperado del proyecto			16.800

Atendiendo a la tabla anterior, se observa que dados los valores de probabilidad (expresados en porcentaje) y de impacto (en unidades monetarias) de los riesgos identificados para un proyecto, se determina el valor monetario esperado del proyecto como la suma de los valores monetarios esperados para cada riesgo contemplado de forma individual.

5.3.3. Herramientas y técnicas de las metodologías ágiles

5.3.3.1. Estimación de póker

La estimación de póker (*planning poker cards*) es un método de estimación del esfuerzo de las tareas basado en el consenso (Gandomani et al., 2014).

Se trata de una técnica ágil, empleada para tomar decisiones grupales, en la que todos los miembros del equipo disponen de un juego de cartas con un tipo de numeración determinada (Palacio et al., 2016), tal y como se muestra en la Figura 14.



Figura 14. Cartas de estimación de póker.
Fuente: Elaborada a partir de Palacio et al., 2016.

Así las cosas, los números de las cartas de la figura anterior representan la duración estimada de las tareas. En algunas ocasiones, también se añaden cartas con símbolos o dibujos, los cuales poseen un significado determinado. Para este caso concreto, el símbolo del infinito significa que la duración de la tarea excede (por mucho) el límite máximo permitido, el interrogante indica que la persona no tiene experiencia o conocimientos suficientes para estimar la duración de esa actividad, y el dibujo de la copa se emplea cuando se quiere solicitar un tiempo para reflexionar.

De esta manera, ante la necesidad de cuantificar el esfuerzo de las actividades, los miembros del equipo se reúnen para acordar la estimación del tiempo que se necesita para ejecutarlas, siguiendo una serie de pasos (Tamrakar et al., 2012):

- Presentación de la tarea y de su contenido.
- Estimación individual de la duración.
- Selección individual de la carta que más se aproxima a la duración estimada.
- Puesta en común de las cartas seleccionadas.
- En el caso de que haya homogeneidad en el resultado (con un margen de distancia no superior a ± 1 en las cartas), el resultado se da como bueno, siendo la duración de la tarea la media de la puntuación de las cartas. En caso contrario, se abre un debate, tras el cual, se vuelve a iniciar el proceso de decisión.

5.3.3.2. *Estimación de tiempos*

Esta técnica está directamente relacionada con la estimación de póker anteriormente explicada, ya que constituye el contenido de las cartas con las que se toman las decisiones grupales.

La estimación de tiempos consiste en asimilar, mediante analogía, una determinada cantidad de tiempo (horas, días, etc.), a un conjunto reducido de elementos concretos. De esta manera, los tipos de estimación más utilizados se indican a continuación (Palacio et al., 2016).

- Estimación por numeración: se emplea una serie de números consecutivos (1, 2, 3, 4, 5, ...) para cuantificar el tiempo que puede durar una tarea.
- Estimación por sucesión de Fibonacci: Es la opción más utilizada por las organizaciones. Se basa en la sucesión de Fibonacci (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...), de tal forma que resulta más sencillo establecer una estimación de la duración de las actividades, ya que a medida que la sucesión avanza, las cantidades están más espaciadas entre sí.

5.3.3.3. Gráfico de avance

El gráfico de avance, o gráfico *burn down*, es una herramienta que sirve para comprobar si el ritmo de avance es conforme a la planificación realizada, o se puede ver comprometida la entrega del sprint.

En este sentido, el gráfico se actualiza cada día por el equipo del proyecto, y se estructura en ejes cartesianos, de tal manera que en el eje de ordenadas se coloca el trabajo pendiente de realizar, y en el eje de abscisas, el tiempo del sprint (Palacio et al., 2016), tal y como se muestra en la Figura 15.

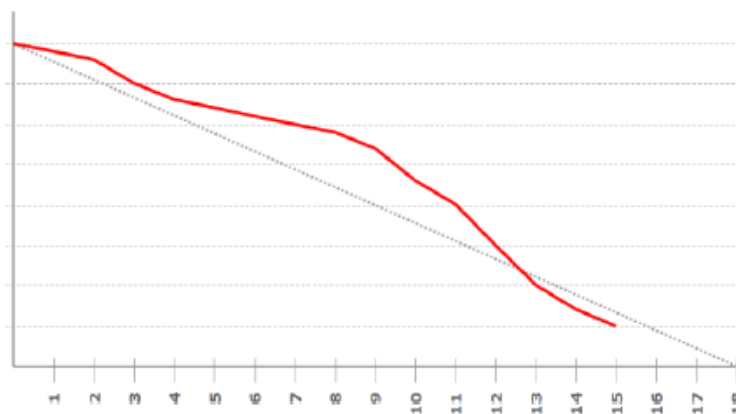


Figura 15. Gráfico de avance.

Fuente: Elaborada a partir de Palacio et al., 2016.

Analizando la figura anterior, se observa que teóricamente la evolución del trabajo pendiente estaba previsto que fuera lineal (línea gris), es decir, que en cada semana se ejecutara la misma cantidad de trabajo. Sin embargo, la realidad (línea roja) indica que al inicio del proyecto, y hasta la semana 12, el trabajo se ejecutó más lentamente en comparación con la estimación inicial, mientras que a partir de esa semana, el proyecto fue con adelanto respecto a dicha planificación.

5.3.3.4. Gráfico de producto

El gráfico de producto o gráfico *burn up*, es una herramienta de planificación que muestra visualmente la evolución previsible del producto. Consiste en proyectar en el tiempo su construcción, basándose en la velocidad del equipo. Así, la proyección se realiza sobre un diagrama cartesiano que representa, en el eje de ordenadas, el esfuerzo estimado, y en el de abscisas, el tiempo.

Además, se recomienda trazar también los ritmos de avance con una previsión pesimista y otra optimista, calculándose como un determinado porcentaje, por exceso y por defecto, respecto a los valores de la planificación inicial (Palacio et al., 2016), tal y como se muestra en la Figura 16.

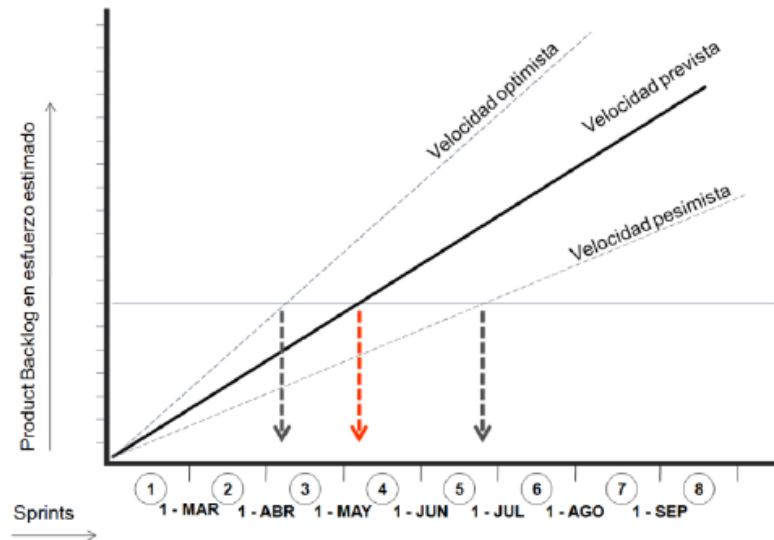


Figura 16. Previsión de fechas sobre el gráfico de producto.
Fuente: Elaborada a partir de Palacio et al., 2016.

Analizando la figura anterior, se observa que, para un nivel de trabajo realizado determinado, la fecha referida a la velocidad optimista es más temprana que la de la velocidad prevista, y esta, a su vez, menor que la de la velocidad pesimista.

5.3.3.5. Límite del WIP

El trabajo en progreso (*Work In Progress*, WIP) es una variable importante para ajustar los cuellos de botella del proyecto. Este parámetro indica el número máximo de tareas que se pueden llevar a cabo simultáneamente en un proceso concreto (Al-Balik et al., 2014).

De esta manera, un valor del WIP demasiado bajo puede producir cuellos de botella en otras fases posteriores, en especial si el sistema es muy rígido (tareas secuenciales). En la mayoría de casos, la experiencia ayuda al equipo a ir mejorando el ajuste del WIP para mantener el flujo lo más continuo posible, siendo éste por defecto 1,5 veces el número de miembros del equipo, redondeando al entero superior en caso de decimales (Palacio et al., 2016).

5.3.3.6. Pila de trabajo pendiente

La pila de trabajo pendiente (*backlog*) consiste en un listado priorizado de las necesidades y requisitos del cliente expresados en forma de tareas o actividades sencillas, las cuales se planifica ejecutar en un sprint determinado.

Para identificar las tareas, se hace uso de estructuras de descomposición del trabajo (WBS), de tal manera que las actividades no tengan una duración planificada mayor a 16 horas (en caso contrario, éstas se deberán seguir descomponiendo), ni una cantidad superior a las 300 tareas (Cervone, 2011).

Así pues, cada una de las tareas de la lista viene acompañada de la siguiente información (Parveen et al., 2015):

- Prioridad de la actividad (expresado por un código numérico, de colores o con las palabras *alta, media, baja*).
- Recursos necesarios para ejecutar dicha tarea.
- Duración estimada.
- Breve descripción de la actividad.

De esta manera, la Tabla 24 muestra un ejemplo de pila de trabajo pendiente aplicada a un proyecto de diseño de un videojuego de aventuras y supervivencia.

Tabla 24. Pila de trabajo pendiente.
Fuente: Elaboración propia.

Id	Tarea	Prioridad	Duración	Recursos
32	Redacción de la trama. Parte 3.	Alta	12h	-Ordenador con procesador de textos -Diseñador de videojuegos
19	Grabación de movimientos corporales del personaje protagonista con actor/actriz especialista.	Alta	5h	-Ordenador con software específico -Traje de captación de movimientos -Diseñador de videojuegos -Actor/actriz especialista
27	Detección de errores de la versión 0.12.4	Media	8h	-PlayStation 4 -Beta-tester
14	Equilibrar las mecánicas de hambre, sed y cansancio.	Baja	10h	-Ordenador con software específico -Diseñador de videojuegos

5.3.3.7. Retrospectiva

Es la reunión que se realiza tras la revisión de cada sprint, y antes de la reunión de planificación del sprint siguiente, con una duración recomendada de una a tres horas. En ella, el equipo realiza autoanálisis de su forma de trabajar, e identifica las fortalezas y debilidades, con el objetivo de afianzar y reforzar las primeras y planificar acciones de mejora para las segundas (Palacio et al., 2016).

5.3.3.8. Reunión diaria

La reunión diaria (*stand up meeting*), es una reunión de no más de 15 minutos, en la que cada día el equipo del proyecto sincroniza el trabajo y establece el plan para las 24 horas siguientes. Normalmente, se lleva a cabo de pie, junto al tablero con la pila del sprint y el gráfico de avance, con el fin de que todos puedan compartir la información y actualizar los datos registrados en el tablero.

En la reunión está presente todo el equipo del proyecto, aunque también pueden asistir, sin derecho a intervenir, otras personas relacionadas con éste. Así, cada miembro debe explicar lo que ha logrado hacer desde la reunión anterior, lo que va a ejecutar ese mismo día, y los problemas con los que se ha encontrado, o con los que cree que se va a encontrar próximamente (Palacio et al., 2016).

5.3.3.9. *Revisión del sprint*

La revisión del sprint es una reunión de entre una y dos horas de duración, realizada al final del sprint, a la que asiste el propietario del producto con la finalidad de comprobar el incremento.

Se trata de una reunión informal en la que el equipo expone el objetivo del sprint, la lista de funcionalidades que se incluían y las que se han desarrollado, y se demuestra el funcionamiento de las partes construidas. Además, antes de finalizar la reunión, se abre un turno de preguntas para que el propietario y el equipo del proyecto puedan mejorar la visión del producto (Palacio et al., 2016).

5.3.3.10. *Tablero*

Un tablero es una herramienta que ofrece la visualización de un proyecto. Las columnas representan las fases en las que se divide dicho proyecto de forma ordenada, de tal manera que los ítems o unidades de trabajo van recorriendo el tablero de izquierda a derecha hasta finalizar la última fase (véase Figura 17).



Figura 17. Tablero físico.

Fuente: Elaborada a partir de Palacio et al., 2016.

Así, los tableros pueden implementarse físicamente en una pared, utilizando cinta adhesiva o tiras de cartulina para separar las columnas, y post-it para representar los ítems, de tal manera que la posición de cada una de las tarjetas sobre el tablero refleja el estado en el que se encuentra la actividad que representa. Análogamente, existen programas informáticos específicos (como Jira o Trello) que ofrecen esta herramienta en un entorno digitalizado (Letelier, 2015).

6. La ingeniería química y su relación con la dirección y gestión de proyectos

La ingeniería química, como disciplina independiente de otras ingenierías consolidadas como la mecánica, la eléctrica o la civil, tiene sus orígenes hacia finales del siglo XIX. Sin embargo, varias décadas antes de establecerse como tal, ya se llevaron a cabo acciones de notable importancia que denotaban la necesidad de constituir una nueva rama de la ingeniería que las englobara.

Así, en 1824, el físico francés Sadi Carnot, con su investigación *Reflexiones sobre la potencia motriz del fuego y sobre las máquinas adecuadas para desarrollar esta potencia*, fue el primero en estudiar la termodinámica de las reacciones de combustión en motores de vapor.

Por otro lado, hacia 1850, el físico alemán Rudolf Clausius comenzó a aplicar los principios desarrollados por Carnot a los sistemas de productos químicos a escala molecular.

Entre los años 1873 y 1876, el físico matemático estadounidense Josiah Willard Gibbs desarrolló una metodología matemática para el estudio de sistemas químicos usando la termodinámica de Clausius.

En 1882, el físico alemán Hermann von Helmholtz publicó un escrito con fundamentos de la termodinámica, similar a los de Gibbs, pero con una base más electroquímica, en la cual se demostró que la cuantificación de la afinidad química de las reacciones se determina mediante la energía libre del proceso de la reacción.

Poco después, en 1888, Lewis M. Norton creó un nuevo plan de estudios en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT) denominado *Ingeniería Química*.

Posteriormente, en 1908, se fundó el Instituto Americano de Ingenieros Químicos (AIChE), cuyo objetivo es el desarrollo de la ingeniería química, desde el punto de vista teórico y práctico, así como el mantenimiento de un estándar profesional elevado.

Análogamente, en 1922 se creó la Institución Británica de Ingenieros Químicos (IChemE), la cual se define como una organización global de profesionales de la ingeniería química y de todas aquellas personas relacionadas con la industria de procesos, con el propósito de construir una comunidad internacional de profesionales que permita promocionar la labor de los ingenieros químicos en todo el mundo, así como establecer la excelencia en el desempeño de la profesión.

Por otro lado, a diferencia de la concepción clásica que se le confirió a la ingeniería química en sus inicios, como una extensión de la ingeniería mecánica aplicada a la resolución de problemas de fabricación de sustancias y materiales químicos, la concepción moderna se encuentra estructurada alrededor de un sistema de conocimientos propios sobre fenómenos y procesos relacionados con la producción de sustancias y materiales mediante cambios en sus propiedades físicas y/o químicas.

En este sentido, se consideran tres grandes paradigmas en la ingeniería química, el primero de los cuales data de 1915, cuando los profesores Walker, Lewis y McAdams del MIT definieron el concepto de *operaciones unitarias* como una serie de operaciones comunes a muchos procesos industriales (destilación, molienda, trituración, filtración, cristalización, etc.). Esto permitió dotar de sustento científico y de leyes generales a los procesos industriales.

En 1960 nace el segundo gran paradigma de la ingeniería química con la publicación del libro *Fenómenos de transporte* de Bird, Steward y Lightfoot, en el que se establece un método distinto para el análisis y el estudio de los fenómenos fisicoquímicos (transferencia de materia, de energía y de cantidad de movimiento), consistente en explicar los procesos macroscópicos desde el punto de vista molecular.

Finalmente, en la actualidad, el desarrollo de las ciencias básicas está posibilitando estructurar un nuevo enfoque que podría ampliar el horizonte de la ingeniería química y abordar problemas a los que hasta el momento únicamente se han dado soluciones incompletas con métodos empíricos. Así, la biología molecular, la ingeniería genética y la ingeniería molecular (nanotecnología) aportan conocimientos que pueden ser la base para constituir un tercer gran paradigma de la ingeniería química (FEIQ, 2016).

6.1. Concepto de ingeniería química

El término ingeniería química es un concepto complejo, por lo que existen en la literatura multitud de definiciones diferentes atendiendo al enfoque del autor. Así pues, a continuación se procede a indicar una serie de significados que organismos e instituciones nacionales e internacionales ligadas a la ingeniería química proponen para este término.

- Según AIChE (2016), la ingeniería química es la profesión en la que el conocimiento de las matemáticas, la química, y otras ciencias naturales se aplica con juicio para desarrollar formas viables de empleo de materiales y energía para el beneficio de la humanidad.
- El MIT (2017) afirma que la ingeniería química ocupa una posición única entre las ciencias moleculares y la ingeniería. Está íntimamente relacionada con ciencias como la química, la biología, las matemáticas y la física, y con otras disciplinas ingenieriles como la ciencia y la tecnología de materiales, la ciencia computacional, la ingeniería mecánica, eléctrica y civil.
- La Federación Española de Ingenieros Químicos, o FEIQ (2016), define la ingeniería química como la rama de la ingeniería que se encarga del diseño, manutención, evaluación, optimización, simulación, planificación, construcción y operación de plantas en la industria de procesos, que es aquella relacionada con la producción de compuestos y productos cuya elaboración requiere sofisticadas transformaciones físicas y químicas de la materia. Además, la ingeniería química se centra en la utilización de las nuevas tecnologías para el diseño de materiales, equipos y procesos más respetuosos con el medio ambiente.

- Para el Colegio Oficial de Ingenieros Químicos de la Comunitat Valenciana, o COIQCV (2017), la ingeniería química es una ingeniería superior aplicada a la industria química y otras industrias afines, en cuyas cadenas de producción incorporen procesos químicos, bioquímicos o de transformación, sobre todo. La actividad profesional del ingeniero químico abarca, entre otros, aspectos como la innovación tecnológica, el control y la prevención de la contaminación, el desarrollo de proyectos, el diseño de productos y equipos, el uso eficiente de la energía y de los recursos naturales, la calidad y la gestión de las empresas con base química, y el control y la simulación de procesos.

6.2. Perfil profesional del ingeniero químico

El objetivo de las enseñanzas de ingeniería química es formar profesionales con capacidad para aplicar el método científico y los principios de la ingeniería y de la economía para formular y resolver problemas complejos, referidos al diseño de procesos y productos, pero también aquellos problemas relacionados con la concepción, el cálculo, el diseño, el análisis, la construcción, la puesta en marcha y la operación de equipos e instalaciones industriales, en términos de calidad, seguridad, economía, conservación del medio ambiente, y uso racional y eficiente de los recursos naturales, cumpliendo el código ético de la profesión (ANECA, 2005).

6.2.1. Competencias del ingeniero químico

La misión de los cursos de ingeniería química es formar profesionales altamente cualificados en conocimientos y habilidades, con el fin de cubrir las necesidades actuales y futuras del mercado laboral. Así, el perfil transversal del ingeniero químico queda descrito por las siguientes competencias básicas (CB), (ANECA, 2005).

- **CB1:** Aplicar en la práctica los conocimientos de matemáticas, física, química e ingeniería.
- **CB2:** Diseñar y realizar experimentos o protocolos de operación.
- **CB3:** Diseñar componentes, productos, sistemas o procesos que cumplan con determinados requerimientos.
- **CB4:** Diseñar equipos e instalaciones de acuerdo con normas y especificaciones.
- **CB5:** Operar las instalaciones y equipos respetando códigos éticos.
- **CB6:** Trabajar en equipos multidisciplinares y multinacionales.
- **CB7:** Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo.
- **CB8:** Tomar decisiones y ejercer funciones de liderazgo.
- **CB9:** Identificar, sintetizar, formular y resolver problemas complejos.

- **CB10:** Seleccionar y acotar las variables fundamentales que rigen los procesos.
- **CB11:** Comunicarse con claridad en reuniones, presentaciones y a través de documentación escrita.
- **CB12:** Utilizar las herramientas de la ingeniería moderna más adecuadas en cada caso.
- **CB13:** Aplicar en cada situación los requerimientos y responsabilidades éticas, así como el código deontológico de la profesión.
- **CB14:** Analizar el impacto de las propuestas técnicas que desarrolle o formule, dentro del más amplio contexto social.
- **CB15:** Reconocer los avances y la evolución de la ciencia y de la ingeniería, favoreciendo la formación permanente de las personas de su entorno profesional.

Muchas de las competencias de ese perfil profesional básico son comunes y se comparten con otras ingenierías. Por tanto, es necesario explicitar las competencias profesionales específicas de la ingeniería química (CE), las cuales se indican a continuación (ANECA, 2005).

- **CE1:** Analizar sistemas utilizando balances de materia y energía, tanto en régimen estacionario como no estacionario.
- **CE2:** Analizar, modelar y calcular sistemas con reacción química.
- **CE3:** Evaluar y aplicar sistemas de separación para aplicaciones específicas.
- **CE4:** Diseñar y operar sistemas de manipulación y transporte de materiales en cualquiera de sus estados físicos.
- **CE5:** Dimensionar y operar sistemas de intercambio de energía.
- **CE6:** Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales.
- **CE7:** Simular procesos y operaciones industriales.
- **CE8:** Integrar diferentes operaciones y procesos, alcanzando mejoras globales.
- **CE9:** Comparar y seleccionar las diferentes alternativas técnicas de un proceso.
- **CE10:** Ejercer tareas de certificación, auditoría y peritaje.
- **CE11:** Controlar y supervisar los procesos de fabricación para que las producciones se ajusten a los requerimientos de rentabilidad económica, de calidad, de seguridad e higiene, de mantenimiento y medioambientales.

- **CE12:** Realizar evaluaciones económicas, en cualquiera de sus grados de precisión, de diseños conceptuales o de plantas reales.
- **CE13:** Establecer la viabilidad económica de proyectos de procesos.
- **CE14:** Cuantificar el impacto social de los proyectos de ingeniería.
- **CE15:** Cuantificar las componentes ambientales de los proyectos de ingeniería, ofreciendo soluciones de minimización y tratamiento.
- **CE16:** Realizar estudios y cuantificar la sostenibilidad de los proyectos.
- **CE17:** Administrar y dinamizar los recursos humanos para favorecer el clima laboral, la calidad del desempeño, el aprovechamiento de las capacidades y el desarrollo profesional.
- **CE18:** Modelar procesos dinámicos y proceder al diseño básico de los sistemas de automatización y control.
- **CE19:** Definir e implementar programas estructurados de diseño de experimentos y de analizar la validez de los resultados.
- **CE20:** Especificar equipos e instalaciones, aplicando los conocimientos de la ingeniería mecánica y de la ingeniería de materiales.
- **CE21:** Evaluar e implementar criterios de seguridad aplicables a los procesos que diseñe, opere o tenga a su cargo.
- **CE22:** Ejercer el control y el seguimiento del mantenimiento productivo y correctivo de los procesos.
- **CE23:** Realizar estudios bibliográficos y sintetizar resultados, incluyendo la búsqueda de patentes, fuentes alternativas y contactos profesionales.
- **CE24:** Identificar las tecnologías emergentes y evaluar su posible impacto sobre los procesos actuales.
- **CE25:** Realizar la definición y gestión de programas de calidad, seguridad y medioambiente.
- **CE26:** Planificar la investigación aplicada a resolver problemas concretos, incluyendo el desarrollo de prototipos.
- **CE27:** Aplicar herramientas de planificación y optimización.
- **CE28:** Realizar y coordinar proyectos de innovación tecnológica de procesos.
- **CE29:** Analizar los procesos reales y resolver problemas ligados a situaciones prácticas y a cuellos de botella en el proceso.

6.2.2. Perfiles para el grado y el máster en ingeniería química

Partiendo de las competencias enumeradas anteriormente, a continuación se resumen las competencias para el grado (CG) y el máster (CM) en ingeniería química en las universidades españolas, atendiendo al modelo educativo vigente (ANECA, 2005).

Competencias del grado en ingeniería química.

- **CG1:** Aplicar las bases científicas y tecnológicas a procesos y productos.
- **CG2:** Diseñar equipos, instalaciones, componentes, productos, sistemas o procesos de acuerdo a normas y especificaciones.
- **CG3:** Analizar e interpretar datos.
- **CG4:** Operar instalaciones y equipos respetando códigos éticos.
- **CG5:** Trabajar en equipos multidisciplinares.
- **CG6:** Identificar, formular y resolver problemas con variables definidas.
- **CG7:** Proponer mejoras.
- **CG8:** Comunicarse con claridad en reuniones, presentaciones y a través de documentación escrita.

Competencias del máster en ingeniería química.

- **CM1:** Conocer y comprender, a un nivel elevado, las bases científicas y tecnológicas de procesos y productos.
- **CM2:** Realizar cálculos y análisis de ingeniería avanzados.
- **CM3:** Optimizar procesos.
- **CM4:** Liderar, coordinar y gestionar proyectos complejos e interdisciplinares.
- **CM5:** Desarrollar tareas de I+D+i.
- **CM6:** Comprender y relacionar conceptos abstractos.
- **CM7:** Identificar, formular y resolver problemas complejos en presencia de riesgo e incertidumbre.
- **CM8:** Promover la creatividad, innovación y transferencia de tecnología.
- **CM9:** Operar en entornos no estructurados.
- **CM10:** Explotar las tecnologías emergentes y prever cambios.

6.3. La ingeniería química y su relación con la dirección y gestión de proyectos

Tal y como se indica en el apartado anterior, una de las competencias que los estudiantes del máster en ingeniería química adquieren es *liderar, coordinar y gestionar proyectos complejos e interdisciplinarios*, (CM4). En consecuencia, una de las actividades profesionales que los titulados en ingeniería química son capaces de realizar es la dirección y gestión de proyectos.

Así pues, debido a que IPMA propone, en la tercera versión de la ICB, un listado de 46 competencias para la dirección y gestión de proyectos divididas en tres grupos (técnicas, de comportamiento y contextuales), se procede, a continuación, a realizar una analogía entre estas competencias y las indicadas en el apartado 6.2.1 para los ingenieros químicos, con el objetivo de determinar el grado de aptitud de éstos con los directores de proyectos certificados por esta organización.

En este sentido, la Tabla 25 muestra, para cada competencia expuesta por la ANECA en el libro blanco del título de grado en ingeniería química (2005) su equivalencia con las competencias establecidas por la ICB 3 de IPMA (2006).

Tabla 25. Competencias comunes de la ingeniería química y la dirección de proyectos.

Fuente: Elaborada a partir de ANECA, 2005 e IPMA, 2006.

Competencias del ingeniero químico	Competencias de la ICB 3		
	Técnicas	Comportamiento	Contextuales
Competencias básicas del ingeniero químico			
CB3: Diseñar componentes, productos, sistemas o procesos que cumplan con determinados requerimientos	-	-	Sistemas, productos y tecnología
CB4: Diseñar equipos e instalaciones de acuerdo con normas y especificaciones	-	-	Legal
CB5: Operar las instalaciones y equipos respetando códigos éticos	-	Ética	-
CB6: Trabajar en equipos multidisciplinares y multinacionales	Trabajo en equipo	-	-
CB7: Planificar, ordenar y supervisar el trabajo en equipo	Trabajo en equipo	-	-
CB8: Tomar decisiones y ejercer funciones de liderazgo	-	Liderazgo	-
CB9: Identificar, sintetizar, formular y resolver problemas complejos	Resolución de problemas	-	-
CB11: Comunicarse con claridad en reuniones, presentaciones y a través de documentación escrita	Comunicación	-	-
CB13: Aplicar en cada situación los requerimientos y responsabilidades éticas, así como el código deontológico de la profesión	-	Ética	-
CB14: Analizar el impacto de las propuestas técnicas que desarrolle o formule, dentro del más amplio contexto social	Partes interesadas	-	-
	Riesgos y oportunidades		
Competencias específicas del ingeniero químico			
CE6: Promover el uso racional de la energía y de los recursos naturales	-	-	Seguridad, higiene y medio ambiente
CE11: Controlar y supervisar los procesos de fabricación para que las producciones se ajusten a los requerimientos de rentabilidad económica, calidad, seguridad e higiene, mantenimiento y medioambientales	Calidad	-	Seguridad, higiene y medio ambiente
	Coste y financiación		
CE12: Realizar evaluaciones económicas, en cualquiera de sus grados de precisión, de diseños conceptuales o de plantas reales	Coste y financiación	-	Finanzas
CE13: Establecer la viabilidad económica de un proyecto nuevo o de mejora de un proceso existente	Coste y financiación	-	Finanzas
CE14: Cuantificar el impacto social de los proyectos de ingeniería	Partes interesadas	-	-
	Riesgos y oportunidades		
CE15: Cuantificar las componentes ambientales de los proyectos de ingeniería, ofreciendo soluciones de minimización y tratamiento	-	-	Seguridad, higiene y medio ambiente
CE16: Realizar estudios y cuantificar la sostenibilidad de los proyectos de ingeniería	Partes interesadas	-	Seguridad, higiene y medio ambiente
	Coste y financiación		
CE17: Administrar y dinamizar los recursos humanos para favorecer el clima laboral, la calidad del desempeño, el aprovechamiento de las capacidades y el desarrollo profesional	Recursos	-	Dirección de personal
CE21: Evaluar e implementar criterios de seguridad aplicables a los procesos que diseñe, opere o tenga a su cargo	-	-	Seguridad, higiene y medio ambiente
CE24: Identificar las tecnologías emergentes y evaluar su impacto sobre los procesos	Riesgos y oportunidades	-	-
CE25: Realizar la definición y gestión de programas de calidad, seguridad y medioambiente	Calidad	-	Seguridad, higiene y medio ambiente

Analizando la tabla anterior, se comprueba que no todas las competencias de la ingeniería química indicadas en el apartado 6.2.1 tienen su equivalencia con las competencias de la tercera versión de la ICB de IPMA. Sin embargo, aquellas que sí están relacionadas, pueden pertenecer a más de una competencia y/o a más de un grupo de competencias de la ICB 3, como es el caso de *controlar y supervisar los procesos de fabricación para que las producciones se ajusten a los requerimientos de rentabilidad económica, calidad, seguridad e higiene, mantenimiento y medioambientales* (CE11), cuyas análogas según el estándar de IPMA son *calidad, coste y financiación* (competencias técnicas) y *seguridad, higiene y medio ambiente* (competencia contextual).

Así pues, las competencias de la ingeniería química satisfacen 15 de las 46 competencias de la dirección y gestión de proyectos, lo que equivale a un 32,61%. En conclusión, los titulados y tituladas en ingeniería química poseen, parcialmente, la capacidad para dirigir y gestionar correctamente proyectos, lo que se traduce en un conocimiento básico de los fundamentos de esta disciplina, ampliables mediante cursos de formación específicos (máster en dirección y gestión de proyectos, cursos de preparación para la certificación, etc.), y experiencia profesional en dirección y gestión de proyectos.

6.4. Contenidos de dirección y gestión de proyectos en las titulaciones de grado y máster en ingeniería química de las universidades públicas de la Comunitat Valenciana

En la actualidad, cinco universidades componen la red pública de educación superior en la Comunitat Valenciana:

- Universidad de Alicante
- Universitat Jaume I
- Universidad Miguel Hernández
- Universitat Politècnica de València
- Universitat de València.

En todas ellas, exceptuando en la Universidad Miguel Hernández, se oferta el grado en ingeniería química, mientras que el máster en ingeniería química únicamente se puede cursar en la Universidad de Alicante, en la Universitat Politècnica de València y en la Universitat de València.

Tal y como se ha justificado en apartados previos, los profesionales de la ingeniería química poseen ciertas competencias para llevar a cabo la dirección y gestión de proyectos. Por ello, a continuación se procede a realizar un estudio de las asignaturas del grado y del máster en ingeniería química de las universidades anteriormente mencionadas, cuyos contenidos, especificados en las guías docentes respectivas, están relacionados con aspectos fundamentales de la dirección y gestión de proyectos.

Así pues, la Tabla 26 muestra una recopilación de las asignaturas en las que se imparten contenidos sobre la dirección y gestión de proyectos, además de las lecciones específicas de cada una que versan sobre ello.

Tabla 26. Contenidos sobre dirección y gestión de proyectos en ingeniería química.

Fuente: Elaborada a partir de UA, 2017; UJI, 2017; UPV, 2017 y UV, 2017.

Universidad	Titulación	Asignatura	Contenido de dirección y gestión de proyectos
Universidad de Alicante	Grado en ingeniería química	Proyectos	T9. Planificación y programación del proyecto T10. Técnica PERT y camino crítico T11. Administración y control de calidad del Proyecto T18. Impacto ambiental de los proyectos T20. Dirección del proyecto y documentos contractuales.
	Máster en ingeniería química	Gestión de I+D+i en la industria química	T3. Liderazgo, recursos humanos y gestión empresarial T4. Gestión del proceso de I+D+i T5. Financiación
		Gestión integrada y seguridad industrial	T2. Mejora de procesos y gestión de calidad T3. Sostenibilidad y gestión medioambiental T4. Prevención de riesgos laborales y seguridad industrial T5. Integración de sistemas de gestión
Universitat Jaume I	Grado en ingeniería química	Proyectos de ingeniería	T7. Estudio económico y financiero T10. Fundamentos de la gestión y dirección de proyectos T11. Planificación y programación de proyectos T13. Aspectos legales del proyecto
		Seguridad e higiene industrial	T1. Normativa T2. Gestión de la prevención de riesgos
Universitat Politècnica de València	Grado en ingeniería química	Proyectos de ingeniería química	T4.1. Evaluación económica T4.2. Estimación de costes T5.1. Dirección y gestión de proyectos T5.2. Planificación y programación de tiempos y costes
	Máster en ingeniería química	Dirección y gestión de proyectos	T1. Conceptos básicos de dirección y gestión de proyectos T2. Programación y control de proyectos T3. Aspectos legales T4. Gestión de la I+D+i T5. Competencias de comportamiento T6. Investigación en dirección y gestión de proyectos
		Gestión de la calidad y ambiental	T1. La calidad total T2. Los sistemas de gestión de la calidad I T3. Los sistemas de gestión de la calidad II T4. Los sistemas de gestión ambiental T5. Requisitos de un sistema de gestión ambiental T6. Las auditorías ambientales
		Toma de decisiones y ética	T1. Análisis de los procesos de toma de decisiones T2. Elementos de análisis de decisiones T3. El proceso analítico jerárquico, AHP T4. Toma de decisión en grupo con AHP T5. La dimensión ética en el ejercicio profesional T6. Valores éticos y toma de decisiones
Universitat de València	Grado en ingeniería química	Oficina técnica	T2. Metodología y organización de proyectos T6. Evaluación económica de proyectos T10. Gestión de proyectos
	Máster en ingeniería química	Gestión integral de la calidad, seguridad e innovación	T1. Gestión de la calidad T2. Seguridad industrial y prevención de riesgos laborales T3. Gestión de la innovación en ingeniería química

Analizando la tabla anterior, se comprueba que, para el caso del grado en ingeniería química, los contenidos que se imparten al alumnado sobre dirección y gestión de proyectos están enfocados, sobre todo, a la evaluación económica de proyectos y a la planificación de las actividades en las que éstos se dividen.

