



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL

ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE DURACIÓN DE ACTIVIDADES EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

EMILIO ENRIQUE RODRÍGUEZ VÁSQUEZ

PROFESOR GUÍA:

ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

WILLIAM WRAGG LARCO

EDGARDO GONZÁLEZ LIZAMA

SANTIAGO DE CHILE

2016

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR
AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL
POR: Emilio Enrique Rodríguez Vásquez
FECHA: 04/03/2016
PROF. GUÍA: Sr. Alejandro Polanco Carrasco

ANÁLISIS DE METODOLOGÍAS DE ESTIMACIÓN DE DURACIÓN DE ACTIVIDADES EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

En la actualidad el proceso de planificación y programación de los proyectos ha adquirido cada vez más importancia debido al aumento de la complejidad y tamaño de los proyectos que se llevan a cabo. En este contexto, el proceso de estimación de la duración de las actividades de los proyectos comienza a ser muy relevante, ya que su optimización y la identificación de buenas prácticas pueden generar grandes beneficios en plazos y costos.

El objetivo general de este trabajo es analizar el uso, aplicabilidad y efectividad de los diferentes métodos disponibles en la literatura y utilizados en la práctica para estimar la duración de las actividades en los proyectos de Ingeniería Civil. Para cumplir los objetivos, primero se realiza un estudio de antecedentes teóricos desde distintas fuentes bibliográficas para determinar el nivel de conocimiento e información disponible sobre las metodologías de estimación de duración de actividades en proyectos. Para obtener información del estado del arte en cuanto al proceso de estimar la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil en Chile, se desarrolla una encuesta a profesionales y una entrevista a expertos en el rubro. Luego se realiza un diagnóstico de los métodos de estimación mediante un análisis cualitativo de los resultados obtenidos y finalmente se formulan recomendaciones y buenas prácticas para mejorar el proceso de estimación de la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil.

Como principales conclusiones, se descubre que existe poco conocimiento y utilización de los Métodos de Estimación Análoga, Paramétrica, Ascendente, por Tres Valores, entre otros; se comprueba que las desviaciones de las duraciones de las actividades tienen una influencia importante tanto en la duración como en el costo total de un proyecto; se logran determinar también las actividades con mayor desviación en 3 proyectos específicos, siendo en Proyectos de Edificación en Altura la Ejecución de las terminaciones, para Proyectos de Túnel de Metro se comprueba una variación homogénea de la duración de las actividades y para Proyectos de Autopista se observa una mayor variación en las actividades de Movimientos de tierra y Ejecución de obras posteriores. Este estudio, el cual fue principalmente cualitativo, permite generar evidencias e información pública de la utilidad de cada método y del estado del arte en materia de Planificación y Programación de Proyectos de Ingeniería Civil en Chile.

Dedicatoria

*A mis padres, hermanas y sobrina,
a mis familiares y amigos.*

Agradecimientos

A mi profesor guía Sr. Alejandro Polanco Carrasco, por permitirme la oportunidad de realizar este tema de memoria, por su gran motivación, sabiduría, buenos consejos y disponibilidad durante todo este proceso.

A Francisco Flores por sus consejos al inicio de este proceso y ayuda en la elaboración y distribución de la encuesta, a mis profesores co-guía e integrante, a los profesores que me aconsejaron y a cada una de las personas que colaboraron de alguna forma en la elaboración de este trabajo.

A cada uno de los profesionales que aportaron con sus valiosos conocimientos y experiencias respondiendo las encuestas y entrevistas.

A mis amigos de Linares y a mi grupo de amigos CiBilis de la universidad, por brindarme su amistad durante todos estos años.

A mi familia y familiares que forman parte de mi vida y son un apoyo incondicional.

A todas y cada una de las personas con las que he compartido y me han dejado gratos recuerdos.

TABLA DE CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	MOTIVACIÓN.....	1
1.2	CONTEXTO.....	2
1.3	OBJETIVOS	3
1.3.1	Objetivos Generales.....	3
1.3.2	Objetivos Específicos	3
1.4	METODOLOGÍA.....	4
1.4.1	Estudio de Antecedentes Teóricos.....	4
1.4.2	Desarrollo de Herramientas de Diagnóstico y Estudio.....	5
1.4.3	Diagnóstico del uso de Métodos de Estimación de Duraciones y Prácticas.....	5
1.4.4	Formulación de Recomendaciones.....	6
1.5	RESULTADOS ESPERADOS.....	6
2	ESTUDIO DE ANTECEDENTES TEÓRICOS	7
2.1	PROCESO DE ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES.....	7
2.1.1	Variables requeridas para la estimación de las duraciones.....	9
2.1.2	Métodos de estimación de duración de las actividades	15
2.1.3	Análisis comparativo de los métodos de estimación	27
2.2	ACTIVIDADES TÍPICAS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL	30
2.2.1	Actividades típicas en Proyectos de Edificación en Altura	30
2.2.2	Actividades típicas en Proyectos de Túnel de Metro	33
2.2.3	Actividades típicas en Proyectos de Autopista.....	35
2.3	RELACIÓN DE LA DURACIÓN DE UN PROYECTO Y SUS COSTOS	37
2.3.1	Relación duración – costo directo	37
2.3.2	Relación duración – costo indirecto	38
2.3.3	Relación duración – costo total	39
3	DESARROLLO HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO	40
3.1	DESARROLLO ENCUESTA A PROFESIONALES.....	41
3.1.1	Objetivos de la encuesta	41
3.1.2	Estructura de la encuesta	41
3.1.3	Preguntas de la encuesta.....	42
3.2	DESARROLLO ENTREVISTA A EXPERTOS	45
3.2.1	Objetivos de la entrevista	45
3.2.2	Estructura de la entrevista	45
3.2.3	Preguntas de la entrevista	46

4	<i>DIAGNÓSTICO DEL USO DE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE DURACIONES Y PRÁCTICAS</i>	47
4.1	RESULTADOS ENCUESTA A PROFESIONALES	47
4.1.1	Caracterización del profesional	47
4.1.2	Grado de conocimiento, utilización de los métodos y prácticas.....	51
4.1.3	Grado de influencia e importancia de factores asociados a la estimación.....	59
4.1.4	Incidencia de las estimaciones en la duración y costo total de un proyecto.....	62
4.1.5	Buenas prácticas recomendadas por los profesionales	67
4.1.6	Variabilidad de la duración estimada de las actividades en proyectos específicos	70
4.2	RESULTADOS ENTREVISTA A EXPERTOS.....	73
4.2.1	Caracterización del experto	73
4.2.2	Métodos de estimación y control.....	74
4.2.3	Dificultades, factores de éxito y fracaso.....	76
4.2.4	Influencia y relación plazos – cliente, subcontratos, costos, productividad.....	79
4.2.5	Comentarios adicionales, finalización.....	83
5	<i>ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</i>	84
5.1	ANÁLISIS ENCUESTA A PROFESIONALES	84
5.1.1	Caracterización del profesional	84
5.1.2	Grado de conocimiento, utilización de los métodos y prácticas.....	84
5.1.3	Grado de influencia e importancia de factores asociados a la estimación.....	86
5.1.4	Incidencia de las estimaciones en la duración y costo total de un proyecto.....	87
5.1.5	Buenas prácticas recomendadas por los profesionales	88
5.1.6	Variabilidad de la duración estimada de las actividades en proyectos específicos	91
5.2	ANÁLISIS ENTREVISTA A EXPERTOS.....	92
5.2.1	Caracterización del experto	92
5.2.2	Métodos de estimación y control.....	92
5.2.3	Dificultades, factores de éxito y fracaso.....	93
5.2.4	Influencia y relación plazos – cliente, subcontratos, costos, productividad.....	96
5.2.5	Comentarios adicionales, finalización.....	97
6	<i>RECOMENDACIONES PRÁCTICAS</i>	98
7	<i>CONCLUSIONES FINALES</i>	102
8	<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	104

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Metodologías de Estimación	8
Tabla 2: Tabla comparativa Métodos de Estimación	28
Tabla 3: Tabla comparativa Métodos de Estimación (continuación)	29
Tabla 4: Preguntas incluidas en la encuesta	42
Tabla 5: Preguntas incluidas en la encuesta (continuación 1)	43
Tabla 6: Preguntas incluidas en la encuesta (continuación 2)	44
Tabla 7: Preguntas incluidas en la entrevista	46
Tabla 8: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales	67
Tabla 9: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales (continuación 1)	68
Tabla 10: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales (continuación 2)	69
Tabla 11: Caracterización de los encuestados	73
Tabla 12: Métodos de estimación y control (parte 1)	74
Tabla 13: Métodos de estimación y control (parte 2)	75
Tabla 14: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 1)	76
Tabla 15: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 2)	77
Tabla 16: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 3)	78
Tabla 17: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 1)	79
Tabla 18: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 2)	80
Tabla 19: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 3)	81
Tabla 20: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 4)	82
Tabla 21: Comentarios adicionales, finalización	83
Tabla 22: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados	88
Tabla 23: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados (continuación 1)	89
Tabla 24: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados (continuación 2)	90
Tabla 25: Recomendaciones prácticas	98
Tabla 26: Recomendaciones prácticas (continuación 1)	99
Tabla 27: Recomendaciones prácticas (continuación 2)	100
Tabla 28: Recomendaciones prácticas (continuación 3)	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Metodología de trabajo	4
Figura 2: Nivel de interacción de los Procesos de un Proyecto	7
Figura 3: Estructura de Desglose de Recursos	13
Figura 4: Relación duración - costo directo de una actividad	37
Figura 5: Relación duración - costo indirecto de una actividad	38
Figura 6: Relación duración - costo total de una actividad	39
Figura 7: Estructura Encuesta y Entrevista	40
Figura 8: Estructura de la encuesta a profesionales	42
Figura 9: Estructura de la entrevista a expertos	45
Figura 10: Profesión de los encuestados	47
Figura 11: Tipo de proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados	48
Figura 12: Sector de los proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados	48
Figura 13: Duración aproximada de los proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados	49
Figura 14: Tamaño de la empresa (cantidad de personas) en la que se desempeñan los encuestados	49
Figura 15: Función en la que poseen mayor experiencia los encuestados	50
Figura 16: Años de experiencia de los encuestados	50
Figura 17: Frecuencia con que los encuestados realizan la estimación de la duración de las actividades durante un proyecto.....	51
Figura 18: Métodos de estimación de duraciones conocidos por los encuestados.....	52
Figura 19: Métodos de estimación de duraciones más utilizados por los encuestados	53
Figura 20: Nivel de detalle usual de las variables requeridas para la estimación de la duración de las actividades al inicio y durante la ejecución de un proyecto	54
Figura 21: Existencia de estándar o guía para estimar la duración de las actividades en las empresas en las que se desempeñan los encuestados	55
Figura 22: Existencia de una actualización constante de la metodología para estimar la duración de actividades en las empresas que poseen un estándar o guía.....	55
Figura 23: Existencia de bases de datos en la empresa con información histórica sobre la duración de las actividades de proyectos realizados	56
Figura 24: Encargado de realizar estimaciones de las duraciones de actividades al inicio de un proyecto en las empresas en las que se desempeñan los encuestados	56
Figura 25: Se considera la opinión durante la estimación de la duración de las actividades de quienes ejecutan las actividades	57

Figura 26: Comunicación detallada de las estimaciones de la duración de las actividades a quienes posteriormente las ejecutan	57
Figura 27: Forma de estimar la duración de las actividades realizadas por subcontratistas	58
Figura 28: Importancia asignada por los encuestados a las distintas fuentes de información.....	59
Figura 29: Importancia asignada por los encuestados a algunas características asociadas a los métodos de estimación	60
Figura 30: Influencia asignada por los encuestados a algunos factores que implican retraso en la duración estimada de las actividades	61
Figura 31: Atrasos en un proyecto debido a estimación inicial deficiente de la duración de las actividades.....	62
Figura 32: Sobrecostos en un proyecto debido a estimación inicial deficiente de la duración de las actividades.....	62
Figura 33: Porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado la duración total estimada inicialmente.....	63
Figura 34: Porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado el costo total estimado inicialmente.....	63
Figura 35: Variación de la duración total de proyectos sobre estimaciones iniciales en empresas con y sin estándar de estimación.....	64
Figura 36: Variación del costo total de proyectos sobre estimaciones iniciales en empresas con y sin estándar de estimación	64
Figura 37: Influencia del mandante o cliente sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente	65
Figura 38: Influencia de la aplicación de una metodología Fast Track en un proyecto sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente.....	66
Figura 39: Influencia de bonos y multas sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente	66
Figura 40: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Edificación en Altura ...	70
Figura 41: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Túnel de Metro.....	71
Figura 42: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Autopista.....	72

1 INTRODUCCIÓN

1.1 MOTIVACIÓN

Los proyectos de Ingeniería Civil a lo largo de los años han experimentado cambios significativos en su filosofía de gestión y control. Durante mucho tiempo se priorizó el control por sobre la planificación, lo cual sin embargo no ha sido efectivo, resultando en cambios constantes en el programa del proyecto durante la ejecución del mismo por situaciones inesperadas o no previstas, debido a una deficiente o incompleta planificación inicial. Ese enfoque ha evolucionado a la situación actual, que está orientada fuertemente a la planificación y mejoramiento continuo, permitiendo disminuir y mitigar los riesgos propios de la ejecución de los proyectos, lo cual puede hacer la diferencia entre el fracaso o éxito.

El desarrollo de los proyectos experimenta constantes mejoras gracias a nuevas tecnologías y materiales que permiten acelerar ciertos procesos constructivos y también a métodos de gestión que permiten la realización de proyectos de forma más efectiva y eficiente. Entre los múltiples beneficios que genera lo anterior, se encuentra la oportunidad de disminuir los plazos de ejecución. Para hacer esto posible es fundamental aplicar las mejores prácticas durante los procesos de inicio, planificación, ejecución, monitoreo – control y cierre de los proyectos.

En este mismo contexto, el conocimiento de las características de los métodos usados, para estimar la duración de las actividades en los proyectos, resulta ser esencial para su correcta planificación. Por lo tanto un estudio en detalle para determinar las ventajas y desventajas que tiene cada método, así como determinar el más adecuado a las características de cada proyecto y actividades específicas, se hace muy necesario y valioso para el desarrollo de proyectos de Ingeniería y Construcción.

1.2 CONTEXTO

Durante la fase de planificación de un proyecto, uno de los procesos que se lleva a cabo para desarrollar el cronograma es la estimación de la duración de las actividades a ejecutar. El objetivo de realizar estas estimaciones es determinar de la forma más precisa y exacta posible la duración que tendrá realmente una actividad al ser ejecutada. Para lograr lo anterior, es necesario considerar las variables que más influyen en el tiempo de ejecución, con el fin de disminuir los riesgos y eventos inesperados durante el proceso de ejecución de las obras. Es importante evitar sobrestimar y subestimar la duración de una actividad, ya que esto afecta finalmente la estimación de la duración total de un proyecto y su costo.

En general, la estimación de la duración de las actividades es realizada de manera determinística y conservadora por el Programador o Ingeniero a cargo, debido principalmente a:

- Simplicidad en el uso de un método determinístico, duración promedio.
- Falta de mayor información: Situación que a menudo se torna habitual en la etapa de planificación de los proyectos.
- Falta de investigación y conocimiento de los distintos métodos existentes para estimar las duraciones de las actividades.

Como complemento a lo anterior, se han identificado malas prácticas durante la estimación de la duración de actividades, como por ejemplo:

- Considerar tiempos menores a los que realmente pueden ser, con el fin de ganar una licitación.
- Subestimar los riesgos asociados a las labores que se ejecutan, al no dedicar tiempo suficiente en la etapa de planificación.
- Sobrestimar ciertas duraciones para tener más holguras en la ejecución.
- Ignorar el hecho de que cada proyecto es único e irrepetible, y por lo tanto las variables a considerar para realizar estimaciones podrían ser distintas en proyectos que a simple vista podrían parecer similares.

Todas las anteriores son prácticas que deberían ser erradicadas o eliminadas, con el fin de:

- Generar bancos de datos con información fidedigna sobre la duración de las actividades en proyectos con características similares.
- Determinar de manera clara las variables que afectan la duración de las actividades.

- Evitar generar programas de obra que queden obsoletos tempranamente debido a estimaciones de duraciones deficientes y que no se ciñen a la realidad.

Analizar en detalle los métodos de estimación de duración de actividades significa un beneficio para el proceso de planificación de proyectos en Ingeniería Civil, ya que permitiría principalmente conocer los métodos disponibles y entender mejor la aplicabilidad práctica de cada método en pos de estimar de mejor forma las duraciones de las actividades y así generar programas de obra más acordes a la realidad y experiencias previas.

En la presente memoria se analizan los diferentes métodos existentes para estimar la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil, se analiza qué tan útil y efectivo resulta cada uno y finalmente se proponen buenas prácticas para su uso y aplicación.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivos Generales

El objetivo general de esta memoria de título es analizar el uso, aplicabilidad y efectividad de los diferentes métodos disponibles en la literatura y en la práctica para estimar la duración de las actividades en los proyectos de Ingeniería Civil.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Estudiar el uso actual de las metodologías de estimación de duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil.
- Determinar las ventajas y desventajas de cada método de estimación de duración de las actividades según el tipo de proyecto y actividad típica.
- Analizar el impacto de sobrestimar o subestimar la duración de las actividades en el costo y plazo total de un proyecto.
- Proponer, de acuerdo a los resultados obtenidos, una serie de recomendaciones y buenas prácticas para realizar la estimación de la duración de las actividades en los proyectos de Ingeniería Civil.

1.4 METODOLOGÍA

A continuación (Figura 1) se resume la metodología a seguir durante el desarrollo de esta memoria de título para cumplir los objetivos propuestos.



Figura 1: Metodología de trabajo
Fuente: Elaboración Propia

1.4.1 Estudio de Antecedentes Teóricos

Mediante la recopilación de información desde distintas fuentes bibliográficas especializadas (publicaciones, libros y estudios) en planificación y dirección de proyectos se realiza un estudio detallado de los siguientes temas:

- Variables relevantes a considerar en el proceso de estimación de la duración de las actividades.
- Métodos disponibles para el proceso de estimación de la duración de las actividades, sus ventajas y desventajas.
- Actividades típicas presentes en proyectos específicos de Ingeniería Civil (Edificación en Altura, Túnel de Metro, Autopista).
- Impacto de la variación de la duración de las actividades en el costo y plazo total de un proyecto.

De esta investigación se determina el nivel de conocimiento global actual e información disponible sobre las metodologías de estimación de duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil.

1.4.2 Desarrollo de Herramientas de Diagnóstico y Estudio

Para obtener información del estado del arte en cuanto al proceso de estimar la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil en Chile, se desarrollan las siguientes herramientas de diagnóstico y estudio:

- Encuesta a profesionales Ingenieros en distintos proyectos de Ingeniería Civil, en contratos privados y públicos.
- Entrevista a profesionales Ingenieros expertos, con vasta experiencia en proyectos de Ingeniería y Construcción.

La encuesta y entrevista a los profesionales se realizan con el objetivo de determinar los siguientes elementos específicos relevantes para este trabajo:

- Métodos conocidos y utilizados comúnmente para estimar la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil.
- Prácticas usuales al estimar la duración de las actividades.
- Impacto de una sobre o sub estimación de las duraciones de las actividades en los costos y plazos de un proyecto.
- Ventajas y desventajas de los métodos utilizados para estimar la duración de las actividades típicas en proyectos específicos.

1.4.3 Diagnóstico del uso de Métodos de Estimación de Duraciones y Prácticas

Con la información obtenida en los acápites 1.4.1 y 1.4.2, se determina mediante un análisis cualitativo:

- Métodos conocidos y utilizados comúnmente por los profesionales.
- Prácticas usuales al estimar la duración de las actividades y buenas prácticas recomendadas por los profesionales.
- Principales fortalezas y debilidades de cada método aplicado en los distintos proyectos y sus actividades.
- Impacto de las estimaciones sobre el costo y duración total de un proyecto.

1.4.4 Formulación de Recomendaciones

Con el análisis de la información de los acápites anteriores, se genera una serie de recomendaciones para mejorar el proceso de estimación de la duración de actividades en proyectos de Ingeniería Civil.

1.5 RESULTADOS ESPERADOS

En base al análisis anterior, los resultados esperados son los siguientes:

- Obtener un informe diagnóstico del uso actual de las metodologías de estimación de duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil.
- Determinar cuáles son las metodologías más apropiadas para estimar la duración de las actividades según tipo de actividad y proyecto.
- Determinar qué tan influyente son las variaciones en las duraciones de las actividades sobre los costos directos e indirectos y plazo total de un proyecto.
- Generar un listado de buenas prácticas para realizar el proceso de estimación de duración de forma efectiva.

2 ESTUDIO DE ANTECEDENTES TEÓRICOS

En el presente capítulo se entrega una recopilación, desde distintas fuentes bibliográficas especializadas en planificación y dirección de proyectos, de la información relevante a tener en cuenta en el proceso de estimar la duración de las actividades en proyectos y que permite desarrollar los capítulos subsiguientes de este trabajo.

2.1 PROCESO DE ESTIMAR LA DURACIÓN DE LAS ACTIVIDADES

Dentro de los procesos orientados a la Dirección de Proyectos se encuentra la Planificación, en el cual se enmarca el proceso específico de estimar la duración de las actividades. (PMI, 2013) La Planificación es un proceso que se desarrolla durante todo el proyecto e interactúa con los otros grupos de procesos (Figura 2) y en particular la estimación de la duración de las actividades se actualiza constantemente a medida que se tiene información más completa y de mayor calidad sobre las variables que influyen y que son requeridas para determinar la duración óptima de las actividades.

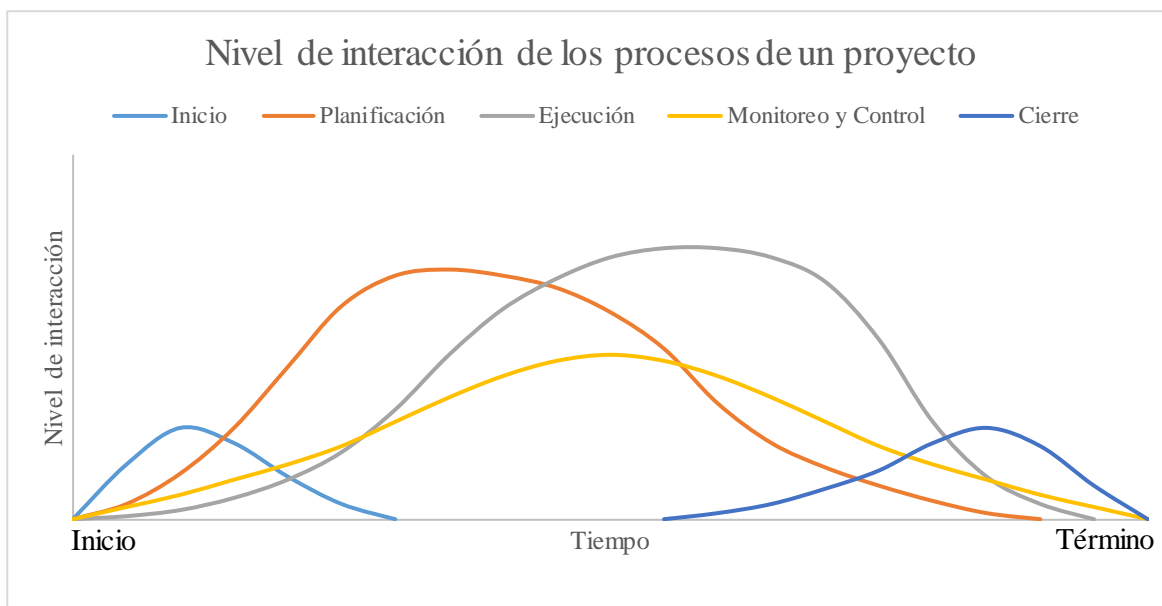


Figura 2: Nivel de interacción de los Procesos de un Proyecto
Fuente: Adaptado de PMI, 2013

Al inicio de un proyecto la información con respecto al trabajo a ejecutar es en general bastante reducida, pero a medida que transcurre el tiempo se adquiere información más detallada y de mejor calidad sobre cada una de las actividades a ejecutar, lo cual permite realizar una estimación más precisa de la duración de las actividades y por lo tanto un plan de trabajo más realista conforme avanza la ejecución del proyecto.

Existen distintas metodologías para realizar el proceso de estimar la duración de las actividades, las cuales pueden presentar ventajas y desventajas en función de diversas variantes asociadas tanto a la actividad a estimar como al contexto en el que se realiza la estimación.

Una vez determinada y aplicada la metodología para estimar la duración de una actividad es posible obtener como dato de salida el valor cuantitativo asignado a la duración de una actividad, el cual puede ser determinístico (al asignar un valor único a la duración de la actividad) o probabilístico (asignando un rango de valores dentro de los cuales podría estar el valor real de la duración de la actividad).

A través de este proceso también es posible actualizar otros documentos ligados a la duración planificada de las actividades, como la disponibilidad de recursos, costos estimados y duración total del proyecto.

Las metodologías de estimación de duración de las actividades en las que se enfoca el estudio de esta memoria de título son las 8 siguientes:

Tabla 1: Metodologías de Estimación

Nº	Metodología
1	- Juicio de Expertos.
2	- Estimación Análoga.
3	- Estimación Paramétrica.
4	- Estimación por Tres Valores.
5	- Técnicas Grupales de Toma de Decisiones: <ul style="list-style-type: none"> ○ Técnica Delphi. ○ Técnica Banda Ancha Delphi. ○ Tormenta de Ideas. ○ Técnica de Grupo Focal. ○ Técnica de Grupo Nominal.
6	- Análisis de Reservas de Tiempo.
7	- Estimación Ascendente (Bottom Up).
8	- Estimación usando Rangos de Duraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Previo a la descripción de cada uno de estos métodos se presentan las distintas variables que influyen en la estimación de la duración de las actividades y que es necesario tener en cuenta durante el proceso de estimación.

2.1.1 Variables requeridas para la estimación de las duraciones

Para estimar la duración de las actividades es necesario definir previamente algunas características del proyecto, utilizadas como punto de partida, entre las que se destacan al menos:

- Alcance del trabajo que involucra cada actividad.
- Método de ejecución de cada actividad.
- Tipo y cantidad de recursos necesarios.
- Calendario de utilización de los recursos.

Estos elementos son determinados por la persona o equipo con más experiencia en el desarrollo de cada actividad, a través de los cuales se obtienen las variables que se utilizan como información de entrada al momento de realizar la estimación. En el PMBOK® Guide (PMI, 2013) se describen las variables a tener en cuenta, las cuales se enumeran a continuación y se detallan en los acápites subsiguientes:

- Plan de Gestión del Cronograma.
- Lista de Actividades.
- Atributos de la Actividad.
- Recursos requeridos para la Actividad.
- Calendario de Recursos.
- Enunciado del Alcance del Proyecto.
- Registro de Riesgos.
- Estructura de Desglose de Recursos.
- Contexto y Características de la Empresa.
- Procedimientos e Información propios de la Empresa.

2.1.1.1 Plan de Gestión del Cronograma

El plan de gestión del cronograma es un plan que establece la forma en que se dirige el desarrollo y control del cronograma, documento dentro del cual se definen los criterios base necesarios para estimar la duración de las actividades.

El plan de gestión del cronograma puede establecer por ejemplo:

- Desarrollo del modelo de programación del proyecto: Se especifican metodologías y herramientas de planificación a utilizar para modelar las secuencias de actividades del proyecto.
- Nivel de exactitud de las estimaciones: Se especifica la exactitud aceptable de las estimaciones de duración, determinando un grado de confianza mínimo para cada estimación.
- Unidades de medida a utilizar: Se especifican las unidades de medida a utilizar, tanto para el tiempo de trabajo (semanas, días, horas), como para las cantidades de recursos (kilogramo, metros lineales, metros cúbicos).
- Relaciones entre los procedimientos de la organización y el cronograma de trabajo planificado.
- Mantenimiento del modelo de programación del proyecto: Se define el proceso a utilizar para actualizar el estado y registrar el avance del proyecto.
- Umbrales de control: Establece la variación permitida del cronograma real con respecto al cronograma oficial (línea base del tiempo), y en caso de incumplimiento se debe llevar a cabo una acción correctiva.
- Reglas para la medición de avances y desempeño.
- Formatos de los informes: Se define el formato y frecuencia de presentación de informes relativos al cronograma y avances de obra.

2.1.1.2 Lista de Actividades

La lista de actividades contiene todas las actividades a realizar y que son consistentes con la estructura de desglose del trabajo (EDT), cuya duración será estimada. Esta lista de actividades incluye además una descripción del alcance del trabajo asociado a cada una.

2.1.1.3 Atributos de la Actividad

Los atributos de la actividad son la principal entrada para la estimación de la duración, ya que proveen una descripción en detalle de cada una de las actividades a realizar. Estos atributos pueden incluir:

- Identificador de la actividad.
- Tipo de actividad.
- Descripción de actividad.
- Actividades predecesoras, sucesoras, relaciones lógicas, adelantos y retrasos.
- Requisitos de recursos.
- Fechas obligatorias, restricciones y supuestos.
- Persona responsable de ejecutar el trabajo.
- Zona geográfica o lugar donde se realiza el trabajo.
- Calendario del proyecto al que se asigna la actividad.
- Nivel de esfuerzo requerido.

Los atributos son utilizados para desarrollar el cronograma y para seleccionar, ordenar y clasificar las actividades planificadas en el cronograma según diferentes criterios.

2.1.1.4 Recursos Requeridos para la Actividad

Los recursos requeridos para la actividad indican los requisitos (cantidad, tipo y características) que deben cumplir los recursos para completar cada actividad. Mediante estos requisitos se determinan los recursos a utilizar, y la duración estimada de la actividad variará dependiendo del grado con que estos cumplen con los requisitos. Por ejemplo, si el recurso seleccionado para desarrollar una actividad tiene un bajo grado de cumplimiento de los requisitos, es esperable que la duración estimada de esta actividad sea mayor a la obtenida si se asignara otro recurso que logre un mayor grado de cumplimiento.

