



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

LA ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS IPD (INTEGRATED PROJECT DELIVERY) SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS

MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

JAIME ANDRÉS VIO CARRASCO

PROFESOR GUÍA:

ALEJANDRO POLANCO CARRASCO

MIEMBROS DE LA COMISIÓN:

DAVID CAMPUSANO BROWN

WILLIAM WRAGG LARCO

SANTIAGO DE CHILE

2017

RESUMEN DE LA MEMORIA PARA OPTAR AL
TÍTULO DE: Ingeniero Civil.
POR: Jaime Andrés Vio Carrasco
FECHA: 21/03/2017
PROFESOR GUÍA: Sr. Alejandro Polanco Carrasco

LA ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS IPD (INTEGRATED PROJECT DELIVERY) SITUACIÓN ACTUAL Y TENDENCIAS

Las estrategias de ejecución de proyectos corresponden a la forma en el cual el mandante materializa las fases de Ingeniería y Construcción de su proyecto, estableciendo a las diferentes empresas participantes, en qué momento se incorporan éstas al proyecto, cómo se distribuyen las responsabilidades, entre otros aspectos. Todo lo definido en este proceso se establece en los contratos entre el dueño de proyecto y las diferentes empresas de Ingeniería y Construcción. Uno de los principales problemas que evidencian las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos, es que en general se desarrollan bajo un ambiente donde cada empresa participante busca obtener los mayores beneficios con el menor esfuerzo posible, en una estructura jerárquica vertical (mandante-diseñadores-construtores) donde cada actor se aboca al desarrollo del trabajo propio involucrándose escasamente con otras especialidades.

La estrategia de ejecución de proyectos conocida como Integrated Project Delivery (IPD), presentada en el año 2007, por The American Institute of Architects (AIA) busca dar solución a los principales problemas que generan las estrategias de ejecución comúnmente utilizadas (DB, DBB, EPC, EPCM y CMc). La estrategia IPD se caracteriza por involucrar tempranamente a los principales actores en fases de diseño del proyecto en un ambiente de cooperación, innovación y coordinación enfocándose en optimizar los recursos, procesos y actividades para finalizar en forma eficaz el proyecto. El objetivo principal de esta memoria es analizar la situación actual y tendencias de la estrategia IPD en proyectos. Para contextualizar al lector, se realiza un estudio sobre las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos, y en particular sobre la estrategia IPD, para entender su aplicación en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto. Se entrevistan a profesionales expertos en la materia para obtener información acerca de los procesos de definición de las estrategias de ejecución y para saber si la estrategia IPD podría ser aplicable en proyectos que se desarrollan en Chile, en particular, si la cultura de las empresas favorece la implementación de los principios y aspectos contractuales que establece la estrategia IPD.

Una de las principales conclusiones obtenidas en esta memoria, es que no existiría una mejor estrategia de ejecución, todas muestran ventajas y desventajas ante ciertos escenarios. La estrategia IPD posee características y principios que aumentan las probabilidades de éxito y de obtención de mejores soluciones tanto de diseño como constructivas. Sin embargo, en relación a su implementación, se debe reconocer que se requiere un importante cambio cultural en las organizaciones para poder establecer contratos acordes con estas características, algo que en el corto plazo parece difícil y que en la actualidad solo algunas empresas y dueños podrían llevar a cabo con éxito.

DEDICATORIA

A mi abuelo que ya no se encuentra con nosotros. Donde quiera que estés, tu recuerdo sigue estando siempre presente y te seguimos recordando como la gran persona que fuiste.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a toda mi familia, a mis abuelos, tíos y primos, por su apoyo y compañía en todo este periodo y en especial a mi papá y mamá por ser los padres que a todo hijo le gustaría tener, por ponernos siempre antes que todo y haber sacrificado tanto para darnos lo mejor a mí y a mi hermana, por haberme enseñado que la familia está delante de cualquier cosa y que la felicidad se puede encontrar en las cosas más sencillas que compartimos juntos día a día. Me siento orgulloso de ustedes. Quiero agradecer también a mi hermana por su preocupación y protección, por ser mi guía y ejemplo cercano, me gustaría que permanezcamos siempre tan unidos como hemos sido hasta ahora.