Respecto al máster en ingeniería química, las universidades públicas de la Comunitat Valenciana se centran, mayormente, en la gestión de la calidad, del medio ambiente, de la prevención de riesgos laborales y de la innovación.

Comparando las enseñanzas sobre dirección y gestión de proyectos en ingeniería química en estas universidades, cabe mencionar que la Universitat Politècnica de València es el centro en el que más contenido sobre esta disciplina se imparte a los alumnos. Concretamente, entre el grado y el máster, el plan de estudios cuenta con cuatro asignaturas, destacando *toma de decisiones y ética*, cuyo contenido sobre el método AHP y sobre la ética profesional no se imparten en el resto de universidades. Del mismo modo, la asignatura *dirección y gestión de proyectos*, en la que explícitamente se dedica una lección íntegra a las competencias de comportamiento, y otra unidad temática a la investigación en el área de dirección y gestión de proyectos, tampoco aparecen en el resto de planes de estudio de las universidades públicas de la Comunitat Valenciana.

Por el contrario, la Universitat de València es el centro público valenciano en el que menor contenido de dirección y gestión de proyectos posee el plan de estudios de ingeniería química, puesto que únicamente se imparte una asignatura relacionada en el grado (*oficina técnica*) y otra en el máster (*gestión integral de la calidad, seguridad e innovación*).

Para finalizar, se procede a realizar un estudio de las competencias de la dirección y gestión de proyectos que los alumnos adquieren, al cursar las asignaturas relacionadas con esta disciplina, en el plan de estudios de grado y máster en ingeniería química en las universidades públicas de la Comunitat Valenciana.

Cabe mencionar que, para una mejor comprensión y comparación de las competencias en cada una de las universidades, se ha decidido relacionar directamente dichas competencias, indicadas en las guías docentes respectivas, con las que se especifican en la ICB 3 de IPMA.

Así pues, la Tabla 27 muestra la relación de competencias de la dirección y gestión de proyectos en cada una de las asignaturas en las que se imparte contenido sobre esta área.

Tabla 27. Competencias de dirección y gestión de proyectos en ingeniería química.

Fuente: Elaborada a partir de UA, 2017; UJI, 2017; UPV, 2017 y UV, 2017.

Universidad	Titulación	Asignatura	Competencias de dirección y gestión de proyectos	
Universidad de Alicante	Grado en ingeniería química	Proyectos	Liderazgo Trabajo en equipo Comunicación Ética	Seguridad, higiene y medio ambiente Creatividad Resolución de problemas Calidad
	Máster en ingeniería química	Gestión de I+D+i en la industria química	Calidad Ética Trabajo en equipo Comunicación	Sistemas, productos y tecnología Seguridad, higiene y medio ambiente Resolución de problemas -
		Gestión integrada y seguridad industrial	Calidad Ética Comunicación	Sistemas, productos y tecnología Seguridad, higiene y medio ambiente Dirección de personal
Universitat Jaume I	Grado en ingeniería química	Proyectos de ingeniería	Trabajo en equipo Comunicación Recursos Legal	Tiempo y fases del proyecto Coste y financiación Seguridad, higiene y medio ambiente Finanzas
		Seguridad e higiene industrial	Seguridad, higiene y medio ambiente	Riesgos y oportunidades Resolución de problemas
Universitat Politècnica de València	Grado en ingeniería química	Proyectos de ingeniería química	Ética Liderazgo Trabajo en equipo	Resolución de problemas Información y documentación -
	Máster en ingeniería química	Dirección y gestión de proyectos	Liderazgo Trabajo en equipo Creatividad Ética	Resolución de problemas Coste y financiación Comunicación Tiempo y fases del proyecto
		Gestión de la calidad y ambiental	Comunicación Liderazgo Trabajo en equipo Ética	Dirección de personal Seguridad, higiene y medio ambiente Tiempo y fases del proyecto -
		Toma de decisiones y ética	Comunicación Ética	Resolución de problemas -
Universitat de València	Grado en ingeniería química	Oficina técnica	Creatividad Comunicación Trabajo en equipo	Resolución de problemas Seguridad, higiene y medio ambiente -
	Máster en ingeniería química	Gestión integral de la calidad, seguridad e innovación	Trabajo en equipo Liderazgo Calidad Ética Comunicación	Resolución de problemas Seguridad, higiene y medio ambiente Coste y financiación Información y documentación Dirección de personal

Observando la tabla anterior, se concluye que en la mayoría de asignaturas, las competencias de la dirección y gestión de proyectos que el alumno adquiere son:

- Trabajo en equipo.
- Seguridad, higiene y medio ambiente.
- Comunicación.
- Resolución de problemas.

Así las cosas, éstas, junto con el resto de competencias de la tabla anterior (exceptuando creatividad y tiempo y fases del proyecto), coinciden con las competencias especificadas por la ANECA en la Tabla 25 para el grado y máster en ingeniería química, lo que evidencia un cumplimiento de lo establecido sobre las competencias relativas a la dirección y gestión de proyectos (según la ICB 3 de IPMA) en el libro blanco del título de grado en ingeniería química.

7. Caso de estudio

El presente caso de estudio se centra en la determinación del grado de uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de tituladas y titulados en ingeniería química, y en el establecimiento de relaciones con el éxito alcanzado en los proyectos en los que éstos han participado.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, cobra especial importancia la acotación o delimitación de algunos de los componentes que definen el caso de estudio: las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos y los profesionales de la ingeniería química.

Tal y como se ha argumentado de forma exhaustiva en el capítulo 5 del presente trabajo, debido a la existencia de más de un centenar de herramientas y técnicas diferentes de la dirección y gestión de proyectos, se hace inviable poder estudiar cómo los expertos emplean cada una de ellas en sus respectivos trabajos. Por ello, basándose en los estudios realizados por diversos investigadores sobre las herramientas y técnicas más ampliamente utilizadas por los directores de proyectos a nivel mundial, se ha seleccionado un grupo de 20 herramientas y técnicas, las cuales se alinean con los resultados ofrecidos por estos autores, teniendo en cuenta, además, que fueran un conjunto representativo de todas las áreas de conocimiento y de los cinco grupos de procesos descritos en la quinta edición del PMBOK.

Por otro lado, como consecuencia de la creciente implantación de las metodologías ágiles en multitud de organizaciones a nivel mundial, se ha creído oportuno incluir aquellas herramientas y técnicas más representativas de esta disciplina. En concreto, se han escogido 10 que cubren las fases de la ejecución de los proyectos.

En cuanto al universo de expertos para el estudio, éste se ha circunscrito en España, considerándose objeto de estudio todas aquellas personas tituladas en ingeniería química que desarrollen su actividad profesional en dicho país, independientemente del plan de estudios cursado, así como de la universidad en la que se formaron.

No obstante, con la finalidad de dotar de mayor rigor al caso de estudio, se ha decidido incluir un grupo de referencia, formado por expertos en dirección y gestión de proyectos, para evaluar adecuadamente en qué medida se emplean las herramientas y técnicas seleccionadas, y cuál es el grado de éxito de los proyectos.

La inclusión de este grupo de referencia posibilita poder comparar, en igualdad de condiciones, las variables objeto de estudio, debido al hecho de que comparten tiempo y espacio. Además, esto permite determinar si los resultados obtenidos por los profesionales de la ingeniería química son mejores o peores, así como la diferencia existente respecto al grupo de referencia.

En este sentido, el universo considerado para los directores de proyectos es igual que para los ingenieros químicos, es decir, directores de proyectos que desempeñen su trabajo en España, independientemente de los estudios universitarios y específicos en dirección y gestión de proyectos cursados, y de la organización que los certifica.

7.1. Descripción del método

El presente estudio se ha llevado a cabo utilizando encuestas para la recopilación de datos, puesto que este método permite obtener información de una manera estandarizada, lo que posibilita realizar, posteriormente, un tratamiento estadístico adecuado de los datos para obtener las conclusiones pertinentes.

Las encuestas se han difundido a través de internet, empleando el correo electrónico y las redes sociales como canales para hacer llegar las peticiones a los destinatarios durante los meses de enero y febrero de 2017. Así las cosas, el panel de expertos para cada grupo de estudio queda definido por:

- **Tituladas y titulados en ingeniería química**
 - Antiguos alumnos de la titulación de ingeniería química de la Universitat Politècnica de València.
 - Contactos personales.
 - Ingenieros químicos en el ejercicio de la profesión.

- **Profesionales de la dirección y gestión de proyectos**
 - Miembros de la Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).
 - Antiguos alumnos del máster oficial en dirección y gestión de proyectos de la Universitat Politècnica de València.
 - Contactos personales.
 - Directores de proyectos en el ejercicio de la profesión.

Por último, cabe destacar que, además, se intentaron difundir, sin éxito, las encuestas a través de los tres colegios profesionales de ingenieros químicos que actualmente existen en España:

- Colegio Oficial de Ingenieros Químicos de la Comunitat Valenciana (COIQCV).
- Colexio Oficial de Enxeñeiras e Enxeñeiros Químicos de Galicia (COEQGa).
- Colegio Oficial de Profesionales en Ingeniería Química de Castilla-La Mancha (COIQCLM).

7.2. Diseño de cuestionarios

Debido al establecimiento de dos grupos de estudio claramente diferenciados (ingenieros químicos y directores de proyectos), se ha diseñado un cuestionario específico para cada uno de ellos, con la finalidad de evitar mezclar las respuestas aportadas por los expertos. Cada cuestionario se ha estructurado, a su vez, en dos partes complementarias, las cuales se describen a continuación.

- **Una carta de presentación** en la que, además del nombre del autor y de la directora del presente trabajo, se expone brevemente el objetivo principal del mismo, se indican las instrucciones básicas para rellenar el cuestionario y remitirlo posteriormente para incluirlo en el estudio, y se detalla la organización de las preguntas.

- **Una colección de 39 preguntas de respuesta múltiple**, estructuradas en tres bloques temáticos:
 - **Bloque 1 (preguntas 1 - 9):** Permite obtener el perfil profesional del encuestado y determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ha participado.
 - **Bloque 2 (preguntas 10 - 29):** Determina el empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.
 - **Bloque 3 (preguntas 30 - 39):** Informa sobre el uso de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Cabe destacar que, de las 39 preguntas, únicamente una de ellas difiere entre los dos cuestionarios. En concreto, se trata de una pregunta del bloque I, en la que a los titulados en ingeniería química se les pregunta por el sector profesional en el que tienen mayor experiencia, mientras que a los directores de proyectos se les pregunta por su titulación universitaria.

En cuanto a las opciones de respuesta para las preguntas del cuestionario (a excepción de algunas de las preguntas del bloque I, centradas en describir el perfil profesional del encuestado, y que por tanto están basadas en intervalos de edad, titulaciones universitarias, experiencia profesional, etc.), se han considerado respuestas de tipo cualitativo (nunca, puntualmente, en ocasiones, muy a menudo y siempre) para una mejor comprensión del grado de uso de las herramientas y técnicas, o de los criterios de éxito de la dirección y gestión de proyectos.

Además, con el objetivo de facilitar la decisión de marcar una respuesta u otra, se ha optado por un número impar de opciones para el caso en el que se conozca la herramienta o técnica en cuestión (de tal manera que existe una respuesta intermedia), y una opción adicional de desconocimiento de la misma.

En este sentido, a la hora del tratamiento estadístico de los datos, las opciones de respuesta anteriores se traducirán en valores numéricos porcentuales en un intervalo [0,1], tal y como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28. *Equivalencia numérica de las opciones de respuesta del cuestionario.*
Fuente: *Elaboración propia.*

Opción de respuesta	Valor numérico
No conozco esta herramienta o técnica	0,00
Nunca	0,00
Puntualmente	0,25
En ocasiones	0,50
Muy a menudo	0,75
Siempre	1,00

Atendiendo a la información de la tabla anterior, la razón por la cual, tanto la opción de *no conozco esta herramienta o técnica*, y la opción de *nunca*, se les asigna un valor de 0 se basa en el hecho de que el desconocimiento de la existencia de una herramienta o técnica implica, por lógica, no haberla utilizado nunca. Sin embargo, no se decidió contemplarlas como una única opción debido a que el hecho de nunca haber empleado una herramienta o técnica no implica, necesariamente, su desconocimiento.

En cuanto a los soportes informáticos empleados para elaborar los cuestionarios, se han utilizado dos alternativas distintas, con el objetivo de permitir a los encuestados contestarlos en el formato que les resultara más sencillo y cómodo.

Una de las opciones ha consistido en redactar las encuestas en un archivo de procesador de textos, de tal manera que los encuestados únicamente tienen que marcar con una X las respuestas a las preguntas y, una vez contestadas, el archivo se devuelve por correo electrónico.

Por otro lado, se ha usado la aplicación *Google Forms*, una plataforma exclusiva para el diseño y edición de cuestionarios. En este caso, al finalizar la creación de la encuesta, se genera un URL que permite acceder a ella, enviándose automáticamente las respuestas seleccionadas a una base de datos en forma de hoja de cálculo.

Así las cosas, a continuación se procede a mostrar el listado de preguntas que componen las encuestas, agrupadas por bloques temáticos.

- **Bloque I. Perfil profesional**
 - **Pregunta 1.** De los intervalos de edad que se muestran a continuación, ¿a cuál de ellos pertenece usted?
 - **Pregunta 2 (ingenieros químicos).** De los sectores profesionales que se indican a continuación, ¿en cuál tiene usted mayor experiencia?
 - **Pregunta 2 (directores de proyectos).** De los títulos universitarios que se indican a continuación, ¿cuál o cuáles posee usted (o equivalente)?
 - **Pregunta 3.** ¿Cuántos años de experiencia tiene usted en dicho sector?
 - **Pregunta 4.** ¿Posee usted algún título o certificado relacionado con la dirección y gestión de proyectos?
 - **Pregunta 5.** En término medio, ¿cuál es la magnitud de los proyectos en los que usted ha participado hasta la fecha?
 - **Pregunta 6.** En los proyectos en los que usted ha participado hasta el momento, ¿en qué grado éstos terminan dentro de los límites de plazo previstos?
 - **Pregunta 7.** En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado éstos finalizan dentro de los límites presupuestarios previstos?
 - **Pregunta 8.** En general, una vez terminados los proyectos, ¿los productos o servicios obtenidos satisfacen los requerimientos y expectativas del cliente?
 - **Pregunta 9.** Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿la dirección del equipo del proyecto ha sido adecuada?
- **Bloque II. Empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional**
 - **Pregunta 10.** En el desarrollo de los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿ha empleado listas de verificación o *checklists* para la planificación o control de las tareas?
 - **Pregunta 11.** En las primeras etapas del proyecto, ¿en qué medida lleva a cabo usted un análisis de las partes interesadas o *stakeholders* (clientes, usuarios, colectivos afectados positiva o negativamente por la ejecución, etc.) del proyecto?

- **Pregunta 12.** ¿En qué medida emplea usted el Análisis del Valor Ganado (cálculo del CPTP, CPTR, CRTR, etc.) para controlar las desviaciones de plazos y de costes en un instante concreto de la ejecución del proyecto respecto a su planificación?
- **Pregunta 13.** Con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normas objetivas referidas a la gestión de la calidad y de los riesgos, ¿en qué medida se han llevado a cabo auditorías durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado?
- **Pregunta 14.** Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿en qué grado ha empleado usted la herramienta de la Casa de la Calidad?
- **Pregunta 15.** Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿de qué manera ha utilizado usted diagramas de causa y efecto (también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado)?
- **Pregunta 16.** ¿Con qué frecuencia utiliza usted diagramas de Gantt para planificar y controlar la duración del proyecto y de las actividades que lo componen?
- **Pregunta 17.** En los proyectos en los que usted ha participado, ¿en qué grado ha utilizado estructuras de descomposición del trabajo (o de riesgos) para determinar las tareas de menor complejidad (o las amenazas y oportunidades) del proyecto?
- **Pregunta 18.** Con el objetivo de llevar a cabo el control de la calidad, ¿con qué frecuencia emplea usted gráficos de control?
- **Pregunta 19.** ¿En qué medida ha utilizado usted técnicas de mejora de las habilidades interpersonales (*coaching*, libros de autoayuda, cursos de formación, talleres, etc.), para afectar positivamente a los resultados de los proyectos?
- **Pregunta 20.** En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado se han empleado indicadores financieros (VAN, TIR, ROI, Periodo de retorno, etc.), con el objetivo de determinar la viabilidad económica de los proyectos?
- **Pregunta 21.** Con el propósito de determinar qué riesgos necesitan ser atendidos con urgencia en el proyecto, ¿con qué frecuencia ha utilizado o elaborado matrices de probabilidad e impacto en los proyectos en los que ha participado?
- **Pregunta 22.** Durante el desarrollo de los proyectos, ¿en qué medida ha empleado el Método del Camino Crítico (CPM) para estimar la duración mínima del proyecto y determinar las holguras en la programación de los caminos de la red del cronograma?
- **Pregunta 23.** En la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿con qué frecuencia se utilizaban métodos de comunicación (informes, bases de datos, llamadas telefónicas, videoconferencias, correos electrónicos, etc.)?
- **Pregunta 24.** En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha llevado a cabo el cálculo de proyecciones y pronósticos a futuro de costes y duración para controlar el estado de los mismos?

- **Pregunta 25.** Durante la ejecución de los proyectos, ¿ha participado usted en reuniones para planificar las actividades a realizar, o para debatir y abordar acciones correctoras ante desviaciones o problemas surgidos en el desarrollo de los mismos?
- **Pregunta 26.** En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha empleado *software* específico de dirección y gestión de proyectos (Microsoft Project, Oracle Primavera, Risky Project, módulo PS de SAP, Super Decisions, etc.)?
- **Pregunta 27.** A la hora de tomar decisiones durante la ejecución de los proyectos, ¿ha empleado herramientas matemáticas (AHP, ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), para calcular las prioridades de las alternativas planteadas?
- **Pregunta 28.** Para recopilar ideas o posibles soluciones ante un problema o dificultad aparecida, ¿en qué grado ha utilizado usted la tormenta de ideas o *brainstorming*, (de forma individual o con varios miembros del equipo)?
- **Pregunta 29.** Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿en qué medida ha empleado el Valor Monetario Esperado para cuantificar los riesgos de forma económica?
- **Bloque III. Empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles**
 - **Pregunta 30.** Con el fin de tomar decisiones consensuadas en los proyectos, ¿en qué grado ha utilizado usted la técnica ágil de la estimación de póker (planning poker cards)?
 - **Pregunta 31.** Con el objetivo de estimar la duración de las tareas, ¿ha empleado usted, para ello, técnicas ágiles como la estimación por numeración (1, 2, 3, 4, 5, ...) o la estimación por sucesión de Fibonacci (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...)?
 - **Pregunta 32.** Para comprobar si el ritmo de ejecución del proyecto es conforme a la planificación realizada, ¿en qué medida ha elaborado o ha utilizado usted gráficos de avance?
 - **Pregunta 33.** Durante la planificación del proyecto, ¿ha elaborado usted gráficos de producto, con el fin de mostrar visualmente la evolución (previsible, optimista y pesimista) del proyecto?
 - **Pregunta 34.** Para poder controlar o minimizar los cuellos de botella en la ejecución del proyecto, ¿ha trabajado usted con limitaciones del número de actividades simultáneas en desarrollo (*Work In Progress*, WIP)?
 - **Pregunta 35.** Con el fin de ordenar y priorizar las actividades pendientes de ejecutar, ¿emplea usted listados o pilas de trabajos pendientes (*backlog* o *to do list*)?
 - **Pregunta 36.** Tras la finalización de una fase del proyecto, ¿realiza usted reuniones retrospectivas con el resto de los componentes del equipo del proyecto, con el fin de analizar la forma de trabajar e identificar las fortalezas y debilidades?
 - **Pregunta 37.** Antes de empezar cada jornada laboral, ¿asiste a reuniones diarias breves (*stand up meetings*) para establecer el plan de ejecución de ese día o resolver dudas del día anterior?

- **Pregunta 38.** Al finalizar una fase del proyecto, ¿lleva a cabo reuniones con el cliente o con las partes interesadas del proyecto para informar sobre el avance del mismo (revisión del sprint)?
- **Pregunta 39.** Durante el desarrollo de los proyectos, ¿utiliza tableros visuales (físicos o informatizados) para planificar la ejecución de las tareas?

Por último, cabe destacar que en el Anexo 3 se encuentra una copia de cada tipo de cuestionario (para ingenieros químicos y para directores de proyectos) en los dos formatos utilizados (procesador de textos y *Google Forms*).

7.3. Resultados del uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos

A lo largo de los dos meses en los que se ha desarrollado el trabajo de campo relativo al envío de peticiones para que tanto tituladas y titulados en ingeniería química, como profesionales de la dirección y gestión de proyectos contestaran a sus respectivas encuestas, se han obtenido un total de 241 respuestas válidas, de las cuales 132 corresponden a la ingeniería química, y 109 a la dirección y gestión de proyectos.

Así pues, seguidamente se procede a mostrar, de forma gráfica, los resultados obtenidos, en ambos casos, para cada una de las 39 preguntas que componen el cuestionario. Cabe destacar que, a excepción de las preguntas que permitían seleccionar más de una respuesta, los resultados se muestran en términos porcentuales, con el objetivo de poder tener una interpretación más sencilla de los mismos, y poderlos comparar más fácilmente entre las dos disciplinas investigadas en este trabajo.

En relación con lo anterior, para aquellas preguntas que admitían más de una respuesta, se ha decidido representarlas gráficamente en términos absolutos, pues carece de sentido mostrarlos en porcentajes, ya que al poderse marcar una o varias de las opciones proporcionadas en los cuestionarios, no se puede vincular una respuesta con una persona.

7.3.1. Resultados asociados a los ingenieros químicos

A continuación, se expondrán los resultados para cada una de las preguntas del cuestionario relativo a la ingeniería química, de forma ordenada y atendiendo a los bloques temáticos correspondientes.

7.3.1.1. Resultados del bloque I: perfil profesional

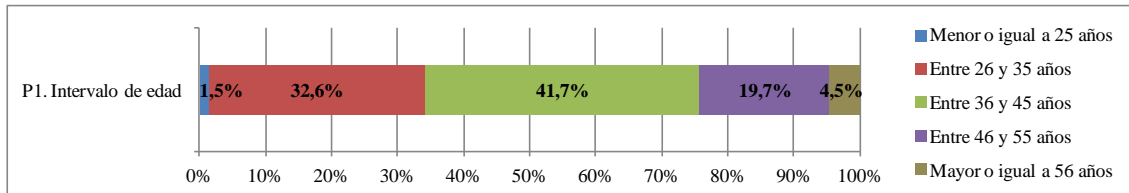


Figura 18. Resultados de la pregunta 1 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

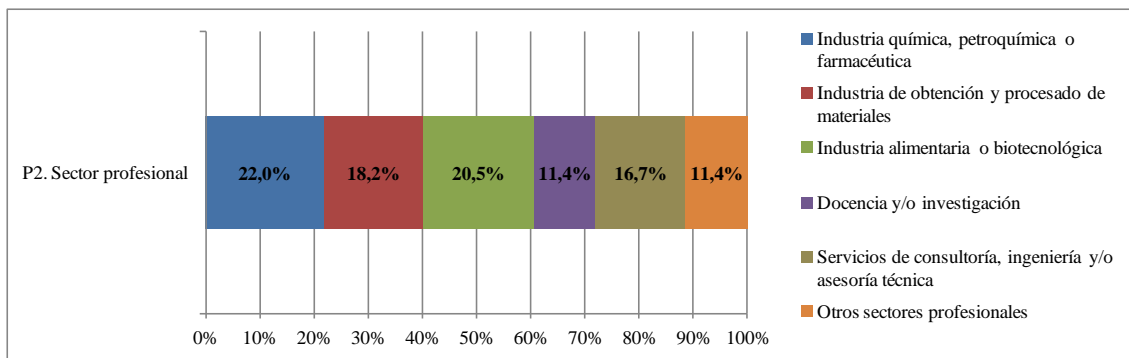


Figura 19. Resultados de la pregunta 2 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

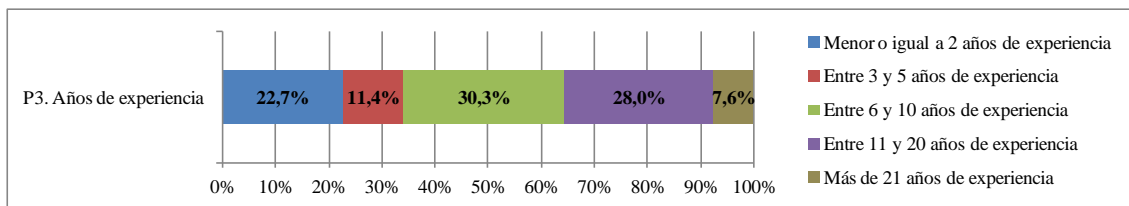


Figura 20. Resultados de la pregunta 3 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

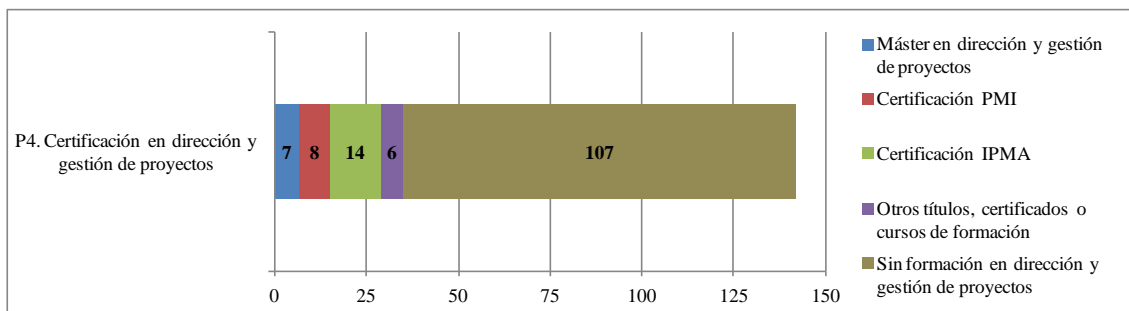


Figura 21. Resultados de la pregunta 4 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

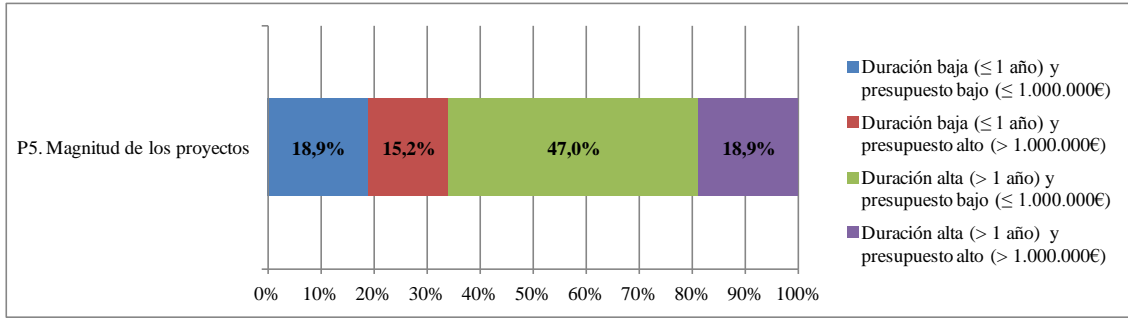


Figura 22. Resultados de la pregunta 5 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

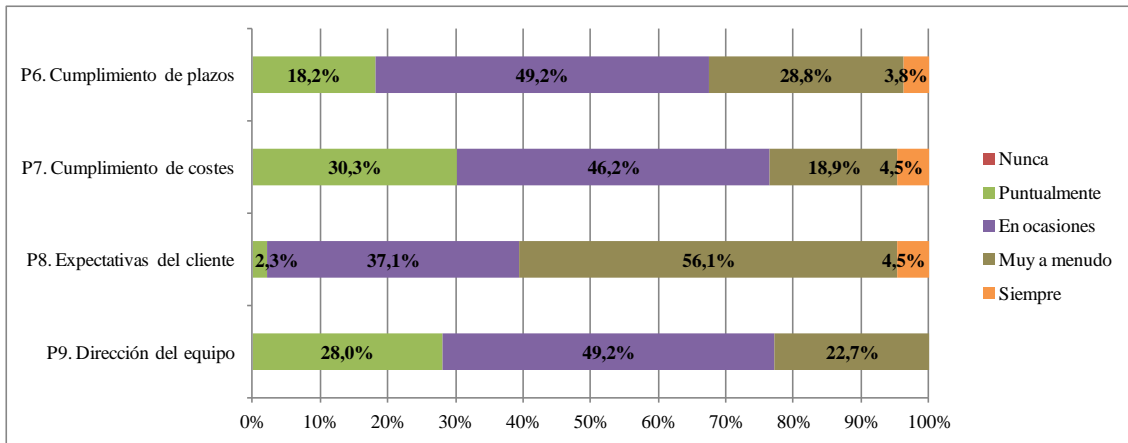


Figura 23. Resultados de las preguntas 6 a la 9 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.2. Resultados del bloque II: empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional

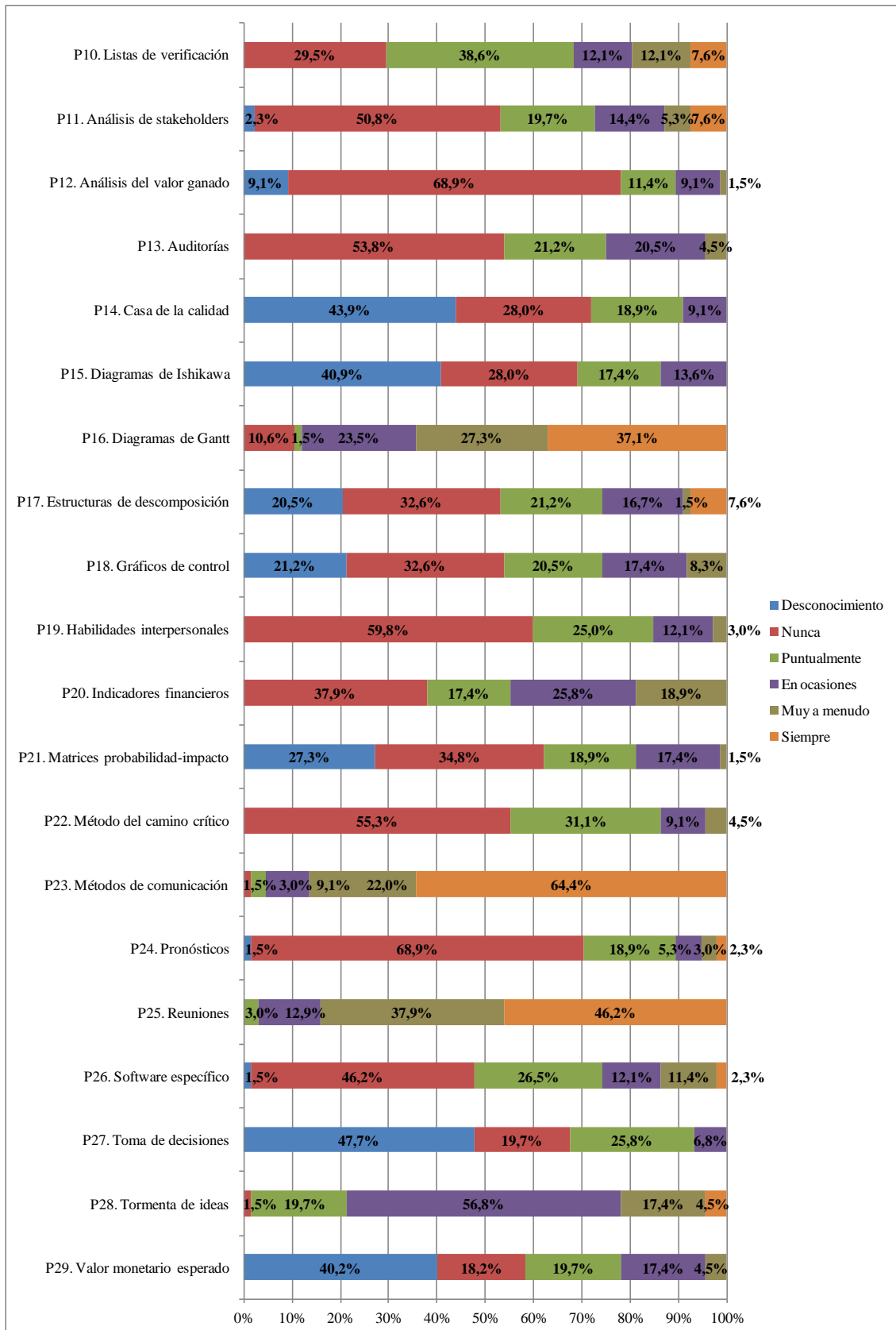


Figura 24. Resultados de las preguntas 10 a la 29 para ingenieros químicos.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.1.3. Resultados del bloque III: empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles

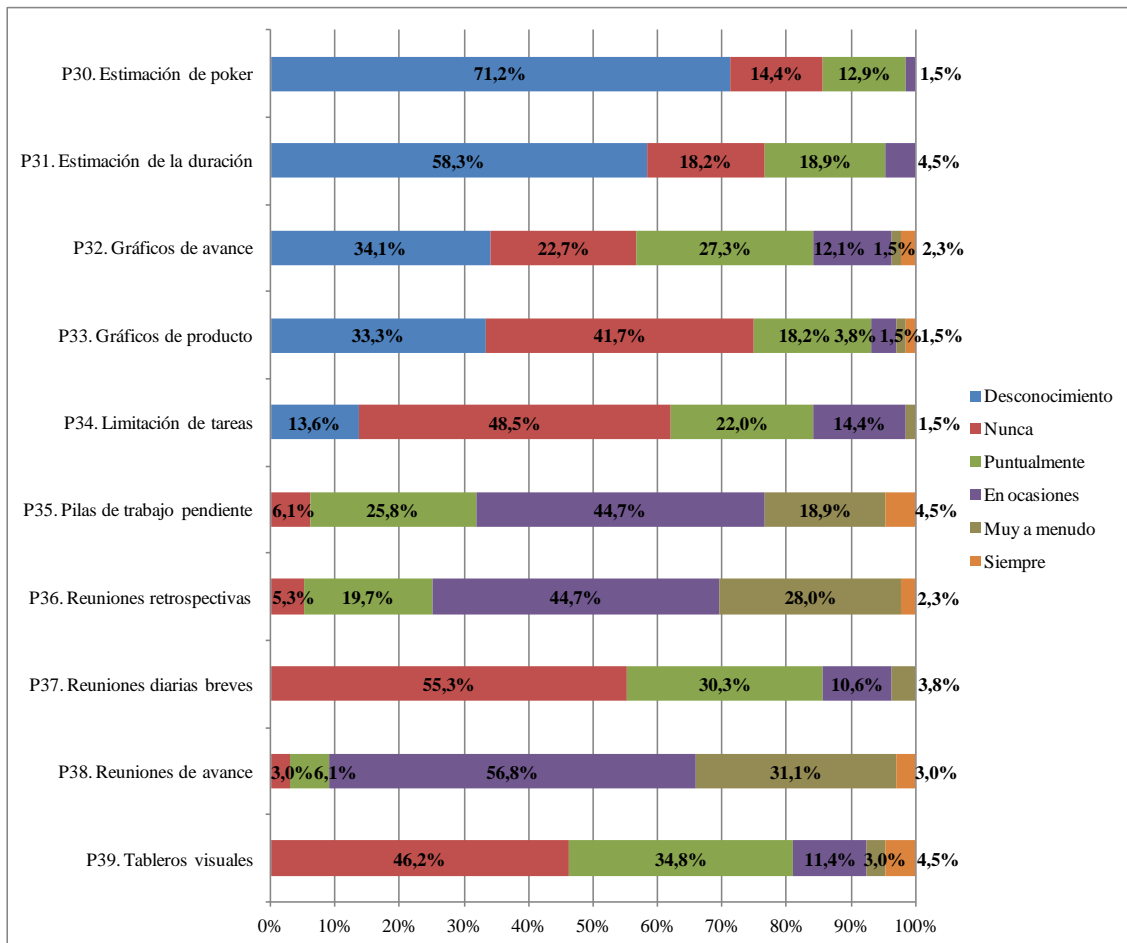


Figura 25. Resultados de las preguntas 30 a la 39 para ingenieros químicos.