2.1.1.5 *Calendario de Recursos*

El calendario de recursos identifica los días y turnos de trabajo en que está disponible cada recurso. Para determinar la disponibilidad de recursos (personas, equipo y material) es necesario considerar ciertos atributos, entre los cuales destaca:

- Experiencia o habilidad del recurso.
- Período de vacaciones, horarios de trabajo y cuándo puede estar disponible.
- Ubicación geográfica desde donde proviene.
- Rendimientos, productividades.

Por ejemplo, es esperable que una persona con mayor experiencia tarde menos tiempo en realizar el mismo trabajo que una persona con menor experiencia, por lo tanto el recurso con mayor experiencia tendrá una mayor productividad a la hora de realizar esta actividad, lo cual afectará en las estimaciones de duración de actividades.

2.1.1.6 *Enunciado del Alcance del Proyecto*

El enunciado del alcance del proyecto es el documento que indica el alcance, entregables principales, supuestos y restricciones asociadas al proyecto, los cuales se deben tomar en cuenta a la hora de estimar la duración de las actividades. Permite realizar una planificación detallada y proporciona una línea base para evaluar si posibles cambios se encuentran dentro o fuera de los límites del proyecto.

El enunciado del alcance del proyecto incluye:

- Descripción del alcance del producto.
- Criterios de aceptación de entregables.
- Entregables.
- Exclusiones del proyecto.
- Restricciones o limitantes que afectan la ejecución del proyecto.
- Supuestos.

2.1.1.7 Registro de Riesgos

El registro de riesgos es un documento que incluye una lista de riesgos identificados y la respuesta potencial planificada para cada uno. Se identifican tanto los riesgos que pueden impactar positivamente como negativamente las duraciones de algunas actividades.

2.1.1.8 Estructura de Desglose de Recursos

La estructura de desglose de recursos (EDR) es una representación jerárquica de los recursos según categoría y tipo. Es utilizada para organizar y comunicar los datos del cronograma del proyecto con la información sobre la utilización de recursos.

Por ejemplo, en una Obra de Construcción, los primeros tres niveles jerárquicos de la EDR pueden estar organizados de la siguiente forma (Figura 3):

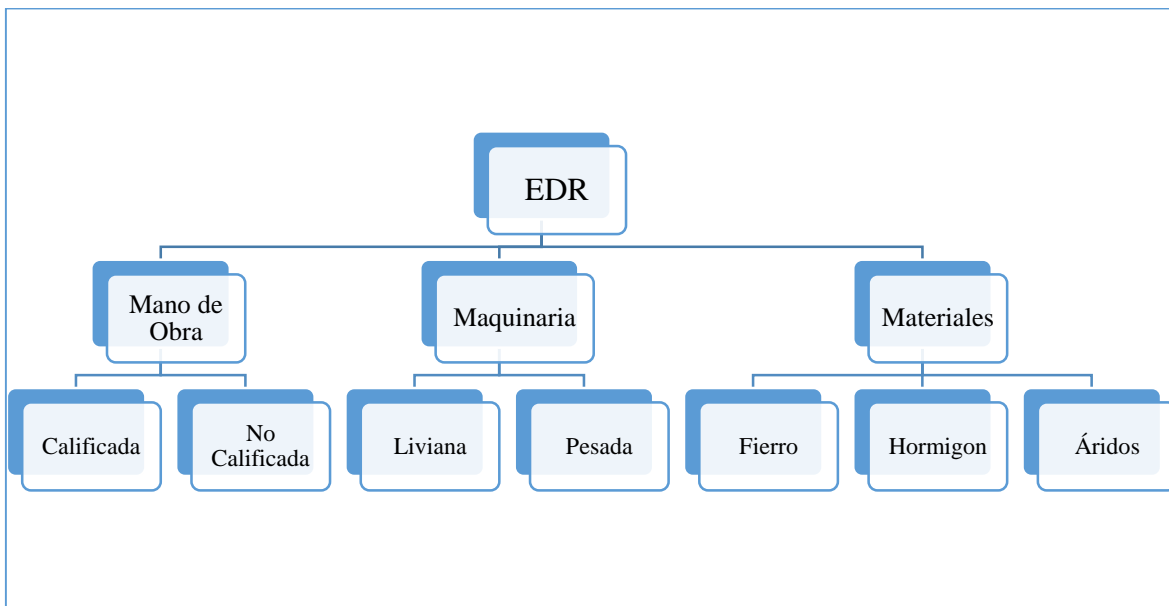


Figura 3: Estructura de Desglose de Recursos

Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.9 Contexto y Características de la Empresa

El contexto y características de la empresa (factores ambientales de la empresa) corresponden a las condiciones que influyen, restringen o dirigen el proyecto de forma positiva o negativa y que no tienen relación con el equipo del proyecto (PMI, 2013), los cuales pueden influir en el proceso de estimar la duración de las actividades. Estos factores, por lo tanto tienen que ver con:

- Cultura y estructura de la organización.
- Distribución geográfica de instalaciones y recursos.
- Estándares de la industria o gubernamentales.
- Infraestructura disponible.
- Recursos humanos disponibles.
- Métodos de administración de personal.
- Condiciones del mercado.
- Tolerancia al riesgo.
- Clima político.
- Canales de comunicación de la empresa.
- Bases de datos comerciales y técnicos.
- Sistema de información para la dirección de proyectos.

2.1.1.10 Procedimientos e Información propios de la Empresa

Son los planes, procesos, políticas, procedimientos y bases de conocimiento propios de la empresa, los cuales pueden influir en el éxito del proyecto. (PMI, 2013)

Los procedimientos e información propios de la empresa (activos de los procesos de la organización) que pueden influir en el proceso de estimar las duraciones son:

- Información histórica relativa a la duración de actividades típicas.
- Calendarios del proyecto.
- Metodología de planificación.
- Lecciones aprendidas.

2.1.2 Métodos de estimación de duración de las actividades

2.1.2.1 *Juicio de Expertos*

El juicio de Expertos es uno de los métodos más utilizados para estimar la duración de las actividades, ya que su uso requiere de pocos recursos e información, cuya precisión dependerá principalmente de la experiencia de la persona a cargo.

Forma de aplicación:

La estimación de la duración de las actividades se basa en la experiencia, conocimiento y habilidades que ha adquirido un profesional en planificación, quien estima la duración de las actividades sin realizar un cálculo previo y sólo recurriendo a la opinión de otros profesionales expertos, administradores y consultores de proyectos con experiencia previa en proyectos similares. Es una buena práctica considerar también a las personas que participarán de la ejecución de las actividades, por lo que las estimaciones pueden ser realizadas en base a la opinión de uno o varios participantes del equipo de proyecto.

Ventajas:

- Utilización de pocos recursos e información para realizar estimaciones.
- Ahorro de tiempo y costos de aplicación.
- Estimaciones realistas y alcanzables: Al obtener información a partir de la experiencia previa, éstas tienen una gran posibilidad de ser estimaciones realistas y alcanzables.

Desventajas:

- Poca disponibilidad de los expertos con mayor experiencia para realizar las estimaciones.
- No existen argumentos racionales sólidos que justifiquen las estimaciones, las cuales dependen principalmente del criterio del estimador.

Este método puede ser aplicado para estimar duraciones máximas recomendadas para las actividades en base a información sobre proyectos similares anteriores, puede ser utilizado para analizar la información disponible y así determinar los datos que son relevantes para realizar una estimación de la duración de las actividades de forma más acabada o también puede ser usado para determinar si es conveniente combinar distintos métodos con el fin de lograr una estimación de mayor calidad y precisión. Ha sido considerado particularmente útil en áreas con reducida información empírica disponible, cuando las estimaciones son complejas o en problemas poco conocidos.

Ejemplo:

Para realizar la estimación de la duración de la actividad “Construcción de losas” en un Proyecto de Edificación en Altura la persona experta a cargo de la estimación, con experiencia en otros proyectos anteriores del mismo tipo, estima que la duración será similar a la que esta misma actividad tuvo en un proyecto anterior específico, descartando las otras opciones, utilizando como criterio la similitud que el estimador considera que existe entre el proyecto actual y el elegido, razón por la cual asigna la misma duración a la actividad en el proyecto actual.

2.1.2.2 *Estimación Análoga*

Esta metodología consiste en estimar la duración de las actividades utilizando como base de información datos históricos de proyectos anteriores similares, tales como duración real, presupuesto, tamaño, carga y complejidad.

Forma de aplicación:

Pocos proyectos tienen exactamente el mismo tamaño y complejidad, por lo que al utilizar este método, la estimación debe ajustarse hacia arriba o abajo para dar cuenta de las diferencias conocidas entre los proyectos. Además, la selección de proyectos que son similares y la cantidad de ajuste necesario dependen del criterio de la persona que realiza la estimación, lo cual hace que la experiencia sea un factor importante a la hora de estimar.

Ventajas:

- Bajo costo y además requiere menos tiempo que otras técnicas, ya que es menos compleja.
- Se puede aplicar a un proyecto en su totalidad o a partes del mismo y se puede utilizar en conjunto con otros métodos de estimación, como por ejemplo el juicio de expertos.
- Cabe destacar que la precisión de las estimaciones aumentará en la medida que aumente la similitud entre las actividades a estimar con las de los datos históricos y exista un equipo con la experiencia necesaria.

Desventajas:

- Las estimaciones realizadas son menos exactas que otros métodos.
- Requiere de información histórica de proyectos similares anteriores.

El método de estimación análoga se emplea a menudo para estimar la duración de las actividades de un proyecto cuando se tiene información detallada limitada, como es el caso en las fases iniciales del mismo.

Ejemplo:

En un Proyecto de Autopista, para estimar la duración de la actividad “Colocación de capas granulares”, el encargado de realizar la estimación dispone de información histórica sobre algunas características de las actividades en Proyectos Autopista, como la duración, cantidad de recursos y complejidad. En base a las características anteriores el experto selecciona el proyecto más parecido al proyecto actual y como criterio de estimación considera una relación directa entre la duración de la actividad “Colocación de capas granulares” y la cantidad de metros cúbicos totales de material granular utilizados en esta actividad. Gracias a que son conocidos los metros cúbicos de capas granulares tanto en el proyecto seleccionado como en el actual y también es conocida la duración de la actividad en el proyecto seleccionado, es posible determinar la duración de la actividad en el proyecto actual.

2.1.2.3 Estimación Paramétrica

La estimación paramétrica es un método más preciso que los métodos anteriores y además es simple de utilizar. Consiste en aplicar un algoritmo para calcular la duración de una actividad, usando relaciones estadísticas entre datos históricos y parámetros propios del proyecto.

Forma de aplicación:

En base a información histórica de proyectos similares anteriores se genera un modelo que entrega como salida una estimación de la duración de una actividad en función de ciertos parámetros que caracterizan el proyecto.

Ventajas:

- Es posible obtener gran exactitud, dependiendo de la sofisticación y de los datos que utilice el modelo.

Desventajas:

- Un prerrequisito para utilizar este método es la existencia de experiencia previa en actividades similares y es necesario el desarrollo de un modelo predictivo a partir de dicha experiencia.

Si se recopila una cantidad razonable de información de proyectos anteriores sobre el esfuerzo real para realizar una actividad similar a la del proyecto actual, es posible determinar la media de las duraciones de esos proyectos anteriores y usarlo para estimar la duración de la actividad del proyecto actual.

Ejemplo:

Un modelo simple de estimación paramétrica de la duración de una actividad consiste en la multiplicación de la cantidad de trabajo a realizar por la duración histórica del trabajo, mientras que uno más complejo puede añadir más variables de entrada, como por ejemplo superficie total a construir, tipo y cantidad de recursos a utilizar, método de ejecución de las obras, entre otros. El estimador además puede desarrollar un modelo basado en lecciones aprendidas en proyectos anteriores y existen factores, como complejidades ambientales, técnicas o riesgos asociados al proyecto, que pueden ser aplicados en la estimación.

2.1.2.4 Estimación por Tres Valores

Este método de estimación mejora la exactitud de las estimaciones, ya que considera la incertidumbre y riesgos asociados a la ejecución del proyecto.

Forma de aplicación:

Se basa en el método PERT (Program Evaluation and Review Technique) y utiliza una distribución de probabilidad en base a información estadística para calcular el valor esperado de la duración de una actividad, basado en un promedio ponderado de tres estimaciones de la duración de la actividad: optimista, pesimista y más probable.

- Más probable (tM): Considera expectativas realistas de disponibilidad de recursos, interrupciones y dependencias de otros participantes.
- Optimista (tO): Considera expectativas optimistas (el mejor escenario) para la duración estimada de la actividad.
- Pesimista (tP): Considera expectativas pesimistas (el peor caso) para la duración estimada de la actividad.

Dependiendo de la distribución de probabilidad asumida, se calcula la duración esperada (tE). Entre las más usadas se encuentran las distribuciones beta y triangular:

- Distribución Triangular: $tE = (tO + tM + tP) / 3$
- Distribución Beta (técnica PERT tradicional): $tE = (tO + 4tM + tP) / 6$

Ventajas:

- Las duraciones estimadas por tres valores con una distribución determinada proporcionan una duración esperada y despejan el grado de incertidumbre sobre la duración esperada.
- Esta técnica también puede permitir normalizar datos un tanto subjetivos y regular la tendencia a estimaciones excesivamente optimistas. Además, mediante este método es posible determinar el nivel de incerteza asociado a una estimación y así asignar posibles holguras en el cronograma.
- Otra de las ventajas de este método es que provee límites esperados entre los que se espera que esté la duración real de una actividad.

Desventajas:

- Una de las principales desventajas de este método es que toma más trabajo, ya que se deben utilizar tres estimaciones de las duraciones.

2.1.2.5 Técnicas Grupales de Toma de Decisiones

Las técnicas grupales de toma de decisiones se utilizan para realizar estimaciones de duración de actividades más exactas en etapas tempranas de proyectos o en proyectos complejos, debido a que consideran la opinión de un grupo de expertos con experiencia previa en las distintas actividades a realizar, por lo que se podrían considerar técnicas pertenecientes al método juicio de expertos, diferenciadas por la forma en que se aplica cada una.

Durante el proceso de estimación usando técnicas grupales de toma de decisiones, la participación de los profesionales que luego ejecutarán las actividades permite involucrarlos con el proyecto desde etapas tempranas, lo que mejora el compromiso del equipo por lograr resultados positivos y permite obtener información adicional, mejorando la precisión de las estimaciones.

Dentro de las técnicas grupales de toma de decisiones, las más usadas son las siguientes, las cuales se describen a continuación:

- Técnica Delphi.
- Técnica Banda Ancha Delphi.
- Tormenta de Ideas.
- Técnica de Grupo Focal.
- Técnica de Grupo Nominal.

2.1.2.5.1 Técnica Delphi

Esta técnica es aplicada en diferentes ámbitos de gestión y utiliza como fuente de información a un grupo de personas de las que se supone un conocimiento elevado en planificación de proyectos y de las actividades a estimar. Existe un moderador, el cual es responsable de recoger las respuestas del panel y preparar los cuestionarios.

Mediante cuestionarios sucesivos se recogen las opiniones de los expertos y se retroalimenta a los participantes, lo que permite obtener una convergencia de opiniones luego de algunas rondas y finalmente se logra un consenso de expertos, en donde se indica de forma estadística las opiniones de los participantes y el grado de acuerdo obtenido. Esto también permite perfeccionar los cuestionarios en cada ronda, con el fin de obtener mejores resultados.

Una de las características esenciales de este método es que no existe interacción directa entre los participantes, ya que las respuestas a los cuestionarios se realizan de forma individual y son anónimas, lo que permite aceptar u oponerse a las opiniones de los demás participantes sin prejuicios ni influencias como la reputación, experiencia u otros factores no deseados que implica el debate cara a cara entre las personas. Esto también permite que los participantes puedan cambiar de opinión a medida que conocen otros argumentos o al darse cuenta de suposiciones erróneas, sin que esto suponga una pérdida de credibilidad en sus futuras opiniones.

Forma de aplicación:

- Se realiza un cuestionario inicial, usualmente basado en información obtenida de la literatura especializada, con el fin de obtener la información de partida necesaria. Luego se realiza una síntesis estadística de las respuestas obtenidas.
- Se realiza un segundo cuestionario, adjuntando los resultados estadísticos del cuestionario anterior, para que los expertos puedan analizar las respuestas de los otros participantes y eventualmente cambiar su opinión.
- Luego se identifican las respuestas que difieren en extremo con las del grupo y se genera un tercer cuestionario que permita obtener una explicación en detalle de los argumentos por los cuales existen estas diferencias.
- Se realiza un cuarto cuestionario para retroalimentar a los participantes con las respuestas anteriores y se genera un informe final con las respuestas.

Eventualmente pueden existir variaciones en la cantidad de rondas de cuestionarios, según los resultados que se van obteniendo.

Ventajas:

- Los resultados obtenidos, que comienzan como opiniones subjetivas, terminan siendo un consenso entre expertos en un tema, lo cual permite llegar a conclusiones válidas y que se ajustan a la realidad.
- Permite obtener respuestas de participantes geográficamente alejados, lo que permite además obtener diversos puntos de vista, lo que genera mayor valor a los resultados obtenidos.

Desventajas:

- Es necesario invertir una mayor cantidad de tiempo para la elaboración y obtención de respuestas de los sucesivos cuestionarios para obtener resultados satisfactorios a diferencia de otros métodos no grupales.
- Es necesaria una gran motivación de parte del equipo participante, para prevenir abandonos tempranos o durante el estudio.
- Es necesaria habilidad en la expresión escrita.
- Podría existir un grupo demasiado heterogéneo, el cual no pueda alcanzar un consenso.
- El anonimato en las respuestas podría reducir la sensación de responsabilidad personal por el producto final.
- No existe un criterio universal para determinar cuándo existe consenso y por lo tanto el estudio puede finalizar exitosamente, lo que podría mermar la validez de los resultados.

2.1.2.5.2 Técnica Banda Ancha Delphi

Esta técnica se utiliza en diferentes ámbitos de gestión y posee las mismas características de la técnica Delphi, con variaciones en la forma de aplicación:

- Se realiza un cuestionario inicial, usualmente basado en información obtenida de la literatura especializada o basado en una serie de preguntas abiertas realizadas previamente con el fin de obtener la información de partida necesaria para generar el cuestionario. Luego se realiza una síntesis de las respuestas obtenidas, en donde se manejan los resultados de forma estadística.
- Se reúne a los participantes para entregar los resultados del primer cuestionario y para que intercambien puntos de vista acerca del tema en cuestión, divergencias de opinión y variables consideradas, además de identificar los argumentos de los participantes que entregan resultados que difieren considerablemente de los demás.

- Luego, se realiza un segundo cuestionario basado en las respuestas del cuestionario anterior, donde cada participante responde el cuestionario de manera anónima.
- Se reúne nuevamente al grupo para una nueva discusión.
- Se repiten los dos últimos pasos anteriores hasta alcanzar una convergencia en las respuestas de los expertos y se genera un informe final.

Las ventajas y desventajas de este método son las mismas que las de la Técnica Delphi, a excepción de las presentadas a continuación. La mayor diferencia entre estos métodos es la forma de aplicación.

Ventajas:

- Además de las ventajas de la técnica Delphi, la técnica Banda Ancha Delphi permite explicar de forma verbal las ideas de cada participante, lo cual puede beneficiar en la correcta transmisión del punto de vista del participante al grupo o mejorar el entendimiento de los participantes con menor expresión escrita y mejor expresión oral.

Desventajas:

- Al existir interacción directa entre participantes, la edad, autoridad y otras características físicas de quienes argumentan podrían influir en las decisiones que tomen los demás participantes del grupo, lo que podría implicar una desviación de los resultados.

2.1.2.5.3 Tormenta de Ideas

La tormenta de ideas es una técnica aplicada en diferentes ámbitos de gestión y donde un equipo de trabajo discute sobre un tema específico, en el que todos los individuos sugieren ideas las cuales luego pueden ser consideradas y discutidas por el grupo, lo cual permite eliminar la presión social existente al emitir una opinión que podría no ser compartida por otros integrantes del grupo. En algunos casos se registran todas las sugerencias, mientras que en otros se registran sólo las que el grupo considera más importantes.

El objetivo de la tormenta de ideas es obtener una lista que considere la mayor cantidad de variables, o las más importantes, que afectan en la estimación de la duración de actividades.

Existe un moderador, el cual lidera la sesión, durante la cual se pueden generar ideas de forma abierta o de manera estructurada usando técnicas de entrevista masiva.

Durante la etapa de generación de ideas, éstas no se juzgan sino que los participantes son animados a proponer ideas razonables o incluso creativas sin miedo a reproche, ya que una vez terminada esta etapa se continúa con la etapa de discusión.

Forma de aplicación:

- Primero se genera una instancia de generación de ideas, en la cual existe la libertad para que los integrantes del equipo propongan ideas con respecto al tema objetivo. Una buena práctica es que cada integrante genere una lista con ideas de forma individual, las cuales luego son propuestas al grupo.
- Luego de obtener una cantidad razonable de ideas, comienza la etapa de discusión, en la cual se filtran las ideas propuestas mediante criterios generalmente predefinidos y conocidos por todos los integrantes de la sesión.
- Se categorizan las ideas según orden de importancia y posibilidad de ocurrencia, para determinar las más relevantes y llegar a un resultado final.

Ventajas:

- Al ser una técnica estructurada y sin interacción directa entre los participantes, permite la exposición de las ideas de cada uno, lo que reduce el filtro de lo que se habla y permite exponer ideas incluso novedosas, a diferencia de lo que puede ocurrir al haber interacción directa.

Desventajas:

- Es una técnica que consume mayor tiempo que otras técnicas no grupales.
- Requiere de un gran control por parte del moderador para mantener un orden en las intervenciones de los participantes.

2.1.2.5.4 Técnica de Grupo Focal (Focus Group)

Esta técnica es aplicada en diferentes ámbitos de gestión y se utiliza para ayudar a un equipo de trabajo a tomar decisiones de forma eficiente y alcanzar sus objetivos, permitiendo establecer el por qué y cómo aplicar ciertas decisiones e ideas a través de una entrevista grupal guiada.

Forma de aplicación:

- Durante la sesión, el director de proyecto o moderador puede preguntar a cada uno de los miembros del equipo su opinión sobre el tema de interés, haciendo preguntas previamente definidas y preguntas que surjan durante la sesión que puedan ser importantes. También puede haber instancias de discusión grupal mientras se

registran las opiniones de cada experto, con el fin de alcanzar un mayor grado de convergencia de opiniones.

- Luego de este espacio de discusión, a pesar de que es imposible llegar a una respuesta unánime en la mayoría de los grupos focales, los participantes reconocen las ideas que pueden llegar a ser importantes y generalmente emerge una idea en común.

Esta técnica funciona de mejor forma cuando es usada por un grupo que ha trabajado junto anteriormente, en donde existe respeto mutuo, ambición por lograr los objetivos propuestos y que estén dispuestos a apoyar las ideas de otros integrantes que puedan resultar más beneficiosas para el proyecto. Es por lo anterior que en un grupo en el cual no existe la confianza necesaria, la técnica de grupo focal podría no ser efectiva.

Ventajas:

- Se tienen respuestas de personas que están calificadas para hablar del tema siendo una experiencia muy enriquecedora para desarrollar el trabajo.
- En base a la experiencia de los participantes del grupo focal se pueden definir mejoras en los procesos utilizados para llevar a cabo el trabajo en cuestión.

Desventajas:

- No es tan profundo, ya que da una aproximación de la situación pero no es completamente certera, debe ser apoyada por otro tipo de estudios.
- El entrevistador o moderador puede afectar en forma parcial el resultado del focus group.

2.1.2.5.5 Técnica de Grupo Nominal

Esta técnica es aplicada en diferentes ámbitos de gestión y su principal propósito es generar y clasificar ideas, además es considerada una técnica que mejora a la tormenta de ideas gracias a un sistema de votación y un proceso matemático para jerarquizar las ideas.

A diferencia de la técnica de grupo focal, en el grupo nominal el equipo se encuentra altamente controlado por un moderador, el cual puede ser un experto en el tema o que tenga credibilidad entre los participantes, con el fin de obtener un gran número de conclusiones y se evita la discusión entre los participantes, lo que permite equilibrar la participación de los integrantes al momento de expresar sus ideas.

La orientación de la discusión no varía durante la sesión y está limitada a un solo tema objetivo, en la cual se anima a los participantes a compartir su punto de vista, el cual está limitado por el fin de generar una idea explícita y estructurada.

Forma de aplicación:

- Se formula y presenta una pregunta, asegurándose que es comprendida por todos los integrantes del equipo.
- Se generan ideas por escrito individualmente y de forma anónima.
- Se leen y anotan las ideas de manera que todos los participantes las conozcan.
- Se explican las ideas aportadas y se aclaran posibles dudas.
- Se realiza una votación individual para priorizar las ideas según importancia y se llega a una respuesta grupal donde la idea con una mayor puntuación es la elegida como la más importante.

Ventajas:

- Existe un gran control de las interacciones, lo que facilita el flujo de ideas sin interrupciones ni debates y se evita la desviación del objetivo principal.
- Permite una participación equitativa de todos los integrantes.

Desventajas:

- La falta de interacción directa entre los participantes podría generar diferencias entre lo que se intenta explicar y lo que entienden los receptores, dificultando la generación de consenso.

2.1.2.6 Análisis de Reservas de Tiempo

El análisis de reservas de tiempo, si bien no es una metodología de estimación de duración de las actividades, constituye una técnica anexa pero igualmente importante, ya que mediante ésta es posible determinar reservas de tiempo u holguras para posibles imprevistos, lo que permite manejar los posibles retrasos en el cronograma asociados a los riesgos del proyecto.

Forma de aplicación:

Estas reservas para imprevistos se pueden determinar mediante la identificación de los riesgos asociados al proyecto llamados “conocidos-desconocidos”, estimándolas como:

- Un porcentaje de la duración estimada de una actividad.
- Una cantidad fija de días o períodos laborales.

- Mediante métodos de análisis cuantitativos, como la simulación Monte Carlo¹.

Estos tiempos de reserva considerados, se pueden modificar a medida que el proyecto avanza y se dispone de mayor información y más precisa.

Además existen las reservas de gestión del proyecto, las cuales se estiman en base a los tiempos de retención o demora del proyecto debido al control de gestión y al trabajo no previsto, es decir, en estas reservas de tiempo se consideran los “desconocidos-desconocidos” los cuales son riesgos que no han podido ser identificados, también llamados “contingencias”.

Lo anterior depende principalmente de la organización encargada del proyecto, la cual puede fijar un nivel máximo de reservas de tiempo aplicable o asignarles un porcentaje del tiempo total del proyecto.

Ventajas:

- Estas reservas permiten disminuir los efectos negativos que tienen los riesgos y que pueden implicar atrasos.

Desventajas:

- El exceso de tiempos de reserva podría afectar de forma negativa en el plazo total estimado para el proyecto, haciendo que éste no sea competitivo ante otras propuestas.

2.1.2.7 Estimación Ascendente (Bottom Up)

Este método ofrece una de las estimaciones más precisas y confiables para la duración de actividades, ya que es posible determinar el trabajo a realizar desde la actividad más simple a ser desarrollada gracias a la descomposición de actividades que ofrece la EDT, lo que permite estimar la duración de una actividad mediante la suma de las duraciones de las tareas más básicas que la componen y su secuencia lógica.

Forma de aplicación:

Este proceso de estimación se realiza determinando en principio los tipos y cantidades de recursos requeridos para realizar una tarea, además de la cantidad de trabajo que implica. De esta forma es posible determinar los rendimientos asociados a la ejecución de la tarea y por lo tanto la duración de ésta. Luego a partir de las duraciones de las tareas más detalladas se pueden determinar las duraciones de las actividades que agrupan estas tareas a

¹ Francisco Flores [2015]. Aplicación del Método Monte Carlo en la Planificación de Proyectos de Ingeniería Civil.

medida que se asciende en la EDT, hasta llegar al nivel del proyecto en su totalidad en el cual es posible determinar la duración total del proyecto.

Ventajas:

- A través de esta técnica es posible obtener duraciones determinísticas para las actividades, las cuales tienen una alta precisión.
- Otra gran ventaja es la posibilidad de actualizar rápidamente las estimaciones en caso de escasez de recursos o cambios en el alcance del proyecto.

Desventajas:

- Las estimaciones determinísticas a pesar de tener alta precisión, impiden conocer la variabilidad de las actividades de un proyecto y por lo tanto los riesgos asociados a estas.

2.1.2.8 *Estimación usando Rangos de Duraciones*

Este método consiste en estimar la duración de una actividad asignando un rango de tiempo dentro del cual la actividad puede ser ejecutada, lo cual permite realizar estimaciones durante las fases tempranas de un proyecto, cuando no existe información detallada del alcance de las tareas a ejecutar, lo que va en desmedro de la precisión en las estimaciones.

Forma de aplicación:

En base a información de proyectos anteriores o juicio de expertos, es posible estimar un intervalo de duración dentro del cual estará la duración real de la actividad.

Ventajas:

- Es un método que requiere baja cantidad de recursos y tiempo para su aplicación.

Desventajas:

- La precisión de las estimaciones es baja en comparación a otros métodos.