Fuente: Elaboración propia.

7.3.2. Resultados asociados a los directores de proyectos

De la misma forma que en el caso anterior, seguidamente se expondrán los resultados para cada una de las preguntas del cuestionario relativo a los profesionales de la dirección y gestión de proyectos, de forma ordenada y atendiendo a los bloques temáticos correspondientes.

7.3.2.1. Resultados del bloque I: perfil profesional

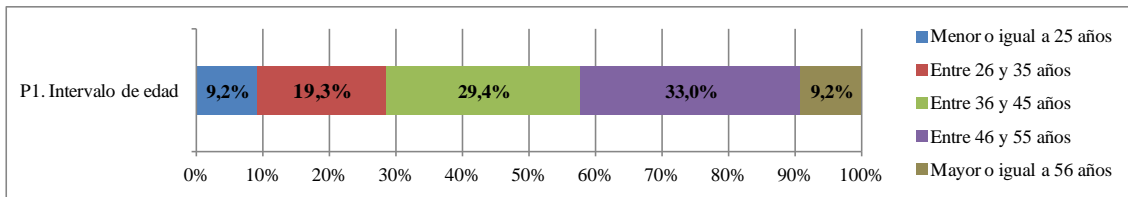


Figura 26. Resultados de la pregunta 1 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

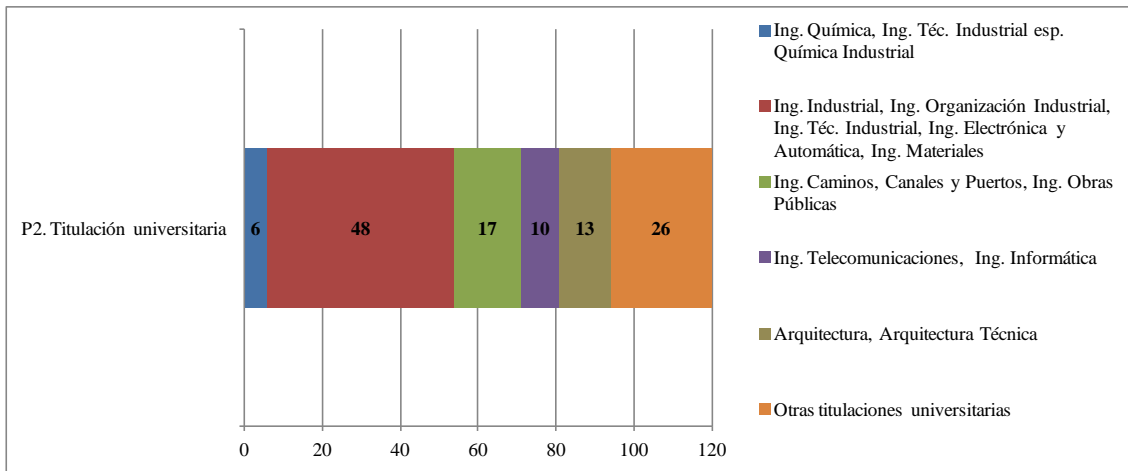


Figura 27. Resultados de la pregunta 2 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

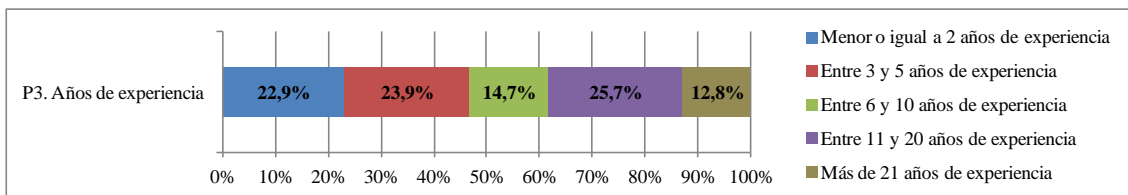


Figura 28. Resultados de la pregunta 3 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

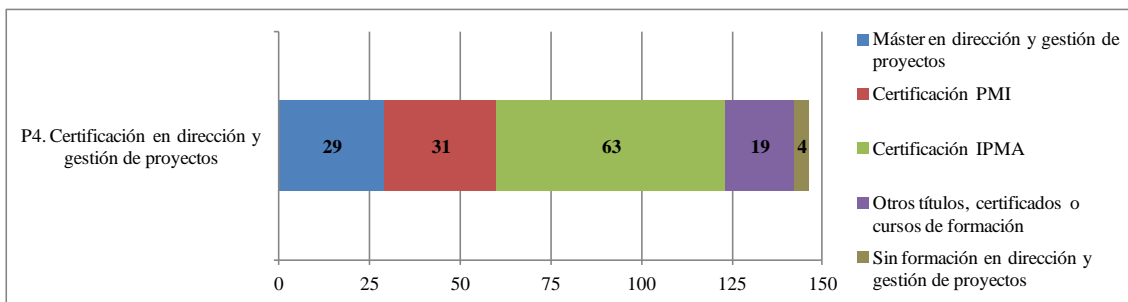


Figura 29. Resultados de la pregunta 4 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

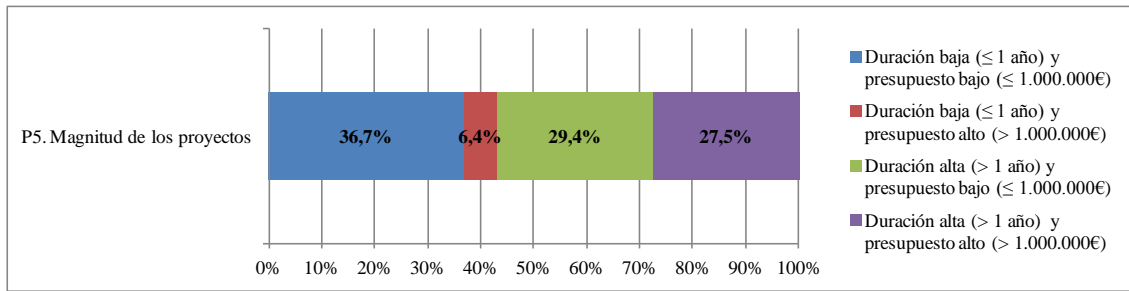


Figura 30. Resultados de la pregunta 5 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

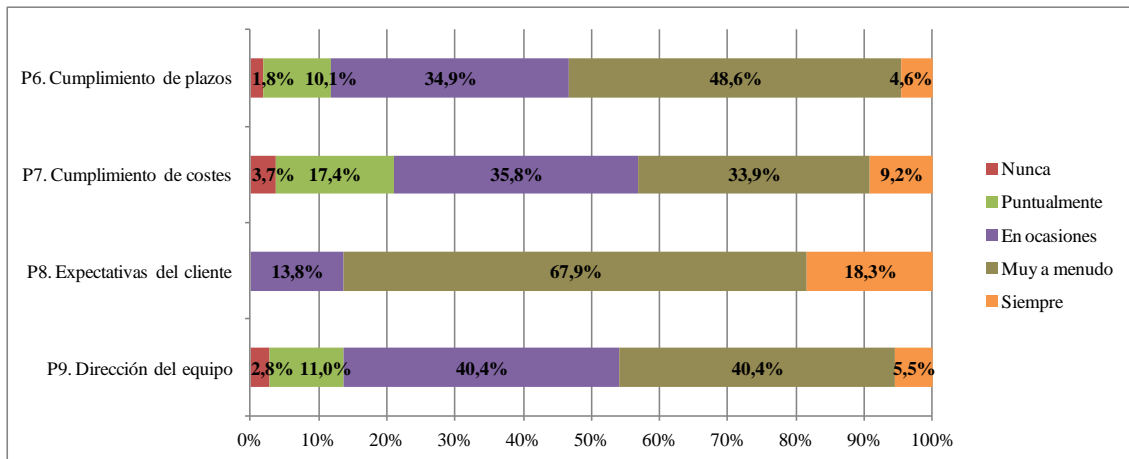


Figura 31. Resultados de las preguntas 6 a la 9 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.2.2. Resultados del bloque II: empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional

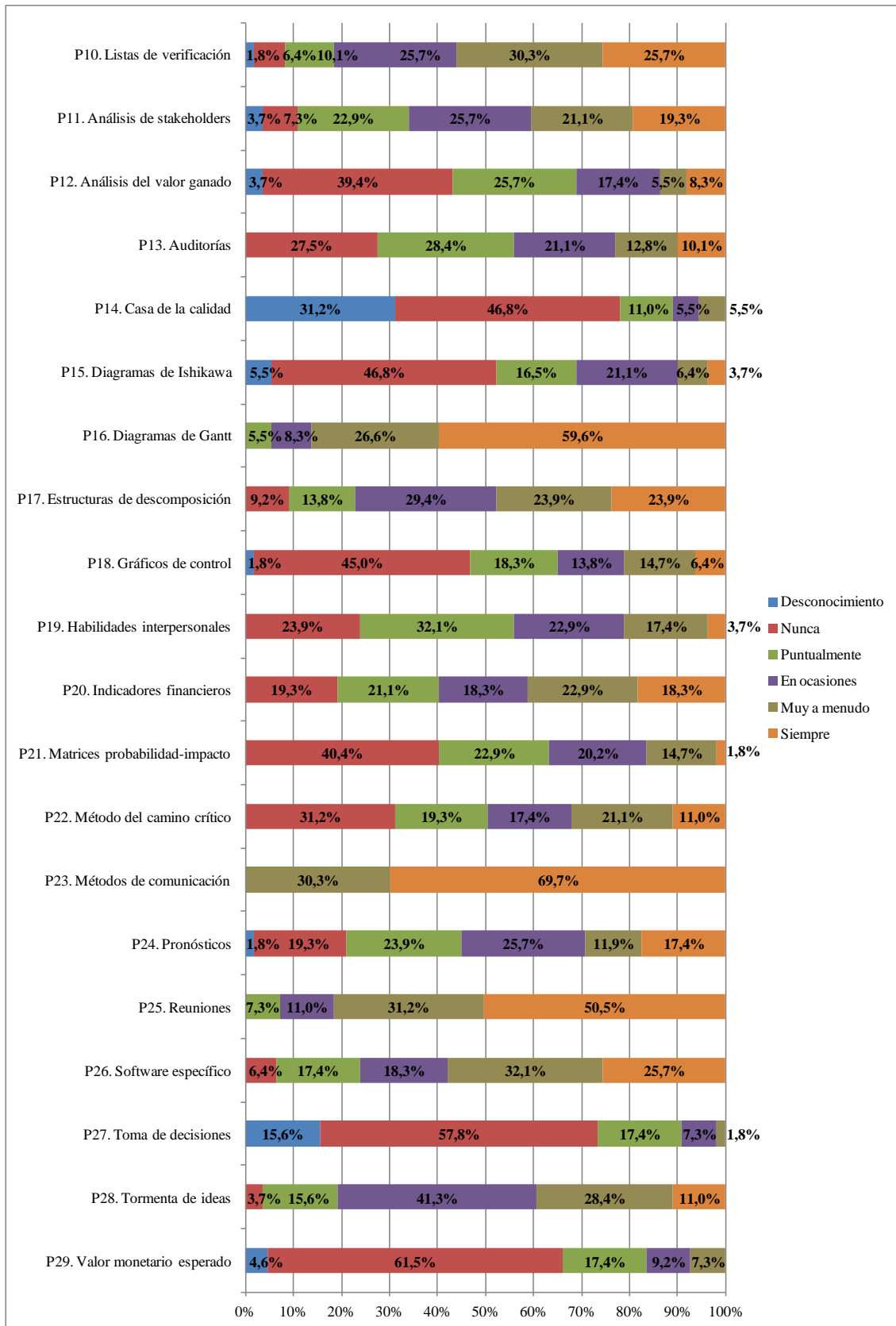


Figura 32. Resultados de las preguntas 10 a la 29 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

7.3.2.3. Resultados del bloque III: empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles

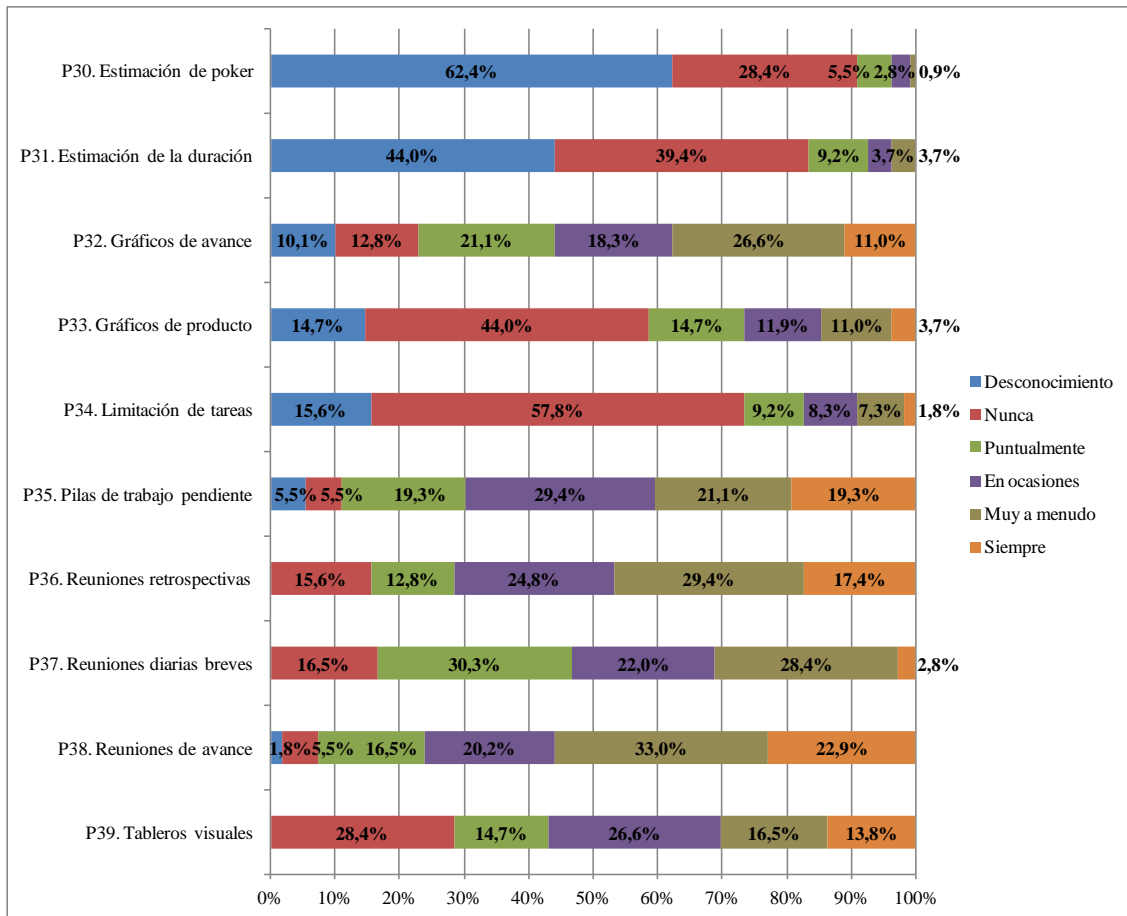


Figura 33. Resultados de las preguntas 30 a la 39 para directores de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

7.4. Análisis de resultados

En el apartado anterior se han mostrado, de forma gráfica, los resultados obtenidos en las encuestas, expresados en porcentaje (salvo en los casos en los que se podían seleccionar varias opciones para una misma pregunta), distinguiéndose entre ingeniería química y dirección y gestión de proyectos.

Así las cosas, en este apartado se procede a realizar un análisis exhaustivo de los resultados anteriores, el cual consistirá, por un lado, en exponer aquellos aspectos más interesantes de la utilización de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos por parte de los expertos encuestados y, por otro lado, en determinar los parámetros estadísticos necesarios para evaluar el grado de anomalía de los datos, así como su relación con los criterios de éxito planteados.

7.4.1. Determinación del error muestral

Debido al hecho de que se ha estudiado una muestra de individuos para cada una de las poblaciones consideradas (ingenieros químicos y directores de proyectos en el ejercicio de su profesión en España), existe, en los resultados obtenidos, un error asociado a dichas muestras.

Para poder calcular el error estadístico en cada caso, se emplea una expresión matemática que relaciona este parámetro con el tamaño de la muestra y la magnitud de la población. De esta manera sea:

n: tamaño de la muestra.

N: tamaño de la población.

Z: el factor asociado al intervalo de confianza considerado.

e: error muestral.

p: la fracción de individuos que poseen la característica a estudiar.

Según Valdivieso et al. (2011), se define el tamaño de la muestra como:

$$n = \frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)} \quad (19)$$

Ante el desconocimiento del valor real de ambas poblaciones, a efectos de cálculo, se va a suponer un tamaño de éstas infinito. Por tanto, la expresión anterior queda de la siguiente manera.

$$n = \lim_{N \rightarrow \infty} \left(\frac{N \cdot Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{(N - 1) \cdot e^2 + Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)} \right) = \frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{e^2} \quad (20)$$

Así, despejando el término relativo al error muestral de la expresión anterior, se obtiene la fórmula matemática que permite calcular el valor de dicho parámetro para una población de tamaño infinito.

$$e = \sqrt{\frac{Z^2 \cdot p \cdot (1 - p)}{n}} \quad (21)$$

Teniendo en cuenta que las variables de las que depende el error muestral adquieren los siguientes valores para este caso concreto (Valdivieso et al., 2011):

Z = 1,96 (para un intervalo de confianza del 95%).

p = 0,5 (valor recomendado cuando se desconocen las características de la población).

n₁ = 132 (número de respuestas válidas de ingenieros químicos).

n₂ = 109 (número de respuestas válidas de directores de proyectos).

El error (e) existente en los resultados obtenidos para cada muestra considerada respecto al valor real de su respectiva población es del **8,53%** para el caso de los **ingenieros químicos (e₁)**, y del **9,39%** para el caso de los **directores de proyectos (e₂)**, asumiendo que el tamaño poblacional es, en ambos casos, infinito.

7.4.2. Comparación de resultados

A continuación, se procede a comparar los resultados obtenidos mediante encuestas a expertos de la ingeniería química con los de la dirección y gestión de proyectos, conseguidos de la misma manera. Para ello, dicha comparación se estructurará atendiendo a los bloques temáticos en los que se han dividido los cuestionarios.

7.4.2.1. Perfil profesional

En primer lugar, respecto al **intervalo de edad** de los expertos en el ejercicio de su profesión, cabe destacar que en el caso de la ingeniería química, el segmento de edad central (comprendido entre 36 y 45 años) representa el porcentaje mayoritario de los expertos consultados (41,7%), de tal manera que, a medida que las edades se desplazan hacia los extremos, el porcentaje disminuye bruscamente hasta un 1,5% en el extremo izquierdo (menores de 25 años) y un 4,5% en el extremo derecho (mayores de 56 años).

Por el contrario, para el caso de los directores de proyectos, el segmento de edad mayoritario se encuentra desplazado ligeramente hacia la derecha, siendo éste el comprendido entre 46 y 55 años (33%), mientras que en el intervalo de edad central se halla el 29,4% de los expertos. Además, la progresión de los porcentajes hacia los extremos no es tan brusca en comparación con el caso anterior, sino que es más horizontal y equitativa, ya que en ambos casos (menores de 25 años y mayores de 56 años) se ha obtenido el mismo porcentaje de directores de proyectos (9,2%).

En cuanto al **sector profesional** en el que los ingenieros químicos consultados poseen mayor experiencia, se observan tres grados de respuestas con similar frecuencia obtenida. En concreto, el par de sectores mayoritarios lo forman la industria química, petroquímica y farmacéutica (22%) y la industria alimentaria y biotecnológica (20,5%). En segundo lugar, destaca la industria de materiales (18,2%) y los servicios de consultoría, ingeniería y asesoría técnica (16,7%). Finalmente, el sector productivo en el que trabaja un menor número de ingenieros químicos es la docencia y la investigación (11,4%).

Por otro lado, atendiendo a la **titulación universitaria** que poseen los directores de proyectos encuestados, destacan, sobre todo, las ingenierías relacionadas con el ámbito industrial (54 personas, 6 de las cuales han estudiado ingeniería química o la ingeniería técnica correspondiente). En cambio, las titulaciones que menos cantidad de directores de proyectos poseen son las relacionadas con las telecomunicaciones o con la informática (10 personas).

Respecto a los **años de experiencia** que poseen ambos tipos de expertos consultados, es importante comentar que se observan dos escenarios muy distintos. Para el caso de los ingenieros químicos, el porcentaje mayoritario (30,3%) corresponde al intervalo central (entre 6 y 10 años de experiencia), mientras que para los directores de proyectos, a este intervalo únicamente pertenecer el 14,7% de los encuestados (los máximos se encuentran, en este caso, en los intervalos de entre 3 y 5 años, 23,9%, y de entre 11 y 20 años de experiencia, 25,7%).

Sin embargo, sí que existe una coincidencia en el porcentaje asociado a una experiencia menor de dos años (22,7% para los ingenieros químicos, y 22,9% para los directores de proyectos).

En relación con la **certificación en dirección y gestión de proyectos**, existe una notable diferencia entre ambas disciplinas, ya que 107 de los 132 ingenieros químicos encuestados no poseen ningún tipo de formación específica en dirección y gestión de proyectos, mientras que este valor se reduce hasta únicamente 4 personas para el caso de los directores de proyectos. En este segundo grupo, la mayoría de los consultados posee un título expedido por IPMA (63 personas), mientras que este valor disminuye a la mitad (31 personas) para los certificados del PMI, valor muy similar a las personas que han cursado un máster en dirección y gestión de proyectos (29).

En cuanto a la **magnitud de los proyectos** en los que los ingenieros químicos han participado, cabe destacar que casi la mitad de los encuestados (47%) colaboran en proyectos cuya duración es superior a un año pero su presupuesto es inferior a 1.000.000€. Además, un 18,9% ellos trabajan normalmente tanto en proyectos pequeños (duración menor a un año y presupuesto menor de 1.000.000€) como en proyectos grandes (duración superior a un año y presupuesto superior a 1.000.000€).

Por el contrario, los directores de proyectos consultados han desempeñado sus funciones en proyectos pequeños principalmente (36,7%). Sin embargo, es importante también los valores de los que han colaborado en proyectos de mayor envergadura y en proyectos de duración superior a un año pero presupuesto inferior a 1.000.000€, los cuales son similares (27,5% y 29,4% respectivamente). Así, únicamente el 6,4% de los directores de proyectos encuestados ha participado en proyectos de duración baja y presupuesto elevado (este valor asciende al 15,2% para el caso de los ingenieros químicos).

Centrándose ahora en los **criterios de éxito** establecidos, destaca el hecho de que, a diferencia de los directores de proyectos, los ingenieros químicos no perciben que nunca se cumplan los plazos, los costes, las expectativas del cliente o que la dirección del equipo sea totalmente inadecuada (ningún encuestado ha marcado la opción *nunca*). Por el contrario, un 1,8% de los directores de proyectos opina que los plazos previstos no se cumplen nunca, porcentaje que se eleva al 3,7% para el caso de los costes, o al 2,8% para la dirección del proyecto.

Este hecho contrasta con la percepción de ambas muestras respecto a que siempre se cumplan dichos criterios de éxito. En concreto, el porcentaje de directores de proyectos que ha escogido la opción *siempre* para los cuatro criterios anteriores es superior a la de los ingenieros químicos. Así, mientras que un 3,8% de los ingenieros químicos opina que sus proyectos siempre acaban dentro de los plazos previstos, para los directores de proyectos este valor aumenta hasta el 4,6%. Lo mismo ocurre con el cumplimiento de los costes (4,5% para los ingenieros químicos y 9,2% para los directores de proyectos) y con las expectativas del cliente (4,5% para los ingenieros químicos y 18,3% para los directores de proyectos). Además, es importante mencionar que ninguno de los ingenieros químicos consultados ha valorado que la dirección del equipo en los proyectos en los que ha participado hasta la fecha sea siempre la más adecuada, mientras que el 5,5% de los directores de proyectos sí que lo perciben de esa manera.

Finalmente, teniendo en cuenta al resto de opciones posibles, se concluye que los ingenieros químicos perciben que sus proyectos terminan con éxito *puntualmente o en ocasiones* en mayor grado que los directores de proyectos, ya que los porcentajes de estas dos opciones son más elevados, para los cuatro criterios anteriores, en los ingenieros químicos que en los directores de proyectos. Por el contrario, y siguiendo el mismo razonamiento, los directores de proyectos opinan que sus proyectos acaban con éxito *muy a menudo* en un porcentaje mayor que los ingenieros químicos.

7.4.2.2. Empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional

En primer lugar, respecto a aquellas herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional que presentan un mayor porcentaje de **desconocimiento** por parte de los expertos consultados, cabe mencionar que las tres con mayor tasa coinciden para ambas muestras estudiadas. En concreto, se trata de la casa de la calidad, del diagrama de Ishikawa y de la toma de decisiones.

Sin embargo, ni el orden ni el grado de desconocimiento son los mismos para ingenieros químicos que para directores de proyectos, puesto que el porcentaje es muy superior para el primer grupo en comparación con el segundo. Así, las metodologías matemáticas para la toma de decisiones son desconocidas para el 47,7% de los ingenieros químicos, mientras que este dato disminuye al 15,6% para los directores de proyectos. Por otro lado, el 43,9% de los ingenieros químicos desconoce en qué consiste y para qué se utiliza la casa de la calidad, valor que se reduce al 31,2% para el caso de los directores de proyectos. Finalmente, los diagramas de Ishikawa son desconocidos para el 40,9% de los ingenieros químicos encuestados, mientras que para los directores de proyectos únicamente supone el 5,5%.

En cuanto al porcentaje de expertos consultados que, pese a conocer las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, no las han utilizado **nunca** en los proyectos que han desarrollado, se procede a comparar los tres mayores porcentajes para cada una de las muestras de este estudio.

Así, en el caso de los ingenieros químicos, el 68,9% de los encuestados conoce cómo aplicar el análisis del valor ganado o cómo realizar pronósticos a futuro, pero nunca ha utilizado estas herramientas a nivel profesional. De la misma manera, el 59,8% de los consultados conoce los mecanismos para mejorar las habilidades interpersonales, sin embargo nunca los ha llevado a la práctica. Por último, el 55,3% de los ingenieros químicos que respondieron a las encuestas saben cómo aplicar el método del camino crítico, pero nunca lo han utilizado en los proyectos en los que han colaborado.

En relación a los directores de proyectos, el 61,5% nunca ha empleado el valor monetario esperado, a pesar de que conoce sus fundamentos. De igual modo, el 57,8% de los encuestados ha aprendido, en alguna ocasión, a tomar decisiones empleando técnicas matemáticas, pero nunca las ha utilizado en los proyectos en los que ha colaborado. Finalmente, el 46,8% de los directores de proyectos consultados conocen cómo desarrollar la casa de la calidad y el diagrama de Ishikawa, a pesar de que nunca los han empleado profesionalmente.

A partir de lo dicho anteriormente, se concluye que, en este caso, las herramientas y técnicas con un mayor porcentaje de personas que las conocen pero que nunca las han empleado son distintas para ingenieros químicos y para directores de proyectos.

Así las cosas, y en relación con los análisis anteriores, se procede a enumerar los mayores porcentajes de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional asociados a la **no utilización** por ninguno de los dos grupos, **independientemente de si se conocen o no sus fundamentos**, es decir, sumando los valores de las opciones de *desconocimiento* y de *nunca* en cada caso.

Los resultados relacionados con los ingenieros químicos indican que las tres herramientas y técnicas menos usadas son el análisis del valor ganado, con un 78% de personas que no la han empleado nunca, seguido de la casa de la calidad (71,9%) y de la realización de pronósticos (70,4%).

En cambio, en el caso de los directores de proyectos, las tres herramientas y técnicas menos utilizadas son la casa de la calidad, la cual el 78% de los encuestados no la ha aplicado nunca, los procedimientos matemáticos de toma de decisiones (73,4%) y el valor monetario esperado (66,1%).

Así pues, se concluye que en ambas muestras se comparte que una de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional que menos se usa es la casa de la calidad, con porcentajes entre el 70% y el 80% de personas que no la han usado nunca.

Por otro lado, en cuanto al porcentaje de encuestados que utilizan **siempre** las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, se procede a indicar las tres con mayor tasa para cada uno de los grupos de expertos considerados.

Respecto a los ingenieros químicos consultados en el presente estudio, el 64,4% emplea en todos los proyectos métodos de comunicación con las distintas partes interesadas, el 46,2% asiste siempre a reuniones programadas, y el 37,1% utiliza el diagrama de Gantt en todos los proyectos en los que participa.

En el caso de los directores de proyectos que han contestado a las encuestas, el 69,7% de ellos usa métodos de comunicación con las partes interesadas en todos los proyectos, el 59,6% elabora diagramas de Gantt para la planificación y control de todos los proyectos, y el 50,5% asiste siempre a reuniones programadas.

Atendiendo a los datos anteriores, se concluye que las tres herramientas y técnicas con mayor porcentaje, en el caso de que se usen siempre, coinciden para ambos grupos de profesionales. De hecho, el uso de métodos de comunicación es la que se sitúa en primer lugar para las dos muestras, mientras que las otras dos herramientas y técnicas intercambian posiciones. Además, cabe destacar que los porcentajes de uso, para las tres más empleadas, son mayores para los directores de proyectos que para los ingenieros químicos.

Por último, se mencionan aquellas herramientas y técnicas, para ingenieros químicos y para directores de proyectos, que **más se utilizan** en los proyectos, **independientemente de su grado de aplicación**, siendo los porcentajes asociados la suma de los valores de las opciones de *puntualmente, en ocasiones, muy a menudo y siempre*.

Así, para el caso de los ingenieros químicos, el 100% de los encuestados afirma haber asistido, al menos, a una de las reuniones que se han programado en los proyectos en los que han trabajado; el 98,5% asegura haber empleado alguna vez métodos de comunicación y la tormenta de ideas, y el 98,4% ha elaborado, en alguna ocasión, diagramas de Gantt para planificar y controlar la ejecución de los proyectos.

Respecto al empleo general de las herramientas y técnicas por parte de los directores de proyectos, los métodos de comunicación, las reuniones y los diagramas de Gantt han sido utilizados por el 100% de los encuestados al menos en alguna ocasión durante el ejercicio profesional; el 96,3% asegura haber usado la tormenta de ideas una o más veces, y el 93,5% confirma haber utilizado software específico de dirección y gestión de proyectos a lo largo de su carrera profesional.

En conclusión, existen herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional que son utilizadas ampliamente por ingenieros químicos y por directores de proyectos, ya que los porcentajes especificados son muy elevados y, en ocasiones, del 100%, lo que implica que no existe desconocimiento ni uso nulo de éstas. Además, las herramientas y técnicas mencionadas para el caso de los ingenieros químicos también aparecen en el listado para los directores de proyectos, cosa que evidencia una similitud en el empleo general de éstas.

7.4.2.3. *Empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles*

En primer lugar, respecto a aquellas herramientas y técnicas de las metodologías ágiles que presentan un mayor porcentaje de **desconocimiento** por parte de los expertos consultados, cabe mencionar que dos de las tres con mayor tasa coinciden para ambas muestras estudiadas.

Así, para el caso de los ingenieros químicos, el mayor desconocimiento reside en la estimación de póker (71,2%), en la estimación de la duración de las tareas (58,3%), y en los gráficos de avance (34,1%), mientras que para los directores de proyectos, las herramientas y técnicas con más índice de desconocimiento por parte de los encuestados son la estimación de póker (62,4%), la estimación de la duración de las tareas (44%) y la limitación del número de actividades ejecutadas simultáneamente (15,6%).

Analizando lo mencionado en el párrafo anterior, se comprueba que ambos paneles de expertos comparten que la estimación de póker y la estimación de la duración de las tareas son las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles que más desconocen de entre las consideradas en el estudio. Además, cabe destacar que los índices de desconocimiento son mayores, en los tres casos, para ingenieros químicos que para directores de proyectos.

En cuanto al porcentaje de expertos consultados que, pese a conocer las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles, no las han utilizado **nunca** en los proyectos que han desarrollado, se procede a comparar los tres mayores porcentajes para cada una de las muestras de este estudio.

Así, en el caso de los ingenieros químicos, el 55,3% de los encuestados conoce cómo realizar reuniones diarias breves, pero nunca ha utilizado esta herramienta a nivel profesional. De la misma manera, el 48,5% de los consultados conoce los mecanismos para aplicar limitaciones en el número de tareas que se ejecutan simultáneamente, sin embargo nunca los ha llevado a la práctica. Por último, el 46,2% de los ingenieros químicos que respondieron a las encuestas saben cómo elaborar tableros visuales, pero nunca los han utilizado en los proyectos en los que han colaborado.

En relación a los directores de proyectos, el 57,8% nunca ha aplicado limitaciones en el número de tareas que se ejecutan a la vez, a pesar de que conoce en qué consiste. De igual modo, el 44% de los encuestados ha aprendido, en alguna ocasión, como elaborar gráficos de producto, pero nunca los ha utilizado en los proyectos en los que ha colaborado. Finalmente, el 39,4% de los directores de proyectos consultados conocen cómo estimar la duración de las tareas de forma ágil, a pesar de que nunca lo han empleado profesionalmente.

A partir de lo dicho anteriormente, se concluye que, en este caso, únicamente la limitación de las tareas es común a ambos grupos de expertos, siendo el porcentaje de directores de proyectos que la conocen pero que nunca la ejecutan mayor que el de ingenieros químicos.

Así las cosas, y en relación con los análisis anteriores, se procede a enumerar los mayores porcentajes de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles asociados a la **no utilización** por ninguno de los dos grupos, **independientemente de si se conocen o no sus fundamentos**, es decir, sumando los valores de las opciones de *desconocimiento* y de *nunca* en cada caso.

Los resultados relacionados con los ingenieros químicos indican que las tres herramientas y técnicas menos usadas son la estimación de póker, con un 85,6% de personas que no la han empleado nunca, seguido de la estimación de la duración de tareas (76,5%) y de la elaboración de gráficos de producto (75%).

En cambio, en el caso de los directores de proyectos, las tres herramientas y técnicas menos utilizadas son la estimación de póker, la cual el 90,8% de los encuestados no la ha aplicado nunca, la estimación de la duración de las tareas (83,4%) y la limitación de la ejecución de actividades de forma simultánea (73,4%).

Así pues, se concluye que en ambas muestras se comparte que dos de las herramientas y técnicas ágiles que menos se usan son la estimación de póker y la estimación de la duración de las tareas, con un porcentaje superior para los directores de proyectos respecto a los ingenieros químicos.

Por otro lado, en cuanto al porcentaje de encuestados que utilizan **siempre** las herramientas y técnicas ágiles, se procede a indicar las tres con mayor tasa para cada uno de los grupos de expertos considerados.

Respecto a los ingenieros químicos consultados en el presente estudio, el 4,5% emplea en todos los proyectos tableros visuales y pilas de trabajo pendiente, el 3% asiste siempre a reuniones de avance, y el 2,3% asiste a reuniones retrospectivas y elabora gráficos de avance en todos los proyectos en los que participa.

En el caso de los directores de proyectos que han contestado a las encuestas, el 22,9% de ellos asiste a reuniones de avance en todos los proyectos, el 19,3% elabora pilas de trabajo pendiente en todos los proyectos, y el 17,4% asiste siempre a reuniones retrospectivas.

Atendiendo a los datos anteriores, se concluye que las tres herramientas y técnicas con mayor porcentaje, en el caso de que se usen siempre, para directores de proyectos coinciden también para ingenieros químicos. Sin embargo, el porcentaje de directores de proyectos que utilizan siempre estas herramientas y técnicas es muy superior al de los ingenieros químicos que han participado en las encuestas.

Por último, se mencionan aquellas herramientas y técnicas ágiles, para ingenieros químicos y para directores de proyectos, que **más se utilizan** en los proyectos, **independientemente de su grado de aplicación**, siendo los porcentajes asociados la suma de los valores de las opciones de *puntualmente, en ocasiones, muy a menudo y siempre*.

Así, para el caso de los ingenieros químicos, el 97% de los encuestados afirma haber asistido, al menos, a una de las reuniones de avance que se han programado en los proyectos en los que han trabajado; el 94,7% asegura haber asistido alguna vez a reuniones retrospectivas, y el 93,9% ha elaborado, en alguna ocasión, pilas de trabajo pendientes.

Respecto al empleo general de las herramientas y técnicas ágiles por parte de los directores de proyectos, el 92,6% de los encuestados, en al menos en alguna ocasión durante el ejercicio profesional, ha asistido a reuniones de avance; el 89,1% asegura haber elaborado pilas de trabajo pendientes una o más veces, y el 84,4% confirma haber asistido a reuniones retrospectivas a lo largo de su carrera profesional.

En conclusión, existen herramientas y técnicas de las metodologías ágiles que son utilizadas ampliamente por ingenieros químicos y por directores de proyectos, ya que los porcentajes especificados son muy elevados y, en ocasiones cercanos al 100%, lo que implica que no existe un alto desconocimiento ni uso nulo de éstas. Además, las herramientas y técnicas mencionadas para el caso de los ingenieros químicos coinciden con las de los directores de proyectos, cosa que evidencia una similitud en el empleo general de éstas, a pesar de que los porcentajes son notablemente superiores en el caso de los ingenieros químicos.

7.4.3. Análisis estadístico

Con la finalidad de facilitar el análisis y la comparación de los resultados obtenidos mediante los cuestionarios respondidos por ambos paneles de expertos, se procede a simplificar la información mostrada en el apartado 7.3 del presente estudio, haciendo uso de un conjunto reducido de parámetros estadísticos que permiten determinar la variabilidad de los datos en relación a las variables cuantitativas seleccionadas.

En este sentido, aquellas variables cualitativas como el sector profesional al que se dedica cada experto, la titulación universitaria que posee, la certificación en dirección y gestión de proyectos, o la magnitud de los proyectos en los que colabora, no se tendrán en cuenta, puesto que no se les puede asignar una escala numérica con sentido físico coherente.

Así las cosas, en esta parte del análisis de los resultados se llevará a cabo el cálculo y el estudio exhaustivo de los parámetros de posición, de dispersión, de asimetría y de curtosis.

7.4.3.1. Posición

De entre los parámetros de posición existentes, destaca, por su utilización mayoritaria, la media aritmética, cuyo cálculo se realiza mediante la siguiente expresión matemática (Romero et al., 2010).

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N} \quad (22)$$

Donde x representa el valor de la variable y N el número de elementos, o la cantidad de datos, de la muestra.

Así pues, empleando la expresión anterior, se obtiene que la media de edad de los expertos en ingeniería química que respondieron a la encuesta planteada se sitúa en 39,82 años, ligeramente inferior a la de los directores de proyectos (41,88 años). Este hecho también ocurre con la experiencia profesional, puesto que los ingenieros químicos poseen una media de 9,76 años de experiencia en el sector profesional que más dominan, mientras que para los directores de proyectos, la media de años de experiencia dirigiendo proyectos se sitúa en 10,26.

En cuanto a las variables que definen el éxito de la dirección de proyectos, las medias, para cada una de las muestras consideradas, se indican en la Figura 34.

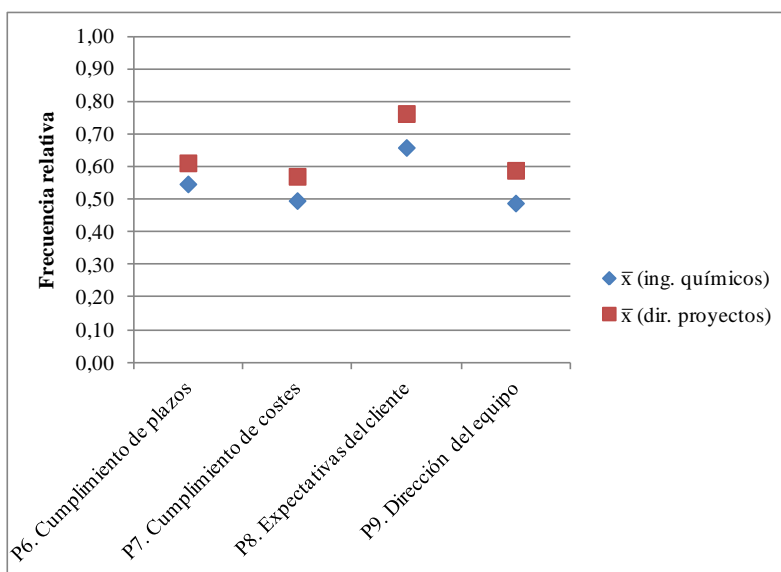


Figura 34. Media aritmética de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura anterior, se observa que para las cuatro variables consideradas, la media de los directores de proyectos es superior a la de los ingenieros químicos. Además, destaca el hecho de que para ambas muestras, existe un patrón consistente en que los valores máximos se obtienen para la satisfacción de las expectativas del cliente (0,66 para ingenieros químicos y 0,76 para directores de proyectos), mientras que los valores mínimos pertenecen al cumplimiento de costes (0,49 para ingenieros químicos y 0,57 para directores de proyectos) y a la idoneidad de la dirección del equipo (0,49 para ingenieros químicos y 0,59 para directores de proyectos).

Por otro lado, cabe mencionar que, en el caso de los directores de proyectos, todos los parámetros de éxito considerados tienen una media superior a 0,5. Esto implica que hay una percepción mayor de éxito que de fracaso en los proyectos. Sin embargo, entre los ingenieros químicos que participaron en el estudio no ocurre igual, puesto que existen dos parámetros (cumplimiento de costes y la idoneidad de la dirección del equipo) cuyas medias son ligeramente inferiores a ese valor (0,49).

A pesar de ello, suponiendo que las cuatro variables representan en el mismo porcentaje al éxito de la dirección del proyecto, se obtiene que en ambos casos la percepción de éxito global es mayor que 0,5, siendo dicho valor superior para los directores de proyectos (0,63) que para los ingenieros químicos (0,55).

Respecto al uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, así como de las metodologías ágiles, las siguientes figuras muestran las medias obtenidas para cada una de ellas, permitiendo su comparación entre ambos tipos de metodologías, y entre los directores de proyectos y los ingenieros químicos.

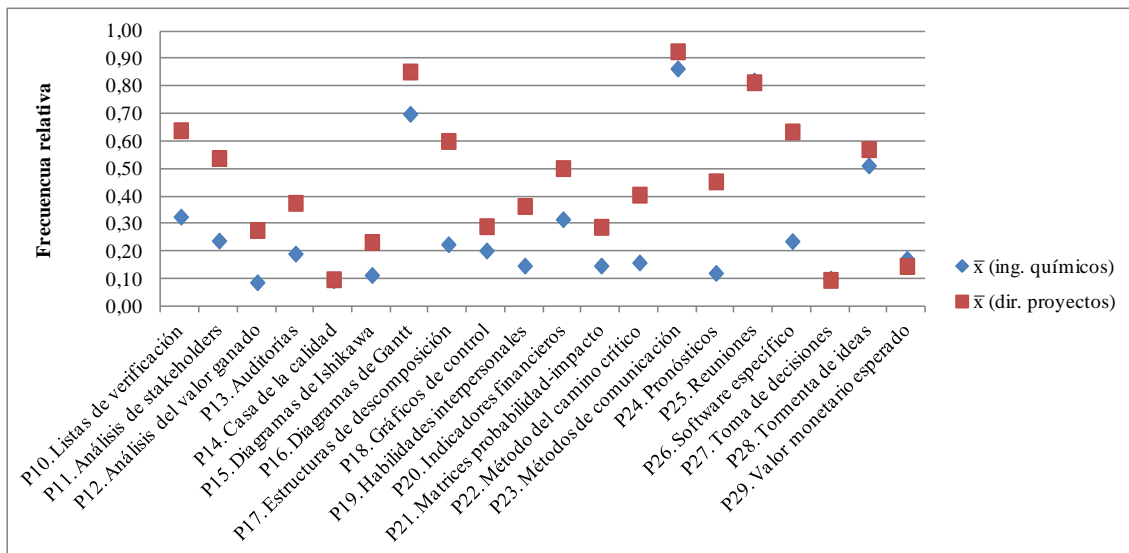


Figura 35. Media aritmética del uso de las herramientas y técnicas convencionales.
Fuente: Elaboración propia.

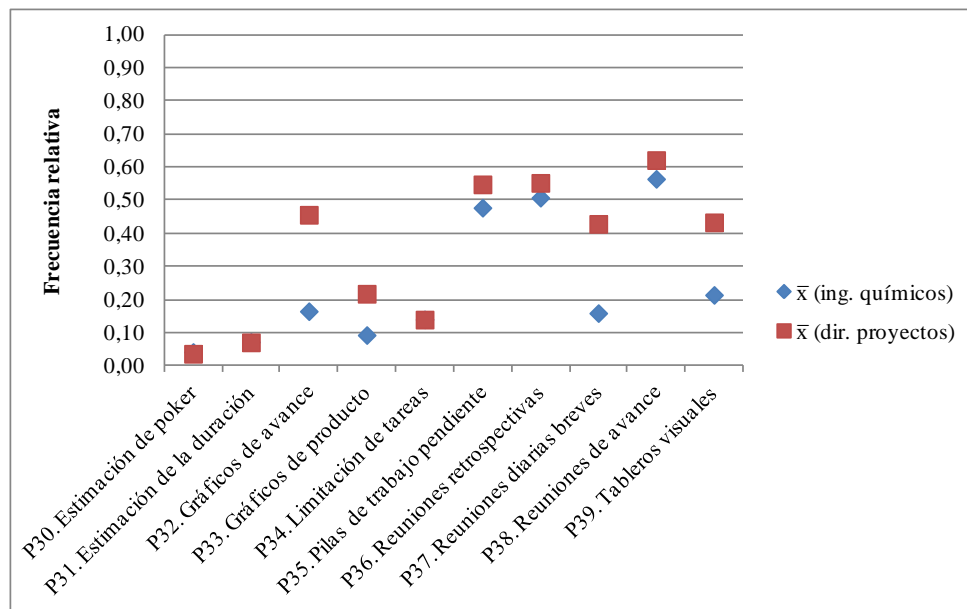


Figura 36. Media aritmética del uso de las herramientas y técnicas ágiles.
Fuente: Elaboración propia.

Así pues, atendiendo a los datos de las medias de las herramientas y técnicas de ambas metodologías, se observa que en la mayoría de casos la frecuencia de uso para los directores de proyectos es mayor que para los ingenieros químicos. Únicamente la frecuencia de uso de las herramientas y técnicas por parte de los ingenieros químicos es mayor que en el caso de los directores de proyectos para las reuniones (0,82 para ingenieros químicos y 0,81 para directores de proyectos), la toma de decisiones (0,10 para ingenieros químicos y 0,09 para directores de proyectos), el valor monetario esperado (0,17 para ingenieros químicos y 0,14 para directores de proyectos) y la estimación de póker (0,04 para ingenieros químicos y 0,03 para directores de proyectos).

Además, es importante señalar que existen dos herramientas y técnicas de las metodologías ágiles cuya frecuencia de uso es la misma para ambas muestras. Se trata de la estimación de la duración (0,07) y de la limitación de tareas (0,14).

Por otro lado, tanto directores de proyectos como ingenieros químicos comparten que los métodos de comunicación es la herramienta que más utilizan (0,92 para directores de proyectos y 0,86 para ingenieros químicos), mientras que la estimación de póker es la que menos emplean (0,04 para ingenieros químicos y 0,03 para directores de proyectos).

Por último, cabe destacar que, agrupadas por metodologías, las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional se utilizan más que las de las metodologías ágiles, siendo los directores de proyectos el grupo de estudio que más emplea ambos tipos de herramientas y técnicas. En concreto, la frecuencia relativa de uso de las herramientas y técnicas convenciones es de 0,45 para directores de proyectos y de 0,29 para ingenieros químicos, mientras que estos valores descienden en el caso de las metodologías ágiles hasta 0,35 y 0,24 respectivamente.

De esta manera, se concluye que, en conjunto, los directores de proyectos utilizan más las 30 herramientas y técnicas consideradas en este estudio, puesto que la frecuencia relativa media global es de 0,40 para éstos, mientras que en el caso de los ingenieros químicos, el valor es notablemente menor (0,26). Nótese, sin embargo, que, a pesar de que los directores de proyectos emplean más a menudo las 30 herramientas y técnicas, su frecuencia media global no alcanza siquiera el valor de 0,5. Esto implica que dichas herramientas y técnicas se usan, por término medio, en menos de la mitad de los proyectos que los expertos consultados llevan a cabo.

Es importante señalar que, según Romero et al. (2010), a pesar de que en la mayoría de ocasiones, la media aritmética es un parámetro estadístico de posición adecuado, en algunos casos resulta engañoso, ya que no es capaz de aislar o minimizar el impacto de la asimetría o de los datos anómalos. Para esas situaciones, la mediana resulta un indicador de posición más robusto que la media aritmética.

La mediana, según dichos autores, se define como el valor central de una serie de datos. Para su determinación, basta con ordenar dichos datos de menor a mayor, de tal manera que:

- Si el número total de datos (N) es par, la mediana es la media aritmética de los valores que ocupan las posiciones $N/2$ y $1+N/2$.
- Si el número total de datos (N) es impar, la mediana es el valor que ocupa la posición $(N+1)/2$.

Así pues, seguidamente se procede a mostrar un conjunto de figuras en las que se representa gráficamente la media y la mediana para cada una de las preguntas que componen el cuestionario, con el objetivo de determinar la idoneidad de la media aritmética como parámetro de posición.

Respecto a la edad de los expertos y a los años de experiencia profesional, cuyos valores no se han representado gráficamente, cabe destacar que, tanto para ingenieros químicos como para directores de proyectos, los datos de la media y de la mediana para las dos preguntas no difieren en exceso.

Concretamente, la mediana de la edad de los encuestados es de 40,50 años para los dos grupos considerados, siendo la media de 39,82 años para los ingenieros químicos y de 41,88 años para los directores de proyectos. En el caso de la experiencia profesional, la mediana es de 8 años para ambos casos, siendo la media de 9,76 años para los ingenieros químicos y de 10,26 años para los directores de proyectos.

En cuanto a las variables que definen el éxito de la dirección de proyectos, la Figura 37 muestra la representación gráfica de los dos parámetros de posición para ambos grupos de expertos.

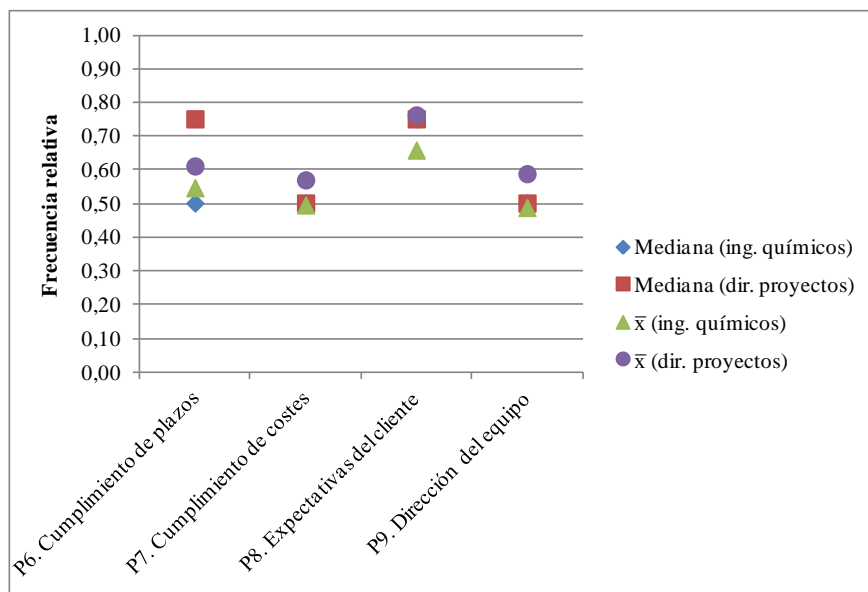


Figura 37. Mediana de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura anterior, se observa que los valores de las medias y de las medianas para las cuatro variables consideradas son similares en cada grupo de expertos. En este sentido, aquellos datos que más difieren entre sí pertenecen al cumplimiento de plazos por parte de los directores de proyectos, cuya media se sitúa en 0,61 mientras que la mediana es de 0,75. Por el contrario, existen ocasiones en las que la media y la mediana prácticamente coinciden, como es el caso del cumplimiento de costes y de la idoneidad de la dirección del equipo para los ingenieros químicos (en ambos casos la media es de 0,49 y la mediana de 0,50), o de las expectativas del cliente para los directores de proyectos (la media es de 0,76 y la mediana de 0,75).

Por otro lado, en relación al uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, así como de aquellas propias de las metodologías ágiles, a continuación se muestran dos figuras en las que se representa gráficamente, y de igual forma que en el caso anterior, las medias y las medianas de ambos grupos de expertos para todas las que se han considerado en el presente estudio.

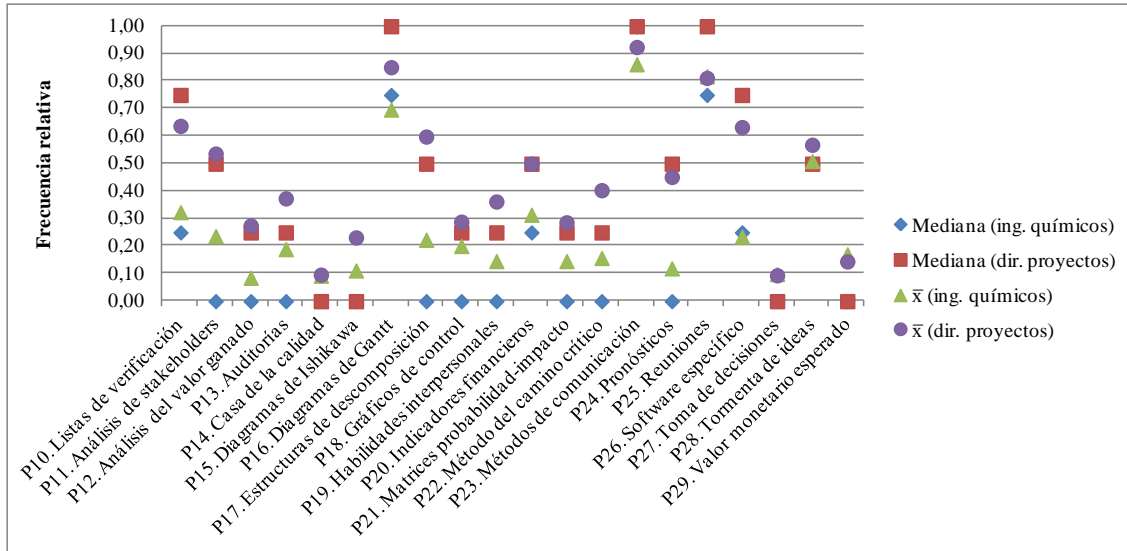


Figura 38. Mediana del uso de las herramientas y técnicas convencionales.

Fuente: Elaboración propia.

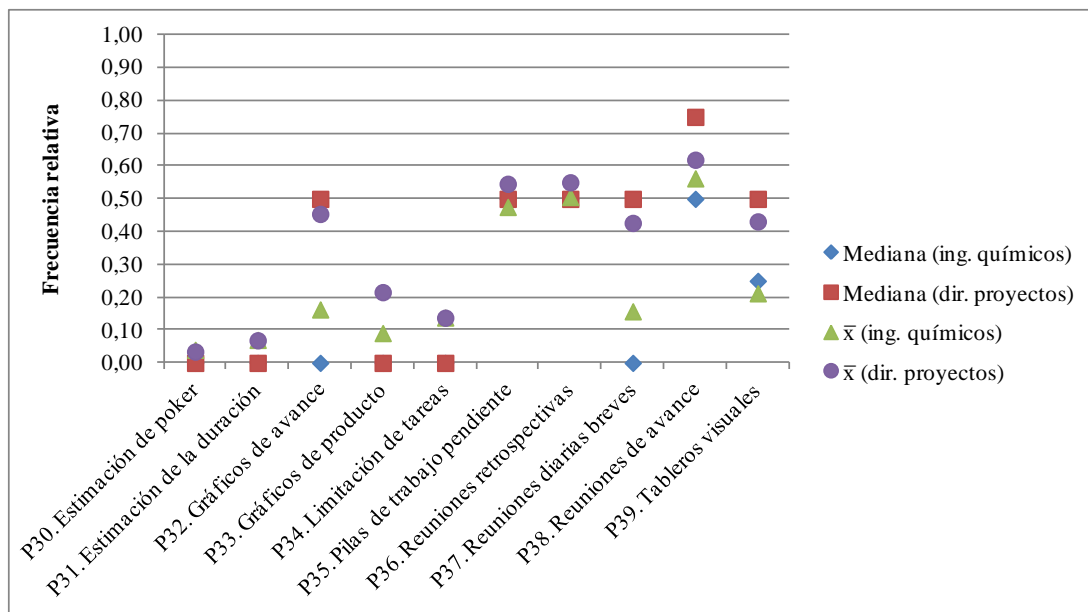


Figura 39. Mediana del uso de las herramientas y técnicas ágiles.

Fuente: Elaboración propia.

Atendiendo a la información que se muestra en las dos figuras anteriores se observa que, en términos generales, las medias y las medianas referidas a la utilización de las herramientas y técnicas consideradas en el estudio para ambos grupos de expertos no difieren en exceso, ya que los valores de estos dos parámetros de posición son similares en cada caso.

Centrándose en el uso de las herramientas y técnicas por parte de los ingenieros químicos, cabe destacar que las mayores diferencias se encuentran para el análisis de stakeholders (cuya media es de 0,24 y su mediana de 0,00), las estructuras de descomposición (con una media de 0,22 y una mediana de 0,00) y los gráficos de avance (con una media de 0,16 y una mediana de 0,00). Por el contrario, existen

herramientas y técnicas, cuyos parámetros de posición son prácticamente idénticos, como es el caso de la tormenta de ideas o las reuniones retrospectivas (ambas con una media de 0,51 y una mediana de 0,50), el uso de software específico (cuya media es de 0,23 y la mediana de 0,25) y las pilas de trabajo pendientes (con una media de 0,48 y una mediana de 0,50).

En el caso de los directores de proyectos, las herramientas y técnicas cuyos parámetros de posición distan más entre sí son los diagramas de Ishikawa (con una media de 0,23 y una mediana de 0,50), los gráficos de producto (con una media de 0,22 y una mediana de 0,00) y las reuniones (cuya media es de 0,81, mientras que la mediana se sitúa en 1,00). De la misma manera, existen herramientas y técnicas que poseen una diferencia insignificante entre ambos parámetros de posición, como ocurre con las matrices de probabilidad e impacto, cuya diferencia es nula (la media y la mediana es 0,50), el análisis del valor ganado (con una media de 0,28 y una mediana de 0,25) y la estimación de póker (cuya media es de 0,03 y la mediana de 0,00).

Finalmente, cabe comentar que calculando la diferencia, en valor absoluto, entre la media y la mediana para cada una de las preguntas formuladas sobre los criterios de éxito de la dirección de proyectos y sobre el uso de las herramientas y técnicas, se obtiene una diferencia media de 0,10 para los ingenieros químicos y de 0,09 para los directores de proyectos. Además, calculando las medianas para dichas diferencias, se obtienen valores prácticamente idénticos a las medias calculadas (0,09 para ingenieros químicos y 0,08 para directores de proyectos), lo que indica que no existe asimetría ni datos anómalos en esos datos.

En conclusión, atendiendo a la comparación realizada entre los dos parámetros de posición considerados (la media y la mediana), debido al hecho de que las diferencias en los datos entre ambos no son muy elevadas, es adecuado, desde el punto de vista estadístico, el uso de la media como indicador de posición. Además, como consecuencia de esto, será apropiado el uso de indicadores de dispersión, de asimetría y de curtosis que dependen de la media de los datos en los siguientes apartados del análisis estadístico.

7.4.3.2. *Dispersión*

En cuanto a la cuantificación de la variabilidad de los datos de ambos grupos de expertos considerados en el estudio, se va a emplear, como ya se ha mencionado en el párrafo anterior, un parámetro dependiente de la media aritmética, puesto que ya se ha demostrado que para este caso concreto, la utilización de ésta es adecuada y coherente.

En la literatura existen dos parámetros de dispersión, la varianza y la desviación típica, cuyas expresiones matemáticas, tal y como señalan Romero et al. (2010), son función de la media aritmética de los datos.

$$\text{Varianza : } s^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1} \quad (23)$$

$$\text{Desviación típica : } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} \quad (24)$$

Sin embargo, según dichos autores, para la realización de análisis estadísticos, es preferible utilizar la desviación típica, puesto que los resultados de este parámetro vienen expresados en las mismas unidades que los datos de origen, mientras que con la varianza, las unidades están elevadas al cuadrado respecto a dichos datos.

La utilidad de la desviación típica reside en que a partir de su cuantificación, se puede determinar, para una distribución normal de datos, la proporción de valores que difieren de la media una cierta cantidad. En concreto:

- Dos tercios de los datos difieren de la media menos de s .
- El 95% de los datos difiere de la media menos de $2s$.
- El 99,7% de los datos difiere de la media menos de $3s$.

Así pues, seguidamente se procede a mostrar, de forma gráfica, la desviación típica asociada a cada una de las preguntas del cuestionario para ambos grupos de expertos considerados en el estudio.

Respecto a la edad de los expertos y a los años de experiencia profesional, cuyos valores no se han representado gráficamente, cabe destacar que, para los ingenieros químicos, la desviación típica asociada a estas variables es de 8,75 y 8,03 años respectivamente, mientras que en el caso de los directores de proyectos, estos valores aumentan hasta 11,18 y 9,50 años respectivamente.

El hecho de que la desviación típica sea mayor para los directores de proyectos que para los ingenieros químicos implica que en los datos recopilados para el primer grupo de expertos, existe una mayor variabilidad y, en consecuencia, una menor concentración de los datos alrededor de la media, en comparación con la situación de los ingenieros químicos.

Continuando con el análisis de dispersión, seguidamente se muestra la representación gráfica de la desviación típica para los criterios de éxito de la dirección de proyectos.

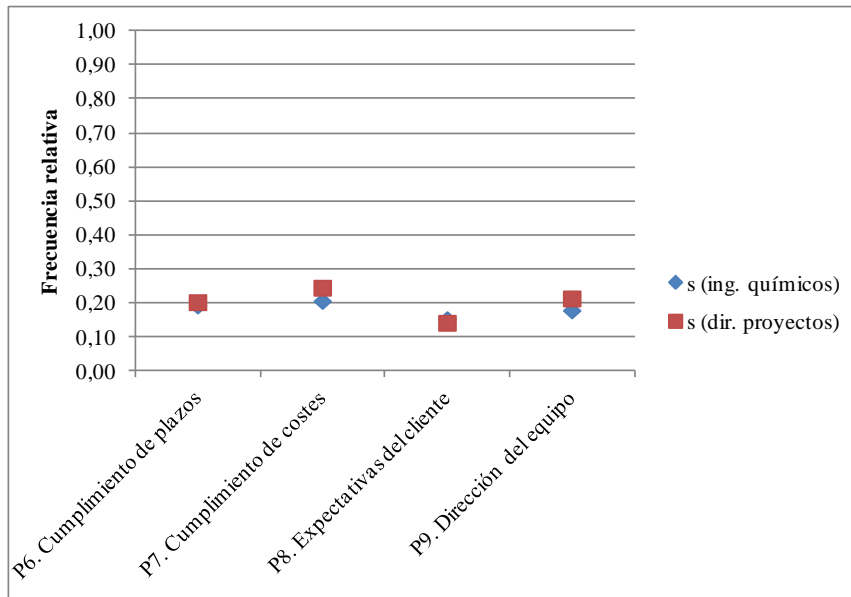


Figura 40. Desviación típica de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

Analizando la figura anterior, se observa que los valores de la desviación típica para ambos grupos de expertos es muy similar. Sin embargo, en todos los casos, salvo para las expectativas del cliente, este parámetro de dispersión es mayor para los directores de proyectos que para los ingenieros químicos. Además, cabe mencionar que esta variable supone la menor desviación típica de todo el conjunto, con un valor de 0,15 para ingenieros químicos y 0,14 para directores de proyectos.

Por otro lado, en relación al uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, así como de aquellas propias de las metodologías ágiles, a continuación se muestran dos figuras en las que se representa gráficamente, y de igual forma que en el caso anterior, las desviaciones típicas asociadas a cada una de las consideradas en el estudio.

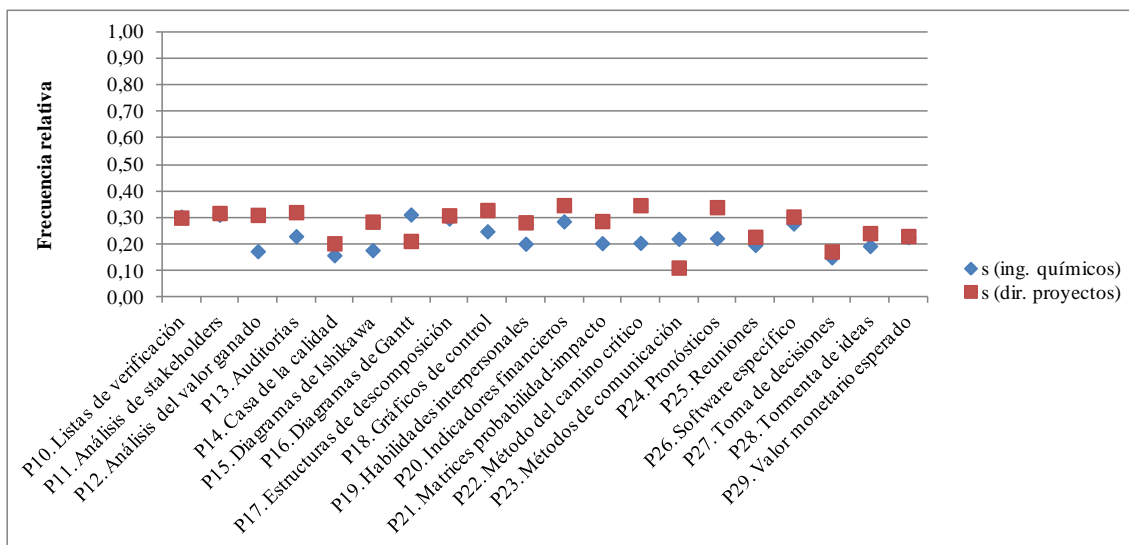


Figura 41. Desviación típica del uso de las herramientas y técnicas convencionales.
Fuente: Elaboración propia.