2.1.3 *Análisis comparativo de los métodos de estimación*

De acuerdo a lo detallado en los acápites anteriores, la siguiente tabla resume las principales características de cada método:

Tabla 2: Tabla comparativa Métodos de Estimación

N°	Metodología	Descripción	Ventajas	Desventajas
1	Juicio de Expertos	Método basado en la experiencia, conocimientos y habilidades de quien estima.	Utilización de pocos recursos e información. Ahorro de tiempo y costo de aplicación.	Reducida disponibilidad de expertos con mayor experiencia. Inexistencia de una base sólida que justifique estimaciones.
2	Estimación Análoga	Método basado en información histórica de proyectos realizados.	Bajo costo y tiempo de aplicación. Posible aplicación a la totalidad de un proyecto o partes del mismo. Mayor precisión para una mayor similitud entre actividades.	Estimaciones realizadas son menos exactas que otros métodos objetivos. Requiere una base histórica de proyectos anteriores.
3	Estimación Paramétrica	Método basado en un modelo, el cual es generado en base a relaciones estadísticas entre información histórica y parámetros propios de un proyecto.	Es posible obtener gran exactitud, la cual dependerá de la sofisticación y datos que utilice el modelo.	Es necesaria experiencia previa en las actividades que se estiman para generar el modelo.
4	Estimación por Tres Valores	Método basado en el método PERT, que utiliza una distribución de probabilidad y tres estimaciones (optimista, pesimista y más probable) para calcular el valor esperado de la duración de una actividad.	Al determinar la duración esperada se reduce el grado de incertidumbre. Permite normalizar datos subjetivos. Provee límites entre los que se espera que esté la duración real de una actividad.	Requiere mayor trabajo para realizar la estimación, debido a que se utilizan tres estimaciones de las duraciones.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 3: Tabla comparativa Métodos de Estimación (continuación)

N°	Metodología	Descripción	Ventajas	Desventajas
5	Técnicas Grupales de Toma de Decisiones	Métodos basados en la opinión de un grupo de expertos con experiencia previa en las actividades a estimar, en los que se llega a un consenso usando distintas técnicas grupales de toma de decisiones.	Estas técnicas permiten llegar a un consenso entre expertos, obteniendo buenas estimaciones. Permiten generar ideas o formas novedosas de solucionar un problema.	Requieren un alto esfuerzo y tiempo para coordinar al grupo de expertos y poder llegar a un consenso
6	Análisis de Reservas de Tiempo	Método basado en la identificación de los riesgos asociados al proyecto, mediante los cuales se determinan reservas de tiempo u holguras ante imprevistos.	Permite disminuir los efectos negativos que tienen los riesgos y que pueden implicar atrasos.	El exceso de tiempos de reservas podría afectar de forma negativa en el plazo total estimado para el proyecto.
7	Estimación Ascendente	Método basado en la descomposición de las actividades desde la más simple, lo cual permite estimar la duración de una actividad mediante la suma de las duraciones de las tareas más básicas que la componen.	Permite obtener duraciones determinísticas para las actividades, las cuales tienen una alta precisión. Permite actualizar rápidamente las estimaciones en caso de escasez de recursos o cambios en el alcance del proyecto.	Las estimaciones determinísticas impiden conocer la variabilidad de las actividades de un proyecto y por lo tanto los riesgos asociados a estas.
8	Estimación usando Rangos de Duraciones	Método basado en información de proyectos anteriores o juicio de expertos, que asigna un rango de duración a las actividades.	Requiere baja cantidad de recursos y tiempo para su aplicación.	Baja precisión de las estimaciones.

Fuente: Elaboración Propia

2.2 ACTIVIDADES TÍPICAS EN PROYECTOS DE INGENIERÍA CIVIL

A continuación se describen las actividades principales y típicas en proyectos específicos de Ingeniería Civil que se analizan en capítulos posteriores. Estos son:

- Proyectos de Edificación en Altura
- Proyectos de Túnel de Metro
- Proyectos de Autopista

Las siguientes descripciones tienen el objetivo de contextualizar y definir el alcance de las actividades consideradas para cada proyecto. Estas actividades son utilizadas en la encuesta realizada a profesionales para determinar la variabilidad de la duración de cada una con respecto a estimaciones iniciales.

2.2.1 Actividades típicas en Proyectos de Edificación en Altura

2.2.1.1 *Ejecución de obras preliminares*

Dentro de la ejecución de obras preliminares se consideran las actividades de tramitación de permisos y pagos de derechos de edificación, despeje de terreno, agua potable, energía eléctrica, evacuación de aguas servidas, primeros auxilios, construcciones provisionales (oficinas, bodegas, comedores, servicios higiénicos), seguros, elementos de seguridad, cierros y letreros de obra.

2.2.1.2 *Construcción de pilas*

Esta partida se considera en caso de excavaciones profundas, en donde según las características del suelo puede ser necesaria la utilización de pilas de hormigón armado para entibación, con el fin de reforzar las paredes de las excavaciones. Además, según las características de las construcciones aledañas a la obra, puede ser necesaria la utilización de pilas de socialzado, con el fin de reforzar las fundaciones.

2.2.1.3 *Trazado, levantamiento y niveles del terreno*

Esta partida considera un levantamiento del terreno existente, replanteo del edificio, de calles y trazado de ejes.

2.2.1.4 Excavaciones

Se considera excavación a máquina y excavación a mano de acuerdo con geometría y cotas de nivel según planos, extracción de excedentes, instalación de pozos absorbentes, mallas a tierra y planta elevadora de aguas servidas.

2.2.1.5 Instalación grúa torre

Considera la colocación de fundación, anclajes, y armado de la estructura.

2.2.1.6 Enfierradura

Considera el doblado, corte y colocación de enfierradura en distintos elementos.

2.2.1.7 Hormigonado

Considera la colocación, vibrado y protección del hormigón en distintos elementos.

2.2.1.8 Colocación de moldajes

Considera la colocación de moldajes en distintos elementos.

2.2.1.9 Construcción de fundaciones

Actividades de excavación a máquina, excavación a mano, emplantillado, moldaje, enfierradura y hormigonado de fundaciones.

2.2.1.10 Construcción de pilares

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de pilares.

2.2.1.11 Construcción de muros

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de muros.

2.2.1.12 Construcción de radier

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de radier.

2.2.1.13 Construcción de losas

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de losas.

2.2.1.14 Construcción de vigas

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de vigas.

2.2.1.15 Estructura ascensor

Se consideran las actividades de enfierradura, moldaje y hormigonado de la estructura de ascensores.

2.2.1.16 Ejecución muro cortina

Considera colocación de soportes, vidrios y sellos.

2.2.1.17 Ejecución de terminaciones

Se consideran las actividades de instalación tabiques, guardapolvos, cielos, ventanas, puertas, pisos, pinturas, acabados y otros elementos de obra fina.

2.2.1.18 Ejecución de instalaciones

Se consideran las instalaciones eléctricas, seguridad, sanitarias, aguas servidas, aguas lluvias, agua potable, sistema de riego, red agua caliente, climatización, ascensores, iluminación y otros específicos en Proyectos de Edificación en Altura.

2.2.1.19 Ejecución de Obras Posteriores

Se consideran actividades de retiro de instalación de faenas, aseo y entrega de obra terminada.

2.2.2 Actividades típicas en Proyectos de Túnel de Metro

2.2.2.1 *Ejecución de obras preliminares*

Dentro de la ejecución de obras preliminares se consideran las actividades de tramitación de permisos y pagos de derechos de construcción, despeje de terreno, agua potable, energía eléctrica, evacuación de aguas servidas, primeros auxilios, construcciones provisionales (oficinas, bodegas, comedores, servicios higiénicos), seguros, elementos de seguridad, cierros y letreros de obra.

2.2.2.2 *Construcción de pique circular*

2.2.2.2.1 *Construcción brocal*

Considera la construcción de un anillo de refuerzo de hormigón armado de altura 1 a 1,5 metros, a nivel de superficie en todo el perímetro del pique circular.

2.2.2.2.2 *Excavación y sostenimiento manto superior*

Considera la excavación y colocación del revestimiento de hormigón armado que rodea la parte superior del pique.

2.2.2.2.3 *Anillo superior*

Estructura localizada en la parte superior del pique que otorga mayor rigidez y aumenta la estabilidad del manto superior.

2.2.2.2.4 *Colocación paraguas en ojos de túneles*

Consiste en la instalación de tubos de soporte para el suelo que permite continuar con la apertura de la galería.

2.2.2.2.5 *Excavación y sostenimiento manto inferior*

Considera la excavación y colocación del revestimiento de hormigón armado que rodea la parte inferior del pique.

2.2.2.2.6 *Anillo de fundación*

Estructura localizada en la parte inferior del pique que otorga mayor rigidez y aumenta la estabilidad del manto inferior.

2.2.2.3 Construcción de túnel estocada

2.2.2.3.1 Demolición ojo de túnel

Considera la demolición de la pared del ojo del túnel para comenzar con la excavación.

2.2.2.3.2 Excavación y sostenimiento

Consiste en la excavación longitudinal del túnel, generando el sostenimiento del suelo mediante hormigón armado a medida que se excava.

2.2.2.3.3 Excavación y contrabóveda

Considera la excavación y sostenimiento mediante hormigón armado de la contrabóveda, la cual permite soportar las cargas de suelo.

2.2.2.3.4 Revestimiento

Considera la colocación de hormigón armado y va adosado al sostenimiento para trabajar como un elemento monolítico.

2.2.2.4 Construcción de túnel interestación

2.2.2.4.1 Excavación y sostenimiento

Consiste en la excavación longitudinal del túnel, generando el sostenimiento del suelo mediante hormigón armado a medida que se excava.

2.2.2.4.2 Revestimiento

Considera la colocación de hormigón armado y va adosado al sostenimiento para trabajar como un elemento monolítico.

2.2.2.4.3 Soleras laterales

Considera la colocación de soleras laterales de hormigón armado.

2.2.2.4.4 Radier

Considera la construcción de un radier de hormigón armado en la base del túnel interestación.

2.2.2.5 Ejecución de Obras Posteriores

Se consideran actividades de retiro de instalación de faenas, aseo y entrega de obra terminada.

2.2.3 Actividades típicas en Proyectos de Autopista

2.2.3.1 Ejecución de obras preliminares

Dentro de la ejecución de obras preliminares se consideran las actividades de tramitación de permisos y pagos de derechos de construcción, despeje de terreno, agua potable, energía eléctrica, evacuación de aguas servidas, primeros auxilios, construcciones provisionales (oficinas, bodegas, comedores, servicios higiénicos), seguros, elementos de seguridad, cierros y letreros de obra.

2.2.3.2 Trazado, levantamiento y niveles del terreno

Esta partida considera un levantamiento del terreno existente, replanteo del camino, de calles y trazado de ejes.

2.2.3.3 Movimientos de tierra

- Excavación de corte en terreno de cualquier naturaleza

Se considera excavación a máquina y excavación a mano de acuerdo con geometría y cotas de nivel según planos y extracción de excedentes.

- Formación y compactación de terraplenes

Consiste en el relleno de terreno con suelo inorgánico y su posterior compactación con el fin de formar terraplenes para conformar la plataforma del camino.

- Excavación en tcn para obras de drenaje

Considera excavación de zanjas en terreno de cualquier naturaleza para la instalación de ductos de drenaje.

- Preparación de la subrasante

Se consideran los trabajos de relleno y ajuste del terreno para conformar la plataforma del camino al nivel de subrasante.

2.2.3.4 Colocación de capas granulares

- Sub-base granular

Consiste en la colocación, compactación y terminación de una capa granular, la cual va sobre la subrasante.

- Base granular

Consiste en la colocación, compactación y terminación de una capa granular, la cual va sobre la sub-base granular y posee mayor resistencia.

2.2.3.5 Colocación de revestimientos

Considera los trabajos necesarios para realizar el mantenimiento y colocar revestimientos a los pavimentos flexibles o rígidos dañados según manual de carreteras vol 7.

2.2.3.6 Pavimentación con mezcla asfáltica

Se considera la preparación de la superficie, producción de las mezclas, transporte, colocación y compactación de la mezcla asfáltica fría o caliente.

2.2.3.7 Pavimentación con hormigón

Se considera el transporte, colocación, esparcido, compactación, terminaciones, curado y protección del hormigón.

2.2.3.8 Colocación de estructuras y obras conexas

Considera las actividades que incluyen elementos de hormigón, acero, mampostería, sistemas de contención de tierras, pinturas, losas de accesos, puentes, pilotes, necesarios para lograr la construcción de la autopista.

2.2.3.9 Construcción de drenaje y protección de la plataforma

Considera la creación de alcantarillas, drenes, ductos, sifones, desagües y otros conductos para desviar o encausar flujos de agua y soleras, cunetas y protección de taludes para protección de la plataforma.

2.2.3.10 Construcción pista de pesaje

Considera la construcción de una pista para el pesaje de vehículos.

2.2.3.11 Ejecución de Obras Posteriores

Se consideran actividades de retiro de instalación de faenas, aseo y entrega de obra terminada.

2.3 RELACIÓN DE LA DURACIÓN DE UN PROYECTO Y SUS COSTOS

Los costos totales de un proyecto se calculan principalmente con los costos directos y costos indirectos. Estos costos pueden variar si la duración de un proyecto aumenta o disminuye, resultando en distintos costos para distintas duraciones de un proyecto (Laptali, Bouchlaghem y Wild, 1997) y por esto es posible la generación de modelos que relacionan la duración con los costos de los proyectos.

2.3.1 Relación duración – costo directo

Los costos directos de un proyecto están asociados directamente a la obra física o una parte de ella, es decir, a los resultados del proyecto (producto final). Son los costos asociados a materiales, mano de obra y equipos de procesos usados en las tareas requeridas.

Una representación simple de la relación entre la duración y costo directo de una actividad puede ser una función lineal de pendiente negativa, en la cual un aumento de la duración implica disminución de los costos directos de esta actividad (considerando que al aumentar la duración de una actividad son necesarios menos recursos). Pero en la realidad en general esta relación es algo más compleja, lo cual es posible observar, por ejemplo, en un caso en el que se usan horas extras de trabajo con el fin de reducir la duración de las actividades. Estas horas extras tienen un costo mayor a las horas normales, lo cual implica un aumento mayor en el costo directo a medida que se disminuye la duración de una actividad (y se utilizan mayores horas extras). Por lo anterior, teóricamente las relaciones entre los costos directos y la duración de las actividades de construcción son modeladas como una función convexa (Figura 4) (Sahu, 2014). Otras razones del aumento en los costos directos es la reducción de la productividad debido a horas extras y el aumento del tamaño de los equipos de trabajo.

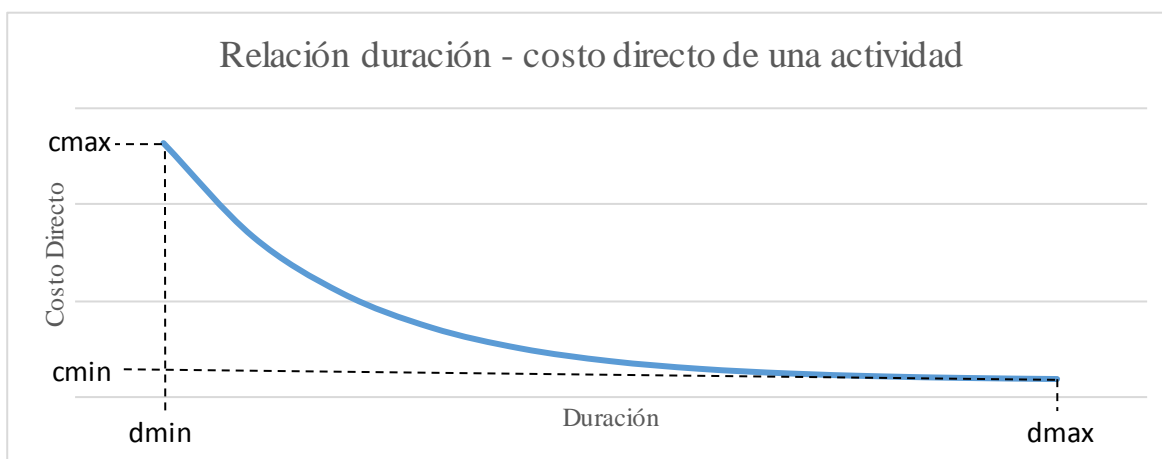


Figura 4: Relación duración - costo directo de una actividad
Fuente: Adaptado de Sahu, 2014

Se puede buscar un óptimo en esta curva, en el cual variaciones en la duración de las actividades impliquen el menor costo posible. La solución podría ser ubicarse en la parte más baja de la curva (coordenada (d_{max} , c_{min}) en el gráfico de la Figura 4 de la página anterior), ya que se minimizan los costos directos, pero en este caso la duración de las actividades aumenta en gran medida, lo cual no sería óptimo, ya que en todo proyecto existen restricciones para la duración máxima total, por lo que en general se intenta minimizar tanto los costos directos como las duraciones de cada actividad tal que se cumplan las restricciones de costos y duraciones.

2.3.2 Relación duración – costo indirecto

Los costos indirectos de un proyecto son costos asociados a actividades de apoyo para la ejecución del proyecto (instalación de faenas, supervisión, alojamientos, comida, movilización, seguros, ensayos y consumibles), costos del personal administrativo, gerencia, gastos de oficina central, honorarios y utilidades.

Los costos indirectos de un proyecto se pueden modelar como una función lineal, en la cual estos aumentan y disminuyen en proporción directa con la duración del proyecto (Figura 5) (Sahu, 2014). Los costos indirectos aumentan si una actividad aumenta su duración, ya que habrá mayores costos asociados por ejemplo al personal administrativo (aumentan los costos debido a que su estadía en la obra es mayor en caso de aumento de la duración del proyecto), por alojamiento, comida y otros costos asociados a los costos indirectos.

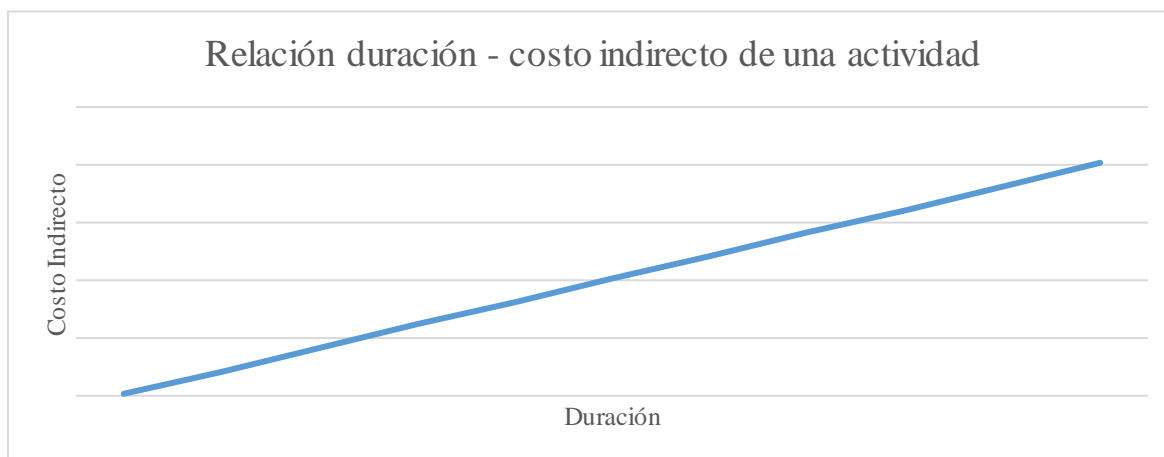


Figura 5: Relación duración - costo indirecto de una actividad
Fuente: Adaptado de Sahu, 2014

2.3.3 Relación duración – costo total

Al sumar los costos directos e indirectos, se obtiene una curva desde la que es posible determinar una duración óptima que minimice los costos totales (coordenada (d_{opt} , c_{min}) en el gráfico de la Figura 6). Y a partir de la suma de los costos de todas las actividades es posible obtener el costo total del proyecto.

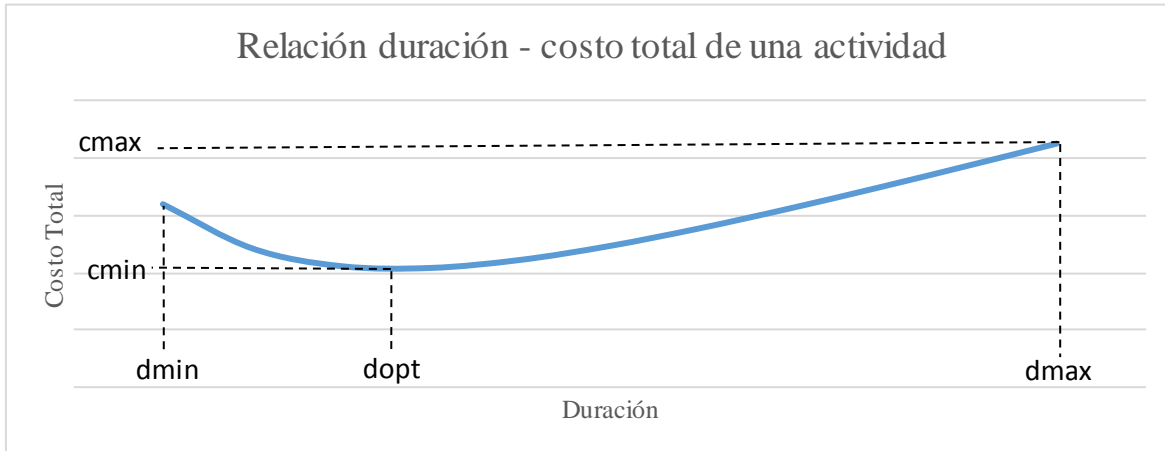


Figura 6: Relación duración - costo total de una actividad

Fuente: Adaptado de Sahu, 2014

La duración total de un proyecto puede ser disminuida acelerando las actividades que se encuentran en la ruta crítica. La aceleración de una actividad se puede alcanzar aumentando o cambiando los recursos, introduciendo horas extras o trabajo por turnos y usando diferentes métodos de construcción. Mientras los primeros dos resultan en un incremento en los costos directos, no necesariamente es igual para el último caso. Sin embargo cualquier disminución de la duración de un proyecto inevitablemente resulta en un descenso en los costos indirectos cualquiera sea el método de aceleración (Laptali, Bouchlaghem y Wild, 1997).

3 DESARROLLO HERRAMIENTAS DE DIAGNÓSTICO Y ESTUDIO

Para obtener una visión general del estado del arte en materia de estimación de duración de actividades en proyectos de Ingeniería Civil en Chile se realiza una encuesta y entrevistas a profesionales, principalmente Ingenieros Civiles dedicados al área de Construcción. Para la redacción de las preguntas se utiliza como base de información los antecedentes teóricos recopilados en el capítulo anterior.

Los temas específicos a analizar mediante estas herramientas de diagnóstico se presentan a continuación (Figura 7):

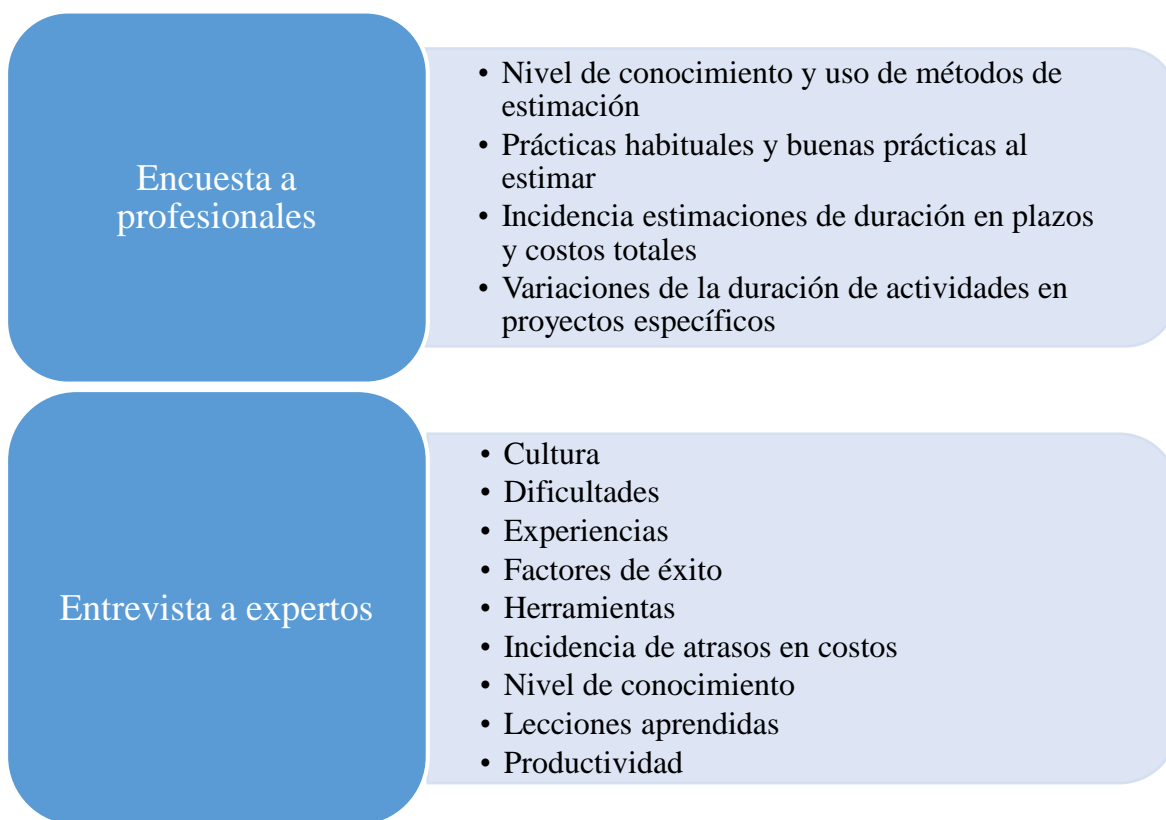


Figura 7: Estructura Encuesta y Entrevista
Fuente: Elaboración Propia

En los subcapítulos siguientes se presenta el formato de la encuesta y entrevista.

3.1 DESARROLLO ENCUESTA A PROFESIONALES

La encuesta va dirigida a profesionales, principalmente ligados al área de Construcción de Proyectos, en distintos proyectos de Ingeniería Civil en el país.

Los profesionales a los que se envía la encuesta son:

- Egresados de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile, ejerciendo o con experiencia en Planificación y Dirección de Proyectos.
- Profesionales de la división de Construcción del Instituto de Investigaciones y Ensayes de Materiales de la Universidad de Chile (IDIEM) y profesionales colaboradores.
- Alumnos del Diplomado de Postítulo en Dirección y Desarrollo de Proyectos de Ingeniería y Construcción de la Universidad de Chile.

Los profesionales son contactados mediante correo electrónico y se les invita a participar de la encuesta mediante un enlace a una plataforma online llamada e-encuesta, la cual permite obtener sus respuestas y recopilarlas hasta un período definido, para luego descargar en formato Excel los resultados, que luego son analizados.

3.1.1 Objetivos de la encuesta

La encuesta surge a partir de la necesidad de información acerca de las prácticas habituales durante el proceso de estimar la duración de las actividades y con el fin de registrar el conocimiento y uso actual de los métodos de estimación de duración de las actividades en distintos proyectos de Ingeniería Civil en Chile y cómo afecta la estimación de la duración de las actividades en la duración y costo total de un proyecto. Además, mediante esta encuesta se pretende obtener información clave para analizar y determinar las principales fortalezas y debilidades de los métodos de estimación de duración en algunas actividades y proyectos de Ingeniería Civil específicos.

3.1.2 Estructura de la encuesta

Previo a los temas esenciales a evaluar en la encuesta, se realiza una serie de preguntas para caracterizar a los participantes: profesión, estudios realizados, tipo de proyectos en los que poseen mayor experiencia, sector, duración de los proyectos, tamaño de la empresa, función en la que poseen mayor experiencia y años de experiencia.

Una vez desarrolladas las preguntas, la encuesta se valida mediante el apoyo de profesores de la universidad con experiencia en el área de proyectos de Ingeniería Civil y luego es enviada a los profesionales con conocimiento en la materia.

La encuesta se estructura a partir de cuatro temas principales:



Figura 8: Estructura de la encuesta a profesionales
Fuente: Elaboración Propia

3.1.3 Preguntas de la encuesta

Las preguntas incluidas en la encuesta se presentan a continuación y sus respuestas en el capítulo siguiente.

Tabla 4: Preguntas incluidas en la encuesta

Caracterización del encuestado (8 preguntas)
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es su profesión? 2. En caso de poseer certificación, estudio de post título o equivalente, indique a continuación 3. ¿En qué tipo de proyectos posee mayor experiencia? 4. ¿Cuál es el sector más representativo para este tipo de proyectos (pregunta 3)? 5. ¿Cuál es la duración aproximada de este tipo de proyectos (pregunta 3)? 6. ¿Cuál es el tamaño de la empresa en la cual se desempeña (Cantidad de trabajadores)? 7. ¿En cuál de las siguientes funciones posee mayor experiencia? 8. ¿Cuántos años de experiencia posee en la función seleccionada anteriormente?