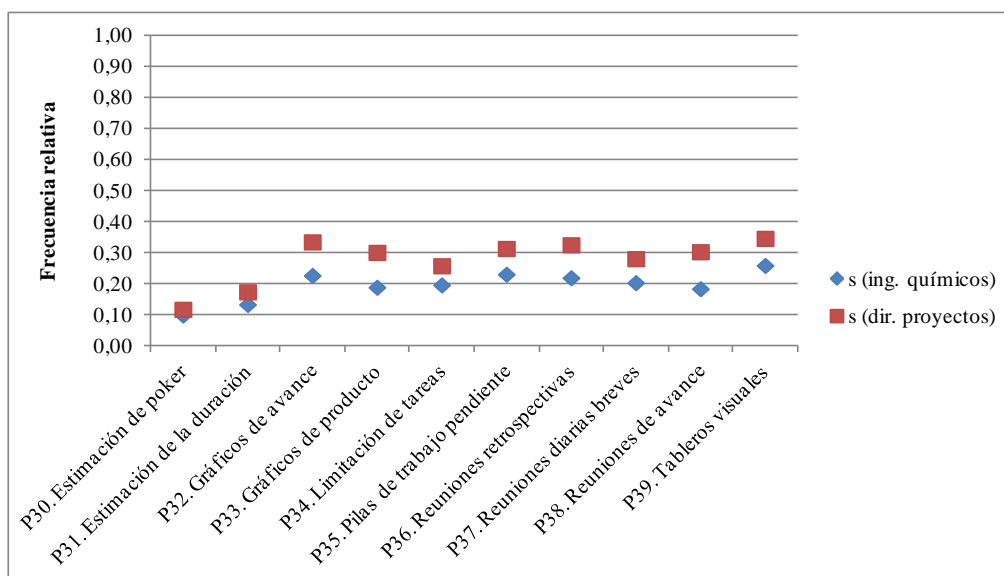


Figura 42. Desviación típica del uso de las herramientas y técnicas ágiles.

Fuente: Elaboración propia.

Atendiendo a la información que se muestra en las dos figuras anteriores se observa que, en términos generales, la desviación típica es mayor para los directores de proyectos que para los ingenieros químicos. Únicamente esto es al contrario para el caso del diagrama de Gantt (la desviación típica para los ingenieros químicos es de 0,32, mientras que para los directores de proyectos es de 0,22), y para los métodos de comunicación (cuyas desviaciones típicas son de 0,22 para ingenieros químicos y 0,12 para directores de proyectos). Además, destaca el hecho de que el valor de este parámetro de dispersión es el mismo (0,23) para el caso del valor monetario esperado.

Calculándose la media de la dispersión para cada tipo de herramientas y técnicas, se obtiene que en el caso de los directores de proyectos, la media de las desviaciones típicas son idénticas tanto para las herramientas y técnicas convencionales como para las ágiles (0,28). Sin embargo, en el caso de los ingenieros químicos, los valores varían entre ambos tipos de herramientas y técnicas, de tal forma que la desviación típica media es de 0,23 para las convencionales, mientras que para las ágiles es de 0,20.

Así las cosas, tal y como se ha indicado cuando se ha analizado la dispersión en los criterios de éxito de la dirección de proyectos, existe una mayor variabilidad de los datos para los directores de proyectos en relación a la media aritmética, lo que se traduce en que éstos no están compactados alrededor de ella, sino más dispersos que en el caso de los ingenieros químicos.

7.4.3.3. *Asimetría y curtosis*

Según Romero et al. (2010), las variables aleatorias continuas presentan frecuentemente una pauta de variabilidad que se caracteriza por el hecho de que los datos tienden a acumularse alrededor de un valor central, decreciendo su frecuencia de forma aproximadamente simétrica a medida que se alejan por ambos lados de dicho valor. Ello conduce a histogramas con forma de campana de Gauss (distribución Normal).

Sin embargo, un problema frecuente al estudiar datos reales es, precisamente, analizar hasta qué punto la distribución Normal resulta un modelo adecuado, puesto que existen pautas de variabilidad que se alejan de la Normal, lo que conlleva a tener que emplear tratamientos estadísticos más complejos.

En este sentido, para determinar las anomalías en los datos respecto de la distribución Normal, se calculan los coeficientes de asimetría y de curtosis, los cuales se definen a partir de las siguientes expresiones matemáticas.

$$\text{Coeficiente de asimetría: } CA = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{(x_i - \bar{x})^3}{N-1} \right)}{s^3} \quad (25)$$

$$\text{Coeficiente de curtosis: } CC = \frac{\sum_{i=1}^N \left(\frac{(x_i - \bar{x})^4}{N-1} \right)}{s^4} - 3 \quad (26)$$

Estos coeficientes permiten determinar cuán alejados están los datos de la posición que les correspondería en una distribución Normal (asimetría), y la existencia de datos anómalos en las muestras (curtosis).

De esta manera, si los resultados obtenidos en el cálculo del coeficiente de asimetría se encuentran dentro de un intervalo de $[-2, 2]$, se considera que los datos son simétricos. Por el contrario, existirá una asimetría positiva si dicho valor es mayor que 2 (los valores con mayores frecuencias relativas están desplazados hacia la izquierda en la curva de campana), y una asimetría negativa si éste es menor de -2 (siendo el desplazamiento, en este caso, hacia la derecha).

Por tanto, para el caso de la curtosis, se considera que los datos son normales si el coeficiente de curtosis está comprendido entre $[-2, 2]$, siendo leptocúrticos (existen muchos valores muy alejados de la media) si el valor de este parámetro es superior a 2, y planicúrticos (existen muy pocos valores alejados de la media) si es inferior a -2.

Así pues, seguidamente se procede a mostrar, de forma gráfica, los coeficientes de asimetría y de curtosis asociados a cada una de las preguntas del cuestionario para ambos grupos de expertos considerados en el estudio.

Respecto a la edad de los expertos y a los años de experiencia profesional, cuyos valores no se han representado gráficamente, cabe destacar que no existe ni asimetría ni curtosis, puesto que en ambos casos, los valores de los coeficientes pertenecen al intervalo $[-2, 2]$, lo que implica una semejanza a la distribución Normal.

En el caso de los ingenieros químicos, el coeficiente de asimetría en la edad de los expertos es de 0,41 y el de curtosis de -0,30. Además, respecto a los años de experiencia profesional, el coeficiente de asimetría es de 1,09 y el de curtosis de 0,94.

Para los directores de proyectos, por otro lado, el coeficiente de asimetría en la edad de los expertos es de -0,28 y el de curtosis de -0,68; mientras que para los años de experiencia profesional los coeficientes de asimetría y de curtosis tienen un valor de 1,03 y 0,03 respectivamente.

Continuando con el análisis de asimetría y curtosis, seguidamente se muestra la representación gráfica de los coeficientes asociados, para los criterios de éxito de la dirección de proyectos.

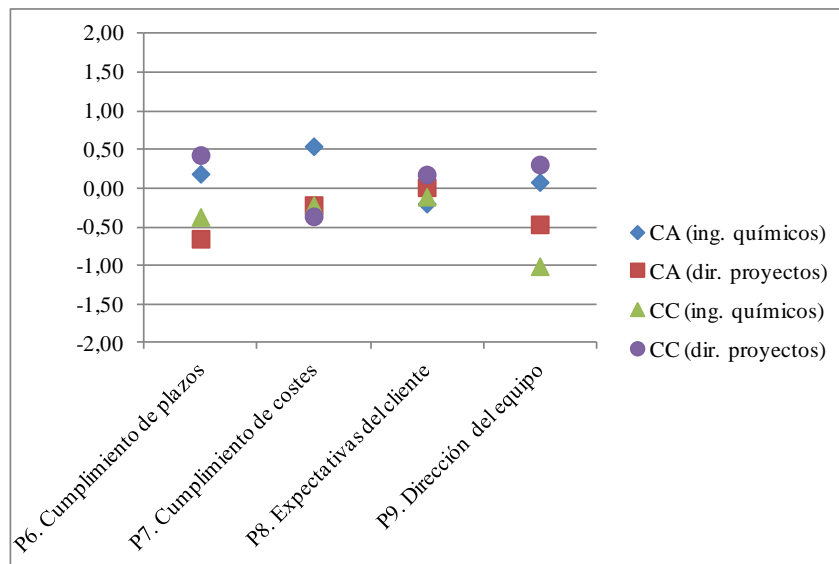


Figura 43. Asimetría y curtosis de los parámetros de éxito de la dirección de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

Tal y como se observa analizando la figura anterior, no existe asimetría ni curtosis para los parámetros de éxito de la dirección de proyectos considerados, puesto que tanto el coeficiente de asimetría como el curtosis, para los cuatro criterios, se encuentran comprendidos entre -2 y 2. Cabe destacar, por otro lado, el hecho de que para las expectativas del cliente, los coeficientes de asimetría y de curtosis son muy próximos a cero, cosa que evidencia una adecuación notable a una distribución Normal.

Por otro lado, en relación al uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, así como de aquellas propias de las metodologías ágiles, a continuación se muestran dos figuras en las que se representa gráficamente, y de igual forma que en el caso anterior, los parámetros de asimetría y curtosis asociados a cada una de las consideradas en el estudio.

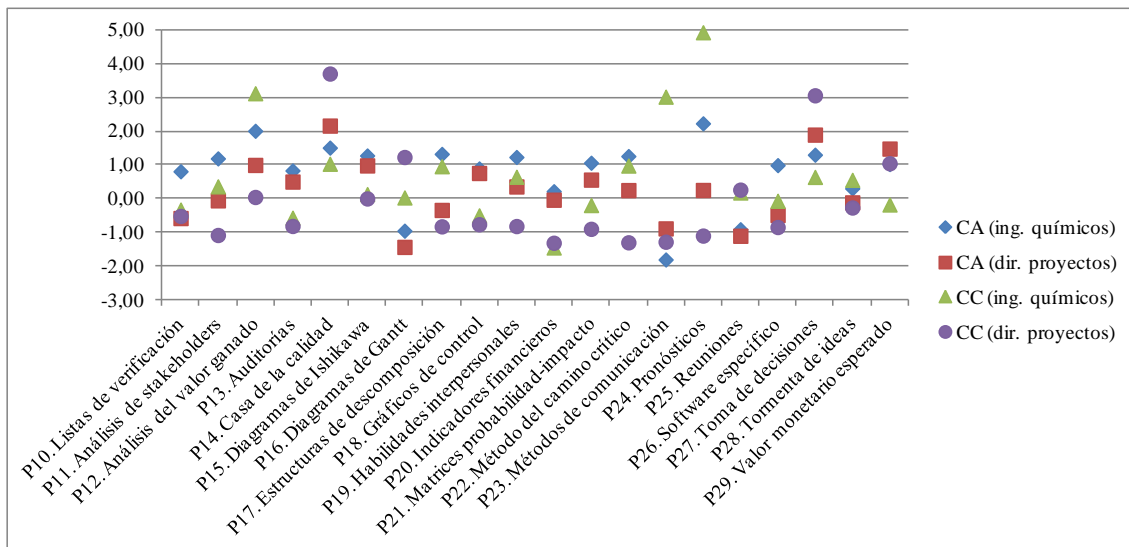


Figura 44. Asimetría y curtosis del uso de las herramientas y técnicas convencionales.
 Fuente: Elaboración propia.

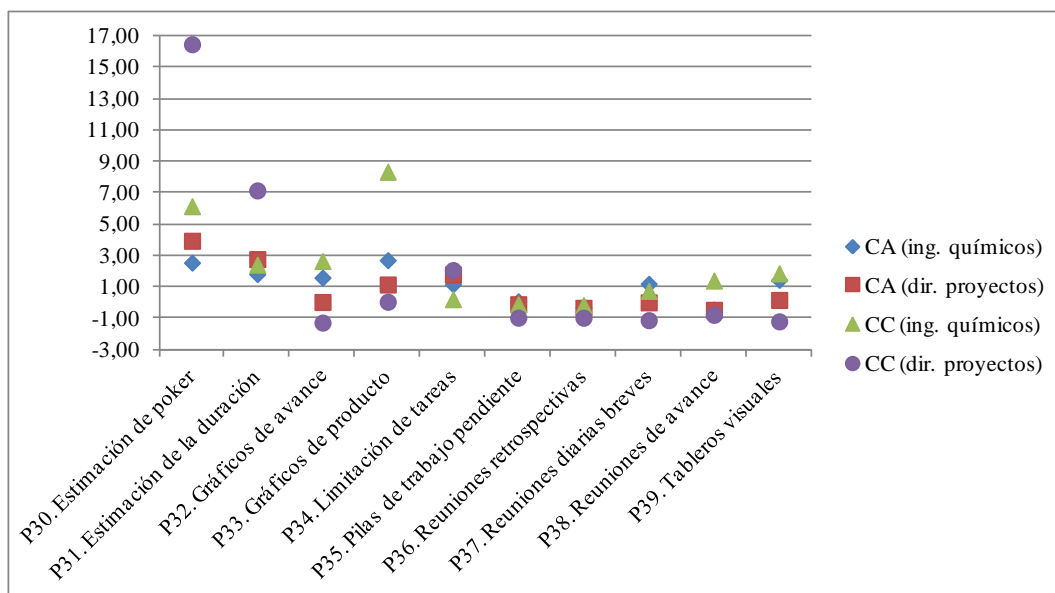


Figura 45. Asimetría y curtosis del uso de las herramientas y técnicas ágiles.
 Fuente: Elaboración propia.

Atendiendo a la información que se muestra en las dos figuras anteriores, se observa que, en términos generales, los datos de origen de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional, así como las de las metodologías ágiles, se adecuan a una distribución Normal, puesto que los valores de los coeficientes de asimetría y de curtosis se encuentran dentro los límites que aseguran que no existen fuertes asimetrías o datos anómalos.

Sin embargo, para un número reducido de herramientas y técnicas esto no es así, ya que el cálculo de dichos parámetros evidencia que no cumplen con la restricción de situarse dentro del intervalo citado anteriormente. En este sentido, la Tabla 29 muestra las herramientas y técnicas cuyos coeficientes denotan fuertes asimetrías o la existencia de datos anómalos para los dos grupos de expertos considerados en el estudio.

Tabla 29. Listado de herramientas y técnicas con fuerte asimetría y/o datos anómalos.

Fuente: Elaboración propia.

Herramienta o técnica	Ingenieros químicos		Directores de proyectos	
	CA	CC	CA	CC
P12. Análisis del valor ganado	2,02	3,14	-	-
P14. Casa de la calidad	-	-	2,18	3,72
P23. Métodos de comunicación	-	3,04	-	-
P24. Pronósticos	2,24	4,95	-	-
P27. Toma de decisiones	-	-	-	3,08
P30. Estimación de póker	2,55	6,15	3,95	16,48
P31. Estimación de la duración	-	2,43	2,78	7,16
P32. Gráficos de avance	-	2,66	-	-
P33. Gráficos de producto	2,71	8,35	-	-
P34. Limitación de tareas	-	-	-	2,08

Analizando la tabla anterior, se observa, en primer lugar, que la estimación de póker es el único caso en el que existe asimetría y curtosis para ambos grupos de expertos. Además, destaca el hecho de que el coeficiente de curtosis asociado a esa técnica para los directores de proyectos es el más alto de todos los calculados (16,48), mientras que para los ingenieros químicos el mayor coeficiente de curtosis aparece en los gráficos de producto (8,35).

Respecto al coeficiente de asimetría, cabe mencionar que son valores muy similares para ambos grupos de expertos, ya que están comprendidos entre 2 y 3, a excepción de la estimación de póker para los directores de proyectos, cuyo valor es más elevado (3,95).

Por último, es importante mencionar que los valores de los coeficientes de asimetría y de curtosis que han excedido los límites que aseguran la normalidad de los datos, son todos ellos positivos, lo que implica que, en esos casos, la asimetría es positiva, desplazándose los valores con mayores frecuencias hacia la izquierda de la curva de campana, y que los datos son leptocúrticos, es decir, presentan valores muy alejados de la media con mayor frecuencia de la que cabría esperar en una distribución Normal.

7.4.4. Análisis de regresión lineal

Los modelos de regresión lineal permiten analizar la posible relación existente entre la pauta de variabilidad de una variable aleatoria y los valores de una o más variables de las que la primera puede depender.

Se trata, en general, de estudiar las posibles relaciones existentes entre la distribución Y_i y los valores X_{ij} . A la Y se le denomina comúnmente la variable dependiente, mientras que a las X se les llama variables independientes del modelo (Romero et al., 2010).

Así las cosas, con el fin de determinar la dependencia de los cuatro criterios de éxito de la dirección de proyectos considerados en el estudio (Y_i) con las herramientas y técnicas convencionales y ágiles (X_{ij}), se procede a realizar un análisis de regresión lineal múltiple para cada uno de ellos.

7.4.4.1. Consideraciones previas

En primer lugar, y en relación con los objetivos del presente trabajo especificados en el capítulo 3, es importante señalar que el análisis de regresión lineal se realizará exclusivamente para el ámbito de la ingeniería química, puesto que se desea determinar el grado de dependencia de los criterios de éxito de la dirección de proyectos con las herramientas y técnicas asociadas (convencionales y ágiles) que los ingenieros químicos emplean en su actividad profesional.

Cabe recordar que, tal y como se ha mencionado al inicio del caso de estudio, se ha incluido el panel de expertos en dirección y gestión de proyectos como grupo de referencia, con la finalidad de establecer comparaciones fundamentadas entre ambas muestras en relación al uso de las herramientas y técnicas consideradas en el estudio.

Por otro lado, respecto al número de preguntas del cuestionario correspondiente que entrarán a formar parte del modelo de regresión lineal inicial, resulta esencial indicar que no todas las preguntas se verán reflejadas en la expresión matemática de partida, puesto que el *software* con el que se realizarán los cálculos correspondientes tiene una limitación a 16 variables independientes como máximo. Así, debido al hecho de que se excede dicho límite (se han considerado 30 herramientas y técnicas en total), se procederá a reducir, en la medida de lo posible, hasta tener 16 elementos.

En primer lugar, no se incluirán en el modelo de regresión lineal aquellas variables que posean una fuerte asimetría o que resulten anómalas para el caso de los ingenieros químicos desde el punto de vista estadístico, según el análisis realizado en el apartado 7.4.3.3, ya que éstas no se asemejan a una distribución Normal, cosa que invalidaría el modelo al no explicar verdaderamente la realidad estudiada. En este sentido, y haciendo referencia a la Tabla 29, las herramientas y técnicas que no se tendrán en cuenta en el modelo inicial son el análisis del valor ganado, los métodos de comunicación, los pronósticos, la estimación de póker, la estimación de la duración, los gráficos de avance y los gráficos de producto.

Por otro lado, se considerarán los cuatro tipos de reuniones existentes en el cuestionario como una única variable, de tal manera que ésta sea la media de los datos de todas ellas. De igual forma, se incluirán en una única variable los tres tipos de herramientas y técnicas de gestión de la calidad (gráficos de control, casa de la calidad y diagrama de Ishikawa), y en otra variable adicional las referidas a la gestión de riesgos (valor monetario esperado y las matrices de probabilidad e impacto). Por último, debido a que las pilas de trabajo pendiente suelen estar incluidas en una de las columnas de los tableros visuales, se fusionarán estas dos variables en una sola.

Así las cosas, teniendo en cuenta estas consideraciones, se reduce el número de variables independientes a las 16 que permite, como máximo, la aplicación informática, sin haber suprimido en exceso información relevante de los resultados obtenidos mediante las encuestas realizadas.

7.4.4.2. Formulación del modelo e hipótesis

Romero et al. (2010), definen los componentes de la expresión matemática del modelo de regresión lineal múltiple de la siguiente manera. Sea:

Y_i : valor de la variable dependiente i .

X_{ij} : valor de la variable independiente j para la variable dependiente i .

β_{i0} : valor medio de Y_i cuando $X_{i1} = \dots = X_{iN} = 0$.

β_{ij} : incremento en el valor medio de Y_i cuando X_{ij} aumenta en una unidad, manteniéndose constantes las restantes variables independientes.

Así pues, atendiendo a la información anterior, la ecuación básica del modelo de regresión lineal múltiple es:

$$Y_i = \beta_{i0} + \sum_{j=1}^{j=N} \beta_{ij} \cdot X_{ij} \quad (27)$$

Habiéndose definido la ecuación básica del modelo, seguidamente se muestra la Tabla 30, en la que se definen y ordenan las variables dependientes y las variables independientes de dicho modelo.

Tabla 30. Definición de las variables del modelo de regresión lineal múltiple.

Fuente: Elaboración propia.

Símbolo	Variable	Símbolo	Variable
Variables dependientes			
Y_1	Cumplimiento de plazos	Y_3	Expectativas del cliente
Y_2	Cumplimiento de costes	Y_4	Dirección del equipo del proyecto
Variables independientes			
X_1	Listas de verificación	X_9	Gestión de riesgos
X_2	Análisis de <i>stakeholders</i>	X_{10}	Método del camino crítico
X_3	Auditorías	X_{11}	Reuniones
X_4	Gestión de la calidad	X_{12}	Software específico
X_5	Diagramas de Gantt	X_{13}	Toma de decisiones
X_6	Estructuras de descomposición	X_{14}	Tormenta de ideas
X_7	Habilidades interpersonales	X_{15}	Limitación de tareas
X_8	Indicadores financieros	X_{16}	Tableros visuales y pilas de trabajo

Para finalizar, a continuación se formula la hipótesis nula (H_0) y la hipótesis alternativa (H_1) del modelo, las cuales se emplearán para determinar la validez de los coeficientes obtenidos en el análisis de regresión lineal para cada variable dependiente.

H_0 : Todos los β_j asociados a una variable dependiente Y_i son nulos.

H_1 : Existe algún β_j asociado a una variable dependiente Y_i que no es nulo.

7.4.4.3. *Cálculo del modelo de regresión lineal múltiple*

Para determinar el valor de los β_j asociados a cada una de las variables independientes especificadas en la tabla anterior para cada variable dependiente considerada, se procede a realizar una estimación estadística iterativa, basada en el cálculo de parámetros mediante análisis de la varianza (ANOVA) del modelo resultante.

En este sentido, el modelo inicial para cada variable dependiente constará de 16 variables independientes. Tras el cálculo de un primer análisis de la varianza, se evaluará el resultado sobre los siguientes parámetros estadísticos.

- **Coefficiente de determinación (R^2):** indica el porcentaje de datos que son explicados mediante el modelo de regresión lineal considerado. Cuanto más elevado sea el valor de este parámetro, mayor relación entre los datos experimentales y la expresión matemática obtenida habrá, lo que se traduce en una mejor explicación de la realidad.
- **F-crítica (*p-value* o *PV*):** este parámetro informa sobre la probabilidad existente de que el modelo matemático obtenido sea fruto del azar. Cuanto menor sea el valor de éste, la probabilidad de que el modelo obtenido sea casual es menor. Generalmente, se adopta como límite un *p-value* = 0,05 para rechazar la hipótesis nula (H_0) y aceptar la hipótesis alternativa (H_1).
- **Probabilidad (*sig. level*, nivel de significancia o *SL*):** establece la probabilidad de que el valor obtenido para el coeficiente β_j asociado no sea fruto del azar. De igual forma que en el caso anterior, se establece como límite un *sig. level* = 0,05.

Así pues, tras un primer cálculo de estos parámetros se identificarán, en primer lugar, aquellas variables independientes cuyos coeficientes tengan un *sig. level* > 0,05. La existencia de este hecho implica que esas variables independientes no son estadísticamente significativas, es decir, incluirlas en el modelo de regresión lineal no aporta información relevante al mismo. Por tanto, las β_j asociadas son nulas. Sin embargo, no es apropiado eliminarlas todas a la vez, puesto que pueden existir interferencias entre ellas que afecten al valor de *sig. level*. Por ello, únicamente se eliminará aquella variable independiente cuyo *sig. level* sea el mayor de todos.

Una vez eliminada esa variable, se volverá a calcular el modelo junto con el análisis de la varianza, repitiéndose el procedimiento anterior hasta que todos los β_j tengan un *sig. level* < 0,05.

El objetivo principal de este procedimiento iterativo es, por tanto, encontrar una expresión matemática que sea estadísticamente significativa (*p-value* < 0,05), con unos coeficientes β_j estadísticamente significativos (*sig. level* < 0,05) y con el mayor coeficiente de determinación posible.

Así las cosas, a continuación se procede a mostrar los resultados del cálculo del modelo de regresión lineal múltiple para cada uno de los criterios de la dirección de proyectos considerados en el estudio.

- **Cumplimiento de plazos**

La Tabla 31 muestra los resultados del análisis de regresión lineal para cada una de las iteraciones (I1, I2, ..., IN) realizadas. Concretamente, para cada una de ellas se especifica el valor de los coeficientes β_j . Además, se indica, en cada caso, el valor del coeficiente de determinación (R^2), así como el de la F-crítica (PV) y el del nivel de significancia máximo de los β_j (SL).

Cabe mencionar, por otro lado, que el valor de los β_j cuyo nivel de significancia coincide con el mostrado en la tabla para cada iteración está sombreado de color gris, lo que indica que se trata de la variable estadísticamente no significativa con el valor más elevado de SL, y que, en consecuencia, no se tendrá en cuenta en la siguiente iteración.

Tabla 31. Análisis de regresión lineal para el cumplimiento de plazos.

Fuente: Elaboración propia.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15
β_0	0,323	0,326	0,326	0,329	0,325	0,333	0,323	0,318	0,326	0,328	0,328	0,382	0,382	0,393	0,428
β_1	0,129	0,129	0,130	0,127	0,129	0,256	0,120	0,123	0,115	0,110	0,106	0,106	0,103	0,099	-
β_2	-0,036	-0,032	-0,034	-0,035	-0,033	-0,031	-0,031	-0,033	-	-	-	-	-	-	-
β_3	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_4	-0,020	-0,018	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_5	0,112	0,111	0,110	0,110	0,115	0,116	0,118	0,120	0,117	0,119	0,121	0,120	0,115	0,129	0,117
β_6	0,018	0,016	0,017	0,017	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_7	0,209	0,210	0,208	0,209	0,203	0,209	0,201	0,194	0,191	0,187	0,193	0,198	0,177	0,209	0,251
β_8	0,021	0,022	0,020	0,021	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_9	0,162	0,159	0,162	0,158	0,163	0,177	0,173	0,170	0,164	0,158	0,159	0,163	0,150	-	-
β_{10}	-0,079	-0,081	-0,082	-0,083	-0,079	-0,075	-0,071	-0,066	-0,066	-0,068	-0,066	-0,057	-	-	-
β_{11}	0,162	0,161	0,162	0,145	0,145	0,132	0,118	0,136	0,115	0,105	0,111	-	-	-	-
β_{12}	-0,049	-0,048	-0,046	-0,046	-0,043	-0,042	-0,042	-0,042	-0,033	-	-	-	-	-	-
β_{13}	0,085	0,086	0,087	0,086	0,085	0,085	0,072	0,075	0,064	0,042	-	-	-	-	-
β_{14}	-0,040	-0,042	-0,044	-0,044	-0,040	-0,037	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{15}	0,045	0,044	0,041	0,033	0,034	0,034	0,039	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{16}	-0,024	-0,024	-0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2	0,044	0,052	0,060	0,068	0,075	0,082	0,088	0,094	0,099	0,105	0,111	0,114	0,118	0,109	0,093
SL	0,884	0,882	0,830	0,798	0,745	0,703	0,650	0,559	0,616	0,700	0,473	0,519	0,134	0,071	0,023
PV	0,165	0,123	0,089	0,063	0,043	0,028	0,018	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	$4,8 \cdot 10^{-4}$	$4,7 \cdot 10^{-4}$	$6,6 \cdot 10^{-4}$

Tal y como se observa en la tabla anterior, se ha necesitado realizar 15 iteraciones para que las variables fueran todas estadísticamente significativas. De hecho, en la iteración 15, el valor del *sig. level* (SL) es de 0,023 (inferior a 0,05), cosa que demuestra la valía estadística de las variables independientes del modelo. Además, el valor del *p-value* (PV) es de $6,6 \cdot 10^{-4}$ (inferior a 0,05), lo que implica que el modelo resultante es válido en su conjunto. Finalmente, en esa iteración, se ha obtenido un coeficiente de determinación (R^2) de 0,093. Esto indica que **las herramientas y técnicas del modelo** (variables independientes) **explican, en un 9,3%, el cumplimiento de plazos en los proyectos.**

Por otro lado, respecto al modelo de regresión lineal obtenido, éste estaría formado por un **término independiente, el uso del diagrama de Gantt y las habilidades interpersonales**, de tal manera que incluyendo el valor de los coeficientes asociados, quedaría la siguiente expresión matemática.

$$Y_1 = 0,428 + 0,117 \cdot X_5 + 0,251 \cdot X_7 \quad (28)$$

Siendo:

Y_1 : cumplimiento de plazos

X_5 : diagrama de Gantt

X_7 : habilidades interpersonales

Analizando la expresión anterior, se concluye que ambas variables independientes hacen aumentar el cumplimiento de plazos, puesto que sus coeficientes son positivos. Así, a medida que se empleen más frecuentemente diagramas de Gantt en los proyectos, y los directores de proyectos se entrenen para desarrollar las habilidades interpersonales, el cumplimiento de plazos se verá favorecido.

También cabe mencionar que, en el caso de que ninguna de las dos herramientas y técnicas se empleara en los proyectos, el valor para el cumplimiento de plazos sería constante e igual a 0,428 (42,8%), mientras que si se usasen siempre ($X=1$), este valor aumentaría hasta 0,796 (79,6%). Sin embargo, debido al hecho de que esta expresión matemática posee un coeficiente de determinación bajo, estos datos numéricos, con alta probabilidad no se cumplirán en la realidad, aunque sí la tendencia anteriormente mencionada.

Por último, cabe destacar que los valores del coeficiente de determinación y del *p-value* obtenidos en la iteración 15 no han sido los óptimos, sino que el coeficiente de determinación más elevado se ha obtenido en la iteración 13 ($R^2=0,118$), mientras que el mínimo *p-value* se ha obtenido en la iteración 14 ($PV=4,7 \cdot 10^{-4}$). El hecho de haber seleccionado las variables en la iteración 15 reside en que todas ellas son estadísticamente significativas, cosa que asegura que no existen variables que introducen información irrelevante en el modelo.

- **Cumplimiento de costes**

De igual forma que en el caso anterior, la Tabla 32 muestra los resultados del análisis de regresión lineal para cada una de las iteraciones (I1, I2, ..., IN) realizadas. Concretamente, para cada una de ellas se especifica el valor de los coeficientes β_j . Además, se indica, en cada caso, el valor del coeficiente de determinación (R^2), así como el de la F-crítica (PV) y el del nivel de significancia máximo de los β_j (SL).

Cabe mencionar, por otro lado, que el valor de los β_j cuyo nivel de significancia coincide con el mostrado en la tabla para cada iteración está sombreado de color gris, lo que indica que se trata de la variable estadísticamente no significativa con el valor más elevado de SL, y que, en consecuencia, no se tendrá en cuenta en la siguiente iteración.

Tabla 32. Análisis de regresión lineal para el cumplimiento de costes.

Fuente: Elaboración propia.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14
β_0	0,232	0,232	0,234	0,233	0,236	0,222	0,211	0,212	0,204	0,234	0,261	0,312	0,421	0,446
β_1	0,098	0,098	0,096	0,097	0,094	0,107	0,109	0,107	0,097	0,111	0,108	0,094	0,093	-
β_2	0,087	0,087	0,086	0,087	0,089	0,089	0,090	0,094	0,096	0,097	0,131	0,133	0,149	0,166
β_3	0,108	0,108	0,108	0,106	0,108	0,110	0,104	0,099	0,104	0,100	-	-	-	-
β_4	-0,262	-0,262	-0,262	-0,261	-0,273	-0,265	-0,281	-0,285	-0,289	-0,267	-0,254	-0,233	-0,234	-0,235
β_5	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,086	0,085	0,088	0,095	0,085	0,077	-	-	-
β_6	0,147	0,147	0,147	0,148	0,147	0,138	0,134	0,145	0,147	0,155	0,144	0,172	0,178	0,184
β_7	0,056	0,056	0,057	0,062	0,067	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_8	-0,063	-0,063	-0,063	-0,061	-0,061	-0,048	-	-	-	-	-	-	-	-
β_9	0,106	0,106	0,104	0,105	0,107	0,117	0,080	-	-	-	-	-	-	-
β_{10}	0,016	0,016	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{11}	0,178	0,178	0,170	0,174	0,154	0,169	0,187	0,193	0,198	0,243	0,228	0,222	-	-
β_{12}	$-1,7 \cdot 10^{-4}$	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{13}	0,089	0,089	0,089	0,090	0,084	0,095	0,088	0,090	-	-	-	-	-	-
β_{14}	0,066	0,066	0,067	0,064	0,072	0,084	0,077	0,086	0,109	-	-	-	-	-
β_{15}	-0,033	-0,033	-0,037	-0,036	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{16}	-0,011	-0,011	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2	0,135	0,143	0,150	0,157	0,163	0,167	0,170	0,173	0,176	0,173	0,169	0,164	0,157	0,145
SL	0,998	0,921	0,877	0,696	0,489	0,485	0,453	0,440	0,232	0,210	0,181	0,165	0,092	0,035
PV	0,006	0,004	0,002	0,001	$6,9 \cdot 10^{-4}$	$4,2 \cdot 10^{-4}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	$8,3 \cdot 10^{-5}$	$6,4 \cdot 10^{-5}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$3,3 \cdot 10^{-5}$	$3,8 \cdot 10^{-5}$

Tal y como se observa en la tabla anterior, se ha necesitado realizar 14 iteraciones para que las variables fueran todas estadísticamente significativas. De hecho, en la iteración 14, el valor del *sig. level* (SL) es de 0,035 (inferior a 0,05), cosa que demuestra la valía estadística de las variables independientes del modelo. Además, el valor del *p-value* (PV) es de $3,8 \cdot 10^{-5}$ (inferior a 0,05), lo que implica que el modelo resultante es válido en su conjunto. Finalmente, en esa iteración, se ha obtenido un coeficiente de determinación (R^2) de 0,145. Esto indica que **las herramientas y técnicas del modelo** (variables independientes) **explican, en un 14,5%, el cumplimiento de costes en los proyectos.**

Por otro lado, respecto al modelo de regresión lineal obtenido, éste estaría formado por un **término independiente, el análisis de los stakeholders, el uso de herramientas y técnicas de gestión de la calidad y el empleo de estructuras de descomposición**, de tal manera que incluyendo el valor de los coeficientes asociados, quedaría la siguiente expresión matemática.

$$Y_2 = 0,446 + 0,166 \cdot X_2 - 0,235 \cdot X_4 + 0,184 \cdot X_6 \quad (29)$$

Siendo:

Y_2 : cumplimiento de costes

X_2 : análisis de *stakeholders*

X_4 : herramientas y técnicas de gestión de la calidad

X_6 : estructuras de descomposición

Analizando la expresión anterior, se concluye que el análisis de *stakeholders* y el uso de las estructuras de descomposición hacen aumentar el cumplimiento de costes, puesto que sus coeficientes son positivos. Por el contrario, el empleo de herramientas y técnicas de gestión de la calidad supone un impedimento para el cumplimiento de costes, ya que el coeficiente asociado a esta variable es negativo. Por tanto, maximizando el uso de las herramientas y técnicas con coeficientes positivos y minimizando la utilización de la que posee un coeficiente negativo, el cumplimiento de costes se verá favorecido.