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5: Preguntas incluidas en la encuesta (continuación 1)

Grado de conocimiento, utilización de los métodos y prácticas (12 preguntas)
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Con cuánta frecuencia realiza estimaciones de duración de actividades durante un proyecto (considerando tipo de proyecto en el que posee mayor experiencia)? 2. ¿Cuáles de los siguientes métodos para estimar la duración de las actividades de un proyecto son conocidos por usted? 3. De los métodos seleccionados anteriormente indique los tres más utilizados por usted y su porcentaje de utilización relativo 4. Indique el nivel de detalle usual de cada una de las siguientes variables (utilizadas para estimar la duración de las actividades) al inicio de los proyectos en los que usted posee mayor experiencia, siendo 100% nivel de detalle máximo y 0% nulo detalle 5. Indique el nivel de detalle usual de cada una de las siguientes variables (utilizadas para estimar la duración de las actividades) durante la ejecución de los proyectos en los que usted posee mayor experiencia, siendo 100% nivel de detalle máximo y 0% nulo detalle 6. ¿La empresa en la cual se desempeña actualmente ha desarrollado un estándar o guía para realizar la estimación de la duración de actividades en los proyectos? 7. En caso de existir una guía, ¿Ésta se actualiza o considera nuevas herramientas y tecnologías que permitan mejorar las estimaciones de duración de actividades? 8. ¿Existen bases de datos en su empresa desde los cuales pueda obtener información sobre la duración de las actividades en proyectos realizados anteriormente? 9. En la empresa en la cual se desempeña, ¿Quién realiza las estimaciones de las duraciones de las actividades al inicio de un proyecto? 10. ¿Se considera la opinión de quienes ejecutan las actividades al momento de estimar la duración de éstas? 11. Luego de estimar la duración de las actividades, ¿Ésta es comunicada a quienes las ejecutarán, indicando rendimientos esperados, supuestos, alcance de las tareas? 12. ¿Cómo estima la duración de actividades realizadas por subcontratistas?
Grado de influencia/importancia de factores asociados a la estimación (3 preguntas)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Indique la importancia que usted asigna a las siguientes fuentes de información al estimar la duración de las actividades en proyectos 2. Indique importancia que usted asigna a las siguientes características al estimar la duración de las actividades en proyectos 3. Indique la influencia de los siguientes factores que implican retraso en la duración estimada de una actividad

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6: Preguntas incluidas en la encuesta (continuación 2)

Incidencia de las estimaciones en la duración y costos totales de un proyecto (8 preguntas)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Del total de atrasos en un proyecto, ¿Qué porcentaje considera usted que se debe a una estimación inicial deficiente de la duración de las actividades? (Excluyendo atrasos debido a otros factores como contingencias, retrasos en adquisiciones, problemas legales, falta de personal calificado, control deficiente, variaciones del proyecto, etc.) 2. Del total de sobrecostos en un proyecto, ¿Qué porcentaje considera usted que se debe a una estimación inicial deficiente de la duración de las actividades? (Excluyendo sobrecostos debido a otros factores como contingencias, retrasos en adquisiciones, problemas legales, falta de personal calificado, control deficiente, variaciones del proyecto, etc.) 3. De todos los proyectos en los que ha participado, indique aproximadamente el porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado el plazo total estimado inicialmente 4. De todos los proyectos en los que ha participado, indique aproximadamente el porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado el costo total estimado inicialmente 5. Indique la influencia que usted considera que tiene en general el mandante o cliente sobre la duración final de las actividades de un proyecto, con respecto a la duración estimada inicialmente 6. Indique la influencia que usted considera que tiene en general un proyecto Fast Track sobre la duración final de las actividades de un proyecto, con respecto a la duración estimada inicialmente 7. Indique la influencia que usted considera que en general tienen los bonos y multas por desempeño sobre la duración final de las actividades de un proyecto, con respecto a la duración estimada inicialmente 8. Indique 3 buenas prácticas que recomienda seguir para realizar una buena estimación de la duración de actividades
Variabilidad de la duración estimada en actividades y proyectos específicos (3 preguntas)
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para Proyectos de Edificación en Altura, ¿Cuál es el porcentaje de variabilidad con respecto a estimaciones iniciales de duración que le asigna a cada una de las siguientes actividades típicas? 2. Para Proyectos de Túnel de Metro, ¿Cuál es el porcentaje de variabilidad con respecto a estimaciones iniciales de duración que le asigna a cada una de las siguientes actividades típicas? 3. Para Proyectos de Autopista, ¿Cuál es el porcentaje de variabilidad con respecto a estimaciones iniciales de duración que le asigna a cada una de las siguientes actividades típicas?

Fuente: Elaboración Propia

3.2 DESARROLLO ENTREVISTA A EXPERTOS

La entrevista va dirigida a profesionales con vasta experiencia en proyectos de Ingeniería Civil en el área de Planificación y Control de Proyectos.

Teniendo en cuenta las restricciones de tiempo y para favorecer la participación de quienes son contactados, se les invita a participar mediante un enlace a un formulario en una plataforma online para obtener sus respuestas y luego analizarlas.

3.2.1 Objetivos de la entrevista

La entrevista se diseña con el objetivo principal de conocer las experiencias, cultura y buenas prácticas asociadas al proceso de estimar la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil y para conocer su relación con otros factores relevantes dentro de un proyecto, ya que no es posible encontrar información pública de estudios previos sobre la materia para su análisis.

3.2.2 Estructura de la entrevista

La entrevista se estructura a partir de los siguientes 3 temas generales:



Figura 9: Estructura de la entrevista a expertos
Fuente: Elaboración Propia

3.2.3 Preguntas de la entrevista

Las preguntas incluidas en la entrevista se presentan a continuación, agrupadas en los 3 temas generales nombrados anteriormente y comentarios adicionales:

Tabla 7: Preguntas incluidas en la entrevista

Métodos de estimación y control (2 preguntas)
<ol style="list-style-type: none">1. ¿Usted sigue algún estándar o procedimiento formal para estimar y controlar la duración de las actividades? ¿Qué métodos y herramientas utiliza? Favor describa brevemente2. ¿Cuáles son las principales acciones que toma en caso de atrasos en las actividades que se desarrollan durante un proyecto?
Dificultades, factores de éxito y fracaso (3 preguntas)
<ol style="list-style-type: none">3. ¿Cuáles son las principales dificultades que ha encontrado para lograr el cumplimiento de los plazos estimados de las actividades en los proyectos que usted ha participado?4. ¿Cuáles considera usted que son los 5 principales factores de éxito que permiten cumplir los plazos de un proyecto?5. ¿Cuáles considera usted que son los 5 principales factores de fracaso que impiden cumplir los plazos de un proyecto?
Influencia y relación plazos – cliente, subcontratos, costos, productividad (4 preguntas)
<ol style="list-style-type: none">6. En su experiencia, ¿Cuánto influyen los atrasos o adelantos en los costos totales del proyecto? ¿Considera que existe una relación entre los plazos y los costos directos e indirectos de un proyecto?7. En general, ¿Cuál ha sido su experiencia con relación a la productividad planificada y la real en los proyectos?8. Del total de proyectos en los que ha participado, en su opinión, ¿Cómo influyen los clientes o mandante en los plazos totales?9. Del total de proyectos en los que ha participado, en su opinión, ¿Cómo influye el desempeño de los subcontratos en los plazos totales?
Comentarios adicionales, finalización

Fuente: Elaboración Propia

4 DIAGNÓSTICO DEL USO DE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE DURACIONES Y PRÁCTICAS

A continuación se presentan los resultados obtenidos a través de las encuestas y entrevistas realizadas, los cuales son analizados en el capítulo subsiguiente.

4.1 RESULTADOS ENCUESTA A PROFESIONALES

La cantidad de participantes de la encuesta es de 68, quienes en su mayoría son egresados de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, profesionales de IDIEM, y estudiantes del Diplomado de Postítulo en Dirección y Desarrollo de Proyectos de Ingeniería y Construcción del Departamento de Ingeniería Civil de la Universidad de Chile.

El instrumento de medición es un cuestionario estandarizado consistente en preguntas de selección múltiple y respuesta abierta. El modo de recolección de la información es en línea utilizando una plataforma de generación de cuestionarios gratuitos llamada e-encuesta. El período por el cual está activa la encuesta es de 5 semanas, desde el 2 de noviembre hasta el 4 de diciembre.

4.1.1 Caracterización del profesional

Los gráficos de la Figura 10 a la Figura 16 muestran información general acerca de los profesionales encuestados y permiten conocer sus características principales.

Respecto a la profesión de los encuestados, el 91% de los profesionales son Ingenieros Civiles (Figura 10), quienes son considerados el grupo objetivo de este estudio.

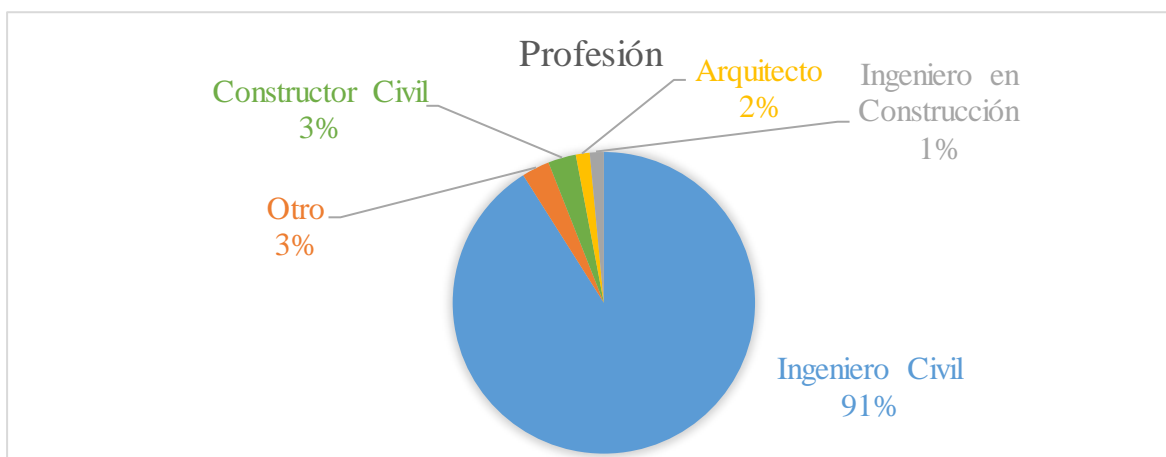


Figura 10: Profesión de los encuestados
Fuente: Elaboración propia

En el siguiente gráfico (Figura 11) se puede observar que los profesionales encuestados poseen mayor experiencia en Proyectos de Construcción de Obras Civiles (33% de los encuestados), seguidos por proyectos de Minería (24%) e Ingeniería de detalle (22%).

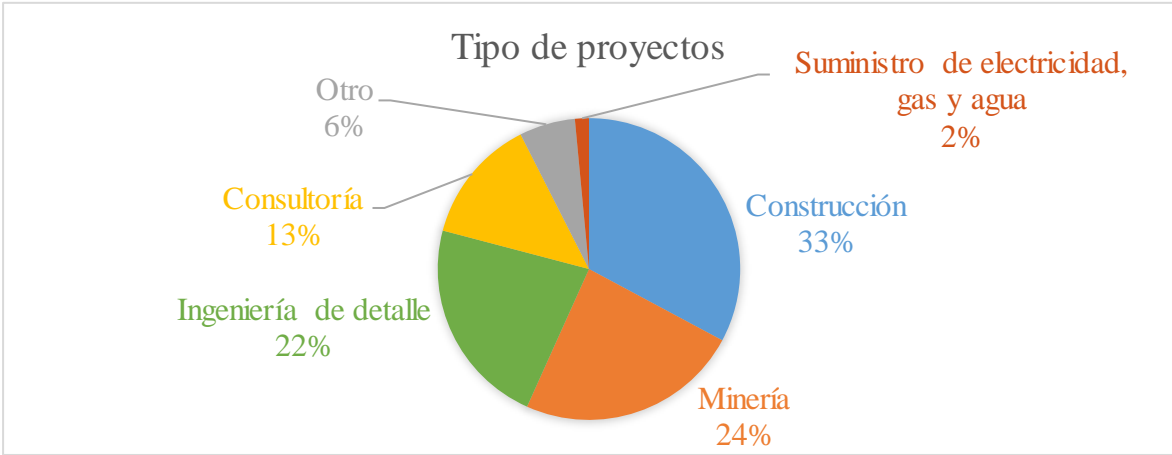


Figura 11: Tipo de proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados
Fuente: Elaboración propia

La mayoría de los de los profesionales se dedican a proyectos cuya inversión proviene del sector privado (63% de los encuestados) y en menor cantidad a ambos (privados y públicos) (Figura 12).

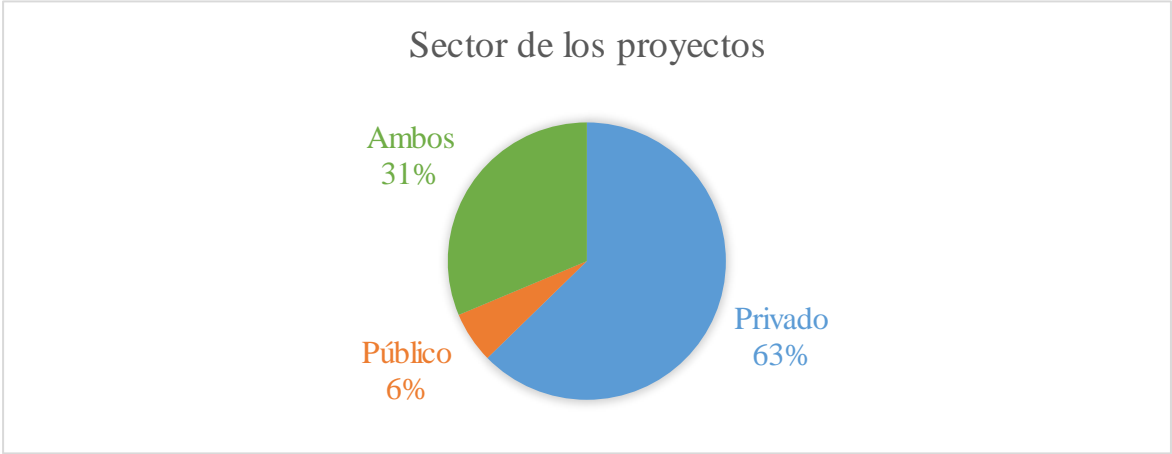


Figura 12: Sector de los proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados
Fuente: Elaboración propia

En el gráfico de la Figura 13 se destaca mayor participación de los profesionales encuestados en proyectos cuya duración es menor o igual a 2 años (75% de los encuestados considerando duración de proyectos menor a 1 año y entre 1 a 2 años).

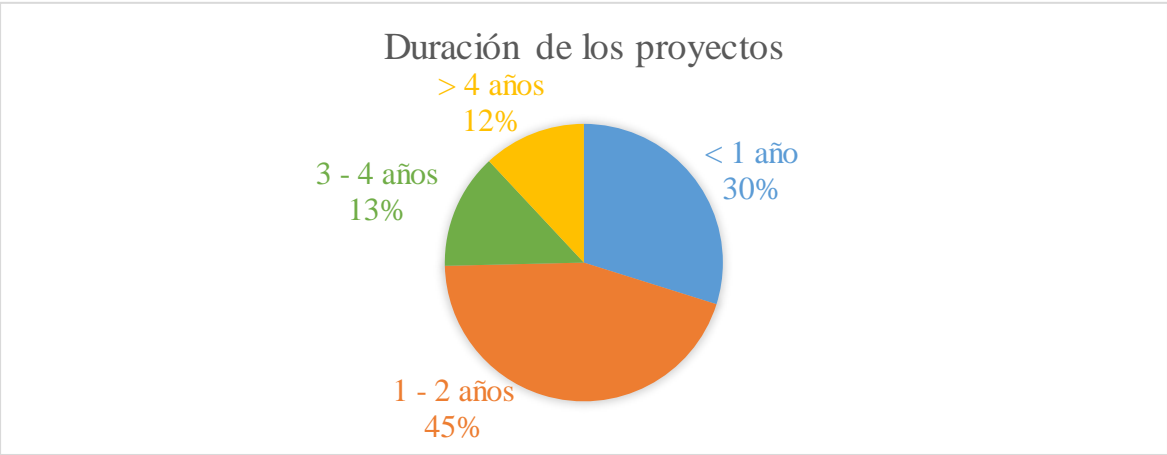


Figura 13: Duración aproximada de los proyectos en los que poseen mayor experiencia los encuestados
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 14 se indica el tamaño de la empresa en la que se desempeñan los profesionales, según la cantidad de personas que trabajan en ésta. La mayoría trabaja en empresas grandes (59% de los encuestados) con más de 200 trabajadores, le sigue un 24% de los encuestados que se desempeñan en empresas medianas, esto es, con 51 a 200 trabajadores.

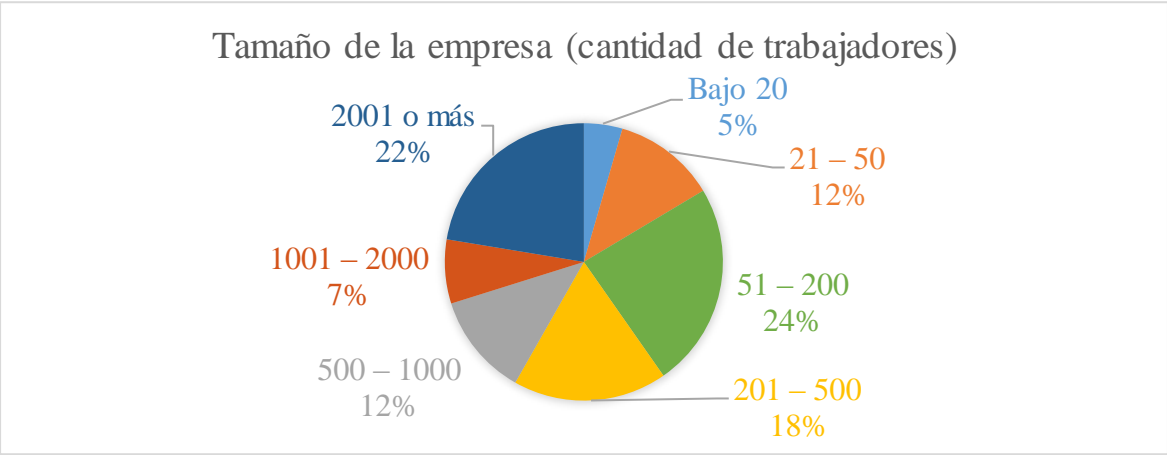


Figura 14: Tamaño de la empresa (cantidad de personas) en la que se desempeñan los encuestados
Fuente: Elaboración propia

El gráfico de la Figura 15 indica la función dentro de un proyecto en la que poseen mayor experiencia los profesionales encuestados, observándose experiencia en variadas funciones dentro de un proyecto. Entre otras funciones (27% de los encuestados) se encuentran Jefe de disciplina, Consultor, Oficina técnica por parte de mandante, Control de costos y programa, Supervisor en terreno, Estudio de propuestas, Proyectista, Gerente de Ingeniería/Estudios y Administración/Gestión.

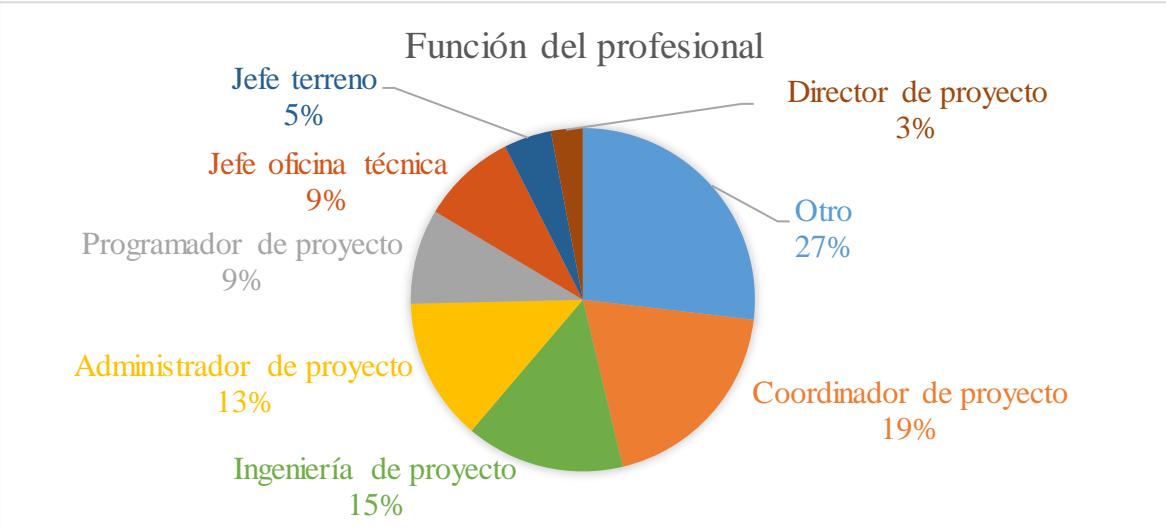


Figura 15: Función en la que poseen mayor experiencia los encuestados
Fuente: Elaboración propia

Además, en el gráfico de la Figura 16 se observa un alto porcentaje de profesionales con 3 a 5 años (45% de los encuestados) y 1 a 2 años (30% de los encuestados) de experiencia en su función.

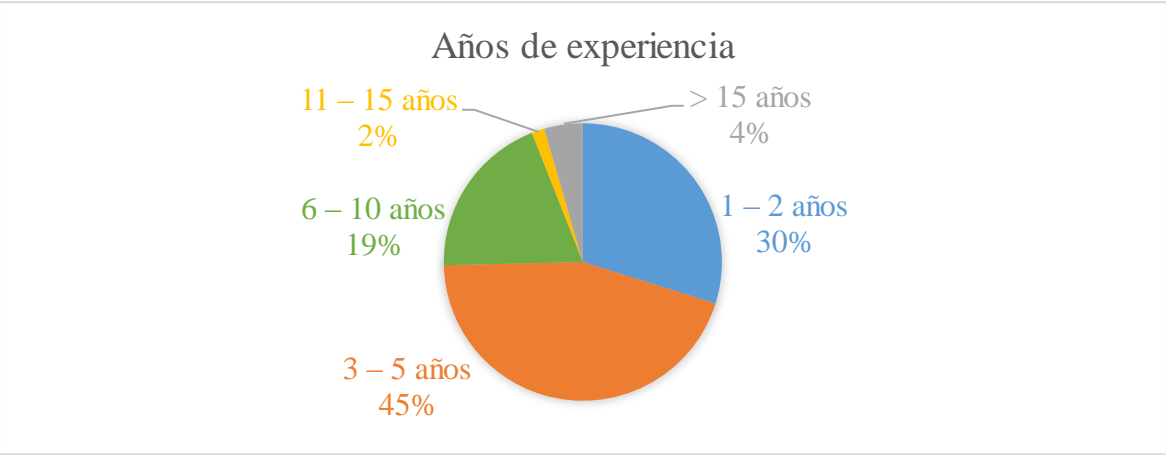


Figura 16: Años de experiencia de los encuestados
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Grado de conocimiento, utilización de los métodos y prácticas

Los gráficos de la Figura 17 a la Figura 27 permiten determinar el grado de conocimiento y utilización de los métodos de estimación, además entregan información acerca de cuáles son las prácticas habituales que siguen los profesionales encuestados al estimar la duración de las actividades de un proyecto.

De la Figura 17 se puede extraer que los encuestados participan regularmente en el proceso de estimar la duración de las actividades, siendo la mayoría quienes estiman semanalmente (43% de los encuestados), seguidos por quienes estiman mensualmente (22% de los encuestados). Una menor cantidad de profesionales no realizan estimaciones de la duración de las actividades de un proyecto (10%).

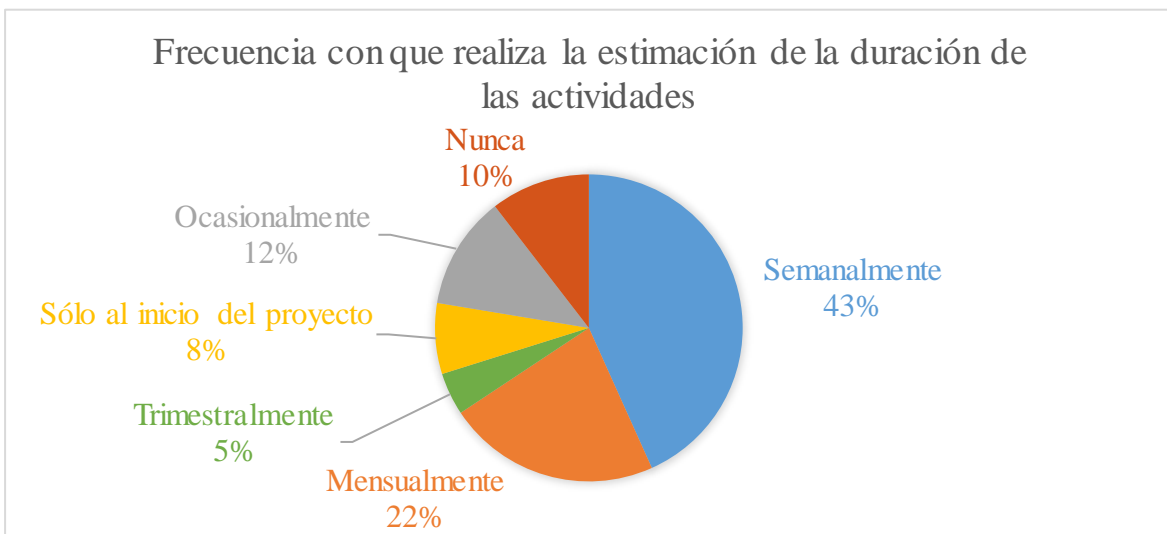


Figura 17: Frecuencia con que los encuestados realizan la estimación de la duración de las actividades durante un proyecto

Fuente: Elaboración propia

El gráfico de la Figura 18 indica los métodos que son conocidos por los encuestados, siendo el más conocido el juicio de expertos (78% de los encuestados conoce este método), algo que concuerda con la literatura especializada. Métodos conocidos por un menor porcentaje de los encuestados corresponde a estimación usando rangos de duraciones (54% de los encuestados conoce este método), estimación análoga (40%), tormenta de ideas (40%), estimación paramétrica (28%) y en menor medida otros métodos. Destaca un reducido conocimiento sobre las técnicas grupales de toma de decisiones (menos de un 10% de los encuestados conocen estos métodos).

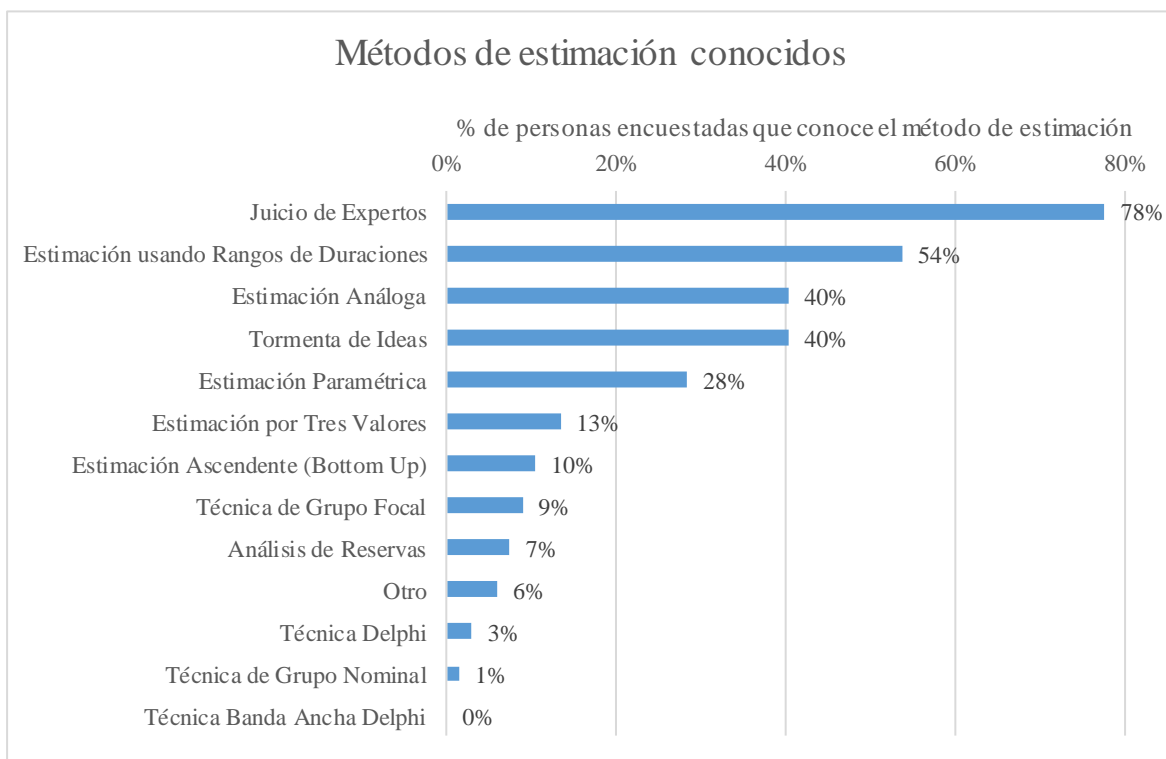


Figura 18: Métodos de estimación de duraciones conocidos por los encuestados
Fuente: Elaboración propia

Entre los métodos más utilizados se puede obtener un gráfico similar al anterior (Figura 19) en el cual se extrae que el juicio de expertos es el método de estimación más utilizado (73% de los encuestados utiliza este método), seguido por estimaciones usando rangos de duraciones (43%) y estimación análoga (34%). Se observa que el método tormenta de ideas es utilizado en menor medida por quienes conocen el método (la mitad de quienes conocen el método tormenta de ideas lo utilizan para estimar), mientras que otras técnicas grupales de toma de decisiones no son utilizadas.

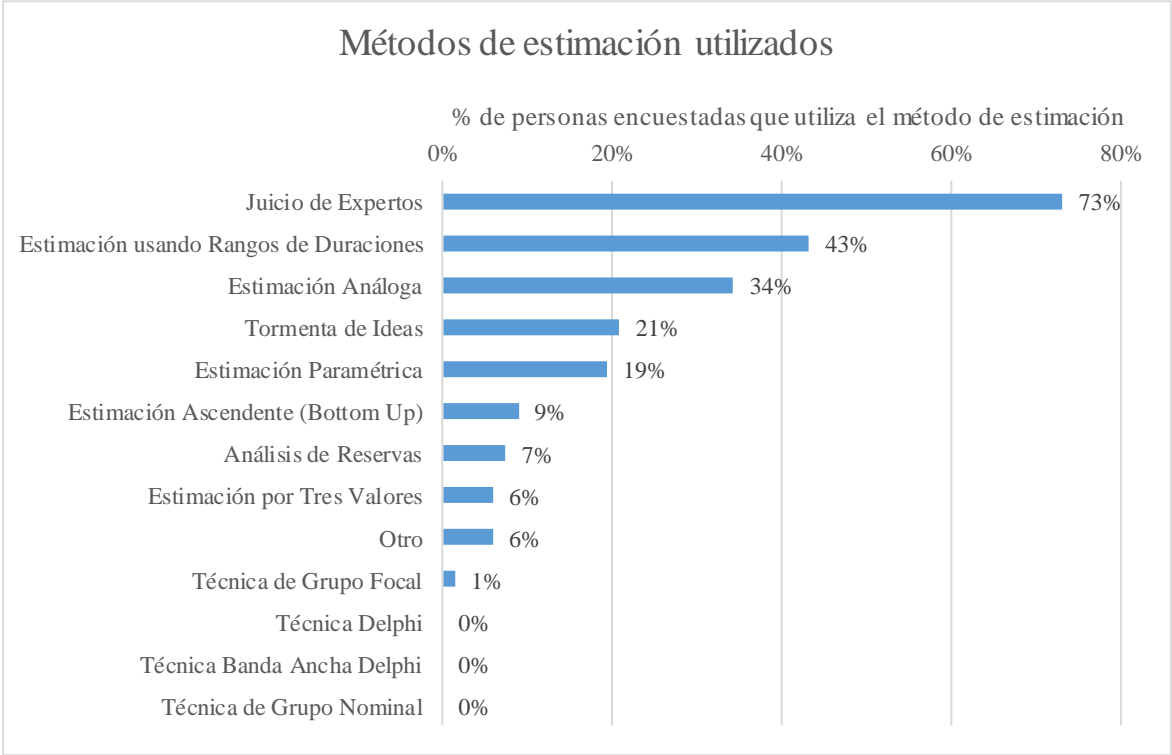


Figura 19: Métodos de estimación de duraciones más utilizados por los encuestados
Fuente: Elaboración propia

La Figura 20 muestra información sobre el nivel de detalle usual que los encuestados consideran que existe, tanto al inicio como durante la ejecución de un proyecto, de las distintas variables requeridas para estimar la duración de las actividades de un proyecto (propuestas por el PMI).

Se observa que en promedio nunca se conocen al 100% de definición estas variables, ni al inicio ni durante la ejecución de los proyectos. La lista de actividades a ejecutar tiene un gran nivel de detalle tanto al inicio (73% de definición de la variable) como durante la ejecución de los proyectos (84% de definición). Además se observa que en general la variable con menor detalle es el registro de riesgos con un 31% de detalle al inicio del proyecto y un 47% de detalle durante su ejecución.

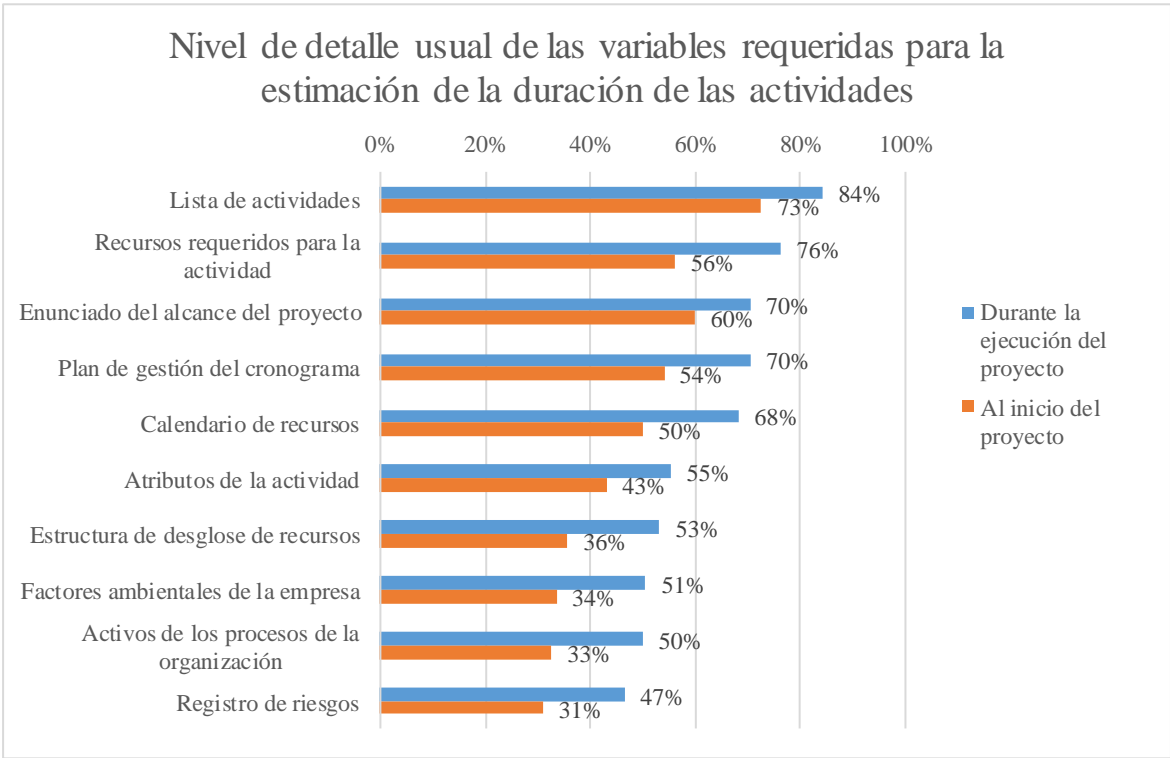


Figura 20: Nivel de detalle usual de las variables requeridas para la estimación de la duración de las actividades al inicio y durante la ejecución de un proyecto

Fuente: Elaboración propia

En la Figura 21 y Figura 22 se observa que en un 83% de las empresas en las que trabajan los encuestados no existe un estándar o guía para estimar la duración de las actividades, sin embargo, del 17% de las empresas en las que sí existe un estándar, el 70% actualiza constantemente sus metodologías de estimación o considera nuevas herramientas y tecnologías que permitan mejorar las estimaciones de duración de actividades.

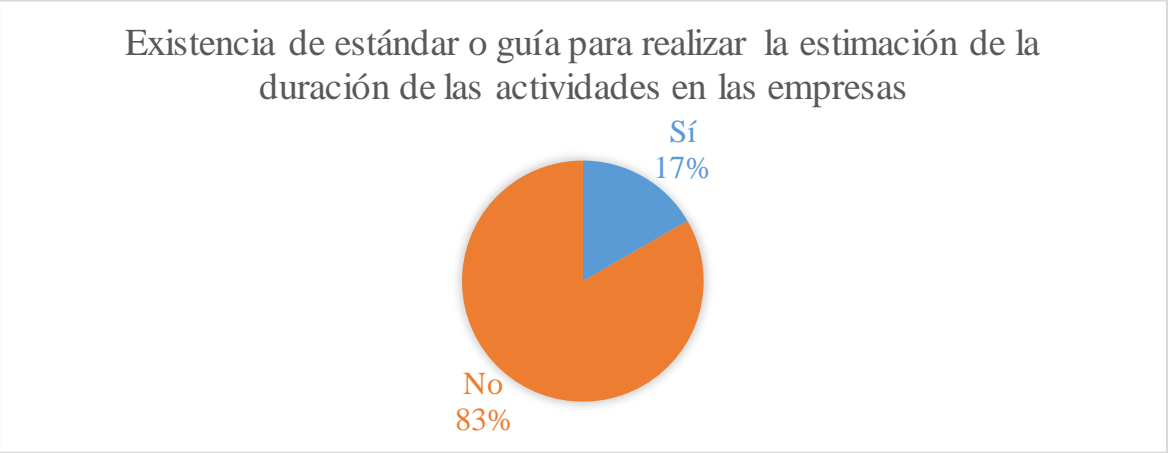


Figura 21: Existencia de estándar o guía para estimar la duración de las actividades en las empresas en las que se desempeñan los encuestados
Fuente: Elaboración propia

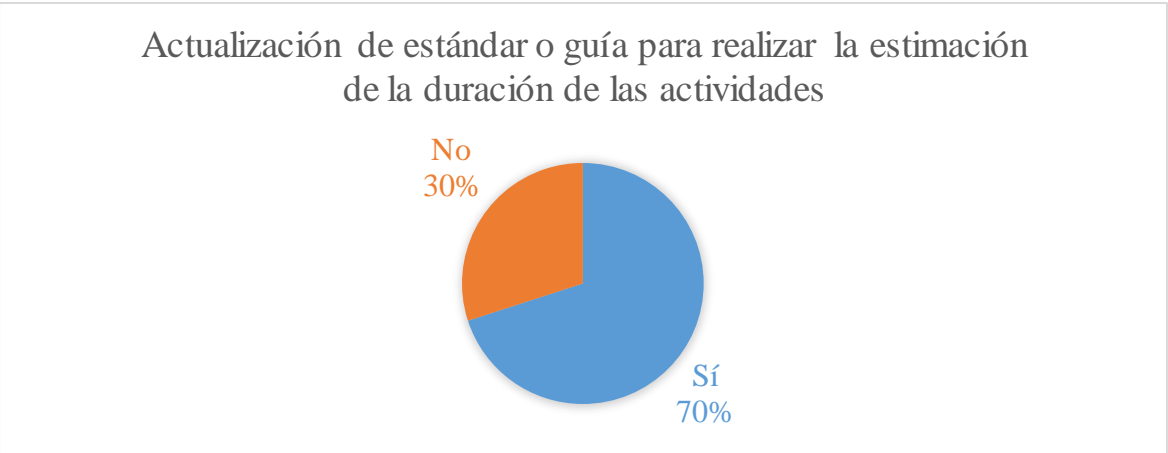


Figura 22: Existencia de una actualización constante de la metodología para estimar la duración de actividades en las empresas que poseen un estándar o guía
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 23, se observa que existe un alto número de empresas que poseen bases de datos con información histórica sobre la duración de las actividades a través de proyectos realizados anteriormente (66% de las empresas en las que se desempeñan los encuestados), aun así existen algunas que no poseen bases de datos con información de proyectos anteriores (34%).

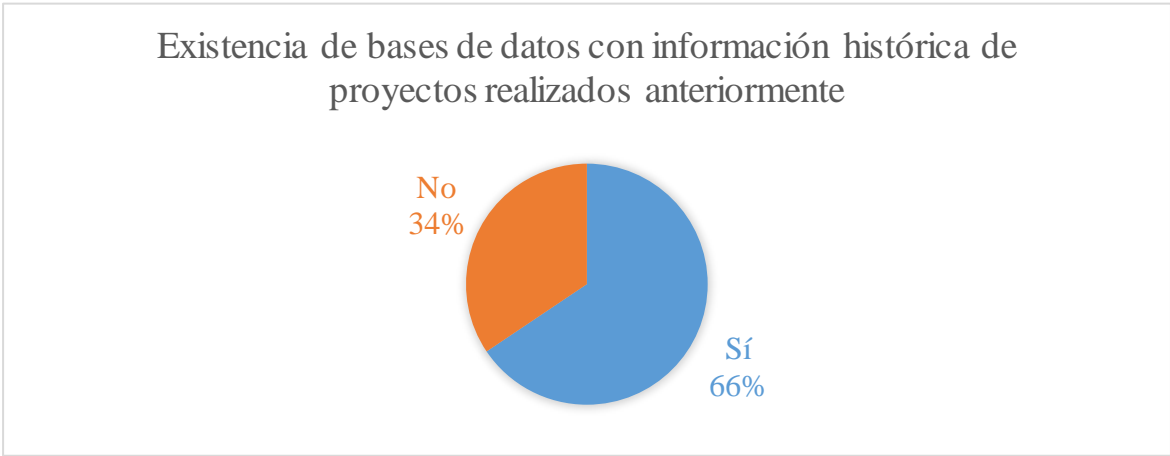


Figura 23: Existencia de bases de datos en la empresa con información histórica sobre la duración de las actividades de proyectos realizados
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 24 se observa que en la mayor parte de las empresas el equipo que participa de la ejecución de las actividades es el que realiza las estimaciones (41%), mientras que en un 25% lo hace un equipo que no participa. Por otro lado un 23% las empresas tienen a una persona que participa de la ejecución de las actividades estimando las duraciones, mientras que en un 11% lo hace una persona que no participa de la ejecución de las actividades.

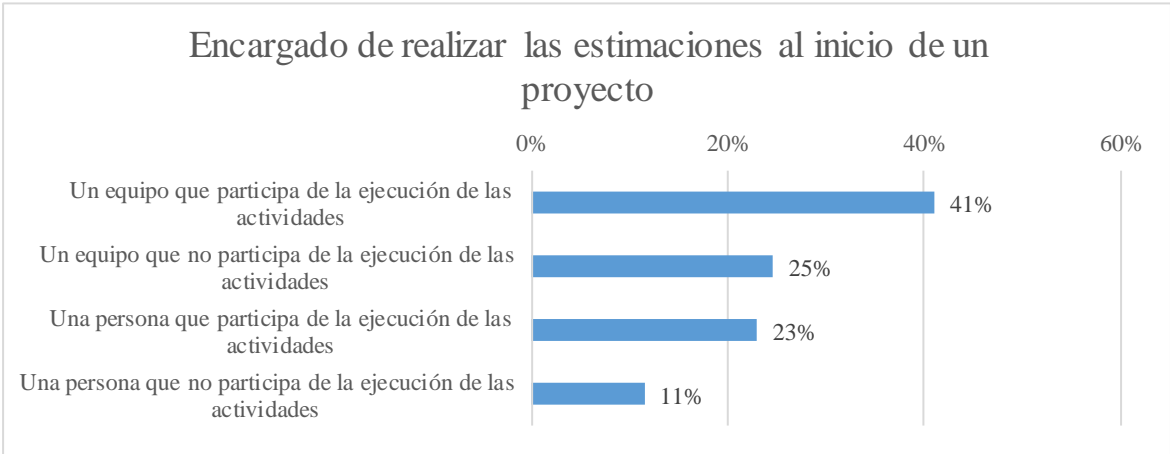


Figura 24: Encargado de realizar estimaciones de las duraciones de actividades al inicio de un proyecto en las empresas en las que se desempeñan los encuestados
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 25 se extrae que en un 85% de las empresas se considera la opinión de quienes posteriormente ejecutan las actividades para estimar la duración de éstas.

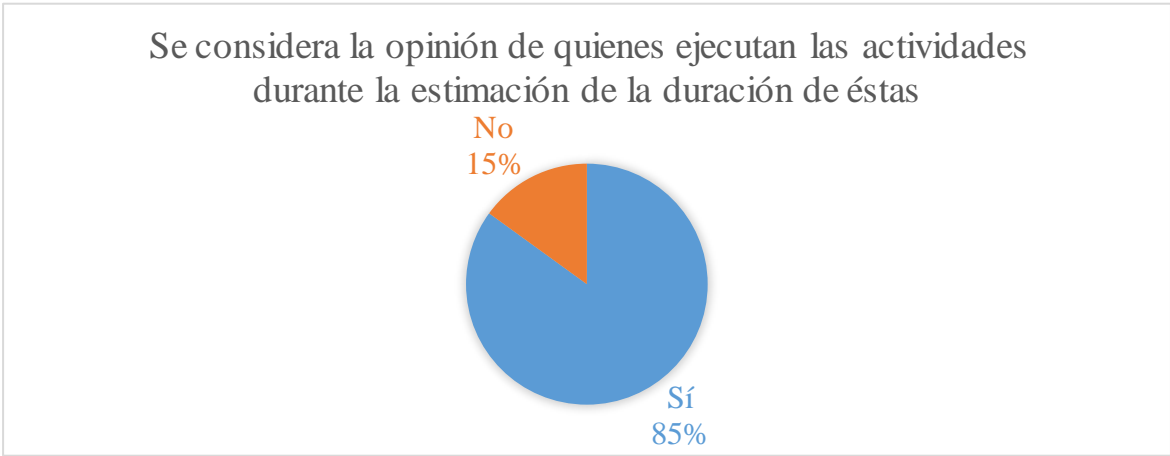


Figura 25: Se considera la opinión durante la estimación de la duración de las actividades de quienes ejecutan las actividades
Fuente: Elaboración propia

Al observar la Figura 26, un 80% de empresas informa en detalle las estimaciones de duración realizadas a quienes las ejecutarán, esto es, indicando rendimientos esperados, supuestos realizados y alcance de las tareas a realizar.

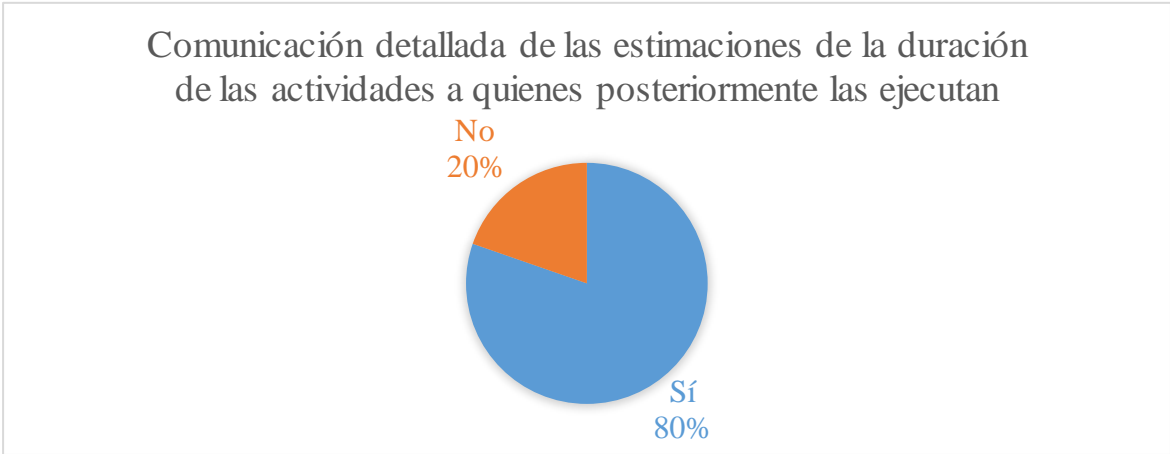


Figura 26: Comunicación detallada de las estimaciones de la duración de las actividades a quienes posteriormente las ejecutan
Fuente: Elaboración propia

La Figura 27 indica cómo se lleva a cabo la estimación de la duración de las actividades realizadas por subcontratistas. De los resultados se observa que en general las duraciones de las actividades las estima el contratista principal junto al subcontratista (41% de los encuestados considera esta alternativa) o se impone un plazo (34%), mientras que en menor medida el subcontratista provee una estimación (23%). Otra forma de estimar las duraciones descrita por uno de los encuestados es usar todas las anteriores dependiendo del contrato.

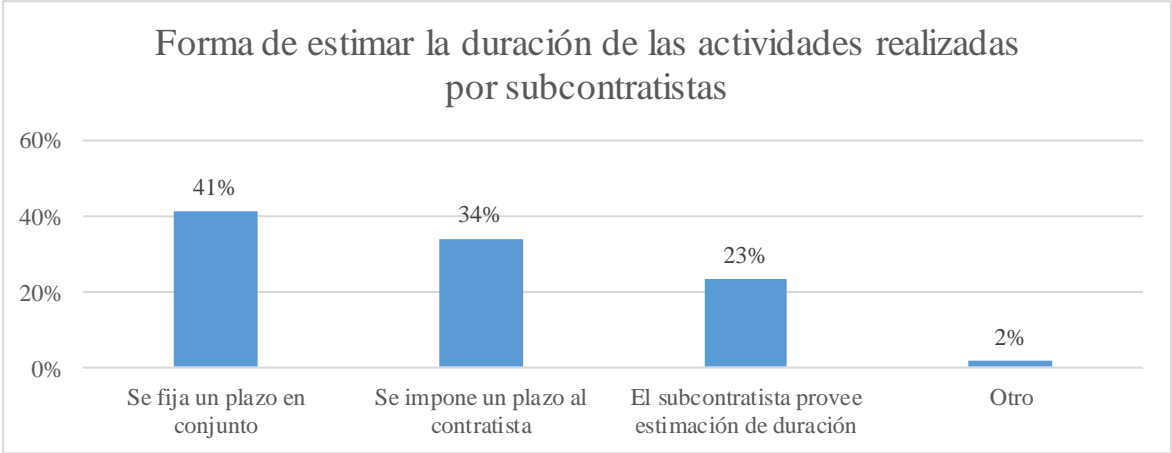


Figura 27: Forma de estimar la duración de las actividades realizadas por subcontratistas
Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Grado de influencia e importancia de factores asociados a la estimación

Desde la Figura 28 a la Figura 30 es posible obtener información acerca de la influencia e importancia que los profesionales consideran que tienen algunos factores que influyen sobre la estimación de la duración de las actividades en los proyectos.

La Figura 28 indica la importancia que los encuestados asignan a las distintas fuentes de información disponibles para estimar la duración de las actividades. Se extrae que todos los encuestados consideran la experiencia práctica una fuente de muy alta (80% de los encuestados) o alta (20% de los encuestados) importancia, le siguen análisis teóricos, numéricos (más de un 50% de los encuestados considera estos como una fuente de muy alta o alta importancia) e intuición (más de un 40% de los encuestados considera estos como una fuente de muy alta o alta importancia). Estudios realizados por autores extranjeros y nacionales son considerados en general de mediana a baja importancia.

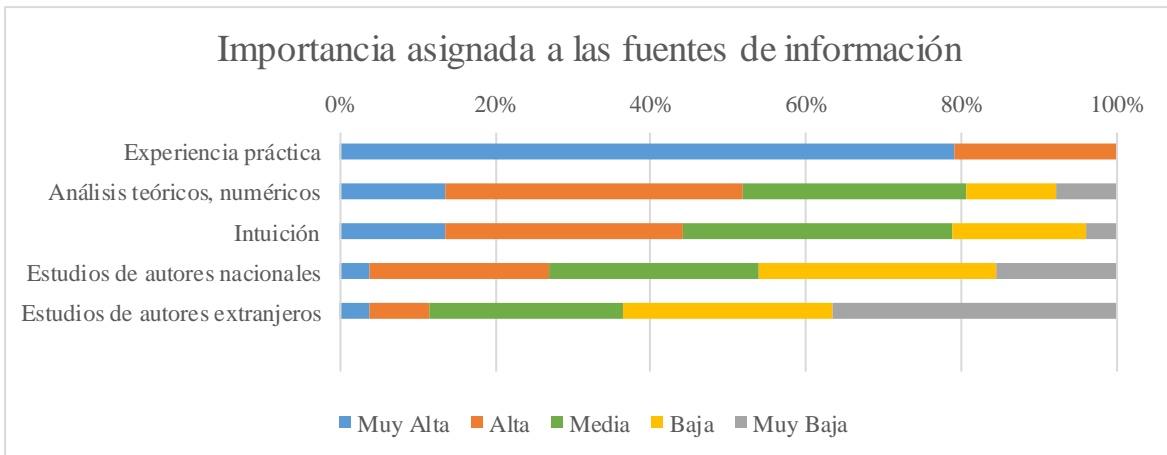


Figura 28: Importancia asignada por los encuestados a las distintas fuentes de información
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 29 se puede observar que los encuestados consideran que todas las características mencionadas para realizar estimaciones de duración de actividades tienen importancia media a alta (más de un 50% de los encuestados consideran que las características nombradas tienen importancia alta a muy alta), siendo la experiencia necesaria para realizar las estimaciones la más valorizada (más de un 60% de los encuestados la consideran de importancia muy alta).

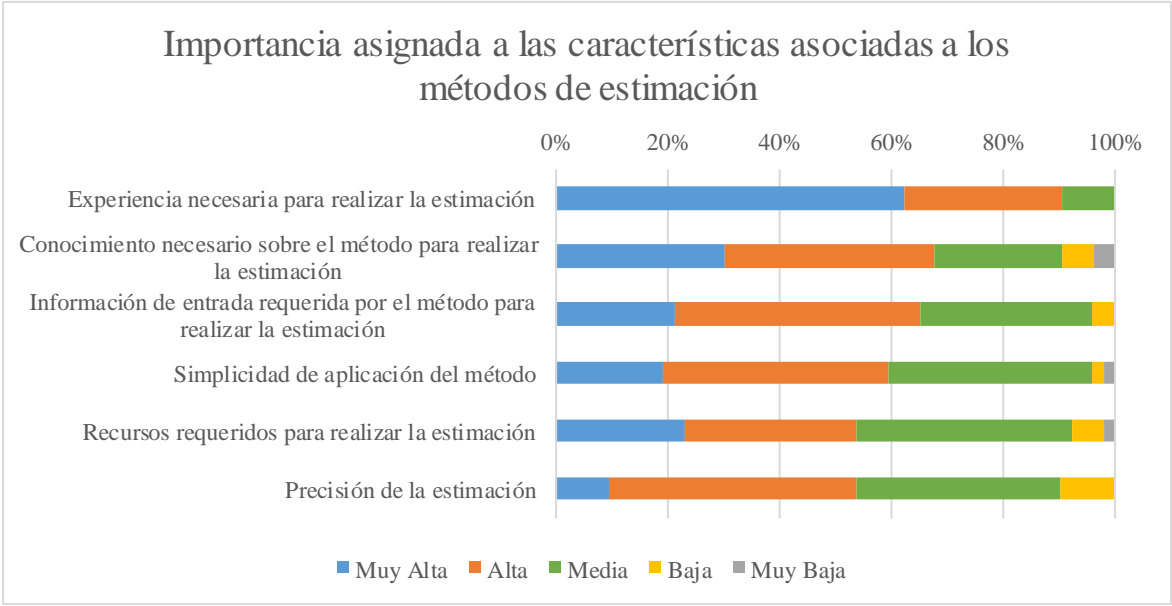


Figura 29: Importancia asignada por los encuestados a algunas características asociadas a los métodos de estimación

Fuente: Elaboración propia

Al observar la Figura 30, se extrae que los cambios o modificaciones del proyecto solicitadas por el cliente son uno de los principales factores que producen retraso (más de un 70% de los encuestados considera este factor de influencia alta a muy alta) en conjunto con duraciones de contratos poco realistas (un 80% de los encuestados considera este factor de influencia alta a muy alta) y deficiencias en la planificación y cronograma (más de un 75% de los encuestados considera este factor de influencia alta a muy alta), seguidos por retraso en la adquisición y entrega de materiales, errores y desacuerdos en los documentos de diseño y retraso de los subcontratistas. En general todos los factores propuestos como alternativas tienen importancia media a muy alta para los encuestados.

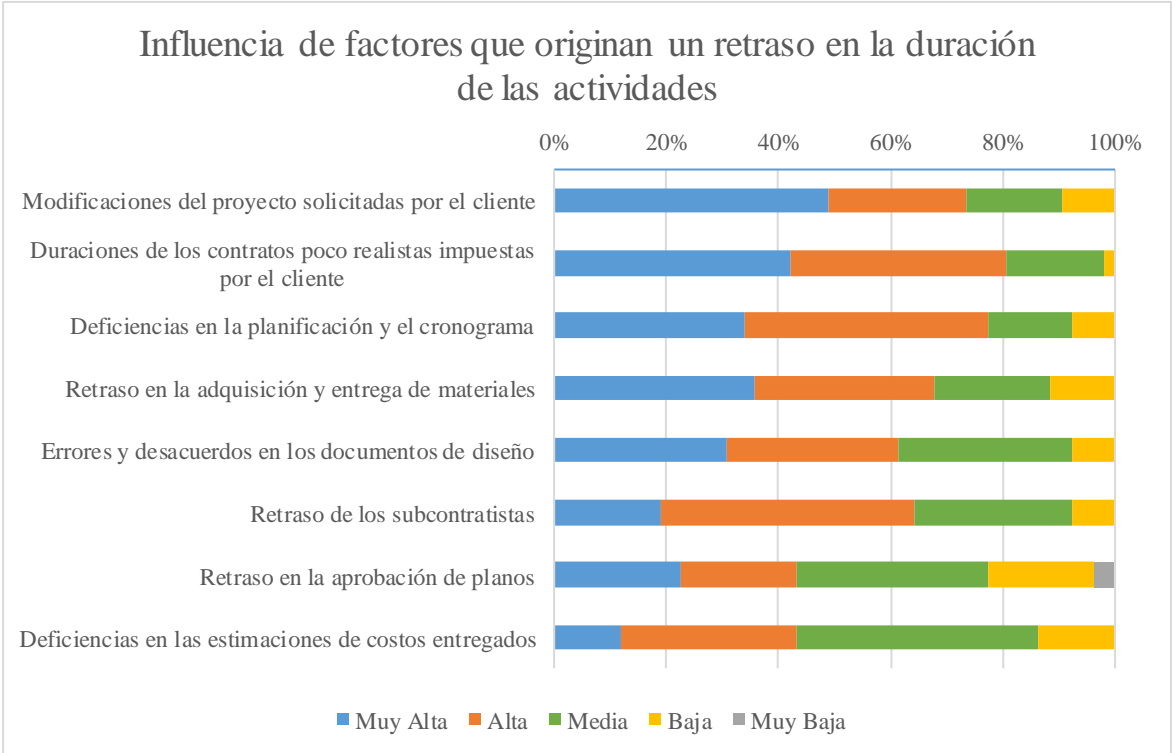


Figura 30: Influencia asignada por los encuestados a algunos factores que implican retraso en la duración estimada de las actividades
Fuente: Elaboración propia

4.1.4 Incidencia de las estimaciones en la duración y costo total de un proyecto

Al observar los gráficos de la Figura 31 y Figura 32, no se puede determinar claramente la incidencia de estimaciones iniciales deficientes sobre la duración y costo total de un proyecto, pero se observa cierta tendencia a que un 30% de los atrasos y sobrecostos son debido únicamente a estimaciones iniciales deficientes de la duración de las actividades (excluyendo otros factores que pueden causar atrasos y sobrecostos en un proyecto).