También cabe mencionar que, en el caso de que ninguna de las tres herramientas y técnicas se empleara en los proyectos, el valor para el cumplimiento de costes sería constante e igual a 0,446 (44,6%). Por otro lado, el mínimo en la expresión anterior es 0,211 (21,1%), el cual se obtiene cuando no se realizan análisis de stakeholders en los proyectos ($X_2=0$) ni se utilizan estructuras de descomposición ($X_6=0$), pero sí se emplean herramientas y técnicas de gestión de la calidad ($X_4=1$), mientras que el máximo (0,796 ó 79,6%), resulta de la situación contraria a la anterior. Sin embargo, debido al hecho de que esta expresión matemática posee un coeficiente de determinación bajo, estos datos numéricos, con alta probabilidad no se cumplirán en la realidad, aunque sí la tendencia anteriormente mencionada.

Por último, cabe destacar que los valores del coeficiente de determinación y del *p-value* obtenidos en la iteración 14 no han sido los óptimos, sino que el coeficiente de determinación más elevado se ha obtenido en la iteración 9 ($R^2=0,176$), mientras que el mínimo *p-value* se ha obtenido en la iteración 13 ($PV=3,3 \cdot 10^{-5}$). El hecho de haber seleccionado las variables en la iteración 14 reside en que todas ellas son estadísticamente significativas, cosa que asegura que no existen variables que introducen información irrelevante en el modelo.

- **Expectativas del cliente**

La Tabla 33 muestra los resultados del análisis de regresión lineal para cada una de las iteraciones (I1, I2, ..., IN) realizadas. Concretamente, para cada una de ellas se especifica el valor de los coeficientes β_j . Además, se indica, en cada caso, el valor del coeficiente de determinación (R^2), así como el de la F-crítica (PV) y el del nivel de significancia máximo de los β_j (SL).

Cabe mencionar, por otro lado, que el valor de los β_j cuyo nivel de significancia coincide con el mostrado en la tabla para cada iteración está sombreado de color gris, lo que indica que se trata de la variable estadísticamente no significativa con el valor más elevado de SL, y que, en consecuencia, no se tendrá en cuenta en la siguiente iteración.

Tabla 33. Análisis de regresión lineal para las expectativas del cliente.

Fuente: Elaboración propia.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13	I14	I15
β_0	0,434	0,434	0,434	0,434	0,438	0,442	0,458	0,457	0,447	0,438	0,417	0,411	0,420	0,422	0,455
β_1	0,013	0,014	0,014	0,012	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_2	0,071	0,071	0,071	0,072	0,074	0,071	0,072	0,069	0,051	-	-	-	-	-	-
β_3	-0,044	-0,044	-0,045	-0,044	-0,045	-0,044	-0,048	-0,051	-	-	-	-	-	-	-
β_4	-0,068	-0,068	-0,065	-0,065	-0,065	-0,068	-0,061	-	-	-	-	-	-	-	-
β_5	0,023	0,023	0,023	0,024	0,022	0,023	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_6	0,064	0,063	0,064	0,064	0,064	0,063	0,070	0,068	0,075	0,084	0,079	0,084	0,072	0,091	0,100
β_7	0,002	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_8	-0,061	-0,061	-0,061	-0,061	-0,063	-0,061	-0,059	-0,067	-0,073	-0,069	-	-	-	-	-
β_9	0,173	0,174	0,172	0,171	0,170	0,165	0,168	0,176	0,185	0,186	0,140	0,148	0,117	-	-
β_{10}	-0,105	-0,105	-0,105	-0,104	-0,101	-0,105	-0,104	-0,109	-0,101	-0,098	-0,117	-0,105	-	-	-
β_{11}	0,273	0,273	0,275	0,273	0,265	0,233	0,233	0,233	0,237	0,268	0,302	0,319	0,284	0,297	0,351
β_{12}	0,069	0,069	0,069	0,072	0,074	0,074	0,074	0,079	0,074	0,064	0,059	-	-	-	-
β_{13}	0,014	0,014	0,015	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{14}	0,107	0,107	0,105	0,109	0,113	0,115	0,108	0,101	0,104	0,111	0,099	0,113	0,113	0,123	-
β_{15}	0,010	0,010	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{16}	-0,046	-0,047	-0,042	-0,041	-0,038	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
R^2	0,100	0,108	0,115	0,122	0,129	0,135	0,140	0,143	0,145	0,142	0,137	0,133	0,121	0,114	0,097
SL	0,984	0,892	0,877	0,800	0,614	0,597	0,485	0,399	0,229	0,185	0,213	0,106	0,143	0,066	0,020
PV	0,026	0,017	0,011	0,007	0,004	0,002	0,001	$8,4 \cdot 10^{-4}$	$5,3 \cdot 10^{-4}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$	$3,9 \cdot 10^{-4}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$3,8 \cdot 10^{-4}$	$3,5 \cdot 10^{-4}$	$5,2 \cdot 10^{-4}$

Tal y como se observa en la tabla anterior, se ha necesitado realizar 15 iteraciones para que las variables fueran todas estadísticamente significativas. De hecho, en la iteración 15, el valor del *sig. level* (SL) es de 0,020 (inferior a 0,05), cosa que demuestra la válida estadística de las variables independientes del modelo. Además, el valor del *p-value* (PV) es de $5,2 \cdot 10^{-4}$ (inferior a 0,05), lo que implica que el modelo resultante es válido en su conjunto. Finalmente, en esa iteración, se ha obtenido un coeficiente de determinación (R^2) de 0,097. Esto indica que **las herramientas y técnicas del modelo** (variables independientes) **explican, en un 9,7%, la satisfacción de las expectativas del cliente en los proyectos.**

Por otro lado, respecto al modelo de regresión lineal obtenido, éste estaría formado por un **término independiente, el uso de estructuras de descomposición y la realización de reuniones**, de tal manera que incluyendo el valor de los coeficientes asociados, quedaría la siguiente expresión matemática.

$$Y_3 = 0,455 + 0,100 \cdot X_6 + 0,351 \cdot X_{11} \quad (30)$$

Siendo:

Y_3 : satisfacción de las expectativas del cliente

X_6 : estructuras de descomposición

X_{11} : reuniones

Analizando la expresión anterior, se concluye que ambas variables independientes hacen aumentar el grado de satisfacción de las expectativas del cliente, puesto que sus coeficientes son positivos. Así, a medida que se empleen más frecuentemente estructuras de descomposición en los proyectos, y se realicen reuniones apropiadas, la satisfacción de las expectativas del cliente se verá favorecida.

También cabe mencionar que, en el caso de que ninguna de las dos herramientas y técnicas se empleara en los proyectos, el valor para la satisfacción de las expectativas del cliente sería constante e igual a 0,455 (45,5%), mientras que si se usasen siempre ($X=1$), este valor aumentaría hasta 0,906 (90,6%). Sin embargo, debido al hecho de que esta expresión matemática posee un coeficiente de determinación bajo, estos datos numéricos, con alta probabilidad no se cumplirán en la realidad, aunque sí la tendencia anteriormente mencionada.

Por último, cabe destacar que los valores del coeficiente de determinación y del *p-value* obtenidos en la iteración 15 no han sido los óptimos, sino que el coeficiente de determinación más elevado se ha obtenido en la iteración 9 ($R^2=0,145$), mientras que el mínimo *p-value* se ha obtenido en la iteración 12 ($PV=3,2 \cdot 10^{-4}$). El hecho de haber seleccionado las variables en la iteración 15 reside en que todas ellas son estadísticamente significativas, cosa que asegura que no existen variables que introducen información irrelevante en el modelo.

- **Dirección del equipo del proyecto**

De igual forma que en los casos anteriores, la Tabla 34 muestra los resultados del análisis de regresión lineal para cada una de las iteraciones (I1, I2, ..., IN) realizadas. Concretamente, para cada una de ellas se especifica el valor de los coeficientes β_j . Además, se indica, en cada caso, el valor del coeficiente de determinación (R^2), así como el de la F-crítica (PV) y el del nivel de significancia máximo de los β_j (SL).

Cabe mencionar, por otro lado, que el valor de los β_j cuyo nivel de significancia coincide con el mostrado en la tabla para cada iteración está sombreado de color gris, lo que indica que se trata de la variable estadísticamente no significativa con el valor más elevado de SL, y que, en consecuencia, no se tendrá en cuenta en la siguiente iteración.

Tabla 34. Análisis de regresión lineal para la dirección del equipo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

	I1	I2	I3	I4	I5	I6	I7	I8	I9	I10	I11	I12	I13
β_0	0,197	0,199	0,199	0,194	0,193	0,194	0,193	0,206	0,210	0,227	0,199	0,174	0,160
β_1	0,179	0,178	0,177	0,174	0,173	0,164	0,161	0,152	0,148	0,151	0,181	0,184	0,194
β_2	-0,005	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_3	0,107	0,104	0,106	0,107	0,104	0,107	0,100	0,098	0,098	-	-	-	-
β_4	-0,037	-0,038	-0,039	-0,044	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_5	0,113	0,113	0,113	0,115	0,112	0,116	0,118	0,118	0,119	0,114	0,117	0,110	0,134
β_6	0,114	0,113	0,112	0,110	0,108	0,110	0,119	0,117	0,110	0,104	0,088	0,070	-
β_7	0,153	0,153	0,148	0,145	0,139	0,149	0,156	0,157	0,144	0,149	-	-	-
β_8	-0,135	-0,135	-0,136	-0,137	-0,142	-0,140	-0,120	-0,122	-0,127	-0,121	-0,081	-	-
β_9	0,092	0,091	0,090	0,089	0,094	0,090	-	-	-	-	-	-	-
β_{10}	-0,012	-0,013	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{11}	0,371	0,368	0,366	0,356	0,355	0,356	0,361	0,300	0,280	0,286	0,348	0,359	0,378
β_{12}	-0,079	-0,077	-0,078	-0,078	-0,073	-0,056	-0,053	-0,050	-	-	-	-	-
β_{13}	0,097	0,096	0,095	0,087	0,086	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{14}	-0,024	-0,024	-0,022	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
β_{15}	-0,114	-0,113	-0,113	-0,110	-0,117	-0,114	-0,124	-0,150	-0,151	-0,157	-0,175	-0,166	-0,163
β_{16}	-0,092	-0,093	-0,094	-0,093	-0,092	-0,089	-0,076	-	-	-	-	-	-
R^2	0,196	0,203	0,210	0,216	0,221	0,223	0,225	0,226	0,227	0,216	0,199	0,189	0,184
SL	0,922	0,880	0,795	0,660	0,401	0,369	0,395	0,339	0,102	0,059	0,109	0,172	0,041
PV	$3,4 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$	$9,2 \cdot 10^{-5}$	$4,7 \cdot 10^{-5}$	$2,4 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$8,6 \cdot 10^{-6}$	$4,8 \cdot 10^{-6}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$3,4 \cdot 10^{-6}$	$6,2 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-6}$	$5,1 \cdot 10^{-6}$

Tal y como se observa en la tabla anterior, se ha necesitado realizar 13 iteraciones para que las variables fueran todas estadísticamente significativas. De hecho, en la iteración 13, el valor del *sig. level* (SL) es de 0,041 (inferior a 0,05), cosa que demuestra la valía estadística de las variables independientes del modelo. Además, el valor del *p-value* (PV) es de $5,1 \cdot 10^{-6}$ (inferior a 0,05), lo que implica que el modelo resultante es válido en su conjunto. Finalmente, en esa iteración, se ha obtenido un coeficiente de determinación (R^2) de 0,184. Esto indica que **las herramientas y técnicas del modelo** (variables independientes) **explican, en un 18,4%, la dirección del equipo en los proyectos.**

Por otro lado, respecto al modelo de regresión lineal obtenido, éste estaría formado por un **término independiente, el uso de listas de verificación, el empleo de diagramas de Gantt, la realización de reuniones y la limitación de tareas**, de tal manera que incluyendo el valor de los coeficientes asociados, quedaría la siguiente expresión matemática.

$$Y_4 = 0,160 + 0,194 \cdot X_1 + 0,134 \cdot X_5 + 0,378 \cdot X_{11} - 0,163 \cdot X_{15} \quad (31)$$

Siendo:

Y_4 : dirección del equipo del proyecto

X_1 : listas de verificación

X_5 : diagrama de Gantt

X_{11} : reuniones

X_{15} : limitación de tareas

Analizando la expresión anterior, se concluye que el empleo de listas de verificación, el uso de diagramas de Gantt y la realización de reuniones adecuadas hacen aumentar el grado de idoneidad de la dirección del equipo del proyecto, puesto que sus coeficientes son positivos. Por el contrario, la imposición de limitación en el número de tareas simultáneas supone un impedimento para esta variable dependiente, ya que el coeficiente asociado es negativo. Por tanto, maximizando el uso de las herramientas y técnicas con coeficientes positivos y minimizando la utilización de la que posee un coeficiente negativo, la dirección del equipo se verá favorecida.

También cabe mencionar que, en el caso de que ninguna de las cuatro herramientas y técnicas se empleara en los proyectos, el valor para la dirección del equipo sería constante e igual a 0,160 (16,0%). Por otro lado, el mínimo en la expresión anterior es -0,003 (0%), el cual se obtiene cuando no se realizan listas de verificación en los proyectos ($X_1=0$), no se utilizan diagramas de Gantt ($X_5=0$), ni se realizan reuniones ($X_{11}=0$), pero sí se imponen restricciones en el número de tareas simultáneas ($X_{15}=1$), mientras que el máximo (0,866 ó 86,6%), resulta de la situación contraria a la anterior. Sin embargo, debido al hecho de que esta expresión matemática posee un coeficiente de determinación bajo, estos datos numéricos, con alta probabilidad no se cumplirán en la realidad, aunque sí la tendencia anteriormente mencionada.

Por último, cabe destacar que los valores del coeficiente de determinación y del *p-value* obtenidos en la iteración 13 no han sido los óptimos, sino que el coeficiente de determinación más elevado ($R^2=0,227$), y el mínimo *p-value* ($PV=2,8 \cdot 10^{-6}$) se han obtenido en la iteración 9. El hecho de haber seleccionado las variables en la iteración 13 reside en que todas ellas son estadísticamente significativas, cosa que asegura que no existen variables que introducen información irrelevante en el modelo.

8. Conclusiones

En este Trabajo de Fin de Máster se ha realizado una recopilación de las definiciones de *proyecto*, *dirección y gestión de proyectos* y de *éxito de la dirección y gestión de proyectos*, propuestas por diversos autores y expertos en esta disciplina, lo que evidencia que ha habido una evolución de los términos, ya que en la actualidad se incluyen elementos que las dotan de un significado más completo y preciso.

Además, se ha llevado a cabo un estudio de las asociaciones profesionales relacionadas con la dirección y gestión de proyectos más importantes, destacando sus principales objetivos, su historia y describiendo detalladamente las guías o estándares que desarrollan. Así, este estudio demuestra que, pese a pertenecer a la misma disciplina, la manera de enfocar la dirección y gestión de proyectos es distinta (enfoque basado en procesos del PMI frente al enfoque basado en competencias de IPMA).

De forma análoga, se ha realizado un estudio sobre los principios que rigen las metodologías ágiles, y se han descrito dos de los métodos más empleados por las organizaciones (Scrum y Kanban), de lo que se concluye que estas metodologías surgieron como una alternativa a la dirección y gestión de proyectos tradicional, destacando por su elevada flexibilidad y por su empeño en minimizar la burocracia.

Basándose en los estándares sobre dirección y gestión de proyectos, se han identificado las herramientas y técnicas existentes, y se han organizado atendiendo a las áreas de conocimiento y a los grupos de procesos del PMBOK. En este sentido, cabe mencionar que los únicos estándares que ofrecen herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos son el PMBOK y PRINCE2.

Se ha llevado a cabo la selección de las herramientas y técnicas más utilizadas por los directores de proyectos a nivel mundial, fundamentándose en investigaciones previas realizadas por expertos, de cuyo análisis se deduce que existen un conjunto reducido de herramientas y técnicas comunes a todas las investigaciones consideradas que se usan ampliamente y que se encuentran contempladas en el PMBOK (análisis con lista de verificación, análisis de las partes interesadas, análisis del valor ganado, estructuras de descomposición, método del camino crítico y reuniones).

Por otro lado, en este Trabajo de Fin de Máster, se han expuesto varias definiciones del concepto *ingeniería química*, aportadas por expertos y asociaciones profesionales, y se ha detallado la historia y la evolución de esta profesión a lo largo del tiempo, evidenciándose que, en sus inicios, se consideraba como una extensión de la ingeniería mecánica, mientras que en la actualidad es una disciplina independiente fundamentada en la modificación de las propiedades físicas y químicas de la materia.

Además, se ha llevado a cabo una enumeración de las competencias de los ingenieros químicos y se ha realizado una comparación entre dichas competencias y las que se especifican en la ICB 3 de IPMA, con el fin de identificar aquellas que comparten ingenieros químicos y directores de proyectos, de lo que se concluye que los ingenieros químicos poseen 15 de las 46 competencias de la dirección y gestión de proyectos, lo que equivale a un 32,61%.

También, se ha comparado el contenido relacionado con la dirección y gestión de proyectos en los estudios de grado y máster en ingeniería química en las universidades públicas de la Comunitat Valenciana. Así, se demuestra que la Universitat Politècnica de València es en donde más contenido relacionado con la dirección y gestión de proyectos se imparte, mientras que la Universitat de València es en donde menos temario de esta disciplina se incluye en el plan de estudios de ingeniería química.

Por otra parte, se ha diseñado un cuestionario para ingenieros químicos, y otro para directores de proyectos, en los que se preguntaba acerca del perfil profesional de cada uno de los expertos consultados, así como del grado de uso de las herramientas y técnicas seleccionadas previamente.

Una vez se obtuvieron respuestas suficientes, éstas se analizaron comparando los resultados de los expertos en ingeniería química y los resultados de los directores de proyectos. En este sentido, se concluye que, a diferencia de los directores de proyectos, los ingenieros químicos no tienen la percepción de que *nunca* se cumplan los criterios de éxito, mientras que la percepción de que *siempre* se cumplen dichos criterios es superior en el caso de los directores de proyectos. Respecto al uso de las herramientas y técnicas, se demuestra que aquellas que se emplean más y menos frecuentemente coinciden en muchas ocasiones para ambos grupos de expertos.

Dichos resultados se analizaron, también, desde un punto de vista estadístico, mediante el cálculo de distintos parámetros. Así, atendiendo a la media de los datos, se concluye que los proyectos llevados a cabo por directores de proyectos son más exitosos que en el caso de los ingenieros químicos, ya que la media de los cuatro criterios considerados son mayores en el primer caso. En cuanto al uso de las herramientas y técnicas, cabe destacar que, en términos generales, los directores de proyectos emplean en mayor medida las herramientas y técnicas consideradas en el estudio (la tasa media de uso es del 40% para directores de proyectos frente al 26% para ingenieros químicos).

Por otro lado, debido a que, tras el análisis de la mediana de los datos se determinara que ambas muestras consideradas se asemejan a una distribución Normal, se calcularon los coeficientes de asimetría y curtosis. En este sentido, 7 herramientas y técnicas presentan asimetría y/o curtosis para ingenieros químicos, mientras que para directores de proyectos, este valor se reduce a 5, teniendo en común únicamente la estimación de póker y la estimación de la duración.

Finalmente, para determinar la relación existente entre los criterios de éxito y el grado de uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, se llevó a cabo un análisis de modelos de regresión lineal múltiple, tras lo cual se concluye que los criterios de éxito de la dirección y gestión de proyectos tienen una dependencia directa con el grado de uso de las herramientas y técnicas. En concreto, el cumplimiento de plazos se explica en un 9,3% por el uso del diagrama de Gantt y de las habilidades interpersonales; el cumplimiento de costes depende en un 14,5% del análisis de *stakeholders*, de las herramientas y técnicas de la gestión de la calidad y de las estructuras de descomposición. Respecto a la satisfacción de las expectativas del cliente, este criterio se explica en un 9,7% a partir del empleo de estructuras de descomposición y la realización de reuniones; mientras que la idoneidad de la dirección del equipo del proyecto depende del uso de las listas de verificación, del diagrama de Gantt, de las reuniones y de la limitación de tareas en un 18,4%.

9. Líneas futuras de investigación

Una vez realizado el estudio sobre el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos por parte de expertos en ingeniería química, y su relación con el éxito de los proyectos, se hace patente que la actividad investigadora no ha sido conclusiva, sino que, con los resultados obtenidos, se han generado nuevas líneas de investigación, las cuales se estructuran en tres ámbitos diferenciados.

- **Ámbito empresarial**

Desde el punto de vista empresarial, una nueva línea de investigación que se deduce del desarrollo y de los resultados del presente Trabajo de Fin de Máster, consistiría en seleccionar un conjunto de empresas en las que trabajen ingenieros químicos sin formación en dirección y gestión de proyectos, y en las que no se utilicen las herramientas y técnicas de esta disciplina.

De cada una de las empresas escogidas, se determinaría cuantitativamente el grado de éxito de sus proyectos realizados en el pasado, atendiendo a los criterios establecidos en el presente estudio (cumplimiento de plazos, cumplimiento de costes, satisfacción de las expectativas del cliente y adecuación de la dirección del equipo).

Posteriormente, se diseñaría un plan formativo, haciendo especial énfasis en las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos (convencionales y ágiles), con el objetivo de que se pudieran aplicar en los proyectos que normalmente se desarrollan en las empresas en cuestión.

Tras haber concluido el periodo de formación de los ingenieros químicos pertenecientes a esas organizaciones, y habiendo transcurrido un tiempo prudencial para la ejecución completa de nuevos proyectos, se volvería a determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ya se aplican dichas herramientas y técnicas.

Finalmente, se compararía la tasa de éxito de los proyectos actuales con la de los proyectos previos al inicio de la investigación, para así poder observar la evolución de los cuatro criterios de éxito desde el punto de vista cuantitativo y averiguar si existe una fuerte influencia con el uso de las herramientas y técnicas consideradas.

- **Ámbito educativo**

En muchas ocasiones, las asignaturas que se imparten en las titulaciones universitarias acaban asemejándose a compartimentos estancos en los que el flujo de información entre ellas es nulo.

En este sentido, y aplicado a las asignaturas del grado y del máster en ingeniería química que versan sobre dirección y gestión de proyectos, existe el riesgo de que los estudiantes no encuentren un hilo conductor entre las lecciones que se imparten en las distintas materias, lo que dificultaría, en gran medida, la aplicación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos en su actividad profesional.

Con el objetivo de fomentar la utilización de éstas, se propone una nueva línea investigadora consistente en la realización, por parte de grupos reducidos de alumnos, de un proyecto académico que esté coordinado desde todas las asignaturas del grado y/o máster en ingeniería química relacionadas con esta disciplina.

La investigación se iniciaría partiendo de los resultados de la consulta a expertos en el ámbito de la ingeniería química del presente Trabajo Fin de Máster sobre el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos.

A continuación, se seleccionarían varias tipologías de proyectos distintas relacionadas con la ingeniería química, y se elaborarían sus correspondientes informes en los que se especificaría a los alumnos la información más relevante sobre el proyecto y el contexto económico, social, político y ambiental en el que se desarrolla.

Así, el trabajo asociado a cada una de las asignaturas se basaría en proponer situaciones o problemas que puedan surgir realmente en ese proyecto y que estén relacionados con el temario, tales como tomar decisiones sobre la localización geográfica de una planta química; la definición de las fases y de las actividades en las que se divide el proyecto, su dependencia y su ordenación temporal; la resolución de conflictos y problemas éticos planteados como casos prácticos; el desarrollo de puntos concretos de sistemas de gestión ambiental, de calidad o de prevención de riesgos laborales, entre otros.

Por último, transcurrido un tiempo prudencial, se estudiaría el grado de aplicación profesional de éstas por parte de los alumnos que han participado en la investigación, y se compararían los resultados obtenidos con los del presente estudio.

- **Ámbito estadístico y del tratamiento de datos**

Desde el punto de vista estadístico, en este estudio únicamente se ha analizado la relación entre los criterios de éxito y el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos mediante contribuciones simples.

Con la finalidad de obtener modelos de regresión que expliquen mejor y con mayor precisión la realidad de los datos, se propone una nueva línea de investigación consistente en estudiar la influencia de variables exponenciales (el resultado de elevar una variable al cuadrado, al cubo, etc.), o la multiplicación de distintas variables entre sí (contribuciones dobles, triples, etc.).

En este sentido, partiendo de los datos de este estudio sobre el grado de uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, se propondrían nuevos modelos de regresión y se determinaría qué variables son estadísticamente significativas, así como el valor de su coeficiente de determinación asociado, buscando que éste fuese notablemente superior al de los obtenidos mediante los modelos de regresión del presente estudio.

De esta manera, no solo se obtendrían expresiones matemáticas que describirían mejor la relación entre ambos tipos de parámetros, sino que también se podrían llegar a descubrir interacciones ocultas entre las variables independientes que hasta la fecha se desconocían o no se creían importantes.

10. Bibliografía

A continuación, se muestra el listado, ordenado alfabéticamente, de la bibliografía consultada para la elaboración de este Trabajo de Fin de Máster.

- Acebes F. et al.: Beyond Earned Value Management: a graphical framework for integrated cost, schedule and risk monitoring. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volumen 74: pp. 181 - 189, 2013.
- AEIPRO: *Bases para la competencia en dirección de proyectos*. NCB, 2ª versión. Madrid, Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos, 2001.
- AENOR: *UNE-ISO 21500. Directrices para la dirección y gestión de proyectos*. Madrid, Asociación Española de Normalización y Certificación, 2013.
- AIChE: AIChE Constitution. Documento en el que se recopila la última actualización de la constitución de AIChE, fechada el 15 de diciembre de 2016. American Institute of Chemical Engineers (www.aiche.org). Fecha de consulta: 20/01/2017.
- Al-Balik, O. et al.: The Kanban approach, between agility and leanness: a systematic review. *Empirical Software Engineering*, volumen 20: pp. 1861 - 1897, 2015.
- Al-Maghraby R.: Project management frameworks: comparative analysis. *IPMA 2010 World Congress*, Estambul, 2010.
- Ammar A. et al.: A review of techniques for risk management in projects. *Benchmarking: An International Journal*, volumen 14: pp. 22 - 36, 2007.
- Anderson J. et al.: Calculate financial indicators to guide investments. Artículo expositivo de AICHE (American Institute of Chemical Engineers), 2013.
- ANECA: Libro blanco del título de grado en ingeniería química. Agencia Nacional de Evaluación de la Calidad y Acreditación, Madrid, 2005.
- AXELOS: Página web oficial de AXELOS Global Best Practice. <http://www.axelos.com>. Fecha de consulta: 02/09/2016.
- Ayuso J.L., Peña A.: Aspectos generales del proyecto de ingeniería. Martínez G., Pellicer E.: *Organización y gestión de proyectos y obras*. Madrid, McGraw-Hill Interamericana de España, 2009.
- Barron M. et al.: History of project management. Material de libre acceso en OpenStax CNX (<http://cnx.org>), con licencia Creative Commons, Houston, 2009.

- Besner C., Hobbs B.: An empirical investigation of project management practice: in reality, which tools do practitioners use?. *PMI Research Conference*, Londres, 2004.
- Carvalho, M.M. et al.: *Fundamentos em gestão de projetos: construindo competências para gerenciar projetos*. São Paulo, Atlas, 2011.
- Cervone H.F.: Understanding agile project management methods using Scrum. *OCLC Systems & Services: International digital library perspectives*, volumen 27: pp. 18-22, 2011.
- Cleland D.I., King W.R.: *Systems Analysis and Project Management*. New York, McGraw-Hill, 1975.
- Cohen D. et al.: An introduction to agile methods. *Advances in Computers*, volumen 62: pp. 1 - 66, 2004.
- COIQCVC: Información ofrecida por el COIQCVC sobre el perfil profesional del ingeniero químico. Colegio Oficial de Ingenieros Químicos de la Comunitat Valenciana (www.coiqcv.com). Fecha de consulta: 20/01/2017.
- Coombs R., et al.: Towards the development of benchmarking tools for R&D project management. *R&D Management*, volumen 28: pp. 175-186, 1998.
- De Cos M.: *Teoría general del proyecto, volumen I. Dirección de proyectos*. Madrid, Editorial Síntesis, 1995.
- Ellatar S.M.S.: Towards developing an improved methodology for evaluating performance and achieving success in construction projects. *Scientific Research and Essay*, volumen 4: pp. 549 - 554, 2009.
- Erményi T.: Evaluating investment profitability and business controlling methods. *Journal of Economic Literature: Management, Enterprise and Benchmarking in the 21st Century*, pp. 183 - 198, Budapest, 2015.
- FEIQ: Historia internacional de la ingeniería química. Federación Española de Ingenieros Químicos (www.feiq.org.es). Fecha de consulta: 16/01/2017.
- Fernandes G., et al.: Identifying useful project management practices: A mixed methodology approach. *International Journal of Information Systems and Project Management*, volumen 1: pp. 5-21, 2013.
- Fox T.L., Spence J.W.: Tools of the trade: a survey of project management tools. *Project Management Journal*, volumen 29: pp.20-27, 1998.
- Gandomani T.J. et al.: A case study research on software cost estimation using experts' estimates, wideband Delphi and planning poker technique. *International Journal of Software and its Applications*, volumen 8: pp. 173 - 182, 2014.

- Goleman, D. et al.: Primal leadership: the hidden driver of great performance. *Harvard Business Review*, volumen 79: pp. 42 - 53, 2001.
- Gómez-Senent E.: *La ciencia de creación de lo artificial*. Valencia, Servicio de Publicaciones de la UPV, 1998.
- Grau N.: Standards and excellence in project management - In who do we trust? *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, volumen 74: pp. 10-20, 2013.
- Greening D.R.: Enterprise Scrum: scaling Scrum to the executive level. IEEE Xplore: *Proceedings of the 43rd Hawaii international conference on systems sciences*, 2010.
- Ilie G. et al.: Application of fishbone diagram to determine the risk of an event with multiple causes. *Management Research and Practice*, volumen 2: pp. 1 - 20, 2010.
- IPMA: *Individual Competence Baseline for Project, Programme & Portfolio Management*, 4ª version. Zurich, International Project Management Association, 2015.
- IPMA: *IPMA 50 years building bridges worldwide, Panama edition*. Zurich, International Project Management Association, 2015.
- IPMA: *IPMA Competence Baseline*, 3ª version. Zurich, International Project Management Association, 2006.
- ISO: *ISO Strategic Plan 2011 - 2015*. Ginebra, International Organization for Standardization, 2010.
- ISO: Página web oficial de ISO: <http://www.iso.org>. Fecha de consulta: 15/09/2016.
- Jowah L.E.: Project management tools and techniques for effective project execution. *Journal of Business and Economics*, volumen 6: pp. 1762 - 1774, 2015.
- Junkes M.B. et al.: The role of Engineering Economics in the evaluation of investment projects by the Bank of Amazon-Brazil. ABEPRO et al.: *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Guimarães, 2012.
- Kerzner H.: *Project management. A systems approach to planning, scheduling and controlling*, 10ª edición. New Jersey, John Wiley & Sons Inc., 2009.
- Kim E.H. et al.: A model for effective implementation of Earned Value Management methodology. *International Journal of Project Management*, volumen 21: pp. 375 - 382, 2003.

- Klipp P.: *Getting started with Kanban*. North Charleston (Carolina del Sur, EEUU), CreateSpace Independent Publishing Platform, 2014.
- Letelier P.: Una actividad para enseñar el uso de tableros kanban y diagramas de flujo acumulado. AENUI: *XXI Jornadas de la Enseñanza Universitaria de la Informática*, Andorra La Vella, 2015.
- Machado F.J. et al.: Project Management success: a bibliometric analysis. *Revista de Gestão e Projetos*, volumen 6: pp. 28 - 44, 2015.
- Marques J.: Understanding the strength of gentleness: soft-skilled leadership on the rise. *Journal of Business Ethics*, volumen 116: pp. 163 - 171, 2013.
- Martínez J.: Mitos y realidades acerca de la norma ISO 21500. Artículo publicado en la página web oficial de AEIPRO el 25/09/2013.
- Missonier S. et al.: Stakeholder analysis and engagement in projects: from stakeholder relational perspective to stakeholder relational ontology. *International Journal of Project Management*, volumen 32: pp. 1108 - 1122, 2014.
- MIT: Información ofrecida por el MIT sobre la ingeniería química. Massachusetts Institute of Technology (www.web.mit.edu). Fecha de consulta: 20/01/2017.
- Montes-Guerra M.I. et al.: Project management in development cooperation. Non-governmental organizations. *INNOVAR. Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, volumen 25: pp. 53-67, 2015.
- Morioka S. et al.: Análise de fatores críticos de sucesso de projetos: um estudo de caso no setor varejista. *Production*, volumen 24: pp. 132 - 143, 2014.
- Morris P.W.G. et al.: Exploring the role of formal bodies of knowledge in defining a profession - The case of project management. *International Journal of Project Management*, volumen 24: pp. 710-721, 2006.
- OGC: *Managing successful projects with PRINCE2*, quinta edición. Belfast, The Stationery Office, 2009.
- Palacio J. et al.: Scrum Manager. Guía de formación. Recurso educativo abierto (OER) de Scrum Manager (<http://www.scrummanager.net>). Versión 2.6, Zaragoza, 2016.
- Parveen K. et al.: Visual backlog in agile management tools for rapid software development. IEEE Xplore: *International conference on open source systems and technology (ICOSST)*, 2015.