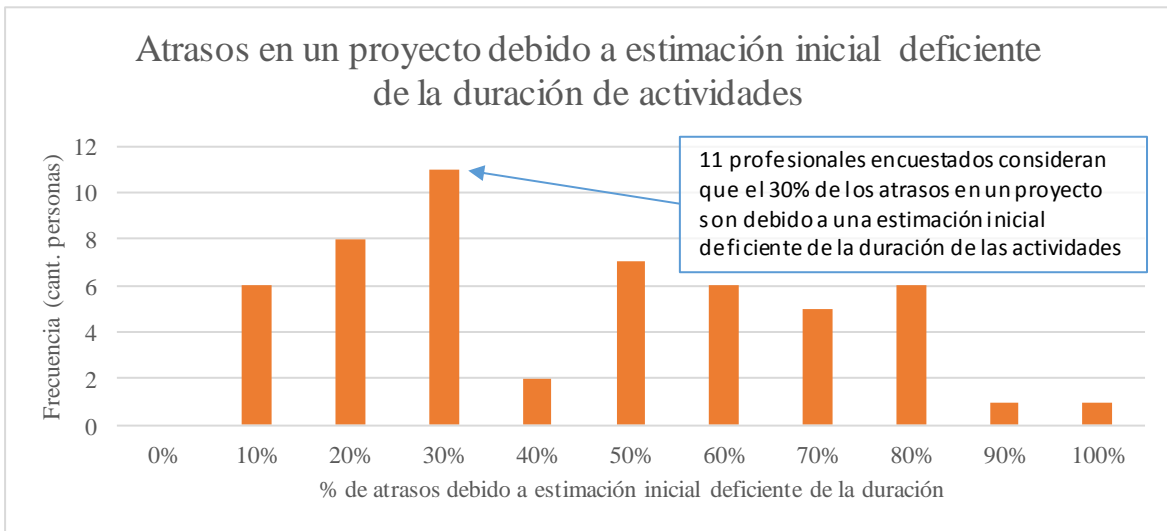


Figura 31: Atrasos en un proyecto debido a estimación inicial deficiente de la duración de las actividades
Fuente: Elaboración propia

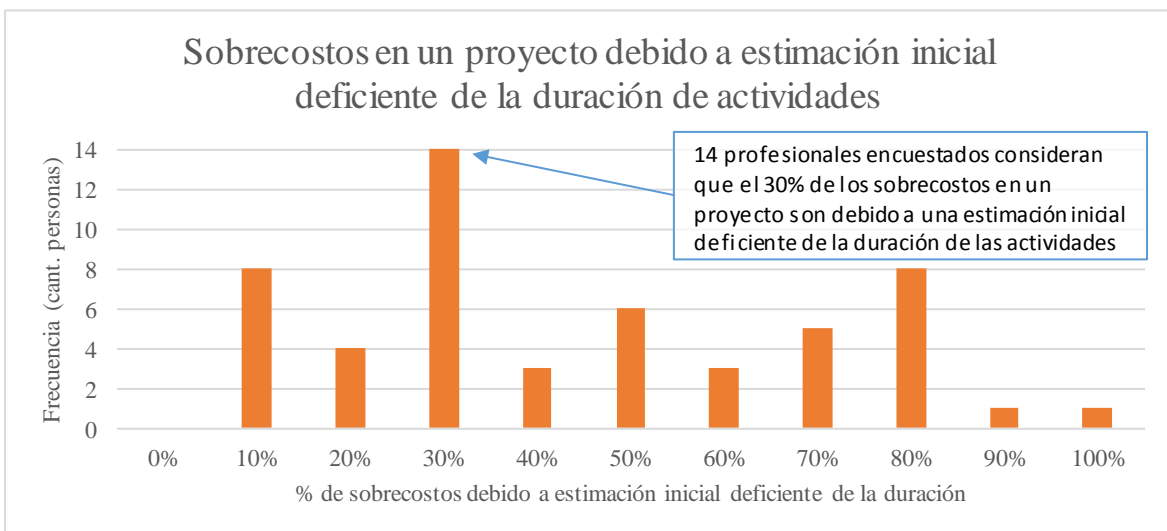


Figura 32: Sobrecostos en un proyecto debido a estimación inicial deficiente de la duración de las actividades
Fuente: Elaboración propia

De la Figura 33 y Figura 34 se puede extraer que en promedio, en la mayor parte de los proyectos de Ingeniería Civil existe un aumento tanto en los plazos como en los costos respecto a estimaciones iniciales.

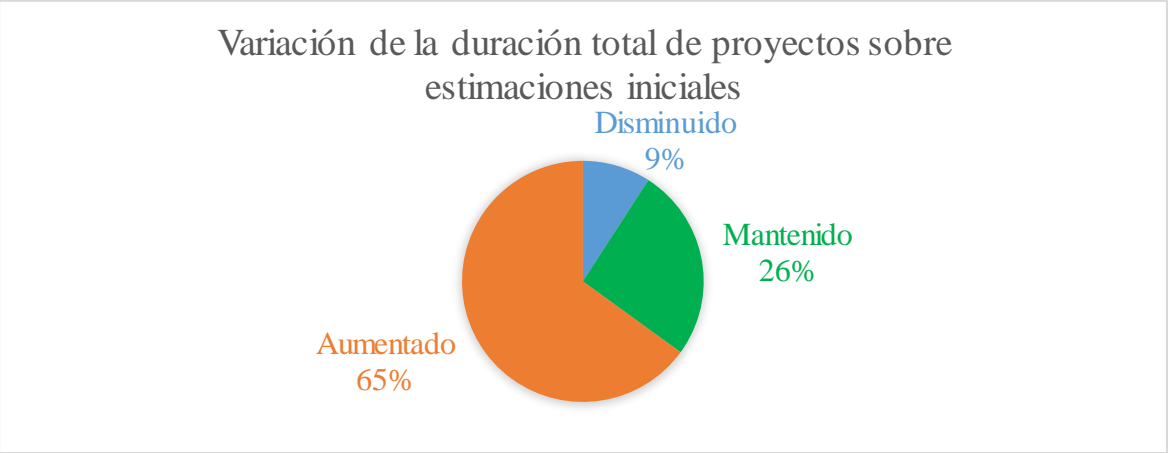


Figura 33: Porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado la duración total estimada inicialmente
Fuente: Elaboración propia

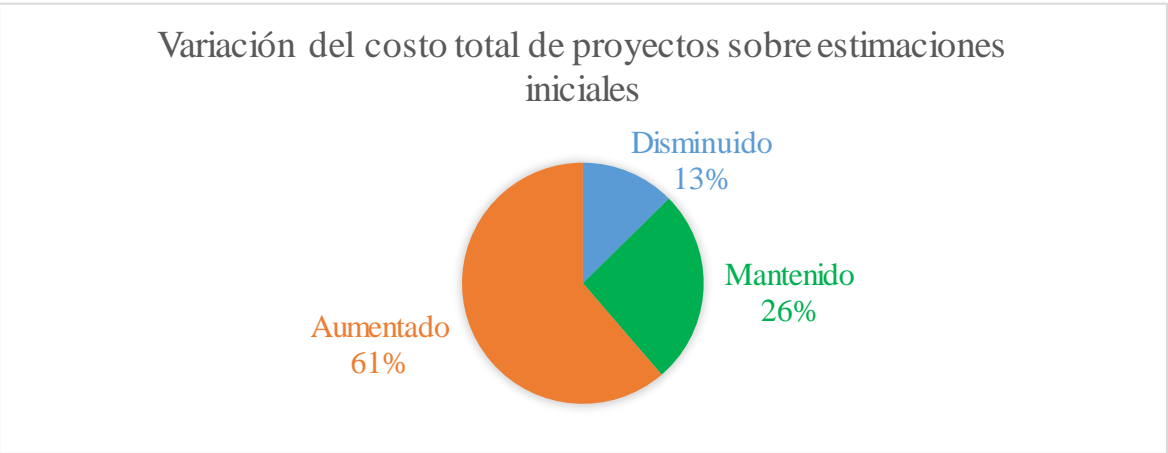


Figura 34: Porcentaje de proyectos en los que ha disminuido, mantenido, aumentado el costo total estimado inicialmente
Fuente: Elaboración propia

Realizando un filtro por empresas que poseen un estándar o guía de estimación versus las que no lo poseen, se generan los gráficos de la Figura 35 y Figura 36, desde los cuales se puede extraer que en empresas en las que sí existe un estándar de estimación existe en promedio una mayor cantidad de proyectos en los que disminuye su duración y costo, por lo que en estas empresas existe una menor cantidad de proyectos en los que aumenta su duración y costo.

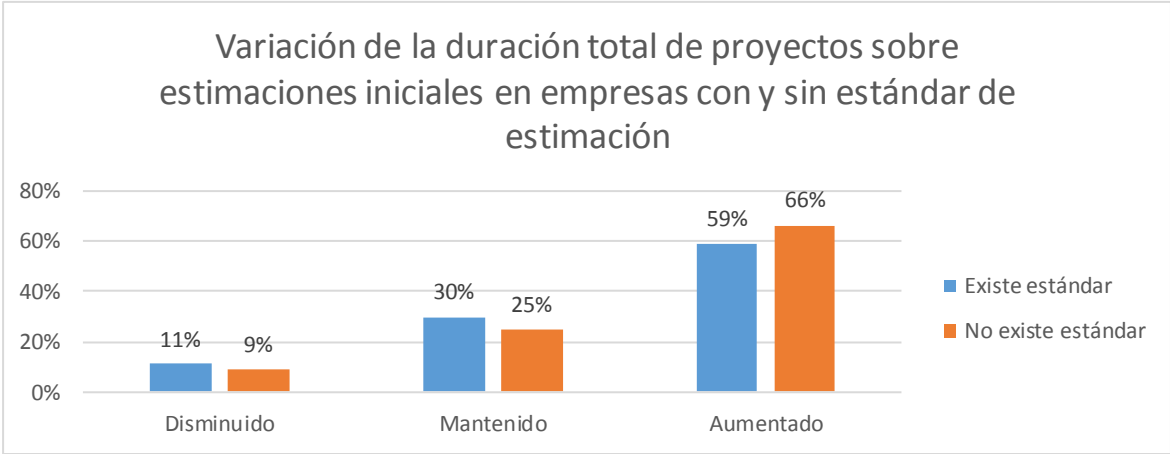


Figura 35: Variación de la duración total de proyectos sobre estimaciones iniciales en empresas con y sin estándar de estimación
Fuente: Elaboración propia

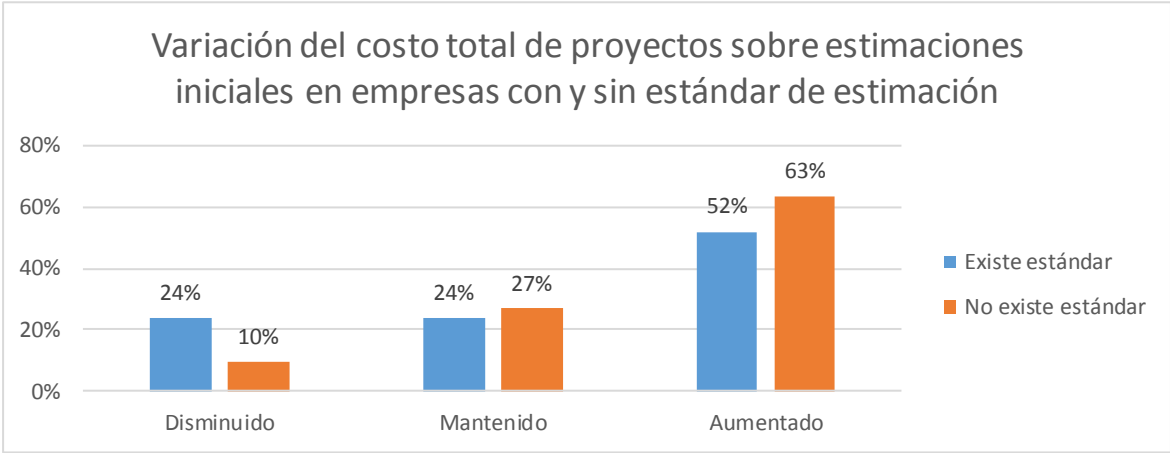


Figura 36: Variación del costo total de proyectos sobre estimaciones iniciales en empresas con y sin estándar de estimación
Fuente: Elaboración propia

La Figura 37, Figura 38 y Figura 39 indican la influencia que tienen el mandante, la aplicación de una metodología Fast Track y los bonos – multas sobre la duración final de las actividades de un proyecto con respecto a la duración estimada inicialmente.

En general se considera al mandante como un agente negativo, ya que causa retraso en la ejecución de las actividades (58% de los proyectos se atrasan por influencia del mandante o cliente según los encuestados) por sobre promover el cumplimiento de los plazos (38% de los proyectos se ven influenciados positivamente por el mandante o cliente según los encuestados).

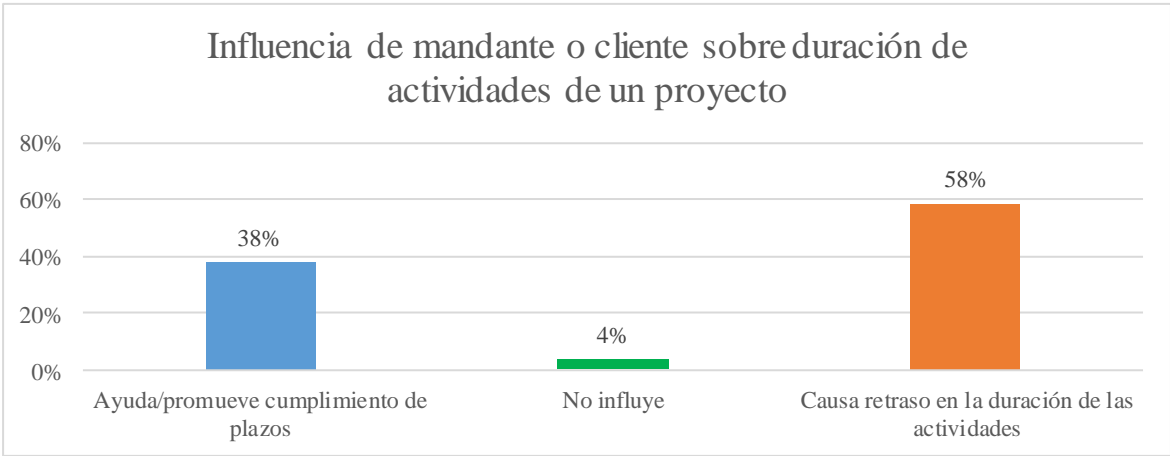


Figura 37: Influencia del mandante o cliente sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente

Fuente: Elaboración propia

Para proyectos en los que se utiliza una metodología Fast Track, no se observa una notoria influencia negativa (43% de los proyectos se ven influenciados negativamente) ni positiva (38% de los proyectos se ven afectados positivamente), incluso existe un porcentaje de encuestados que considera que no tiene gran influencia (19%).

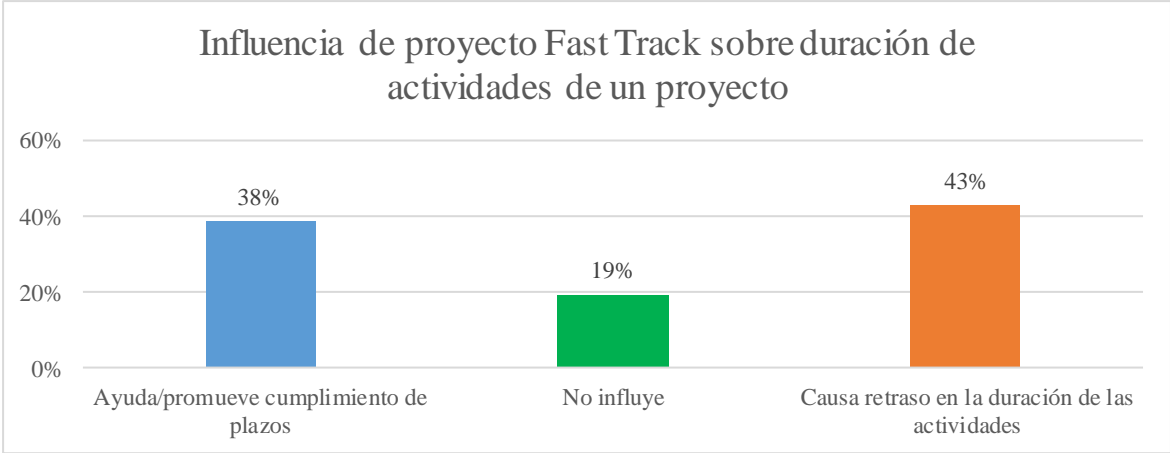


Figura 38: Influencia de la aplicación de una metodología Fast Track en un proyecto sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente
Fuente: Elaboración propia

Los bonos y multas son considerados como una influencia positiva, ya que ayudarían o promoverían el cumplimiento de plazos (75% de los proyectos se ven afectados positivamente), aun así existe un porcentaje de encuestados que considera que no tienen influencia sobre las duraciones de las actividades (23%).

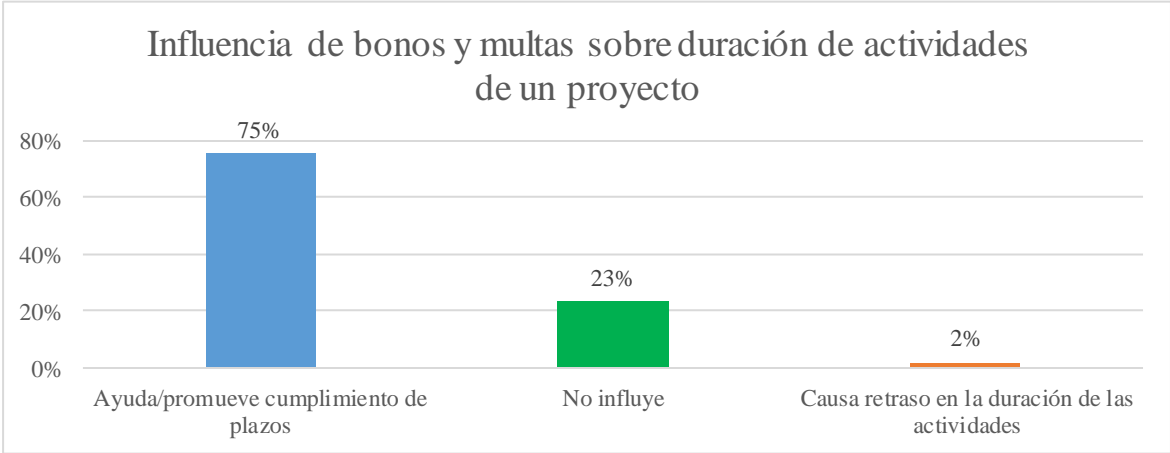


Figura 39: Influencia de bonos y multas sobre la duración final de las actividades, con respecto a la duración estimada inicialmente
Fuente: Elaboración propia

4.1.5 Buenas prácticas recomendadas por los profesionales

A continuación se transcriben y agrupan por área las buenas prácticas asociadas al proceso de estimación de la duración de las actividades, recomendadas por los profesionales encuestados:

Tabla 8: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales

Manejo de la Información e Integración
<ul style="list-style-type: none">• Utilizar información y experiencias previas de las tareas a desarrollar y proyectos similares.• Aplicar lecciones aprendidas.• Establecer plazos razonables por parte del mandante, en relación a la información histórica de proyectos semejantes.• Contar con base de datos histórica de rendimientos para su análisis y actualización.• Recolectar toda la información necesaria para realizar la estimación.• Contar con información completa y de calidad.• Confiabilidad de la Información básica para el proyecto (Identificar factores de mayor variabilidad).• Precisión en datos teóricos (cubicaciones).• Combinar experiencia más análisis numéricos.• Consideración de factores indirectos en la estimación de rendimientos.• Basar las duraciones en los rendimientos del presupuesto original.• Equipo de Construcción previamente ligado con la Ingeniería.• Rehacer el programa base con el input de terreno y lo presupuestado, identificando y gestionando todos los requerimientos de la obra al inicio (recursos, permisos, procedimientos, etc.)• Durante la ejecución y seguimiento, metodología Last Planner permite una fusión entre programador y ejecutor.
Alcance
<ul style="list-style-type: none">• Análisis de antecedentes aprobados.• Una buena planificación debería asegurar el alcance sin más cambios.• Clara definición y detalle de los alcances del proyecto.• Preparación de paquetes de trabajo con meses de anticipación.• Revisar actividad por actividad y ver cómo mejorarlas.• Desglosar las actividades a realizar con un WBS donde se consideren todas y cada una de las actividades a realizar.• Revisar interferencias con otras actividades.• Invertir tiempo en la planificación es primordial, así como la definición correcta del alcance, luego de ser interrogados e identificados todos los stakeholders (interesados).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 9: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales (continuación 1)

Tiempo
<ul style="list-style-type: none"> • Mejorar hitos de proyecto, contratista se concentra generalmente en estos. • Gestión eficiente por parte del mandante del levantamiento de las restricciones del programa. • Saber que independiente de las HH (Horas-Hombre) necesarias para realizar un entregable, el plazo global de este (desde su inicio hasta que el cliente lo aprueba) es no menor a 25 días. • Realizar con anticipación la estimación de la duración de las actividades. • Ingeniería terminada antes de la fase de Construcción. • Hacer medidas de tiempos en las distintas actividades y en base a eso estimar el tiempo total del proyecto. • Control permanente y seguimiento de las duraciones de las actividades durante la ejecución de las obras, con motivo de anticipar una eventual reprogramación que sincere el plazo del proyecto. • Desglosar la actividad y analizar el tiempo paso por paso. • Analizar la duración de las actividades repetitivas para ajustar la duración al caso particular. • Aplicar método de la ruta crítica, para identificar las actividades a las que se debe poner mayor foco. • Tener claro en todo momento las actividades críticas.
Comunicaciones
<ul style="list-style-type: none"> • Buena planificación en la etapa de anteproyecto y proyecto, en donde el cliente debe preguntar y ser informado de manera certera respecto de lo que le espera acorde a sus decisiones. • Muy estrecha coordinación con cliente. • Conocer los plazos de revisión y aprobación de planos por parte de cliente (para Proyectos de Ingeniería). • Mejorar canales oficiales de información, ya que Ingenierías van cambiando y no todos se enteran de los cambios. • Buena coordinación entre proveedores, consultora y el mandante para desarrollar una estimación adecuada y realista de las mismas. • Buena comunicación con subcontratos. • Presentar a profesionales de la obra el programa para que lo adecuen a su necesidad con recursos requeridos. • Trabajar con una holgura no informada a los actores del proyecto, la holgura es solo para mí, si la comunico, es cosa cierta que se la van a gastar. • Mantener comunicación con trabajadores y/o profesionales con mayor experiencia.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Buenas prácticas recomendadas por los profesionales (continuación 2)

Recursos
<ul style="list-style-type: none"> • No realizar modificación de los colaboradores ni recursos definidos durante la estimación. • Tener presente la cantidad de recursos disponibles y saber su rendimiento, así como también conocimientos del nivel de dificultad de las actividades y métodos constructivos para realizar estimaciones de duración de actividades realistas. • Consideración del estado de equipos y herramientas previo a la estimación. • Recurso humano idóneo. Revisar si el personal tiene las competencias. • Considerar holguras en recursos asignados en cada actividad para ser utilizados durante el período de ejecución para el caso en que no se cumpla con los rendimientos estimados.
Riesgos
<ul style="list-style-type: none"> • El análisis de riesgos, imprevistos y las contingencias asociadas son un factor clave para el desarrollo de proyectos. • Considerar escenarios favorables y desfavorables. • Correcta transferencia de riesgos. • Considerar factores de riesgo en caso que la ejecución de las actividades sea realizada por subcontratos. • Actuar en forma diligente y eficiente en los temas de MA (Medio Ambiente) SSO (Seguridad y Salud Ocupacional) y PR (Prevención de Riesgos). • Controlar el porcentaje de modificaciones e incertidumbre dentro del proyecto.
Adquisiciones
<ul style="list-style-type: none"> • Planificar mejor etapas de licitación, siempre se retrasan las adjudicaciones. • Proceso de licitación y adjudicación con la documentación en condición apta para construir y no con Ingeniería básica.
Interesados
<ul style="list-style-type: none"> • Fijar responsabilidad del cliente sobre la llegada de suministros aportados por Vendor/Cliente. • Fijar responsabilidad del cliente sobre entrega de la Ingeniería de detalles. • Consultar e Involucrar a ejecutores, especialistas y profesionales que han ejecutado dichas actividades o que hayan participado en la construcción de proyectos similares. • Quienes estiman deben: tener experiencia y/o bien apoyarse directamente en quienes ejecutan las tareas, siendo esta tarea fundamental para el éxito de los plazos. • Definir los plazos con el equipo que realizará el proyecto, de esta forma al participar en la definición se comprometen a cumplir plazos, que es muy diferente a imponer uno. • Asesorarse con contratistas. • Preguntarle al área técnica de las oficinas y no al área comercial.

Fuente: Elaboración propia

4.1.6 Variabilidad de la duración estimada de las actividades en proyectos específicos

La variabilidad de la duración con respecto a la estimación original de las actividades en los distintos proyectos presentados a continuación es otorgada por un pequeño número de encuestados, siendo 8 encuestados en Proyectos de Edificación en Altura, 4 encuestados en Proyectos de Tunel de Metro y 6 encuestados en Proyectos de Autopista. Los resultados obtenidos indican una gran variación en las distintas actividades, existiendo un promedio aproximado de un 30% de variación en los Proyectos de Edificación en Altura y Proyectos de Autopista y un promedio aproximado de un 60% en Proyectos de Túnel de Metro.

En la Figura 40, se observa una mayor variabilidad de la duración (o aumento de la duración en condiciones pesimistas) en actividades como Ejecución de terminaciones (44% de variación), Ejecución de obras posteriores (43% de variación), Excavaciones (42% de variación), Muro cortina (41% de variación) y Estructura de ascensores (38% de variación).

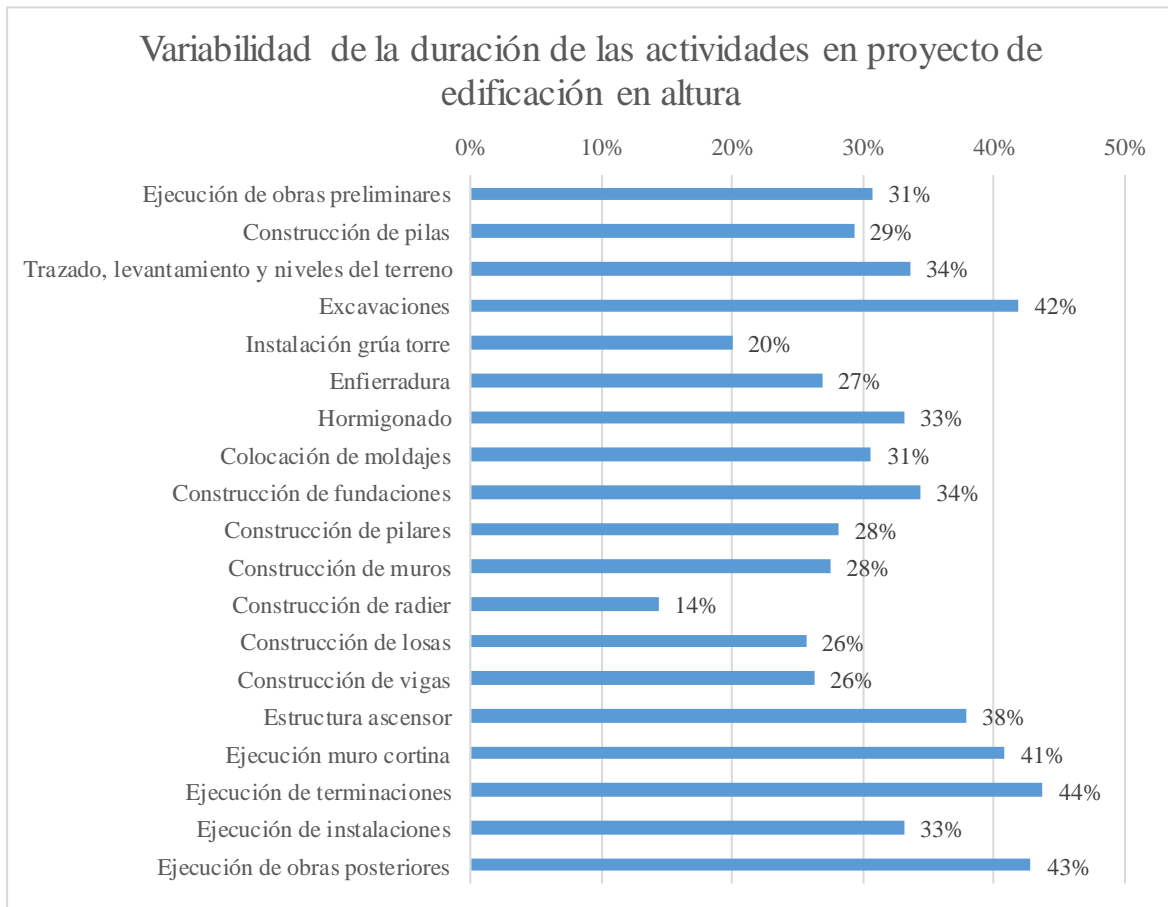


Figura 40: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Edificación en Altura
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 41, se observa mayor variación de la duración en actividades como la Ejecución del Anillo superior del Pique circular (71% de variación), Ejecución de obras preliminares (70% de variación), Excavación y sostenimiento del Túnel de estocada (70% de variación) y Ejecución de Soleras laterales del Túnel de interestación (70% de variación).



Figura 41: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Túnel de Metro
Fuente: Elaboración propia

En la Figura 42, se observa mayor variabilidad de la duración estimada con respecto a la real en actividades de Movimientos de tierra (49% de variación) y Ejecución de obras posteriores (47% de variación).

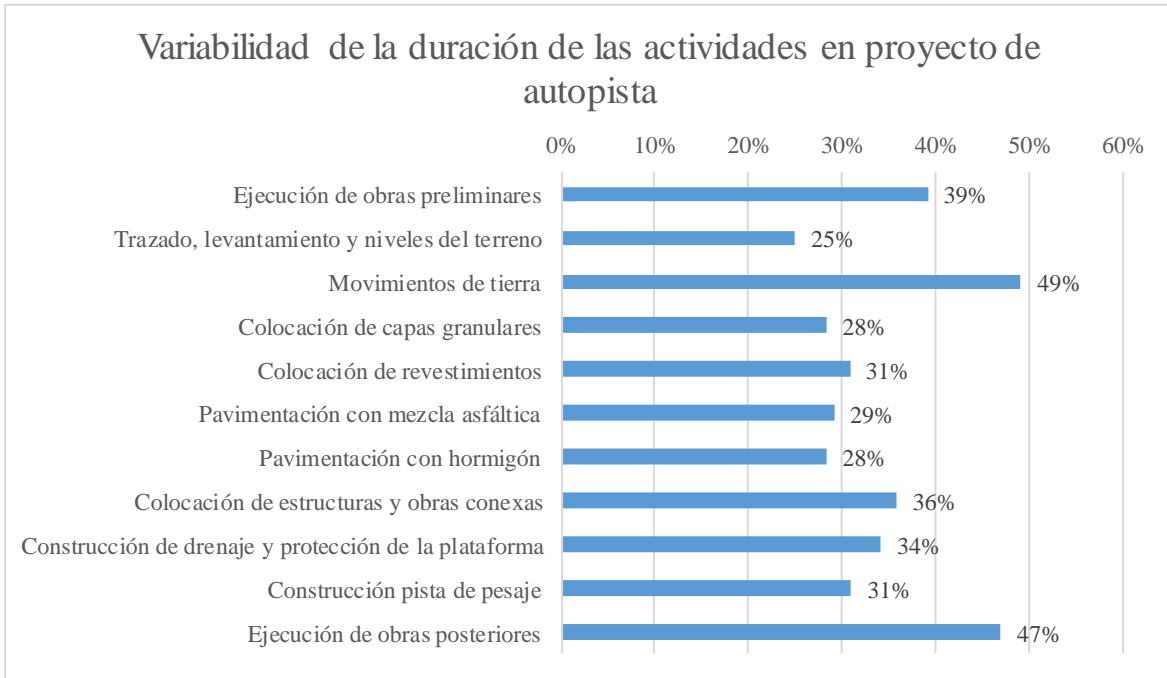


Figura 42: Variabilidad de la duración de las actividades en Proyectos de Autopista
Fuente: Elaboración propia

4.2 RESULTADOS ENTREVISTA A EXPERTOS

La cantidad de participantes de la entrevista son 5 profesionales con más de 20 años de experiencia, con participación en proyectos y en empresas destacadas en el rubro de la Ingeniería y Construcción.

El instrumento de medición consiste en un cuestionario con una serie de preguntas abiertas. El modo de recolección de la información es en línea utilizando una plataforma de generación de cuestionarios gratuitos llamada e-encuesta.

En los subcapítulos siguientes se presentan las preguntas y respuestas de cada experto.

4.2.1 Caracterización del experto

Los entrevistados corresponden a profesionales expertos en proyectos de Ingeniería y Construcción. A continuación se presenta una tabla resumen con el cargo que ocupan en los proyectos en los que participan (se omiten los nombres para mantener confidencialidad):

Tabla 11: Caracterización de los encuestados

N°	Entrevistados
1	Jefe de Ingeniería en Terreno/Subgerencia de OOCC, Túneles y Estructuras/Gerencia de Ingeniería, Arquitectura y OOCC/Gerencia Corporativa de Desarrollo de Proyectos
2	Consultor Senior en Proyectos de Inversión
3	Asesor en Gestión de Proyectos
4	Especialista en Control de Proyecto
5	Gerente Project Control

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Métodos de estimación y control

1. ¿Usted sigue algún estándar o procedimiento formal para estimar y controlar la duración de las actividades? ¿Qué métodos y herramientas utiliza? Favor describa brevemente

Tabla 12: Métodos de estimación y control (parte 1)

N°	Respuestas
1	Aunque gran parte de mi trabajo es optimizar los rendimientos de las actividades de construcción, no es parte de mi trabajo el estimar la duración de las actividades.
2	En primer lugar, desarrollar la WBS, luego, en base a la experiencia de la empresa, establecer la secuencia de actividades y su duración. El control se realiza comparando el avance real con el programado. Las herramientas MS Project y Earn Value. La estimación y duración de las actividades se realiza en base a la experiencia de los consultores que participan en el proyecto. La metodología que se sigue para realizar el proceso es la que propone PMI en el PMBOK® Guide, es decir, preparar el cronograma, ejecutar el proyecto y controlar su avance. En base a los resultados obtenidos, se toman medidas correctivas, en caso de estar el proyecto retrasado.
3	Utilizo los procedimientos establecidos para cada proyecto, sobre la base de los sistemas de cada empresa. Ejemplo de sistemas: para el desarrollo de Ingeniería; ipass de Hatch, EPPR de Bechtel, DPR de Fluor.
4	Basado en la experiencia de otros proyectos similares. La duración puede verse afectado generalmente por la disponibilidad de recursos. Se debe tener en cuenta la importancia de la actividad en el contexto del proyecto. En el mercado hay muchas herramientas de apoyo, dentro de las cuales se encuentra el Primavera.
5	La duración de una actividad tiene que basarse en procedimientos y otros estándares basados en: La ubicación de la obra, ubicación de proveedores, avance del proyecto, tipo de proyecto en el sentido de se ha realizado antes en Chile, existe experiencia, hay data o ratios históricos, es una expansión de una planta existente (Brown Field) o bien una nueva planta (Green Field), es un área congestionada o no, en el sentido si existe espacio para trabajar en paralelo o bien secuencias, se dispone de la mano de obra calificada y la planificación de construcción realista y luego en el detalle asegurar que antes de entrar a un frente trabajo estén los recursos humanos y físicos para comenzar sin demoras, otros.

Fuente: Elaboración propia

2. ¿Cuáles son las principales acciones que toma en caso de atrasos en las actividades que se desarrollan durante un proyecto?

Tabla 13: Métodos de estimación y control (parte 2)

N°	Respuestas
1	Optimizar los rendimientos de lo que queda.
2	<p>Identificar si el atraso está en la ruta crítica. Reprogramar actividades y negociar aumentos de plazo.</p> <p>Lo primero es ver la posibilidad de cumplir con el plazo final, haciendo una reprogramación de tareas y recursos. Si esto no es posible, se ve la posibilidad de asignar más recursos para terminar en plazo.</p>
3	<p>Control detallado del programa y recursos, para evitar atrasos, sobre la base de los sistemas y procesos que cada empresa utiliza. Programa de manejo de tendencias. Reuniones periódicas con las partes involucradas. Con esta información se toman las acciones pertinentes según sea el caso.</p>
4	El fin último es el término del proyecto. Se puede reprogramar invertir en mayor recurso o hacer una reingeniería.
5	Se llama work around cuando no puedes trabajar en un frente de trabajo determinado y trabajar en un recovery plan realista ya sea trabajando con más recursos, HH extras o turnos de noche.

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Dificultades, factores de éxito y fracaso

3. ¿Cuáles son las principales dificultades que ha encontrado para lograr el cumplimiento de los plazos estimados de las actividades en los proyectos que usted ha participado?

Tabla 14: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 1)

N°	Respuestas
1	La subestimación de los recursos.
2	El retraso en la entrega de información por parte de los clientes y proveedores. El retardo en la aprobación de planos y documentos por parte del cliente. La falta de recursos disponibles para ejecutar el trabajo. Estimación poco realista del plazo de ejecución del proyecto. Falta de recursos o asignación tardía de ellos para ejecutar el proyecto. Recursos no adecuados para el objeto del proyecto. Retraso en definiciones y/o revisión por parte del cliente. Falta de competencias de la contraparte.
3	Subestimación. Programación deficiente. Planes de ejecución deficientes. Planes de contratación y compras inadecuados. Mala distribución de riesgos en los contratos. Mal comunicación entre las partes, etc.
4	Mala planificación, programa muy optimista, atraso en los recursos. Inexperiencia de los contratistas.
5	Mala planificación para la movilización a terreno. Mala planificación para conseguir todos recursos necesarios antes de ingresar a un frente de trabajo. Atrasos en la aprobación de planos y especificaciones de construcción. No contar con el personal idóneo. Atraso en la certificación de Operadores de equipos de construcción. Impactos de cambios de diseño o en el secuenciamiento del plan de construcción. Subestimación de los tiempos de duración de actividades. Otros.

Fuente: Elaboración propia

4. ¿Cuáles considera usted que son los 5 principales factores de éxito que permiten cumplir los plazos de un proyecto?

Tabla 15: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 2)

N°	Respuestas
1	La correcta estimación de la media y de la desviación estándar de la duración de las actividades (algo que casi no se hace). La correcta estimación de los recursos una vez dada la duración de la actividad. El análisis semanal de la duración de las actividades.
2	Alcance claro y acordado entre las partes. Equipo de trabajo competente. Liderazgo del jefe de proyecto. Estimación de plazos realista. Capacidad de respuesta de parte del cliente. Validar el programa con el cliente al inicio del proyecto. Establecer desde el inicio los compromisos de las partes. Disponer oportunamente de los recursos necesarios, en calidad y cantidad. Tomar oportunamente las acciones correctivas que sean necesarias.
3	Buena Ingeniería. Plan de ejecución detallado y de calidad. Análisis de Riesgos adecuado. Plan de contratos y compras bien desarrollado, sobre bases realistas. Control de Proyectos efectivo (anticipar no sólo registrar). Personal calificado y con experiencia.
4	Un buen programa. Buena selección de contratistas. Si se va a privilegiar los plazos, invertir en recursos y tecnología.
5	Buena planificación. Empleados idóneos. Ejecución de acuerdo al plan. Buen clima laboral, personal motivado y responsable. Hacer un buen equipo con proveedores, socios de Joint Ventures, las áreas de EPC, subcontratistas y lo más importante con el cliente.

Fuente: Elaboración propia

5. ¿Cuáles considera usted que son los 5 principales factores de fracaso que impiden cumplir los plazos de un proyecto?

Tabla 16: Dificultades, factores de éxito y fracaso (parte 3)

N°	Respuestas
1	No hacer nada de lo anterior.
2	Cambios en el alcance. Capacidad de gestión por parte del jefe de proyecto. Indolencia por parte del cliente. Falta de un equipo de trabajo empoderado. Plazos no realistas. Tratar de cumplir el plazo estipulado, aunque este no sea realista. No involucrar al cliente desde el inicio. "Arar con los bueyes que tenemos", es decir, trabajar con las personas que son asignadas, aunque no sean las indicadas. No tener control sobre las actividades de terceros, que pueden impactar el plazo de ejecución del proyecto, tales como contratistas. No tomar oportunamente las acciones correctivas que sean necesarias.
3	El no proceder como indiqué en el punto anterior.
4	Mal programa o no seguirlo. No disponer de los recursos. Mala selección de proveedores y contratista. Mala Ingeniería.
5	No entender el alcance del trabajo. No conocer el criterio de aceptación final del cliente. Subestimar la duración de las actividades. Caer la procrastinación (no enfocarse bien en lo más importante). Que no exista accountability (si no hay consecuencias por el mal hecho, no hay cambios para mejorar). Mala dirección y falta de comunicaciones efectivas horizontales y verticales. No considerar a los interesados en el desarrollo del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

4.2.4 Influencia y relación plazos – cliente, subcontratos, costos, productividad

6. En su experiencia, ¿Cuánto influyen los atrasos o adelantos en los costos totales de un proyecto? ¿Considera que existe una relación entre los plazos y los costos directos e indirectos de un proyecto?

Tabla 17: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 1)

N°	Respuestas
1	Los atrasos inciden mayormente en los costos indirectos.
2	La respuesta depende del tipo de proyecto, en el caso de Proyectos de Ingeniería, en la medida en que el retraso no signifique un retraso en la puesta en operación del proyecto, no tienen mucha incidencia, no así en el caso de Proyectos de Construcción en que si la tienen. Existe una relación directa entre los plazos y los costos directos e indirectos. Si un proyecto se atrasa, existe un impacto directo en los costos.
3	Enormemente. En los proyectos donde he participado, casi todos ellos con TIC entre 1.000 y 4.000 millones de USD, el costo (Indirecto General, Gastos Generales) de un día adicional en su Fase de Construcción es de millones de USD. La pérdida o beneficios, respecto a la producción, según sea el caso, son inmensos. El aumento de los peaks de recursos directos e indirectos, necesarios para mitigar o evitar atrasos, debido a avances menores a los programados, conlleva grandes costos, debido principalmente a los requerimientos adicionales en instalaciones temporales, contratación, pérdidas de producción por interferencias en la ejecución, aumento en el costo de los recursos (estos no son limitados) , etc.
4	Hay un punto óptimo entre costos y plazo, el cual hay que estudiarlo bien. Cualquier variación a ese punto reviste mayores costos. También depende de la complejidad y magnitud del proyecto. Generalmente hay una relación entre plazos y costos.
5	Para mí los atrasos son más relevantes que los costos ya que influyen en el comienzo de la producción aparte del mayor costo indirecto no considerado. La mayor duración impactan en los costos directos e indirectos pero peor aún le crea un problema a la operación del cliente.

Fuente: Elaboración propia

7. En general, ¿Cuál ha sido su experiencia con relación a la productividad planificada y la real en los proyectos?

Tabla 18: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 2)

N°	Respuestas
1	Siempre se está por debajo de lo programado, pero creo que ir por sobre el 90 % es indicativo de un buen trabajo. Si se analizara estadísticamente la duración de las actividades y la asignación de recursos, creo que concluiríamos que una banda de +10% respecto de lo programado es un buen estándar.
2	En general, lo que he visto es que los proyectos siempre están atrasados y la productividad planificada, por los factores indicados anteriormente, no se cumple.
3	PF entre 1 y 1,2.
4	En proyectos de mayor especialización generalmente se cumple los plazos y productividad.
5	La planificación de la productividad es siempre mejor que la real. Se debe considerar la labor sindical en atrasos y bonos de termino de conflicto así como el sistema de turnos 14x14 con avión a su punto de origen no es bueno. Es preferible un 14x7 con avión. La mala planificación o la falta de actualización de la planificación y los impactos de los atrasos son una causa de la falta de productividad como asimismo no tener a tiempo un recovery plan e implementarlo a tiempo.

Fuente: Elaboración propia

8. Del total de proyectos en los que ha participado, en su opinión, ¿Cómo influyen los clientes o mandante en los plazos totales?

Tabla 19: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 3)

N°	Respuestas
1	Influyen por medio de las obras adicionales, lo no es positivo ni negativo. El problema se presenta en determinar si las obras adicionales se pueden hacer o no dentro del plazo original del contrato.
2	Son determinantes en el cumplimiento de los plazos. En los proyectos en los que he participado, ha visto que el cliente no asume completamente su responsabilidad en la ejecución del proyecto sino que más bien tiende a descargar ésta en el Consultor. Normalmente el Cliente no cumple con las fechas de entrega de la información solicitada o con los plazos de revisión de documentos pero si exige que el Consultor no se retrase.
3	Mucho, considere mis respuestas anteriores en relación con el PEP, Plan de contratos, análisis de riesgos. Además el personal, particularmente en áreas de gestión, contratos, adquisiciones y control de proyectos, por lo general no tiene las competencias (conocimiento) mínimas requeridas para estos emprendimientos.
4	Dependiendo del tipo de contrato. Sin embargo no es una variable relevante.
5	Mucho se debe llevar un registro del tiempo de respuesta del cliente del mismo modo que el existente para los contratistas. Y es bueno compartirlo. Muchas de las decisiones o aprobaciones de compra cuando toman más del tiempo esperado demoran la línea crítica del proyecto. Además de los cambios introducidos por el cliente informalmente y cuando el proyecto está en una etapa avanzada, atrasan al proyecto. El primer 50% de avance físico en mi experiencia se desarrolla dentro del 60% del tiempo considerado. Sin embargo el 2do 50% se demora más del 60% del tiempo total debido a que una gran cantidad de actividades que no son críticas pasan a ser críticas aumentando hacia el final el cumplimiento del programa en la fecha planificada.

Fuente: Elaboración propia

9. Del total de proyectos en los que ha participado, en su opinión, ¿Cómo influye el desempeño de los subcontratos en los plazos totales?

Tabla 20: Influencia y relación plazos - cliente, subcontratos, costos, productividad (parte 4)

N°	Respuestas
1	Tengo buenas y malas experiencias, pero el responsable es el contratista principal y no el subcontratista.
2	La respuesta depende del tipo de sub contrato y de si este está o no en la línea crítica del proyecto. En general, los sub contratistas tienden a retrasarse en su trabajo y con ello afectan el plazo de término del proyecto.
3	Enormemente, Son los contratistas y subcontratistas quienes ejecutan los trabajos.
4	Influye dependiendo del tipo de su contrato y contratistas.
5	Mucho, ya que no existen cronogramas integrados entre el contratista principal y sus subcontratistas que sea eficiente en su actualización y con progresos físicos precisos de actividades. Esto obliga a estar continuamente revisándolos. Por otro lado es tanto el número de actividades para la construcción considerados que se hace casi imposible actualizarlos.

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Comentarios adicionales, finalización

Tabla 21: Comentarios adicionales, finalización

N°	Respuestas
1	
2	Las respuestas que he entregado están relacionadas con el tipo de proyecto en el que me ha tocado participar. Es necesario tipificar los proyectos ya que el desarrollo de un proyecto de Ingeniería es muy diferente al de un EPC o EPCM.
3	La gestión de proyectos y particularmente en lo que respecta a planificación, estrategias de ejecución, control de proyectos y contratos, es precaria. He participado en varios proyectos que han resultado exitosos, debido a que han sido gestionados por equipos competentes, experimentados y cohesionados. Esto, por lo general, no se da, al menos en el mercado local.
4	
5	Se debe cambiar el modo de pensar y planificar el cronograma de construcción con quienes vayan a construir, hacerlos responsables, se debe estar continuamente entrenando a la gente de proyectos para que conozcan los riesgos comerciales y físicos de sus decisiones y finalmente si no sabes hacer algo consultar, que es mejor que echar a perder.

Fuente: Elaboración propia

5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta un análisis de la información y resultados obtenidos en los capítulos anteriores, lo cual permitirá generar en el capítulo siguiente una serie de recomendaciones y buenas prácticas para realizar la estimación de la duración de las actividades en los proyectos.

5.1 ANÁLISIS ENCUESTA A PROFESIONALES

La encuesta realizada permite obtener información valiosa acerca del conocimiento que existe sobre las metodologías de estimación y las prácticas habituales durante el proceso de estimación de la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil en el país, además de recoger parte de la experiencia de profesionales del rubro para determinar cómo afectan ciertos factores en la duración y el costo total de los proyectos.

5.1.1 Caracterización del profesional

A partir de la caracterización de los encuestados (capítulo 4.1.1) es posible decir que las respuestas obtenidas corresponden principalmente a una muestra representativa de Ingenieros Civiles con 1 a 5 años de experiencia en sus funciones, dedicados a los rubros de Construcción, Minería e Ingeniería de detalle, trabajando en empresas grandes (con más de 200 trabajadores), en proyectos del sector privado mayoritariamente, cuya duración es menor o igual a 2 años.

5.1.2 Grado de conocimiento, utilización de los métodos y prácticas

En el capítulo 4.1.2 se valida la experiencia de los encuestados en el proceso de estimar la duración de las actividades de los proyectos, siendo la mayoría de ellos quienes regularmente participan de este proceso.

Contrastando los resultados de la encuesta con la información encontrada en el estudio de antecedentes teóricos realizado sobre los métodos de estimación de duración de las actividades (capítulo 2.1.2), se confirma que el método más conocido y utilizado por los encuestados es el juicio de expertos, algo esperado ya que utiliza una cantidad reducida de recursos e información y se basa en la experiencia, conocimientos y habilidades de quien realiza las estimaciones, lo que lo hace un método de estimación siempre disponible para ser utilizado en la mayor parte de los procesos que requieren estimaciones durante un proyecto. Al igual que el juicio de expertos, las estimaciones usando rangos de duraciones son altamente conocidas y utilizadas, lo cual se explica por la baja cantidad de recursos y tiempo requerido para su aplicación a costa de un reducido nivel de detalle en las estimaciones.

Se descubre que existe poco conocimiento y utilización de las técnicas grupales de toma de decisiones, las cuales son básicamente técnicas estructuradas que utilizan el juicio de un grupo de expertos y permiten encontrar estimaciones más acabadas o al menos llegar a un consenso más objetivo que sólo la utilización del método juicio de expertos. Esta baja utilización puede estar influenciada por el alto esfuerzo y tiempo requerido para su aplicación.

Los métodos de estimación análoga, paramétrica y tormenta de ideas también son conocidos, pero su porcentaje de utilización es reducido, lo que se explica al ser técnicas más complejas para estimar, que requieren un mayor tiempo de análisis y tienen asociado un mayor uso de recursos.

Existe en general entre un 31% a un 60% de detalle de las variables requeridas para estimar la duración de las actividades a realizar al inicio de un proyecto, notándose en promedio un aumento del 16% en el nivel de detalle de las variables desde el inicio del proyecto hasta su ejecución, aumento debido a que durante la ejecución de las actividades se tiene más certeza de los recursos, costos, duraciones y alcance de las tareas que se están ejecutando, sin embargo pareciera ser un nivel de detalle bajo para poder realizar estimaciones con un alto grado de confiabilidad. Destaca un bajo porcentaje de detalle del registro de los riesgos (31% al inicio del proyecto y 47% durante su ejecución) a pesar de ser una variable altamente influyente en las estimaciones de la variación de la duración de las actividades.

Se observa que la mayoría de las empresas no poseen una guía o estándar para estimar la duración de las actividades, lo cual dificulta la determinación de buenas prácticas para realizar estimaciones. Lo anterior también influye en el cumplimiento de la duración y el costo total presupuestados de los proyectos, como es posible corroborar en el capítulo 4.1.4, donde se comprueba que las empresas que poseen un estándar para estimar obtienen mejores resultados en la duración y el costo total de los proyectos.

Un alto porcentaje de empresas poseen bases de datos con información histórica sobre la duración de las actividades, lo cual es una ventaja, ya que a partir de esta información es posible utilizar métodos de estimación como la estimación análoga o paramétrica, las cuales mejoran la precisión de las estimaciones en comparación al juicio de expertos.

En la mayor parte de las empresas un equipo se encarga de realizar las estimaciones, lo cual propicia el intercambio de opiniones e ideas, además de poder llegar a un consenso sobre cuál es la duración que podría tener una actividad, disminuyendo la subjetividad del juicio de un único experto. A partir de lo anterior es posible aprovechar las técnicas grupales de toma de decisiones, las cuales permiten llegar a tener un mayor consenso en los resultados obtenidos gracias a que sus metodologías permiten intercambiar información entre expertos

de manera estructurada y menos subjetiva, sin embargo la utilización de estas técnicas es escasa como se ha podido comprobar.

Se observa también que en general quienes estiman las duraciones luego participan de las actividades y la mayor parte de las empresas informan en detalle las estimaciones de duración realizadas a quienes posteriormente las ejecutan, lo que favorece el cumplimiento de plazos al tener mayor claridad sobre los supuestos considerados, rendimientos esperados, riesgos asociados a la ejecución de las actividades y alcance de las tareas. Además, en la mayoría de las empresas se considera la opinión de quienes ejecutan las actividades, lo que permite tener un mayor compromiso por parte de ellos para cumplir con las duraciones estimadas.

Las duraciones de las actividades realizadas por subcontratos en general son estimadas en conjunto con el contratista principal, esto ofrece una ventaja en comparación a otras opciones, al permitir llegar a acuerdos y establecer compromisos entre ambas partes.

5.1.3 Grado de influencia e importancia de factores asociados a la estimación

De los resultados obtenidos en el capítulo 4.1.3 se corrobora que un gran porcentaje de los encuestados considera muy importante la experiencia práctica a la hora de estimar la duración de las actividades, lo cual es esperable ya que el método juicio de expertos utiliza esta fuente de información para realizar estimaciones, además en el rubro de la Construcción la experiencia práctica tiene un gran valor, debido a que mediante ésta es posible prever situaciones experimentadas en proyectos similares y permite tener una idea de cómo se deben hacer las cosas para tener éxito en los proyectos.

También se le asigna importancia media a alta a análisis teóricos, numéricos e intuición, a pesar de ser dos fuentes de información sumamente distintas, ya que la primera se considera una fuente objetiva, mientras que la segunda una fuente subjetiva de información. La menor importancia asignada a estudios de autores extranjeros y nacionales podría influir en el reducido nivel de estandarización del proceso de programación y planificación de proyectos de Ingeniería Civil, ya que mediante estudios es posible determinar y comprobar de manera objetiva buenas prácticas y estándares para mejorar procesos como la estimación de la duración de las actividades en los proyectos.

El principal factor causante de retrasos son las modificaciones del proyecto solicitadas por el cliente o mandante, lo cual concuerda con investigaciones previas (Flores, 2015). Otras causas principales de retrasos son:

- Duraciones de los contratos poco realistas
- Deficiencias en la planificación y cronograma
- Retraso en la adquisición y entrega de materiales.

Todos estos factores se relacionan con el proceso de estimar la duración de las actividades de un proyecto, lo cual corrobora la importancia de programar de la forma más precisa y exacta posible para disminuir la probabilidad de retrasos en el proyecto.

5.1.4 Incidencia de las estimaciones en la duración y costo total de un proyecto

De los resultados del capítulo 4.1.4, en todos los proyectos en los que han participado los encuestados, un porcentaje de los atrasos y sobrecostos son debido a estimaciones iniciales deficientes en un proyecto. Se comprueba que las estimaciones de duración de actividades tienen influencia en los atrasos y sobrecostos en los proyectos, siendo las estimaciones iniciales deficientes las responsables del 30% de los retrasos y sobrecostos en la mayoría de los proyectos. Los sobrecostos se explican mediante la relación entre las duraciones y los costos de un proyecto encontrados en el capítulo 2.3, en donde al existir variaciones en la duración del proyecto desde su duración óptima, los costos totales del proyecto aumentan.

Se observa un aumento de la duración y el costo en la mayoría de los proyectos en los que han participado los encuestados, y dentro de estos, como se descubrió anteriormente, un porcentaje es debido a estimaciones iniciales deficientes, por lo que se hace necesario realizar avances en ésta área para prevenir la ocurrencia de deficiencias en las estimaciones de la duración de las actividades. Se comprueba también que la existencia de un estándar o guía de estimación influye de manera positiva en el cumplimiento de la duración y costo total de un proyecto.

El mandante es considerado en mayor medida un agente negativo en el cumplimiento de las duraciones estimadas de las actividades, lo cual se explica por su alta influencia en los retrasos de un proyecto (los cambios o modificaciones del proyecto solicitadas por el mandante, además de las duraciones de los contratos poco realistas, en los cuales el mandante tiene influencia, son los principales factores causantes de retrasos según los encuestados).

La utilización de una metodología Fast Track en proyectos tiene tanto influencia negativa como positiva, ya que a pesar de que existe una reducción en la duración total de un proyecto al realizarse la Ingeniería al mismo tiempo que la Construcción, propicia la existencia de interferencias en los diseños, que se van encontrando mientras se ejecutan las actividades, provocando retrasos en éstas.

Se observa que los bonos y multas tienen influencia positiva en el cumplimiento de las duraciones estimadas, por lo que la implantación de este tipo de medidas para reducir los retrasos o preverlos puede ser beneficioso para un proyecto.

5.1.5 Buenas prácticas recomendadas por los profesionales

A continuación se presenta una selección de las principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales encuestados (capítulo 4.1.5) y se determinan cuáles son los principales beneficios asociados a estas prácticas:

Tabla 22: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados

Área	Buena práctica	Beneficios
Manejo de la Información e Integración	Utilizar información objetiva, precisa, completa y de calidad de proyectos similares realizados anteriormente y considerar experiencias previas.	Permite identificar la mayor cantidad de variables influyentes en la duración de las actividades y su grado de influencia, además de proveer información acerca de rendimientos asociados a los recursos, para evitar subestimar o sobrestimar las duraciones de las actividades.
	Integrar los equipos de trabajo a cargo de la etapa de Ingeniería con los equipos a cargo de la etapa de Construcción del proyecto.	Permite coordinar los esfuerzos entre los equipos y orientar la planificación y diseños de Ingeniería a la ejecución de las obras y por lo tanto al cumplimiento de las duraciones presupuestadas.
	Utilizar metodologías como Last Planner ² , integrando la planificación con la ejecución de las actividades.	Facilita el cumplimiento de las duraciones estimadas y permite anticipar eventuales reprogramaciones.
Alcance	Definir completamente, en detalle y con anticipación el alcance del proyecto y los trabajos a realizar mediante un WBS.	Permite reducir las interferencias entre las actividades y estimar con mayor precisión su duración, al existir un alto nivel de detalle de los trabajos a realizar.
	Realizar revisiones de las actividades a realizar y buscar posibilidades de mejora.	Permite identificar posibles disminuciones en la duración de las actividades, mediante la utilización de nuevas tecnologías o métodos de construcción.

Fuente: Elaboración propia

² Javier Marín [2015]. Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la Industria de la Construcción.

Tabla 23: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados (continuación 1)

Área	Buena práctica	Beneficios
Tiempo	Identificar de forma eficiente y con anticipación las restricciones en el cronograma del proyecto.	Permite detectar posibles complicaciones en etapas tempranas del proyecto y ajustar las estimaciones de la duración de las actividades considerando los eventuales efectos que las restricciones del programa pueden tener sobre éstas.
	Asegurar la finalización de la etapa de Ingeniería antes de la etapa de Construcción del proyecto.	Permite disminuir los cambios de diseño y planificación de actividades, disminuyendo la incertidumbre asociada a la ejecución de las actividades y por lo tanto de las estimaciones de la duración de éstas.
	Llevar un control y seguimiento permanente de las duraciones de las actividades durante la ejecución de las obras.	Permite realizar un análisis de rendimientos, y anticipar posibles retrasos en la duración de las actividades, produciendo la oportunidad de reprogramar las actividades para cumplir con las duraciones estimadas inicialmente.
	Identificar las actividades críticas del proyecto y enfocar los esfuerzos en el cumplimiento de la duración de éstas (por ejemplo mediante la aplicación del método de la ruta crítica o cadena crítica).	Permite prevenir retrasos en la duración del proyecto debido a retrasos en las actividades críticas.
Comunicaciones	Generar una planificación, programación de actividades y gestión de cambios que sea informada oportunamente a todos los interesados en el proyecto.	Permite que los interesados coordinen sus esfuerzos para cumplir con las duraciones estimadas y genera la posibilidad de reprogramaciones con anticipación en caso de que estos prevean dificultades para cumplir con las duraciones previstas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24: Principales buenas prácticas recomendadas por los profesionales y beneficios asociados (continuación 2)

Área	Buena práctica	Beneficios
Recursos	Planificar y programar las actividades con anticipación, gestionando la disponibilidad de los recursos necesarios.	Permite prevenir retrasos debido a problemas de coordinación y asegura la disponibilidad de los recursos idóneos para cumplir con la duración estimada de las actividades.
Riesgos	Realizar análisis de riesgos asociadas a la ejecución de cada una de las actividades, considerando tanto escenarios favorables como desfavorables.	Permite, además de generar un plan de respuesta que permita disminuir la amenaza de riesgos negativos, aprovechar las oportunidades de mejora debido a riesgos positivos que benefician al proyecto y en este caso el cumplimiento de la duración estimada de las actividades.
Adquisiciones	Planificar con anticipación las etapas de licitación y adjudicación.	Permite gestionar y asegurar la disponibilidad de la documentación necesaria para realizar las licitaciones y adjudicaciones y prevenir retrasos en las duraciones estimadas.
Interesados	Definir al inicio del proyecto las responsabilidades de cada uno de los interesados en el proyecto.	Permite a cada interesado gestionar sus esfuerzos para cumplir con las responsabilidades asignadas en los plazos previstos y prevenir retrasos debido al desconocimiento de responsabilidades.
	Definir la duración de las actividades junto al equipo que las ejecutará y considerar la opinión de especialistas.	Permite generar compromisos por parte del equipo para asegurar el cumplimiento de las duraciones estimadas, además de permitir generar estimaciones realistas.