- Patanakul P. et al.: An empirical study on the use of project management tools and techniques across project life-cycle and their impact on project success. *Journal of General Management*, volumen 35: pp. 41-65, 2010.
- PMI: *A guide to the project management body of knowledge*, primera edición. Pensilvania, Project Management Institute, 1996.
- PMI: *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBoK)*, quinta edición. Pensilvania, Project Management Institute, 2013.
- PMI: Página web oficial del Project Management Institute. <http://www.pmi.org>. Fecha de consulta: 10/08/2016.
- PMI Madrid Chapter: Página web oficial del Capítulo de Madrid del PMI. <http://www.pmi-mad.org>. Fecha de consulta: 10/08/2016.
- PMI Valencia Chapter: Página web oficial del Capítulo de Valencia del PMI. <http://www.pmi-valencia.org>. Fecha de consulta: 10/08/2016.
- RAE: Diccionario de la lengua española, 23ª edición (<http://dle.rae.es>). Fecha de consulta: 28/09/2016.
- Rao M.S.: Enhancing employability in engineering and management students through soft skills. *Industrial and Commercial Training*, volumen 46: pp. 42 - 48, 2014.
- Raz T., Michael E.: Use and benefits of tools for project risk management. *International Journal of Project Management*, volumen 19: pp. 9-17, 2001.
- Romero R. et al.: *Métodos estadísticos en ingeniería*. Valencia, Editorial Universitat Politècnica de València, 2010.
- Rozenes S. et al.: Project control: literature review. *Project Management Journal*, volumen 37: pp. 5-14, 2006.
- Saad S. et al.: PRINCE2 methodology: an innovative way for improving performance of Malaysian automotive industry. *Journal of Technology Management and Technopreneurship*, volumen 1: pp. 101-116, 2013.
- Saaty T.L: Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, volumen 1: pp. 83 - 98, 2008.
- Say M.: Cabinet Office confirms end of OGC. Artículo periodístico publicado en Government Computing el 13/04/2011.
- Soanes C. et al.: *Oxford dictionary of English*, segunda edición. Oxford, Oxford University Press, 2003.

- SSI: Why is Project Management Professional (PMP) certification so important?. Documento expositivo-argumentativo sobre la certificación PMP. Successful Strategies International, Inc., 2008.
- Suomi S.: Project management tools in agile embedded systems development. Tesina de Máster de Ingeniería de Software en la Universidad de Turku, Finlandia, 2014.
- Susterova M. et al.: Risk management in product development process. DAAAM International: *Annals & Proceedings of DAAAM International 2012*, Viena, volumen 23: pp. 225-228, 2012.
- Tamrakar R. et al.: Does the use of Fibonacci numbers in planning poker affect effort estimates?. IEEE Xplore: *16th International Conference on Evaluation & Assessment in Software Engineering*, Ciudad Real, 2012.
- Thamhain H.J.: Emerging project management techniques: a managerial assessment. *Portland International Conference on Management of Engineering and Technology*, Portland, 1999.
- UA: Guías docentes del grado y máster en ingeniería química. Universidad de Alicante (www.ua.es). Fecha de consulta: 23/01/2017.
- UJI: Guías docentes del grado en ingeniería química. Universitat Jaume I (www.uji.es). Fecha de consulta: 23/01/2017.
- UPV: Guías docentes del grado y máster en ingeniería química. Universitat Politècnica de València (www.upv.es). Fecha de consulta: 23/01/2017.
- Ursulescu G. et al.: The use of control charts for quality management in the biochemical laboratories. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, volumen 12: p. 137 - 140, 2006.
- UV: Guías docentes del grado y máster en ingeniería química. Universitat de València (www.uv.es). Fecha de consulta: 23/01/2017.
- Valdivieso C.E. et al.: Determinación del tamaño muestral mediante el uso de árboles de decisión. *UPB - Investigación & Desarrollo*, volumen 11: pp. 148 - 176, 2011.
- Vandevoorde S. et al.: A comparison of different project duration forecasting methods using earned value metrics. *International Journal of Project Management*, volumen 24: pp. 289 - 302, 2006.
- Wagener J. et al.: Project Management using Kanban. Documento expositivo de la metodología Kanban aplicada a la dirección de proyectos publicado en la página web del Capítulo de Luxemburgo del PMI (www.pmi.lu), Luxemburgo, 2012.

- Walke R.C. et al.: An approach to risk quantification in construction projects using EMV analysis. *International Journal of Engineering Science and Technology*, volumen 3: pp. 6847 - 6855, 2011.
- White D., Fortune J.: Current practice in project management: an empirical study. *International Journal of Project Management*, volumen 20: pp. 1-11, 2002.
- Winter M. et al.: Directions for future research in project management: the main findings of a UK government-funded research network. *International Journal of Project Management*, volumen 24: pp. 638-649, 2006.
- Wit A.: Measurement of project success. *International Journal of Project Management*, volumen 6: pp. 164 - 170, 1988.
- Yang Q. et al.: Application of House of Quality in evaluation of low rank coal pyrolysis polygeneration technologies. *Energy Conversion and Management*, volumen 99: pp. 231 - 241, 2015.
- Yazdani A.A. et al.: Integration of the fish bone diagram, brainstorming, and AHP method for problem solving and decision making - a case of study. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, volumen 63: pp. 651 - 657, 2012.
- Zandhuis A. et al.: *ISO 21500. Guidance on project management. A pocket guide*. Zaltbommel, Van Haren Publishing, 2013.

Anexos

Anexo 1. Clasificación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos

A continuación se muestra la Tabla 35, en la que se clasifican las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos que aparecen en la quinta edición del PMBOK, así como en la guía de PRINCE2, atendiendo a los grupos de procesos y las áreas de conocimiento especificadas por el PMI.

Tabla 35. Relación entre herramientas y técnicas, grupos de procesos y áreas de conocimiento.

Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013 y OGC, 2009.

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación	Grupo de procesos de ejecución	Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de procesos de cierre
Gestión de la integración del proyecto	-Juicio de expertos -Técnicas de gestión de reuniones -Técnicas de resolución de conflictos -Técnicas de resolución de problemas -Tormenta de ideas	-Juicio de expertos -Técnicas de gestión de reuniones -Técnicas de resolución de conflictos -Técnicas de resolución de problemas -Tormenta de ideas	-Juicio de expertos -Reuniones -Sistemas de autorización de trabajos -Sistemas de gestión de la configuración -Sistemas de información -Sistemas de recopilación y distribución de la información	-Análisis causal -Análisis de árbol de fallos (FTA) -Análisis de causa raíz -Análisis de curva S -Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA) -Análisis de regresión -Análisis de reservas -Análisis de tendencias -Análisis de variación -Análisis del valor ganado (EVM) -Bases de datos -Diagrama de hitos -Herramientas de control de cambios -Indicadores de desempeño -Información financiera -Juicio de expertos -Métodos de clasificación -Métodos de pronóstico -Registros de proyectos -Reuniones -Sistemas de información	-Análisis de regresión -Análisis de tendencias -Juicio de expertos -Reuniones
Gestión del alcance del proyecto	-	-Análisis de alternativas -Análisis de documentos -Análisis de requisitos -Análisis de sistemas -Análisis del valor -Cuestionarios y encuestas -Decisión por dictadura -Decisión por mayoría -Decisión por pluralidad -Decisión por unanimidad (técnica Delphi) -Descomposición -Desglose del producto -Despliegue de la función de calidad (QFD) -Diagrama de afinidad -Diagrama de contexto	-Entrevistas -Estudios comparativos -Grupos focales -Historias de usuarios -Ingeniería de sistemas -Ingeniería del valor -Juicio de expertos -Mapa conceptual/mental -Observaciones -Pensamiento lateral -Prototipos -Reuniones -Sesiones conjuntas de desarrollo de aplicaciones (JAD) -Técnicas de grupo nominal -Toma de decisiones -Tormenta de ideas	-Análisis de la variación -Auditorías -Decisión por dictadura -Decisión por mayoría -Decisión por pluralidad -Decisión por unanimidad (técnica Delphi)	-
Gestión del tiempo del proyecto	-	-Análisis de alternativas -Análisis de escenarios -Análisis de reservas -Adelantos y retrasos -Descomposición -Determinación de dependencias -Diagrama de Gantt -Ejecución rápida del cronograma -Equilibrio de recursos -Estimación análoga -Estimación ascendente -Estimación descendente -Estimación paramétrica -Estimación por tres valores (PERT) -Estimación por un valor	-Estimaciones publicadas -Intensificación del cronograma -Juicio de expertos -Método de diagramación por precedencia (PDM) -Método de la cadena crítica (CCM) -Método del camino crítico (CPM) -Nivelación de recursos -Planificación gradual -Simulación de Monte Carlo -Software de gestión de proyectos -Técnica de grupo nominal -Técnica Delphi -Tormenta de ideas	-Ajuste de adelantos/retrasos -Análisis de curva S -Análisis de escenarios -Análisis de tendencias -Análisis del valor ganado (EVM) -Diagrama de Gantt -Diagrama de hitos -Ejecución rápida del cronograma -Equilibrio de recursos -Intensificación del cronograma -Método de la cadena crítica (CCM) -Método del camino crítico (CPM) -Nivelación de recursos -Simulación de Monte Carlo -Software de gestión de proyectos	-
Gestión de los costes del proyecto	-	-Agregación de costes -Análisis de ofertas de proveedores -Análisis de reservas -Beneficio neto -Conciliación del límite de financiación -Coste de la calidad (COQ) -Estimación análoga -Estimación ascendente -Estimación descendente -Estimación paramétrica -Estimación por tres valores (PERT) -Estimación por un valor	-Flujo de caja descontado -Juicio de expertos -Plazo de retorno de la inversión -Relaciones históricas -Retorno de la inversión (ROI) -Reuniones -Software de gestión de proyectos -Tasa interna de retorno (TIR) -Técnica Delphi -Tormenta de ideas -Valor actual neto (VAN)	-Análisis de curva S -Análisis de la variación -Análisis de reservas -Análisis de tendencias -Análisis del valor ganado (EVM) -Desempeño del valor ganado -Diagrama de hitos -Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI) -Pronósticos -Software de gestión de proyectos	-

Tabla 35. Relación entre herramientas y técnicas, grupos de procesos y áreas de conocimiento (continuación).

Fuente: Elaborada a partir de PMI, 2013 y OGC, 2009.

	Grupo de procesos de inicio	Grupo de procesos de planificación		Grupo de procesos de ejecución		Grupo de procesos de seguimiento y control	Grupo de procesos de cierre	
Gestión de la calidad del proyecto	-	-Análisis coste-beneficio -Análisis de campo de fuerza -Coste de la calidad (COQ) -Diagramas de afinidad -Diagramas de árbol -Diagramas de control -Diagramas de dispersión -Diagramas de flujo -Diagramas de Ishikawa -Diagramas matriciales -Diagramas de Pareto -Diagramas de red de la actividad	-Dígrafos de interrelaciones -Diseño de experimentos (DOE) -Estudios comparativos -Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDCP) -Histogramas -Hojas de verificación -Matrices de priorización -Muestreo estadístico -Reuniones -Técnicas de grupo nominal -Tormenta de ideas	-Análisis de causa raíz -Auditorías de calidad -Diagramas de afinidad -Diagramas de árbol -Diagramas de red de la actividad -Diagramas matriciales -Dígrafos de interrelaciones -Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDCP) -Matrices de priorización		-Diagramas de control -Diagramas de dispersión -Diagramas de flujo -Diagramas de Ishikawa -Diagramas de Pareto -Histogramas -Hojas de verificación -Inspección -Muestreo estadístico -Revisión de solicitudes de cambio aprobadas	-	
Gestión de los recursos humanos del proyecto	-	-Creación de relaciones de trabajo -Diagramas jerárquicos -Diagramas matriciales (RACI) -Formatos tipo texto	-Juicio de expertos -Reuniones -Teoría organizacional	-Actividades de desarrollo del espíritu de equipo -Adquisición -Asignación previa -Capacitación -Cubicación -Equipos virtuales -Encuestas de actitud -Entrevistas estructuradas -Evaluaciones de desempeño -Evaluaciones específicas -Gestión de conflictos: adaptarse	-Gestión de conflictos: colaborar -Gestión de conflictos: conciliar -Gestión de conflictos: eludir -Gestión de conflictos: forzar -Grupos focales -Habilidades interpersonales -Negociación -Observación y conversación -Pruebas de habilidad -Reconocimiento y recompensas -Reglas básicas -Toma de decisiones	-	-	
Gestión de las comunicaciones del proyecto	-	-Análisis de requisitos de comunicación -Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push	-Modelos de comunicación -Reuniones -Tecnología de la comunicación	-Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push -Gestión de documentos impresos y electrónicos	-Herramienta electrónica -Informar el desempeño -Modelos de comunicación -Tecnología de la comunicación	-Gestión de documentos impresos y electrónicos -Herramienta electrónica -Juicio de expertos -Reuniones	-	
Gestión de los riesgos del proyecto	-	-Aceptar amenazas -Aceptar oportunidades -Análisis con lista de verificación -Análisis de causa raíz -Análisis de Pareto -Análisis de sensibilidad -Análisis de supuestos -Análisis del perfil de riesgo de los interesados -Análisis del valor medio esperado -Análisis DAFO -Árboles de probabilidad -Categorización de riesgos -Compartir oportunidades -Diagramas de causa y efecto -Diagramas de flujo de procesos o de sistemas -Diagramas de influencias -Distribuciones de probabilidad -Estrategias de respuesta a contingencias -Estructura de descomposición de riesgos (RBS)	-Entrevistas -Evaluación de la calidad de los datos sobre los riesgos -Evaluación de la urgencia de los riesgos -Evaluación de probabilidad e impacto -Evitar amenazas -Explotar oportunidades -Hojas de calificación de riesgo estratégico -Juicio de expertos -Matriz de probabilidad e impacto -Mejorar oportunidades -Mitigar amenazas -Modelado de riesgos -Reuniones -Revisión de documentación previa -Simulación de Monte Carlo -Técnica Delphi -Tormenta de ideas -Transferir amenazas -Valor monetario esperado (EMV)			-Análisis de reservas -Análisis de variación y de tendencias -Auditorías de riesgos -Medición del desempeño técnico -Reevaluación de riesgos -Reuniones	-	
Gestión de las adquisiciones del proyecto	-	-Análisis hacer o comprar -Investigación de mercado	-Juicio de expertos -Reuniones	-Estimaciones independientes -Juicio de expertos -Negociación -Publicidad	-Reuniones con proveedores -Técnicas analíticas -Técnicas de evaluación de propuestas	-Formularios -Gestión de reclamaciones -Informes de desempeño -Inspecciones y auditorías -Resolución de conflictos	-Revisiones del desempeño -Sistemas de gestión de registros -Sistemas de pago -Sistemas de rastreo	-Auditorías -Negociación -Sistema de gestión de registros
Gestión de los interesados del proyecto	-Juicio de expertos -Matriz de influencia/impacto -Matriz de poder/influencia -Matriz de poder/interés -Matriz de prominencia -Reuniones	-Juicio de expertos -Matriz de evaluación de la participación de interesados	-Reuniones	-Comunicación interactiva -Comunicación pull -Comunicación push	-Habilidades de gestión -Habilidades interpersonales	-Hojas de cálculo -Juicio de expertos	-Presentaciones -Reuniones -Tablas	-

Anexo 2. Comparación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos consideradas en los estudios de determinación de las más utilizadas por los expertos

Seguidamente, se muestra la Tabla 36, en la que se listan, por orden alfabético, todas las herramientas y técnicas consideradas en la Tabla 35, las cuales se han identificado a partir de la quinta versión del PMBOK y de la guía de PRINCE2. Además, también se incluyen las herramientas y técnicas que tuvieron en cuenta Besner y Hobbs en su investigación para determinar cuáles eran las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos más empleadas a nivel mundial.

Por otro lado, y en relación con lo anterior, la Tabla 37 muestra el listado de herramientas y técnicas del estudio llevado a cabo por Patanakul et al., así como el de Fernandes et al., y, finalmente, el conjunto de herramientas y técnicas escogidas para el estudio del presente Trabajo de Fin de Máster.

Tabla 36. Comparación de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos con las seleccionadas para el estudio de Besner y Hobbs.

Fuente: Elaborada a partir de Besner y Hobbs, 2004; PMI, 2013 y OGC, 2009.

PMBOK y PRINCE2		Besner y Hobbs
- Aceptar amenazas	- Diagrama de Gantt	- Mapa conceptual/mental
- Aceptar oportunidades	- Diagrama de hitos	- Matrices de priorización
- Actividades de desarrollo del espíritu de equipo	- Diagrama de influencia	- Matriz de evaluación de interesados
- Adelantos y retrasos	- Diagrama de Ishikawa	- Matriz de influencia/impacto
- Adquisición	- Diagrama de Pareto	- Matriz de poder/influencia
- Agregación de costes	- Diagrama de red de la actividad	- Matriz de poder/interés
- Análisis causal	- Diagrama jerárquico	- Matriz de probabilidad e impacto
- Análisis con listas de verificación	- Diagrama matricial	- Matriz de prominencia
- Análisis coste-beneficio	- Dígrafos de interrelaciones	- Medición del desempeño técnico
- Análisis DAFO	- Diseño de experimentos (DOE)	- Mejorar oportunidades
- Análisis de alternativas	- Distribuciones de probabilidad	- Método de diagramación por precedencia (PDM)
- Análisis de árbol de fallos (FTA)	- Ejecución rápida del cronograma	- Método de la cadena crítica (CCM)
- Análisis de campo de fuerza	- Encuestas de actitud	- Método del camino crítico (CPM)
- Análisis de causa raíz	- Entrevistas estructuradas	- Métodos de clasificación
- Análisis de curva S	- Equilibrio de recursos	- Métodos de pronóstico
- Análisis de documentos	- Equipos virtuales	- Mitigar amenazas
- Análisis de escenarios	- Estimación análoga	- Modelado de riesgos
- Análisis de modos de fallo y efectos (FMEA)	- Estimación ascendente	- Modelos de comunicación
- Análisis de ofertas de proveedores	- Estimación descendente	- Muestreo estadístico
- Análisis de Pareto	- Estimación paramétrica	- Negociación
- Análisis de regresión	- Estimación por tres valores (PERT)	- Nivelación de recursos
- Análisis de requisitos	- Estimación por un valor	- Observaciones
- Análisis de reservas	- Estimaciones independientes	- Pensamiento lateral
- Análisis de sensibilidad	- Estimaciones publicadas	- Planificación gradual
- Análisis de sistemas	- Estrategias de respuesta a contingencias	- Plazo de retorno de la inversión
- Análisis de supuestos	- Estructura de descomposición	- Presentaciones
- Análisis de tendencias	- Estudios comparativos	- Pronósticos
- Análisis de la variación	- Evaluación de la calidad de los datos sobre los riesgos	- Prototipos
- Análisis del perfil de riesgo de los interesados	- Evaluación de la urgencia de los riesgos	- Pruebas de habilidad
- Análisis del valor	- Evaluación de probabilidad e impacto de los riesgos	- Publicidad
- Análisis del valor ganado (EVM)	- Evaluación del desempeño	- Reconocimiento y recompensas
- Análisis del valor medio esperado	- Evaluación específica	- Reevaluación de riesgos
- Análisis hacer o comprar	- Evitar amenazas	- Registro de proyectos
- Árboles de probabilidad	- Explotar oportunidades	- Reglas básicas
- Asignación previa	- Flujo de caja descontado	- Relaciones históricas
- Auditorías	- Formularios	- Retorno de la inversión (ROI)
- Bases de datos	- Gestión de conflictos: adaptarse	- Reuniones
- Beneficio neto	- Gestión de conflictos: colaborar	- Revisión de documentación previa
- Capacitación	- Gestión de conflictos: conciliar	- Revisión de solicitudes de cambio aprobadas
- Categorización de riesgos	- Gestión de conflictos: eludir	- Revisión del desempeño
- Compartir oportunidades	- Gestión de conflictos: forzar	- Simulación de Monte Carlo
- Comunicación interactiva	- Gestión de documentos impresos y electrónicos	- Sesiones conjuntas de desarrollo de aplicaciones (JAD)
- Comunicación pull	- Gestión de reclamaciones	- Sistemas de autorización de trabajos
- Comunicación push	- Gráficas de programación de decisiones de proceso (PDPC)	- Sistemas de gestión de la configuración
- Conciliación del límite de financiación	- Grupos focales	- Sistemas de gestión de registros
- Coste de la calidad (COQ)	- Habilidades de gestión	- Sistemas de información
- Coubicación	- Habilidades interpersonales	- Sistemas de pago
- Creación de relaciones de trabajo	- Herramientas de control de cambios	- Sistemas de rastreo
- Cuestionarios y encuestas	- Herramientas electrónicas	- Sistemas de recopilación y distribución de la información
- Decisión por dictadura	- Histogramas	- Software de gestión de proyectos
- Decisión por mayoría	- Historias de usuarios	- Tablas
- Decisión por pluralidad	- Hojas de cálculo	- Tasa interna de retorno (TIR)
- Decisión por unanimidad (técnica Delphi)	- Hojas de calificación de riesgos	- Técnicas de evaluación de propuestas
- Desempeño del valor ganado	- Hojas de verificación	- Técnicas de gestión de reuniones
- Desglose del producto	- Indicadores de desempeño	- Técnicas de grupo nominal
- Despliegue de la función de la calidad (QFD)	- Índice de desempeño del trabajo por completar (TCPI)	- Técnicas de resolución de conflictos
- Determinación de dependencias	- Información financiera	- Técnicas de resolución de problemas
- Diagrama de afinidad	- Informes de desempeño	- Tecnología de la comunicación
- Diagrama de árbol	- Ingeniería de sistemas	- Teoría organizacional
- Diagrama de causa y efecto	- Ingeniería del valor	- Toma de decisiones
- Diagrama de contexto	- Inspección	- Tormenta de ideas
- Diagrama de control	- Intensificación del cronograma	- Transferir amenazas
- Diagrama de dispersión	- Investigación de mercado	- Valor actual neto (VAN)
- Diagrama de flujo	- Juicio de expertos	- Valor monetario esperado (EMV)
		- Acta de constitución del proyecto
		- Actividades de desarrollo del espíritu de equipo
		- Análisis coste-beneficio
		- Análisis de las partes interesadas
		- Análisis de requerimientos
		- Análisis del método del camino crítico (CPM)
		- Análisis del método de la cadena crítica (CCM)
		- Análisis del valor
		- Análisis del valor ganado (EVM)
		- Árbol de decisiones
		- Autorización del trabajo
		- Base de datos de contratos
		- Base de datos de riesgos
		- Base de datos históricos
		- Base de datos para estimación de costes
		- Base de datos para lecciones aprendidas
		- Conferencias de licitación
		- Coste del ciclo de vida
		- Curva de aprendizaje
		- Curva S
		- Definición del alcance
		- Definición del trabajo
		- Despliegue de la función de la calidad (QFD)
		- Diagrama de control
		- Diagrama de Gantt
		- Diagrama de Ishikawa
		- Diagrama de Pareto
		- Diagrama de red
		- Documentos de gestión de riesgos
		- Documentos de licitación
		- Encuestas de satisfacción del cliente
		- Equipos de trabajo autodirigidos
		- Estimación ascendente
		- Estimación de la duración probabilística (PERT)
		- Estimación descendente
		- Estimación paramétrica
		- Estudio de viabilidad
		- Estructura de descomposición del producto
		- Estructura de descomposición del trabajo (EDT)
		- Evaluación de las licitaciones
		- Formularios de aceptación del cliente
		- Herramientas financieras
		- Informe de progreso
		- Inspección de la calidad
		- Lecciones aprendidas
		- Listado de actividades
		- Matriz de asignación de responsabilidades
		- Página web del proyecto
		- Plan de calidad
		- Plan de comunicaciones
		- Plan de contingencias
		- Planificación de hitos
		- Planificación de la línea base
		- Ranking de riesgos
		- Redefinición de la línea base
		- Representación gráfica de los riesgos
		- Reunión de lanzamiento
		- Revisión de la configuración
		- Sala de comunicaciones del proyecto
		- Simulación de Monte Carlo
		- Software de gestión (controlar costes)
		- Software de gestión (controlar la programación)
		- Software de gestión (estimar costes)
		- Software de gestión (nivelar recursos)
		- Software de gestión (programar multiproyectos)
		- Software de gestión (programar recursos)
		- Software de gestión (programar tareas)
		- Software de gestión (simular)
		- Solicitud de cambios
		- Valoración del desempeño del equipo

Tabla 37. Comparación de las herramientas y técnicas seleccionadas para realizar estudios sobre el uso de las mismas.
 Fuente: Elaborada a partir de Besner y Hobbs, 2004; Patanakul et al., 2010 y Fernandes et al., 2013.

Besner y Hobbs	Patanakul et al.	Fernandes et al.	Selección propia	
- Acta de constitución del proyecto - Actividades de desarrollo del espíritu de equipo - Análisis coste-beneficio - Análisis de las partes interesadas - Análisis de requerimientos - Análisis del método del camino crítico (CPM) - Análisis del método de la cadena crítica (CCM) - Análisis del valor - Análisis del valor ganado (EVM) - Árbol de decisiones - Autorización del trabajo - Base de datos de contratos - Base de datos de riesgos - Base de datos históricos - Base de datos para estimación de costes - Base de datos para lecciones aprendidas - Conferencias de licitación - Coste del ciclo de vida - Curva de aprendizaje - Curva S - Definición del alcance - Definición del trabajo - Despliegue de la función de la calidad (QFD) - Diagrama de control - Diagrama de Gantt - Diagrama de Ishikawa - Diagrama de Pareto - Diagrama de red - Documentos de gestión de riesgos - Documentos de licitación - Encuestas de satisfacción del cliente - Equipos de trabajo autodirigidos - Estimación ascendente - Estimación de la duración probabilística (PERT) - Estimación descendente	- Estimación paramétrica - Estudio de viabilidad - Estructura de descomposición del producto - Estructura de descomposición del trabajo (EDT) - Evaluación de las licitaciones - Formularios de aceptación del cliente - Herramientas financieras - Informe de progreso - Inspección de la calidad - Lecciones aprendidas - Listado de actividades - Matriz de asignación de responsabilidades - Página web del proyecto - Plan de calidad - Plan de comunicaciones - Plan de contingencias - Planificación de hitos - Planificación de la línea base - Ranking de riesgos - Redefinición de la línea base - Representación gráfica de los riesgos - Reunión de lanzamiento - Revisión de la configuración - Simulación de Monte Carlo - Software de gestión (controlar costes) - Software de gestión (controlar la programación) - Software de gestión (estimar costes) - Software de gestión (nivelar recursos) - Software de gestión (programar multiproyectos) - Software de gestión (programar recursos) - Software de gestión (programar tareas) - Software de gestión (simular) - Solicitud de cambios - Valoración del desempeño del equipo	- Acta de constitución del proyecto - Actividades de desarrollo del espíritu de equipo - Análisis coste-beneficio - Análisis cualitativo de riesgos - Análisis cuantitativo de riesgos - Análisis de las partes interesadas - Análisis de requerimientos - Análisis del método del camino crítico (CPM) - Análisis del método de la cadena crítica (CCM) - Análisis del valor ganado (EVM) - Autorización del trabajo - Base de datos de contratos - Base de datos de riesgos - Base de datos históricos - Base de datos para estimación de costes - Base de datos para lecciones aprendidas - Cierre de contratos - Conferencias de licitación - Definición del alcance - Definición del trabajo - Diagrama de Gantt - Diagrama de red - Diseño de experimentos - Documentación del cierre del proyecto - Documentos de licitación - Encuestas de satisfacción del cliente - Entregas - Equipos de trabajo autodirigidos - Estimación ascendente - Estimación de la duración probabilística (PERT) - Estimación descendente - Estimación paramétrica - Estudio de viabilidad - Estructura de descomposición del producto	- Estructura de descomposición del trabajo (EDT) - Evaluación de las licitaciones - Formularios de aceptación del cliente - Herramientas financieras - Identificación de riesgos - Informe de progreso - Inspección de la calidad - Lecciones aprendidas - Listado de actividades - Matriz de asignación de responsabilidades - Matriz de trazabilidad de requerimientos - Página web del proyecto - Plan de calidad - Plan de comunicaciones - Plan de contingencias - Plan de hitos - Planificación de la línea base - Redefinición de la línea base - Reevaluación de riesgos - Registro de incidencias - Reunión de lanzamiento - Reunión de progreso - Revisión de la configuración - Sala de comunicaciones del proyecto - Simulación de Monte Carlo - Software de gestión (controlar costes) - Software de gestión (controlar la programación) - Software de gestión (estimar costes) - Software de gestión (nivelar recursos) - Software de gestión (programar recursos) - Software de gestión (programar tareas) - Software de gestión (simular) - Solicitud de cambios - Valoración del desempeño del equipo	- Análisis con lista de verificación - Análisis de las partes interesadas - Análisis del valor ganado (EVM) - Auditorías - Casa de la calidad - Diagrama de Ishikawa - Diagrama de Gantt - Estructuras de descomposición - Gráfico de control - Habilidades interpersonales - Indicadores financieros - Matriz de probabilidad e impacto - Método del camino crítico (CPM) - Métodos de comunicación - Proyecciones y pronósticos - Reuniones - Software de gestión - Toma de decisiones - Tormenta de ideas - Valor monetario esperado (EMV)

Explicación del código de colores empleado en la Tabla 36 y en la Tabla 37.

- Elementos coloreados en **rojo**: Herramientas y técnicas comunes con las guías del PMBOK y PRINCE2.
- Elementos coloreados en **naranja**: Herramientas y técnicas similares a las especificadas en el PMBOK y PRINCE2.
- Elementos coloreados en **violeta**: Herramientas y técnicas comunes a las empleadas por Besner y Hobbs.
- Elementos coloreados en **azul**: Herramientas y técnicas comunes a las guías (PMBOK y PRINCE2) y a Besner y Hobbs.
- Elementos coloreados en **marrón**: Herramientas y técnicas comunes a las guías (PMBOK y PRINCE2), a Besner y Hobbs, y a Patanakul et al.
- Elementos coloreados en **magenta**: Herramientas y técnicas comunes a las guías (PMBOK y PRINCE 2), a Besner y Hobbs y a Fernandes et al.
- Elementos coloreados en **verde**: Herramientas y técnicas comunes a las guías (PMBOK y PRINCE2) y a todos los autores (Besner y Hobbs, Patanakul et al., y Fernandes et al.).

Anexo 3. Diseño de encuestas

A continuación, se procede a mostrar una copia de las encuestas diseñadas para ambos grupos de expertos consultados (ingenieros químicos y directores de proyectos) en los dos formatos considerados (archivo de procesador de textos y aplicación informática), cuyo orden se especifica seguidamente.

- Encuesta para ingenieros químicos en formato Microsoft Word.
- Encuesta para ingenieros químicos en formato Google Forms.
- Encuesta para directores de proyectos en formato Microsoft Word.
- Encuesta para directores de proyectos en formato Google Forms.

ENCUESTA SOBRE EL USO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS A TITULADAS Y TITULADOS EN INGENIERÍA QUÍMICA

Estimado/a Señor/a,

Me llamo Borja Llorens Bellón. Soy Ingeniero Químico, y actualmente estoy realizando el Trabajo Final del Máster Oficial en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universitat Politècnica de València, tutorizado por Rosario Viñoles Cebolla, profesora del Departamento de Proyectos de Ingeniería.

El objetivo del Trabajo Final de Máster consiste en analizar el conocimiento y el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de tituladas y titulados en Ingeniería Química, para estudiar en qué medida el éxito de los proyectos depende directamente de su utilización.

Para ello, ruego responda a la siguiente encuesta, la cual se ha estructurado en tres bloques, formando un total de 39 preguntas, con una duración aproximada de 15 minutos, distribuidas de la siguiente manera.

- Bloque 1 (preguntas 1 - 9): Permite obtener el perfil profesional del encuestado y determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ha participado.
- Bloque 2 (preguntas 10 - 29): Determina el empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.
- Bloque 3 (preguntas 30 - 39): Informa sobre el uso de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Cabe destacar que sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y anónima.

Por favor, responda a las preguntas en este mismo archivo y, una vez completado envíelo a la dirección de correo electrónico borjallorens19@gmail.com para incluir sus respuestas en el estudio. Así mismo, en caso de duda o sugerencia, no dude en contactar conmigo mediante esa dirección.

Gracias por su colaboración.

BLOQUE 1. PERFIL PROFESIONAL.

Marque con una **X** su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 1. De los <u>intervalos de edad</u> que se muestran a continuación, ¿a cuál de ellos pertenece usted?	Menor o igual a 25 años.	
	Entre 26 y 35 años.	
	Entre 36 y 45 años.	
	Entre 46 y 55 años.	
	Mayor o igual a 56 años.	
Pregunta 2. De los <u>sectores profesionales</u> que se indican a continuación, ¿en cuál tiene usted mayor experiencia?	Industria química, petroquímica o farmacéutica.	
	Industria de obtención y procesado de materiales.	
	Industria alimentaria o biotecnológica.	
	Docencia y/o investigación.	
	Servicios de consultoría, ingeniería y/o asesoría técnica.	
Otros sectores profesionales.		
Pregunta 3. ¿Cuántos <u>años de experiencia</u> tiene usted en dicho sector?	Menor o igual a 2 años de experiencia.	
	Entre 3 y 5 años de experiencia.	
	Entre 6 y 10 años de experiencia.	
	Entre 11 y 20 años de experiencia.	
	Más de 21 años de experiencia.	
Pregunta 4. ¿Posee usted algún <u>título o certificado</u> relacionado con la dirección y gestión de proyectos? Puede marcar más de una respuesta.	Máster en dirección y gestión de proyectos.	
	Certificación PMI.	
	Certificación IPMA.	
	Otros títulos, certificados o cursos de formación.	
Sin formación en dirección y gestión de proyectos.		
Pregunta 5. En término medio, ¿cuál es la <u>magnitud de los proyectos</u> en los que usted ha participado hasta la fecha?	Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).	
	Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).	
	Duración alta (> 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).	
	Duración alta (> 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).	
Pregunta 6. En los proyectos en los que usted ha participado hasta el momento, ¿en qué grado éstos terminan <u>dentro de los límites de plazo previstos</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 7. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado éstos finalizan <u>dentro de los límites presupuestarios previstos</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 8. En general, una vez terminados los proyectos, ¿los productos o servicios obtenidos satisfacen los <u>requerimientos y expectativas del cliente</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 9. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿la <u>dirección del equipo del proyecto</u> ha sido adecuada?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

BLOQUE 2. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS CONVENCIONAL.

Marque con una **X** su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 10. En el desarrollo de los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿ha empleado <u>listas de verificación o checklists</u> para la planificación o control de las tareas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 11. En las primeras etapas del proyecto, ¿en qué medida lleva a cabo usted un <u>análisis de las partes interesadas o stakeholders</u> (clientes, usuarios, colectivos afectados positiva o negativamente por la ejecución, etc.) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 12. ¿En qué medida emplea usted el <u>Análisis del Valor Ganado</u> (cálculo del CPTP, CPTR, CRTR, etc.) para controlar las desviaciones de plazos y de costes en un instante concreto de la ejecución del proyecto respecto a su planificación?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 13. Con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normas objetivas referidas a la gestión de la calidad y de los riesgos, ¿en qué medida se han llevado a cabo <u>auditorías</u> durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 14. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿en qué grado ha empleado usted la herramienta de <u>la Casa de la Calidad</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 15. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿de qué manera ha utilizado usted <u>diagramas de causa y efecto</u> (también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 16. ¿Con qué frecuencia utiliza usted <u>diagramas de Gantt</u> para planificar y controlar la duración del proyecto y de las actividades que lo componen?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 17. En los proyectos en los que usted ha participado, ¿en qué grado ha utilizado <u>estructuras de descomposición del trabajo</u> (o de riesgos) para determinar las tareas de menor complejidad (o las amenazas y oportunidades) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 18. Con el objetivo de llevar a cabo el control de la calidad, ¿con qué frecuencia emplea usted <u>gráficos de control</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 19. ¿En qué medida ha utilizado usted <u>técnicas de mejora de las habilidades interpersonales</u> (<i>coaching</i> , libros de autoayuda, cursos de formación, talleres, etc.), para afectar positivamente a los resultados de los proyectos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 20. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado se han empleado <u>indicadores financieros</u> (VAN, TIR, ROI, Periodo de retorno, etc.), con el objetivo de determinar la viabilidad económica de los proyectos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 21. Con el propósito de determinar qué riesgos necesitan ser atendidos con urgencia en el proyecto, ¿con qué frecuencia ha utilizado o elaborado <u>matrices de probabilidad e impacto</u> en los proyectos en los que ha participado?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 22. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿en qué medida ha empleado el <u>Método del Camino Crítico</u> (CPM) para estimar la duración mínima del proyecto y determinar las holguras en la programación de los caminos de la red del cronograma?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 23. En la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿con qué frecuencia se utilizaban <u>métodos de comunicación</u> (informes, bases de datos, llamadas telefónicas, videoconferencias, correos electrónicos, etc.)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 24. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha llevado a cabo el <u>cálculo de proyecciones y pronósticos</u> a futuro de costes y duración para controlar el estado de los mismos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 25. Durante la ejecución de los proyectos, ¿ha participado usted en <u>reuniones</u> para planificar las actividades a realizar, o para debatir y abordar acciones correctoras ante desviaciones o problemas surgidos en el desarrollo de los mismos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 26. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha empleado <u>software específico de dirección y gestión de proyectos</u> (Microsoft Project, Oracle Primavera, Risky Project, módulo PS de SAP, Super Decisions, etc.)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 27. A la hora de tomar decisiones durante la ejecución de los proyectos, ¿ha empleado herramientas matemáticas (AHP, ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), para calcular las prioridades de las alternativas planteadas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 28. Para recopilar ideas o posibles soluciones ante un problema o dificultad aparecida, ¿en qué grado ha utilizado usted la <u>tormenta de ideas o brainstorming</u> , (de forma individual o con varios miembros del equipo)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 29. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿en qué medida ha empleado el <u>Valor Monetario Esperado</u> para cuantificar los riesgos de forma económica?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

BLOQUE 3. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.

Marque con una X su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 30. Con el fin de <u>tomar decisiones consensuadas</u> en los proyectos, ¿en qué grado ha utilizado usted la técnica ágil de la <u>estimación de póker (planning poker cards)</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 31. Con el objetivo de <u>estimar la duración de las tareas</u> , ¿ha empleado usted, para ello, técnicas ágiles como la <u>estimación por numeración</u> (1, 2, 3, 4, 5, ...) o la <u>estimación por sucesión de Fibonacci</u> (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 32. Para comprobar si el ritmo de ejecución del proyecto es conforme a la planificación realizada, ¿en qué medida ha elaborado o ha utilizado usted <u>gráficos de avance</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 33. Durante la planificación del proyecto, ¿ha elaborado usted <u>gráficos de producto</u> , con el fin de mostrar visualmente la evolución (previsible, optimista y pesimista) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 34. Para poder controlar o minimizar los cuellos de botella en la ejecución del proyecto, ¿ha trabajado usted con limitaciones del número de actividades simultáneas en desarrollo (<u>Work In Progress, WIP</u>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 35. Con el fin de ordenar y priorizar las actividades pendientes de ejecutar, ¿emplea usted listados o <u>pilas de trabajos pendientes</u> (<i>backlog</i> o <i>to do list</i>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 36. Tras la finalización de una fase del proyecto, ¿realiza usted <u>reuniones retrospectivas</u> con el resto de los componentes del equipo del proyecto, con el fin de analizar la forma de trabajar e identificar las fortalezas y debilidades?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 37. Antes de empezar cada jornada laboral, ¿asiste a <u>reuniones diarias</u> breves (<i>stand up meetings</i>) para establecer el plan de ejecución de ese día o resolver dudas del día anterior?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 38. Al finalizar una fase del proyecto, ¿lleva a cabo reuniones con el cliente o con las partes interesadas del proyecto para informar sobre el avance del mismo (<u>revisión del sprint</u>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 39. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿utiliza <u>tableros visuales</u> (físicos o informatizados) para planificar la ejecución de las tareas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Encuesta sobre el uso de las herramientas y técnicas de la Dirección y Gestión de Proyectos a tituladas y titulados en Ingeniería Química.

Estimado/a Señor/a,

Me llamo Borja Llorens Bellón. Soy Ingeniero Químico, y actualmente estoy realizando el Trabajo Final del Máster Oficial en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universitat Politècnica de València, tutorizado por Rosario Viñoles Cebolla, profesora del Departamento de Proyectos de Ingeniería.

El objetivo del Trabajo Final de Máster consiste en analizar el conocimiento y el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de tituladas y titulados en Ingeniería Química, para estudiar en qué medida el éxito de los proyectos depende directamente de su utilización.

Para ello, ruego responda a la siguiente encuesta, la cual se ha estructurado en tres bloques, formando un total de 39 preguntas, con una duración aproximada de 15 minutos, distribuidas de la siguiente manera.

- Bloque 1 (preguntas 1 - 9): Permite obtener el perfil profesional del encuestado y determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ha participado.
- Bloque 2 (preguntas 10 - 29): Determina el empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.
- Bloque 3 (preguntas 30 - 39): Informa sobre el uso de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Cabe destacar que sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y anónima.

Por favor, responda a las preguntas en este mismo formulario. Así mismo, no dude en contactar conmigo mediante la dirección de correo electrónico borjalllorens19@gmail.com en caso de duda o sugerencia.

Gracias por su colaboración.

Bloque 1. Perfil profesional.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 1. De los intervalos de edad que se muestran a continuación, ¿a cuál de ellos pertenece usted? *

- Menor o igual a 25 años.
- Entre 26 y 35 años.
- Entre 36 y 45 años.
- Entre 46 y 55 años.
- Mayor o igual a 56 años.

Pregunta 2. De los sectores profesionales que se indican a continuación, ¿en cuál tiene usted mayor experiencia? *

- Industria química, petroquímica o farmacéutica.
- Industria de obtención y procesado de materiales.
- Industria alimentaria o biotecnológica.
- Docencia y/o investigación.
- Servicios de consultoría, ingeniería y/o asesoría técnica.
- Otros sectores profesionales.

Pregunta 3. ¿Cuántos años de experiencia tiene usted en dicho sector? *

- Menor o igual a 2 años de experiencia.
- Entre 3 y 5 años de experiencia.
- Entre 6 y 10 años de experiencia.
- Entre 11 y 20 años de experiencia.
- Más de 21 años de experiencia.

Pregunta 4. ¿Posee usted algún título o certificado relacionado con la dirección y gestión de proyectos? Puede marcar más de una respuesta. *

- Máster en dirección y gestión de proyectos.
- Certificación PMI.
- Certificación IPMA.
- Otros títulos, certificados o cursos de formación.
- Sin formación en dirección y gestión de proyectos.

Pregunta 5. En término medio, ¿cuál es la magnitud de los proyectos en los que usted ha participado hasta la fecha? *

- Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).
- Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).
- Duración alta (> 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).
- Duración alta (> 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).

Pregunta 6. En los proyectos en los que usted ha participado hasta el momento, ¿en qué grado éstos terminan dentro de los límites de plazo previstos? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 7. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado éstos finalizan dentro de los límites presupuestarios previstos? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 8. En general, una vez terminados los proyectos, ¿los productos o servicios obtenidos satisfacen los requerimientos y expectativas del cliente? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 9. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿la dirección del equipo del proyecto ha sido adecuada? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Bloque 2. Empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 10. En el desarrollo de los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿ha empleado listas de verificación o checklists para la planificación o control de las tareas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 11. En las primeras etapas del proyecto, ¿en qué medida lleva a cabo usted un análisis de las partes interesadas o stakeholders (clientes, usuarios, colectivos afectados positiva o negativamente por la ejecución, etc.) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 12. ¿En qué medida emplea usted el Análisis del Valor Ganado (cálculo del CPTP, CPTR, CRTR, etc.) para controlar las desviaciones de plazos y de costes en un instante concreto de la ejecución del proyecto respecto a su planificación? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 13. Con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normas objetivas referidas a la gestión de la calidad y de los riesgos, ¿en qué medida se han llevado a cabo auditorías durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 14. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿en qué grado ha empleado usted la herramienta de la Casa de la Calidad? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 15. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿de qué manera ha utilizado usted diagramas de causa y efecto (también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 16. ¿Con qué frecuencia utiliza usted diagramas de Gantt para planificar y controlar la duración del proyecto y de las actividades que lo componen? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 17. En los proyectos en los que usted ha participado, ¿en qué grado ha utilizado estructuras de descomposición del trabajo (o de riesgos) para determinar las tareas de menor complejidad (o las amenazas y oportunidades) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 18. Con el objetivo de llevar a cabo el control de la calidad, ¿con qué frecuencia emplea usted gráficos de control? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 19. ¿En qué medida ha utilizado usted técnicas de mejora de las habilidades interpersonales (coaching, libros de autoayuda, cursos de formación, talleres, etc.), para afectar positivamente a los resultados de los proyectos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 20. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado se han empleado indicadores financieros (VAN, TIR, ROI, Periodo de retorno, etc.), con el objetivo de determinar la viabilidad económica de los proyectos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 21. Con el propósito de determinar qué riesgos necesitan ser atendidos con urgencia en el proyecto, ¿con qué frecuencia ha utilizado o elaborado matrices de probabilidad e impacto en los proyectos en los que ha participado? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 22. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿en qué medida ha empleado el Método del Camino Crítico (CPM) para estimar la duración mínima del proyecto y determinar las holguras en la programación de los caminos de la red del cronograma? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 23. En la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿con qué frecuencia se utilizaban métodos de comunicación (informes, bases de datos, llamadas telefónicas, videoconferencias, correos electrónicos, etc.)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 24. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha llevado a cabo el cálculo de proyecciones y pronósticos a futuro de costes y duración para controlar el estado de los mismos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 25. Durante la ejecución de los proyectos, ¿ha participado usted en reuniones para planificar las actividades a realizar, o para debatir y abordar acciones correctoras ante desviaciones o problemas surgidos en el desarrollo de los mismos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 26. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha empleado software específico de dirección y gestión de proyectos (Microsoft Project, Oracle Primavera, Risky Project, módulo PS de SAP, Super Decisions, etc.)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 27. A la hora de tomar decisiones durante la ejecución de los proyectos, ¿ha empleado herramientas matemáticas (AHP, ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), para calcular las prioridades de las alternativas planteadas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 28. Para recopilar ideas o posibles soluciones ante un problema o dificultad aparecida, ¿en qué grado ha utilizado usted la tormenta de ideas o brainstorming, (de forma individual o con varios miembros del equipo)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 29. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿en qué medida ha empleado el Valor Monetario Esperado para cuantificar los riesgos de forma económica? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Bloque 3. Empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 30. Con el fin de tomar decisiones consensuadas en los proyectos, ¿en qué grado ha utilizado usted la técnica ágil de la estimación de póker (planning poker cards)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 31. Con el objetivo de estimar la duración de las tareas, ¿ha empleado usted, para ello, técnicas ágiles como la estimación por numeración (1, 2, 3, 4, 5, ...) o la estimación por sucesión de Fibonacci (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 32. Para comprobar si el ritmo de ejecución del proyecto es conforme a la planificación realizada, ¿en qué medida ha elaborado o ha utilizado usted gráficos de avance? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 33. Durante la planificación del proyecto, ¿ha elaborado usted gráficos de producto, con el fin de mostrar visualmente la evolución (previsible, optimista y pesimista) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 34. Para poder controlar o minimizar los cuellos de botella en la ejecución del proyecto, ¿ha trabajado usted con limitaciones del número de actividades simultáneas en desarrollo (Work In Progress, WIP)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 35. Con el fin de ordenar y priorizar las actividades pendientes de ejecutar, ¿emplea usted listados o pilas de trabajos pendientes (backlog o to do list)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 36. Tras la finalización de una fase del proyecto, ¿realiza usted reuniones retrospectivas con el resto de los componentes del equipo del proyecto, con el fin de analizar la forma de trabajar e identificar las fortalezas y debilidades? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 37. Antes de empezar cada jornada laboral, ¿asiste a reuniones diarias breves (stand up meetings) para establecer el plan de ejecución de ese día o resolver dudas del día anterior? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 38. Al finalizar una fase del proyecto, ¿lleva a cabo reuniones con el cliente o con las partes interesadas del proyecto para informar sobre el avance del mismo (revisión del sprint)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 39. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿utiliza tableros visuales (físicos o informatizados) para planificar la ejecución de las tareas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

ENCUESTA SOBRE EL USO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS

Estimado/a Señor/a,

Me llamo Borja Llorens Bellón. Soy Ingeniero Químico, y actualmente estoy realizando el Trabajo Final del Máster Oficial en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universitat Politècnica de València, tutorizado por Rosario Viñoles Cebolla, profesora del Departamento de Proyectos de Ingeniería.

El objetivo del Trabajo Final de Máster consiste en analizar el conocimiento y el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de expertos en la disciplina, para estudiar en qué medida el éxito de los proyectos depende directamente de su utilización.

Para ello, ruego responda a la siguiente encuesta, la cual se ha estructurado en tres bloques, formando un total de 39 preguntas, con una duración aproximada de 15 minutos, distribuidas de la siguiente manera.

- Bloque 1 (preguntas 1 - 9): Permite obtener el perfil profesional del encuestado y determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ha participado.
- Bloque 2 (preguntas 10 - 29): Determina el empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.
- Bloque 3 (preguntas 30 - 39): Informa sobre el uso de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Cabe destacar que sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y anónima.

Por favor, responda a las preguntas en este mismo archivo y, una vez completado envíelo a la dirección de correo electrónico borjallorens19@gmail.com para incluir sus respuestas en el estudio. Así mismo, en caso de duda o sugerencia, no dude en contactar conmigo mediante esa dirección.

Gracias por su colaboración.

BLOQUE 1. PERFIL PROFESIONAL.

Marque con una **X** su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 1. De los <u>intervalos de edad</u> que se muestran a continuación, ¿a cuál de ellos pertenece usted?	Menor o igual a 25 años.	
	Entre 26 y 35 años.	
	Entre 36 y 45 años.	
	Entre 46 y 55 años.	
	Mayor o igual a 56 años.	
Pregunta 2. De los títulos universitarios que se indican a continuación, ¿cuál o cuáles posee usted (o equivalente)? Puede marcar más de una respuesta.	Ing. Química, Ing. Téc. Industrial esp. Química Industrial.	
	Ing. Industrial, Ing. Organización Industrial, Ing. Téc. Industrial, Ing. Electrónica y Automática, Ing. Materiales.	
	Ing. Caminos, Canales y Puertos, Ing. Obras Públicas.	
	Ing. Telecomunicaciones, Ing. Informática.	
	Arquitectura, Arquitectura Técnica.	
Otras titulaciones universitarias.		
Pregunta 3. ¿Cuántos <u>años de experiencia</u> tiene usted como director de proyectos?	Menor o igual a 2 años de experiencia.	
	Entre 3 y 5 años de experiencia.	
	Entre 6 y 10 años de experiencia.	
	Entre 11 y 20 años de experiencia.	
	Más de 21 años de experiencia.	
Pregunta 4. ¿Posee usted algún <u>título o certificado</u> relacionado con la dirección y gestión de proyectos? Puede marcar más de una respuesta.	Máster en dirección y gestión de proyectos.	
	Certificación PMI.	
	Certificación IPMA.	
	Otros títulos, certificados o cursos de formación.	
	Sin formación en dirección y gestión de proyectos.	
Pregunta 5. En término medio, ¿cuál es la <u>magnitud de los proyectos</u> en los que usted ha participado hasta la fecha?	Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).	
	Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).	
	Duración alta (> 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).	
	Duración alta (> 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).	
Pregunta 6. En los proyectos en los que usted ha participado hasta el momento, ¿en qué grado éstos terminan <u>dentro de los límites de plazo previstos</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
	Siempre.	
Pregunta 7. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado éstos finalizan <u>dentro de los límites presupuestarios previstos</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
	Siempre.	
Pregunta 8. En general, una vez terminados los proyectos, ¿los productos o servicios obtenidos satisfacen los <u>requerimientos y expectativas del cliente</u> ?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
	Siempre.	
Pregunta 9. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿la <u>dirección del equipo del proyecto</u> ha sido adecuada?	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
	Siempre.	

BLOQUE 2. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LA DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE PROYECTOS CONVENCIONAL.

Marque con una **X** su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 10. En el desarrollo de los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿ha empleado <u>listas de verificación o checklists</u> para la planificación o control de las tareas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 11. En las primeras etapas del proyecto, ¿en qué medida lleva a cabo usted un <u>análisis de las partes interesadas o stakeholders</u> (clientes, usuarios, colectivos afectados positiva o negativamente por la ejecución, etc.) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 12. ¿En qué medida emplea usted el <u>Análisis del Valor Ganado</u> (cálculo del CPTP, CPTR, CRTR, etc.) para controlar las desviaciones de plazos y de costes en un instante concreto de la ejecución del proyecto respecto a su planificación?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 13. Con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normas objetivas referidas a la gestión de la calidad y de los riesgos, ¿en qué medida se han llevado a cabo <u>auditorías</u> durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 14. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿en qué grado ha empleado usted la herramienta de <u>la Casa de la Calidad</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 15. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿de qué manera ha utilizado usted <u>diagramas de causa y efecto</u> (también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 16. ¿Con qué frecuencia utiliza usted <u>diagramas de Gantt</u> para planificar y controlar la duración del proyecto y de las actividades que lo componen?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 17. En los proyectos en los que usted ha participado, ¿en qué grado ha utilizado <u>estructuras de descomposición del trabajo</u> (o de riesgos) para determinar las tareas de menor complejidad (o las amenazas y oportunidades) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 18. Con el objetivo de llevar a cabo el control de la calidad, ¿con qué frecuencia emplea usted <u>gráficos de control</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 19. ¿En qué medida ha utilizado usted <u>técnicas de mejora de las habilidades interpersonales</u> (<i>coaching</i> , libros de autoayuda, cursos de formación, talleres, etc.), para afectar positivamente a los resultados de los proyectos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 20. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado se han empleado <u>indicadores financieros</u> (VAN, TIR, ROI, Periodo de retorno, etc.), con el objetivo de determinar la viabilidad económica de los proyectos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 21. Con el propósito de determinar qué riesgos necesitan ser atendidos con urgencia en el proyecto, ¿con qué frecuencia ha utilizado o elaborado <u>matrices de probabilidad e impacto</u> en los proyectos en los que ha participado?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 22. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿en qué medida ha empleado el <u>Método del Camino Crítico</u> (CPM) para estimar la duración mínima del proyecto y determinar las holguras en la programación de los caminos de la red del cronograma?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 23. En la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿con qué frecuencia se utilizaban <u>métodos de comunicación</u> (informes, bases de datos, llamadas telefónicas, videoconferencias, correos electrónicos, etc.)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 24. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha llevado a cabo el <u>cálculo de proyecciones y pronósticos</u> a futuro de costes y duración para controlar el estado de los mismos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 25. Durante la ejecución de los proyectos, ¿ha participado usted en <u>reuniones</u> para planificar las actividades a realizar, o para debatir y abordar acciones correctoras ante desviaciones o problemas surgidos en el desarrollo de los mismos?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 26. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha empleado <u>software específico de dirección y gestión de proyectos</u> (Microsoft Project, Oracle Primavera, Risky Project, módulo PS de SAP, Super Decisions, etc.)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 27. A la hora de tomar decisiones durante la ejecución de los proyectos, ¿ha empleado herramientas matemáticas (AHP, ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), para calcular las prioridades de las alternativas planteadas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 28. Para recopilar ideas o posibles soluciones ante un problema o dificultad aparecida, ¿en qué grado ha utilizado usted la <u>tormenta de ideas o brainstorming</u> , (de forma individual o con varios miembros del equipo)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 29. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿en qué medida ha empleado el <u>Valor Monetario Esperado</u> para cuantificar los riesgos de forma económica?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

BLOQUE 3. EMPLEO DE LAS HERRAMIENTAS Y TÉCNICAS DE LAS METODOLOGÍAS ÁGILES.

Marque con una X su respuesta en las casillas de la derecha.

Pregunta 30. Con el fin de <u>tomar decisiones consensuadas</u> en los proyectos, ¿en qué grado ha utilizado usted la técnica ágil de la <u>estimación de póker (planning poker cards)</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 31. Con el objetivo de <u>estimar la duración de las tareas</u> , ¿ha empleado usted, para ello, técnicas ágiles como la <u>estimación por numeración</u> (1, 2, 3, 4, 5, ...) o la <u>estimación por sucesión de Fibonacci</u> (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 32. Para comprobar si el ritmo de ejecución del proyecto es conforme a la planificación realizada, ¿en qué medida ha elaborado o ha utilizado usted <u>gráficos de avance</u> ?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 33. Durante la planificación del proyecto, ¿ha elaborado usted <u>gráficos de producto</u> , con el fin de mostrar visualmente la evolución (previsible, optimista y pesimista) del proyecto?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 34. Para poder controlar o minimizar los cuellos de botella en la ejecución del proyecto, ¿ha trabajado usted con limitaciones del número de actividades simultáneas en desarrollo (<u>Work In Progress, WIP</u>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Pregunta 35. Con el fin de ordenar y priorizar las actividades pendientes de ejecutar, ¿emplea usted listados o <u>pilas de trabajos pendientes</u> (<i>backlog</i> o <i>to do list</i>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 36. Tras la finalización de una fase del proyecto, ¿realiza usted <u>reuniones retrospectivas</u> con el resto de los componentes del equipo del proyecto, con el fin de analizar la forma de trabajar e identificar las fortalezas y debilidades?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 37. Antes de empezar cada jornada laboral, ¿asiste a <u>reuniones diarias</u> breves (<i>stand up meetings</i>) para establecer el plan de ejecución de ese día o resolver dudas del día anterior?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 38. Al finalizar una fase del proyecto, ¿lleva a cabo reuniones con el cliente o con las partes interesadas del proyecto para informar sobre el avance del mismo (<u>revisión del sprint</u>)?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		
Pregunta 39. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿utiliza <u>tableros visuales</u> (físicos o informatizados) para planificar la ejecución de las tareas?	No conozco esta herramienta o técnica.	
	Nunca.	
	Puntualmente.	
	En ocasiones.	
	Muy a menudo.	
Siempre.		

Encuesta sobre el uso de las herramientas y técnicas de la Dirección y Gestión de Proyectos.

Estimado/a Señor/a,

Me llamo Borja Llorens Bellón. Soy Ingeniero Químico, y actualmente estoy realizando el Trabajo Final del Máster Oficial en Dirección y Gestión de Proyectos de la Universitat Politècnica de València, tutorizado por Rosario Viñoles Cebolla, profesora del Departamento de Proyectos de Ingeniería.

El objetivo del Trabajo Final de Máster consiste en analizar el conocimiento y el uso de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos, por parte de expertos en la disciplina, para estudiar en qué medida el éxito de los proyectos depende directamente de su utilización.

Para ello, ruego responda a la siguiente encuesta, la cual se ha estructurado en tres bloques, formando un total de 39 preguntas, con una duración aproximada de 15 minutos, distribuidas de la siguiente manera.

- Bloque 1 (preguntas 1 - 9): Permite obtener el perfil profesional del encuestado y determinar el grado de éxito de los proyectos en los que ha participado.
- Bloque 2 (preguntas 10 - 29): Determina el empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.
- Bloque 3 (preguntas 30 - 39): Informa sobre el uso de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Cabe destacar que sus respuestas serán tratadas de forma confidencial y anónima.

Por favor, responda a las preguntas en este mismo formulario. Así mismo, no dude en contactar conmigo mediante la dirección de correo electrónico borjalllorens19@gmail.com en caso de duda o sugerencia.

Gracias por su colaboración.

Bloque 1. Perfil profesional.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 1. De los intervalos de edad que se muestran a continuación, ¿a cuál de ellos pertenece usted? *

- Menor o igual a 25 años.
- Entre 26 y 35 años.
- Entre 36 y 45 años.
- Entre 46 y 55 años.
- Mayor o igual a 56 años.

Pregunta 2. De los títulos universitarios que se indican a continuación, ¿cuál o cuáles posee usted (o equivalente)? Puede marcar más de una respuesta. *

- Ing. Química, Ing. Téc. Industrial esp. Química Industrial.
- Ing. Industrial, Ing. Organización Industrial, Ing. Téc. Industrial, Ing. Electrónica y Automática, Ing. Materiales.
- Ing. Caminos, Canales y Puertos, Ing. Obras Públicas.
- Ing. Telecomunicaciones, Ing. Informática.
- Arquitectura, Arquitectura Técnica.
- Otras titulaciones universitarias.

Pregunta 3. ¿Cuántos años de experiencia tiene usted como director de proyectos? *

- Menor o igual a 2 años de experiencia.
- Entre 3 y 5 años de experiencia.
- Entre 6 y 10 años de experiencia.
- Entre 11 y 20 años de experiencia.
- Más de 21 años de experiencia.

Pregunta 4. ¿Posee usted algún título o certificado relacionado con la dirección y gestión de proyectos? Puede marcar más de una respuesta. *

- Máster en dirección y gestión de proyectos.
- Certificación PMI.
- Certificación IPMA.
- Otros títulos, certificados o cursos de formación.
- Sin formación en dirección y gestión de proyectos.

Pregunta 5. En término medio, ¿cuál es la magnitud de los proyectos en los que usted ha participado hasta la fecha? *

- Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).
- Duración baja (≤ 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).
- Duración alta (> 1 año) y presupuesto bajo ($\leq 1.000.000\text{€}$).
- Duración alta (> 1 año) y presupuesto alto ($> 1.000.000\text{€}$).

Pregunta 6. En los proyectos en los que usted ha participado hasta el momento, ¿en qué grado éstos terminan dentro de los límites de plazo previstos? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 7. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado éstos finalizan dentro de los límites presupuestarios previstos? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 8. En general, una vez terminados los proyectos, ¿los productos o servicios obtenidos satisfacen los requerimientos y expectativas del cliente? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 9. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿la dirección del equipo del proyecto ha sido adecuada? *

- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Bloque 2. Empleo de las herramientas y técnicas de la dirección y gestión de proyectos convencional.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 10. En el desarrollo de los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿ha empleado listas de verificación o checklists para la planificación o control de las tareas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 11. En las primeras etapas del proyecto, ¿en qué medida lleva a cabo usted un análisis de las partes interesadas o stakeholders (clientes, usuarios, colectivos afectados positiva o negativamente por la ejecución, etc.) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 12. ¿En qué medida emplea usted el Análisis del Valor Ganado (cálculo del CPTP, CPTR, CRTR, etc.) para controlar las desviaciones de plazos y de costes en un instante concreto de la ejecución del proyecto respecto a su planificación? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 13. Con la finalidad de evaluar el cumplimiento de las normas objetivas referidas a la gestión de la calidad y de los riesgos, ¿en qué medida se han llevado a cabo auditorías durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 14. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿en qué grado ha empleado usted la herramienta de la Casa de la Calidad? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 15. Para llevar a cabo la planificación de la calidad en los proyectos, ¿de qué manera ha utilizado usted diagramas de causa y efecto (también conocidos como diagramas de Ishikawa o diagramas de espina de pescado)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 16. ¿Con qué frecuencia utiliza usted diagramas de Gantt para planificar y controlar la duración del proyecto y de las actividades que lo componen? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 17. En los proyectos en los que usted ha participado, ¿en qué grado ha utilizado estructuras de descomposición del trabajo (o de riesgos) para determinar las tareas de menor complejidad (o las amenazas y oportunidades) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 18. Con el objetivo de llevar a cabo el control de la calidad, ¿con qué frecuencia emplea usted gráficos de control? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 19. ¿En qué medida ha utilizado usted técnicas de mejora de las habilidades interpersonales (coaching, libros de autoayuda, cursos de formación, talleres, etc.), para afectar positivamente a los resultados de los proyectos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 20. En los proyectos en los que usted ha colaborado, ¿en qué grado se han empleado indicadores financieros (VAN, TIR, ROI, Periodo de retorno, etc.), con el objetivo de determinar la viabilidad económica de los proyectos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 21. Con el propósito de determinar qué riesgos necesitan ser atendidos con urgencia en el proyecto, ¿con qué frecuencia ha utilizado o elaborado matrices de probabilidad e impacto en los proyectos en los que ha participado? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 22. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿en qué medida ha empleado el Método del Camino Crítico (CPM) para estimar la duración mínima del proyecto y determinar las holguras en la programación de los caminos de la red del cronograma? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 23. En la ejecución de los proyectos en los que usted ha participado, ¿con qué frecuencia se utilizaban métodos de comunicación (informes, bases de datos, llamadas telefónicas, videoconferencias, correos electrónicos, etc.)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 24. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha llevado a cabo el cálculo de proyecciones y pronósticos a futuro de costes y duración para controlar el estado de los mismos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 25. Durante la ejecución de los proyectos, ¿ha participado usted en reuniones para planificar las actividades a realizar, o para debatir y abordar acciones correctoras ante desviaciones o problemas surgidos en el desarrollo de los mismos? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 26. En los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿ha empleado software específico de dirección y gestión de proyectos (Microsoft Project, Oracle Primavera, Risky Project, módulo PS de SAP, Super Decisions, etc.)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 27. A la hora de tomar decisiones durante la ejecución de los proyectos, ¿ha empleado herramientas matemáticas (AHP, ANP, TOPSIS, PRES, PROMETHEE, etc.), para calcular las prioridades de las alternativas planteadas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 28. Para recopilar ideas o posibles soluciones ante un problema o dificultad aparecida, ¿en qué grado ha utilizado usted la tormenta de ideas o brainstorming, (de forma individual o con varios miembros del equipo)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 29. Durante la ejecución de los proyectos en los que usted ha trabajado, ¿en qué medida ha empleado el Valor Monetario Esperado para cuantificar los riesgos de forma económica? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Bloque 3. Empleo de las herramientas y técnicas de las metodologías ágiles.

Marque su respuesta en las casillas de la izquierda.

Pregunta 30. Con el fin de tomar decisiones consensuadas en los proyectos, ¿en qué grado ha utilizado usted la técnica ágil de la estimación de póker (planning poker cards)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 31. Con el objetivo de estimar la duración de las tareas, ¿ha empleado usted, para ello, técnicas ágiles como la estimación por numeración (1, 2, 3, 4, 5, ...) o la estimación por sucesión de Fibonacci (1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, ...)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 32. Para comprobar si el ritmo de ejecución del proyecto es conforme a la planificación realizada, ¿en qué medida ha elaborado o ha utilizado usted gráficos de avance? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 33. Durante la planificación del proyecto, ¿ha elaborado usted gráficos de producto, con el fin de mostrar visualmente la evolución (previsible, optimista y pesimista) del proyecto? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 34. Para poder controlar o minimizar los cuellos de botella en la ejecución del proyecto, ¿ha trabajado usted con limitaciones del número de actividades simultáneas en desarrollo (Work In Progress, WIP)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 35. Con el fin de ordenar y priorizar las actividades pendientes de ejecutar, ¿emplea usted listados o pilas de trabajos pendientes (backlog o to do list)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 36. Tras la finalización de una fase del proyecto, ¿realiza usted reuniones retrospectivas con el resto de los componentes del equipo del proyecto, con el fin de analizar la forma de trabajar e identificar las fortalezas y debilidades? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 37. Antes de empezar cada jornada laboral, ¿asiste a reuniones diarias breves (stand up meetings) para establecer el plan de ejecución de ese día o resolver dudas del día anterior? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 38. Al finalizar una fase del proyecto, ¿lleva a cabo reuniones con el cliente o con las partes interesadas del proyecto para informar sobre el avance del mismo (revisión del sprint)? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.

Pregunta 39. Durante el desarrollo de los proyectos, ¿utiliza tableros visuales (físicos o informatizados) para planificar la ejecución de las tareas? *

- No conozco esta herramienta o técnica.
- Nunca.
- Puntualmente.
- En ocasiones.
- Muy a menudo.
- Siempre.