Fuente: Elaboración propia

5.1.6 Variabilidad de la duración estimada de las actividades en proyectos específicos

La variabilidad observada en todos los proyectos propuestos considera la opinión de una cantidad reducida de encuestados, además de ser valores bastante altos, por lo que podría existir un sesgo en los resultados, lo que los apartaría de la realidad. Una medición más confiable u objetiva de estas variaciones podría ser medición en terreno o mediante programas de obra inicial y final de proyectos ya realizados, lo cual es al menos difícil de obtener debido a que las empresas no publican este tipo de información.

A pesar de lo anterior, es importante destacar que estos resultados permiten conocer las actividades con mayor variación, las que en el caso de Proyectos de Edificación en Altura consisten en la Ejecución de terminaciones, lo cual coincide con estudios previos (Flores, 2015). Para Proyectos de Túnel de Metro se observa una variación homogénea de la duración de las distintas actividades. Para Proyectos de Autopista se observa que existe una mayor variación en las actividades de Movimientos de tierra y Ejecución de obras posteriores, lo cual concuerda con la experiencia práctica, donde es posible comprobar que los Movimientos de tierra con frecuencia presentan mayores variaciones en su duración estimada inicialmente debido a la aparición de napas subterráneas, rocas de mayor dureza, y otras condiciones asociadas al suelo por sus características altamente variables. Esto mismo podría explicar la alta variación asignada a las actividades de los Proyectos de Túnel de Metro.

Además, es importante notar que estas variaciones de la duración tienen un impacto en los costos (como se pudo determinar en el capítulo 2.3), cuya influencia dependerá de la relación entre la variación de la duración y los costos de cada actividad. También, dependiendo de las características de cada actividad (como criticidad, dependencia con otras actividades, posibilidad de ejecución en paralelo con otras actividades), la variación de la duración puede influir en mayor o menor medida sobre la duración total del proyecto y lo mismo ocurre con los costos. Debido a los factores nombrados anteriormente, es necesario identificar de qué forma influyen las variaciones de la duración de las actividades sobre los drivers (variables más importantes para la toma de decisiones) de un proyecto, para determinar cuál es el real impacto de la variación de la duración de una actividad sobre un proyecto.

5.2 ANÁLISIS ENTREVISTA A EXPERTOS

Las entrevistas realizadas permiten obtener información valiosa acerca de las prácticas habituales, dificultades, factores de éxito y fracaso en proyectos de Ingeniería Civil en el país, además de recoger parte de la experiencia de los expertos para determinar la influencia de ciertos factores en la duración y el costo total de los proyectos.

5.2.1 Caracterización del experto

En el capítulo 4.2.1 se presenta una caracterización de los entrevistados, quienes poseen más de 20 años de experiencia en proyectos de Ingeniería y Construcción, con funciones de alta responsabilidad en los proyectos en los que participan.

5.2.2 Métodos de estimación y control

A continuación se enumeran y describen algunas prácticas para una correcta estimación y control nombradas por los expertos entrevistados, las cuales coinciden con algunas de las buenas prácticas descritas anteriormente por los profesionales encuestados.

5.2.2.1 Estándares, procedimientos formales, métodos y herramientas usados para estimar y controlar la duración de las actividades

En opinión de los expertos entrevistados, es muy importante definir en detalle el trabajo a realizar previo a la estimación de la duración de las actividades, lo cual se logra desarrollando la EDT/WBS y mediante ésta es posible determinar las actividades necesarias para ejecutar el proyecto. Una vez determinadas las actividades en detalle se pueden asignar de forma directa los recursos y estimar sus duraciones. Lo anterior concuerda con la información encontrada en el estudio de antecedentes teóricos realizado sobre las variables requeridas para la estimación de las duraciones (capítulo 2.1.1) donde se recomienda definir una lista de actividades y sus atributos para una correcta estimación de su duración.

Para realizar las estimaciones de la duración de las actividades se usa como base la experiencia de los consultores que participan en el proyecto, quienes aportan mediante el método juicio de expertos. También se utilizan experiencias de proyectos similares anteriores. Se recalca la importancia de considerar las diversas variables que influyen en la duración de las actividades así como también la importancia de evaluar la criticidad de cada actividad dentro del proyecto, determinando las actividades en las que se debe llevar un mayor seguimiento y control.

La planificación de la construcción debe ser realista y asegurar que antes de entrar a un frente de trabajo estén los recursos humanos y físicos para comenzar sin demoras.

Una forma de controlar los avances del proyecto utilizada por los expertos es comparar el avance real con el programado mediante herramientas como MS Project, Primavera y Earn Value. Estas herramientas computacionales proveen facilidades para contrastar información compleja y en gran cantidad. Softwares como Project y Primavera permiten planificar y controlar, además de permitir un análisis de la información de forma visual, mientras que Earn Value lo hace mediante indicadores del estado del proyecto y proyecciones a término.

Una metodología para el proceso de planificación utilizada en caso de no existir estándares propios en la empresa es la propuesta por el PMI en el PMBOK® Guide.

5.2.2.2 Acciones que se toman en caso de atrasos

Para evitar atrasos se considera necesario llevar un control detallado del programa y los recursos que se utilizan, basándose en los procesos y sistemas de cada empresa. Programas de manejo de tendencias son de utilidad para controlar los rendimientos y hacer proyecciones de la duración del proyecto.

En caso de atrasos, una buena práctica recomendada es identificar si el atraso está en la ruta crítica. De ser así, se deben tomar las medidas necesarias para recuperar el estado del proyecto optimizando rendimientos del trabajo restante, haciendo una reprogramación de tareas y recursos. Si no es posible terminar en el plazo se pueden negociar aumentos de plazo, invertir en mayores recursos, considerar horas extras, turnos de noche o hacer reingeniería. Otra buena práctica recomendada es realizar reuniones con las partes involucradas, lo cual permite generar instancias para analizar formas de recuperar los atrasos.

5.2.3 Dificultades, factores de éxito y fracaso

5.2.3.1 Principales dificultades para lograr el cumplimiento de los plazos

Existe un consenso en que la principal dificultad para cumplir los plazos presupuestados es la subestimación de los recursos. Una planificación deficiente para su adquisición, contratación y capacitación implica:

- Falta de recursos disponibles para ejecutar los trabajos.
- Asignación tardía de recursos.
- Recursos inadecuados para el proyecto (personal no cumple con las capacidades requeridas, inexperiencia).
- Atraso en la certificación de operadores de equipos de construcción.

Una estimación poco realista del plazo de ejecución del proyecto genera una programación y planes de ejecución deficiente, programas muy optimistas, mala planificación para la movilización a terreno y subestimación de la duración de las actividades.

Retrasos en la entrega de información, aprobación de planos, especificaciones y documentos, cambios en el diseño por parte de Clientes y Proveedores. Además, una mala comunicación entre las partes aumenta el riesgo de que existan este tipo de dificultades.

Mala distribución de riesgos en los contratos, debido a que una de las partes podría asumir riesgos que no puede controlar y que afectan negativamente sobre la duración de las actividades.

5.2.3.2 Principales factores de éxito asociados al cumplimiento de los plazos

Los principales factores de éxito propuestos son:

- Realizar una correcta estimación de la media y de la desviación estándar de la duración de las actividades. Esto permite considerar la incertidumbre asociada a la estimación de la duración de las actividades, además de su duración más probable, bajo un nivel de confiabilidad determinado.
- Llevar un control del proyecto que además de registrar permita anticipar situaciones desfavorables, lo cual se puede lograr realizando un análisis semanal de la duración de las actividades. Esto permite determinar las actividades cuyos recursos tienen rendimientos menores a los esperados y permite realizar oportunamente las acciones correctivas necesarias para recuperar atrasos.
- Generar planes, programas de ejecución, contratos y compras detallados y de calidad. Se deben generar estimaciones de duración de actividades realistas, estimando correctamente los recursos en base a la duración de las actividades.
- La ejecución se debe realizar de acuerdo a lo planificado, disponiendo oportunamente de los recursos necesarios, en calidad y cantidad.
- Los interesados en el proyecto (stakeholders) son una de las partes más importantes de un proyecto y deben cumplir ciertas características y tener capacidades de acuerdo a su función dentro del proyecto. El jefe de proyecto debe asumir el liderazgo del proyecto, el equipo de trabajo debe ser competente, calificado y con experiencia. Es importante también un buen clima laboral, personal motivado y responsable. Los proveedores son otra parte importante y es recomendado generar un buen equipo entre los proveedores y el contratista, las distintas áreas del proyecto, subcontratistas y cliente, el cual igualmente debe asumir ciertas responsabilidades, como la capacidad de respuesta, validación y entrega de información necesaria para realizar el proyecto. Para lograr lo anterior es necesario una buena selección de contratistas y proveedores.

- Establecer desde el inicio los compromisos de las partes para prevenir conflictos a futuro, además de definir un alcance claro y acordado entre las partes.
- Una buena Ingeniería disminuye los cambios a futuro debido a errores en los diseños, lo cual es una ventaja considerable frente a proyectos con una Ingeniería deficiente y con cambios constantes.
- Análisis de riesgos adecuado con el fin de prevenir eventos no deseados y promover los que generan impactos positivos en el proyecto.
- En caso de privilegiar los plazos es necesario invertir en recursos y tecnología, lo que implica mayores costos asociados.

5.2.3.3 Principales factores de fracaso asociados al cumplimiento de los plazos

- Los cambios en el alcance por parte del cliente, tal como se observó en la encuesta realizada, es uno de los principales factores que implican un aumento en la duración de las actividades.
- No entender el alcance del trabajo, lo que implica incertidumbre y por lo tanto la ocurrencia de eventos de riesgos no considerados.
- Mala selección de proveedores y contratistas, falta de un equipo de trabajo empoderado y trabajar con las personas que son asignadas, aunque no sean las indicadas, puede generar rendimientos menores a los esperados.
- Falta de capacidad de gestión por parte del jefe de proyecto, no tener control sobre las actividades de terceros, que pueden impactar el plazo de ejecución del proyecto, tales como contratistas, mala dirección y falta de comunicaciones efectivas horizontales y verticales generan confusión y descoordinaciones entre los equipos de trabajo, reduciendo la productividad.
- No involucrar al cliente desde el inicio, no conocer el criterio de aceptación final del cliente, no considerar a los interesados en el desarrollo del proyecto e indolencia por parte del cliente son problemas de comunicación que deben ser evitados, ya que no conocer los requerimientos y criterios de aceptación por parte del cliente puede significar el fracaso del proyecto.
- Tratar de cumplir el plazo estipulado, aunque este no sea realista, subestimar la duración de las actividades, mal programa o no seguirlo son problemas principalmente de planificación y ejecución debido a estimaciones deficientes y un equipo de trabajo con un bajo nivel de compromiso. Esto evita integrando a los participantes de la ejecución de los proyectos en la planificación.
- No tomar oportunamente las acciones correctivas que sean necesarias podría implicar atrasos significativos debido a un seguimiento y control deficiente.
- No disponer de los recursos debido a una incorrecta planificación de las adquisiciones y contratos puede significar atrasos en la ejecución de las actividades.

- Mala Ingeniería implica cambios constantes y errores en los documentos necesarios para su posterior construcción, produciendo retrasos en la duración de las actividades.
- Que no exista responsabilidad (si no hay consecuencias por el mal hecho, no hay cambios para mejorar).

5.2.4 Influencia y relación plazos – cliente, subcontratos, costos, productividad

5.2.4.1 *Influencia de los atrasos o adelantos en los costos de un proyecto*

En base a las respuestas obtenidas, se corrobora que la duración de un proyecto sí tiene relación con sus costos. Esta relación podría depender además de factores como tipo de proyecto, complejidad y magnitud.

Los expertos coinciden en que los costos indirectos aumentarán para mayores duraciones, sin embargo para los costos directos se debe hacer un análisis detallado, ya que puede haber otros factores que cambien las relaciones entre costos directos y duraciones.

Además, retrasos en la duración de un proyecto pueden ser importantes si afectan la operación del cliente, en los cuales las pérdidas pueden llegar a ser millonarias.

5.2.4.2 *Productividad planificada y real en los proyectos*

Existe un consenso en que la productividad real es siempre menor a la planificada, salvo casos que podrían considerarse excepcionales en donde existe una mayor especialización.

Indicadores de la productividad real igual o mayor a un 90% de la productividad planificada, o PF entre 1 y 1,2 son considerados normales en Proyectos de Construcción.

Factores como paros de sindicatos, sistemas de turnos, mala planificación o actualización deficiente de ésta e impactos de los atrasos, además de la inexistencia de un plan de recuperación o implementación tardía se consideran causantes de la falta de productividad.

5.2.4.3 *Influencia del cliente o mandante en los plazos totales*

No existe un consenso en cuanto a si la influencia del cliente es positiva o negativa, pero en general se considera que el cliente tiene gran influencia en los plazos, muchas veces al añadir obras adicionales a las estipuladas inicialmente, debido a las cuales es necesario realizar análisis de nuevos costos y duraciones del proyecto, además de la aparición de nuevas rutas críticas lo que implicaría una replanificación de la obra.

Se considera que el mandante en general no asume completamente su responsabilidad, principalmente las fechas de entrega de la información solicitada o plazos de revisión y aprobación de compras.

5.2.4.4 *Influencia del desempeño de los subcontratos en los plazos totales*

No existe un consenso sobre la influencia de los subcontratos. Se puede decir que la influencia de estos dependerá de factores como el tipo de contrato, si realiza actividades críticas para el proyecto, de las características del contratista principal y los subcontratistas. Además existen tanto buenas como malas experiencias, principalmente malas, debido a retrasos en los trabajos por parte del subcontratista y la falta de un cronograma integrado que permita medir un avance preciso de estos, lo que implica un control constante por parte del contratista principal. La existencia de un gran número de actividades subcontratadas también se considera una dificultad para llevar un control exhaustivo de los avances.

5.2.5 Comentarios adicionales, finalización

Se considera la necesidad de tipificar los proyectos según el alcance de los servicios, ya que podrían tener gran influencia en las respuestas a esta entrevista.

También se considera que la gestión, planificación, ejecución y control de los proyectos es precaria y que debe haber profesionales más responsables y conscientes de las consecuencias de las decisiones que se toman y los riesgos existentes en todo proyecto.

Se destaca que los equipos competentes, experimentados y cohesionados pueden llegar a lograr resultados exitosos en los proyectos, pero es difícil que esto se dé en el mercado local.

6 RECOMENDACIONES PRÁCTICAS

Luego del análisis y discusión de los resultados del capítulo anterior, se proponen las siguientes recomendaciones prácticas para la estimación de la duración de las actividades en proyectos de Ingeniería Civil y sus beneficios asociados:

Tabla 25: Recomendaciones prácticas

Área	Buena práctica	Beneficios
Manejo de la Información e Integración	Generar bases de datos histórica de proyectos.	Permite generar estimaciones de duración de las actividades acordes a la realidad, lo cual evita la generación de programas de obra que quedan obsoletos tempranamente debido a estimaciones de duraciones deficientes.
	Utilizar estándares y metodologías formales para realizar el proceso de estimación de la duración de las actividades de un proyecto.	Permite que las metodologías usadas sean actualizadas y mejoradas para proyectos posteriores de forma constante, influyendo positivamente sobre los proyectos que realiza una empresa.
	Analizar los métodos constructivos disponibles y que pueden utilizarse en las distintas actividades.	Permite la elección del método que optimice tanto las duraciones como los costos de un proyecto.
	Integrar los equipos de trabajo a cargo de la etapa de Ingeniería con los equipos a cargo de la etapa de Construcción del proyecto.	Permite coordinar los esfuerzos entre los equipos y orientar la planificación y diseños de Ingeniería a la ejecución de las obras y por lo tanto al cumplimiento de las duraciones presupuestadas.
	Utilizar metodologías como Last Planner, integrando la planificación con la ejecución de las actividades.	Facilita el cumplimiento de las duraciones estimadas y permite anticipar eventuales reprogramaciones.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26: Recomendaciones prácticas (continuación 1)

Área	Buena práctica	Beneficios
Alcance	Realizar un EDT/WBS del proyecto.	Permite generar las actividades necesarias para desarrollar el proyecto y facilita la posterior asignación de recursos a las actividades, sus rendimientos y estimar las duraciones de éstas.
	Definir el alcance en detalle de cada una de las actividades.	Esto facilita la asignación de responsabilidades y recursos, además de disminuir la incertidumbre asociada a su ejecución.
	Realizar revisiones de las actividades a realizar y buscar posibilidades de mejora.	Permite identificar posibles disminuciones en la duración de las actividades, mediante la utilización de nuevas tecnologías o métodos de construcción.
Tiempo	Identificar de forma eficiente y con anticipación las restricciones en el cronograma del proyecto.	Permite detectar posibles complicaciones en etapas tempranas del proyecto y ajustar las estimaciones de la duración de las actividades considerando los eventuales efectos que las restricciones del programa pueden tener sobre éstas.
	Realizar una buena Ingeniería, terminada o al menos con los diseños próximos a construir terminados y que no genere cambios constantes.	Esto permite evitar atrasos en la ejecución del proyecto debido a descoordinaciones y errores de diseño, permitiendo además una planificación más detallada y con menos incertidumbre.
	Llevar un control y seguimiento permanente de las duraciones de las actividades durante la ejecución de las obras.	Permite realizar un análisis de rendimientos, y anticipar posibles retrasos en la duración de las actividades, produciendo la oportunidad de reprogramar las actividades para cumplir con las duraciones estimadas inicialmente.
	Determinar las actividades críticas de un proyecto.	Esto permite la oportunidad de llevar un seguimiento y control de estas actividades y poner mayor énfasis en su cumplimiento para lograr mejores resultados.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Recomendaciones prácticas (continuación 2)

Área	Buena práctica	Beneficios
Comunicaciones	Mantener una buena comunicación con el cliente o mandante.	Esto permite prevenir retrasos debido a requerimientos y condiciones de aceptación no considerados, cambios repentinos en los diseños y retrasos en la aprobación de entregables. Todo esto también requiere de un compromiso del cliente o mandante de cumplir con sus responsabilidades a tiempo y ser un agente positivo dentro del proyecto.
	Mantener una buena comunicación entre los equipos de trabajo internos del proyecto.	Esto permite que la distribución de la información sea clara, los cambios se comuniquen de forma rápida y que las interferencias entre las especialidades puedan ser resueltas a la brevedad.
Recursos	Planificar y programar las actividades con anticipación, gestionando la disponibilidad de los recursos necesarios.	Permite prevenir retrasos debido a problemas de coordinación y asegura la disponibilidad de los recursos idóneos para cumplir con la duración estimada de las actividades.
	Desarrollar un registro de las suposiciones y requerimientos de recursos para las actividades del proyecto, además de su nivel de dificultad.	Esto permite asignar la mano de obra indicada, materiales con la calidad necesaria y equipos con los rendimientos óptimos para la buena ejecución de las actividades.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Recomendaciones prácticas (continuación 3)

Área	Buena práctica	Beneficios
Riesgos	Realizar análisis de riesgos, considerando escenarios negativos y positivos.	Esto permite determinar cuáles son los eventos de riesgo que deben evitarse y cuáles pueden ser explotados para generar beneficios para un proyecto.
	Implementar un control constante que permita además de registrar, anticipar eventos de riesgo.	Esto permite tomar oportunamente las acciones correctivas para recuperar atrasos o incluso impedirlos.
Adquisiciones	Realizar una buena planificación de las adquisiciones y subcontratos de un proyecto, además planificar con antelación las actividades que requieran de la aprobación de un externo al equipo trabajando en el proyecto.	Esto permite prevenir posibles retrasos debido a la demora en generar acuerdos entre las partes, a la disponibilidad de recursos o generación de documentación necesaria.
Interesados	Definir al inicio del proyecto las responsabilidades de cada uno de los interesados en el proyecto.	Permite a cada interesado gestionar sus esfuerzos para cumplir con las responsabilidades asignadas en los plazos previstos y prevenir retrasos debido al desconocimiento de responsabilidades.
	Incluir a quienes ejecutan las actividades en el proceso de estimación de la duración de éstas.	Esto permite que asuman compromisos para el cumplimiento al participar del proceso, a diferencia de que se les imponga un plazo a cumplir.
	Establecer reuniones con el equipo de planificación y ejecución de las actividades en caso de atrasos.	Esto permite determinar las medidas pertinentes para recuperar los atrasos de las actividades en la ruta crítica del proyecto.

Fuente: Elaboración propia

7 CONCLUSIONES FINALES

Mediante este trabajo de título, se logra analizar el conocimiento y uso de las metodologías de estimación de duración de las actividades y prácticas por parte de los profesionales en proyectos de Ingeniería Civil en Chile. Se corrobora un alto conocimiento y uso de los métodos de estimación por Juicio de Expertos y Estimación usando Rangos de Duraciones, mientras que los métodos de Estimación Análoga, Paramétrica y Tormenta de Ideas son conocidos y utilizados en menor medida, seguidos por los métodos de Estimación Ascendente, Análisis de Reservas y Estimación por Tres Valores. Se descubre que existe poco conocimiento y utilización de la mayoría de las Técnicas Grupales de Toma de Decisiones, entre las que se encuentran la Técnica Delphi, Banda Ancha Delphi, Grupo Focal y Grupo Nominal, de las cuales se determinan algunas ventajas que pueden ser aprovechadas para estimar la duración de las actividades.

A través del estudio de antecedentes teóricos se logra determinar las variables principales que se requieren para estimar la duración de las actividades y las características principales de los métodos de estimación de duración de actividades, sus ventajas y desventajas. Se determina que las principales ventajas que pueden ser aprovechadas al utilizar las Técnicas Grupales de Toma de Decisiones son la posibilidad de llegar a un consenso entre expertos, obteniendo buenas estimaciones, en las que se reduce la subjetividad asociada a estimaciones por Juicio de Experto. Estas Técnicas Grupales también permiten generar ideas o formas novedosas de solucionar un problema.

En concordancia con los resultados obtenidos, se comprueba que las variaciones de las duraciones de las actividades respecto al plan, tienen una influencia importante tanto en la duración como en el costo total de un proyecto, por lo que aunque dentro de los objetivos de un proyecto se considere sólo la optimización de costos, de alguna forma se deberán optimizar las duraciones para tener éxito.

Es complejo proveer un método único que sea siempre efectivo según tipo de proyecto y tipo de actividad específicos, puesto que los Proyectos de Construcción aumentan su complejidad y multiplicidad de variantes que los afectan. Debido a lo anterior, los estudios basados en consensos y experiencias de profesionales del rubro pueden adquirir una mayor validez para resolver problemas del área de la Construcción, y en particular para realizar la estimación de la duración de las actividades.

De acuerdo a los antecedentes presentados, no se puede concluir sobre las ventajas y desventajas de cada método de estimación según tipo de proyecto y actividad típica específicos.

En el capítulo anterior se genera un listado de buenas prácticas agrupadas según área de influencia para realizar el proceso de estimación de duración de actividades de forma

efectiva, el cual fue generado a partir del análisis de las buenas prácticas propuestas por los profesionales encuestados y a través del análisis de las prácticas usuales y recomendaciones de los expertos entrevistados.

Los resultados obtenidos en la encuesta advierten un excesivo uso y confianza en métodos no estructurados (la mayor parte de las empresas no posee una guía o estándar) para realizar estimaciones y, como es posible comprobar, las empresas que sí poseen un estándar para estimar obtienen mejores resultados en la duración y el costo total de los proyectos. Por lo anterior, es deseable mayor investigación y utilización de métodos más objetivos y generar estándares o guías que permitan obtener estimaciones más precisas/exactas.

A través del análisis de variabilidad de la duración en 3 proyectos específicos propuestos, se logran establecer las actividades con mayor variación, siendo en Proyectos de Edificación en Altura la Ejecución de las terminaciones, para Proyectos de Túnel de Metro se comprueba una variación homogénea de la duración de las actividades y para Proyectos de Autopista se observa una mayor variación en las actividades de Movimientos de tierra y Ejecución de obras posteriores.

Es posible observar una relación entre la utilización de los métodos y su dificultad de aplicación. La utilización de los métodos de estimación disminuye a medida que su dificultad de aplicación aumenta, no observándose mayores usos gracias a la mayor precisión de los mismos, algo que debería cambiar para así generar estimaciones más confiables tanto al inicio como durante un proyecto, lo que podría llegar a disminuir o evitar posibles atrasos debido a planificaciones deficientes.

Este estudio, el cual fue principalmente cualitativo, permite generar evidencias e información pública de la utilidad de cada método y del estado del arte en materia de Planificación y Programación de Proyectos de Ingeniería Civil en Chile. Se confirma la necesidad de un mayor enfoque en Planificación y Programación de Proyectos, ya que es posible comprobar un bajo nivel de estandarización en el proceso de estimar la duración de las actividades de los proyectos por parte de las empresas del rubro.

Para generar un mayor conocimiento en materia de Planificación de Proyectos de Ingeniería Civil, se hace necesario generar una mayor participación de profesionales con experiencia en la materia en este tipo de estudios y aumentar el interés por parte de las distintas empresas del rubro en generar conocimiento público, para permitir progresos y lograr el fin último de reducir plazos y costos en proyectos, permitir que estos sean controlados de mejor forma y reducir los eventos de riesgo y su impacto debido a una planificación deficiente.

8 BIBLIOGRAFÍA

- [1] BERRY D., MASCARI L. (2011). Schedule Estimation: Politics, Science, or Art? Pitfalls in traditional scheduling practice. En: PM World Today Magazine – November 2011. Vol. XIII, Issue XI.
- [2] CANTRILL J. A., SIBBALD B., BUETOW S. (1996). The Delphi and Nominal Group Techniques in Health Services Research. En: International Journal of Pharmacy Practice. pp. 67-74.
- [3] ELWYN G., GREENHALGH T., MACFARLANE F. (2001). Methods used in group work. En: Groups: A Guide to Small Group Work in Healthcare, Management, Education and Research. pp. 73-96.
- [4] FARIA P., MIRANDA E. (2012). Expert Judgment in Software Estimation during the Bid Phase of a Project – An Exploratory Survey.
- [5] FLORES F. (2015). Aplicación del Método de Monte Carlo en la Planificación de Proyectos de Ingeniería Civil. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 97p.
- [6] GARCÍA M. (2014). Análisis de Aplicabilidad y Beneficios del Método de la Cadena Crítica (CCPM) en Proyectos de Ingeniería y Construcción. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 91p.
- [7] GONZÁLEZ E. (2014). Apuntes de clase CI5501 Métodos Constructivos. Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [8] INSTITUTO DE INGENIEROS DE CHILE (2012). Factores condicionantes del éxito en proyectos de inversión, Experiencias y Lecciones en Chile.
- [9] KUEHN U. (2011). Estimating the Cost and Duration of Work Packages. En: Integrated Cost and Schedule Control in Project Management, Second Edition. pp. 41-64.
- [10] LAPTALI E., BOUCHLAGHEM N., WILD S. (1997). Planning and estimating in practice and the use of integrated computer models. En: Automation in Construction. pp. 71-76.
- [11] LESTER A. (2014). Estimating. En: Project Management, Planning, and Control, Sixth Edition. pp. 59-63.
- [12] LÓPEZ M. (2014). Estudio de instrumentación y monitoreo geotécnico – estructural en piques circulares durante la construcción de la línea 3 del metro de Santiago. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 110p.

- [13] MARÍN J. (2015). Recomendaciones para extender y sostener prácticas Lean a través del tiempo en la Industria de la Construcción. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 119p.
- [14] NOAA COASTAL SERVICES CENTER (2009). Introduction to Conducting Focus Groups.
- [15] OCKMAN S., WICKWIRE J. (2003). Ethics in Scheduling.
- [16] PINEY C. (2000). Critical Path or Critical Chain – Combining the Best of Both.
- [17] POLANCO A. (2014). Apuntes de clase CI5511 Dirección de Proyectos. Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [18] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) (2011). Practice Standard for Project Estimating.
- [19] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) (2013). Project Time Management. En: A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK® Guide), Fifth Edition. pp. 141-192.
- [20] PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (PMI) (2014). Durations. En: CPM Scheduling For Construction Best Practices and Guidelines. pp. 138-146.
- [21] PUGET SOUND CONSORTIUM FOR MANUFACTURING EXCELLENCE (2005). A Guide for Planning, Organizing, and Managing Focus Groups.
- [22] RUANO D. (2010). Análisis de los plazos de construcción de edificios en Chile y su relación con los métodos constructivos utilizados. Memoria de Ingeniero Civil. Santiago, Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. 126p.
- [23] SAHU K. y SAHU M. (2014). Cost & Time and Also Minimum Project Duration Using Alternative Method. En: International Review of Applied Engineering Research. pp.403-412.
- [24] SERPELL A. y ALARCÓN L. (2009). Planificación y Control de Proyectos, Cuarta Edición.
- [25] STELLMAN A. y GREENE J. (2005). Estimation. En: Applied Software Project Management. pp. 33-51.
- [26] TIRACHINI A. (2014). Apuntes de clase CI5502 Planificación y Control de Proyectos. Ingeniería Civil. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
- [27] WILEY D. “et al”. (2011). Project Management for Instructional Designers.
- [28] YOUSSEF W., EL-DASH K., RAMADAN O. (2013). Construction Activities Duration Patterns in the Middle East. En: International Journal of Construction Engineering and Management. pp.122-135.