Gracias a mis amigos del colegio, de scout y del futbol, por todos los buenos momentos que hemos vivido juntos. En especial al Felipe, por ser mi mejor amigo, por todas las risas, por las buenas y malas experiencias que nos permitieron crecer como personas, por haberme acompañado desde chico y tener un espacio especial como un hermano más en mi familia. Gracias también a la Pauli por su lealtad, por ser un ejemplo de superación y optimismo, y por mostrarme que uno se puede sobreponer a las peores situaciones que nos presenta la vida.

Quiero agradecer al profesor Alejandro Polanco por su dedicación, por su disposición y por su ayuda incondicional para sacar adelante esta memoria, además por darme ánimo y despertar mi interés en esta especialidad. Agradezco también al profesor David Campusano por su gran disposición a ayudarme y mostrarme una forma de pensar diferente respecto de lo que es ser ingeniero. Agradecer de igual manera al profesor William Wragg por aceptar ser parte de esta comisión.

Para finalizar doy las gracias a la Anis, mi polola, por ser mi pilar fundamental y mi principal motivación en el día a día, te agradezco todos los momentos que hemos vivido en todos estos años y que nos han permitido aprender y seguir creciendo juntos como pareja. Gracias por hacerme ver de una manera más sencilla los problemas que se presentan en la vida y por hacerme sentir que soy la persona más querida del mundo.

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. MOTIVACIÓN.....	1
1.2. CONTEXTO	2
1.3. OBJETIVOS	4
1.3.1. Generales	4
1.3.2. Específicos.....	4
1.4. METODOLOGÍA.....	4
1.4.1. Revisión bibliográfica	4
1.4.2. Estudio de utilización de estrategias de ejecución.....	4
1.4.3. Análisis de la información obtenida.....	5
1.5. RESULTADOS ESPERADOS.....	5
2. MARCO Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. DIRECCIÓN DE PROYECTOS (PROJECT MANAGEMENT).....	6
2.2. PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO	7
2.3. PROCESO GENERAL DE ADQUISICIONES.....	13
2.3.1. Planificación de la gestión de adquisiciones	13
2.3.2. Planificación de las adquisiciones del proyecto	14
2.3.3. Responsabilidades y relación con proveedores	16
2.3.4. Proceso general de adquisiciones	17
2.4. PROCESO DE DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN Y CONTRATOS	21
2.4.1. Modalidades de pago	21
2.4.2. Ciclo de un contrato.....	21
2.4.3. Bases de licitación	22
2.4.4. Contratos del ámbito público y privado	24
3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS	25
3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	25
3.2. ENCUESTAS Y ENTREVISTAS A PROFESIONALES Y EXPERTOS.....	26
3.2.1. Entrevistas a expertos	27
3.2.2. Encuestas a profesionales	28
4. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ESTRATEGIAS DB, DBB, CM, EPC, EPCM E IPD	29

4.1.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DESIGN-BUILD (DB)	30
4.1.1.	Descripción.....	30
4.1.2.	Ventajas y Desventajas estrategia de ejecución DB.....	32
4.2.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DESIGN-BID-BUILD (DBB)	33
4.2.1.	Descripción.....	33
4.2.2.	Ventajas y Desventajas DBB.....	35
4.3.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN ENGINEERING PROCUREMENT AND CONSTRUCTION (EPC)	36
4.3.1.	Descripción.....	36
4.3.2.	Ventajas y Desventajas EPC.....	38
4.4.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN ENGINEERING PROCUREMENT AND CONSTRUCTION MANAGEMENT (EPCM).....	39
4.4.1.	Descripción.....	39
4.4.2.	Ventajas y Desventajas EPCM.....	40
4.5.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN CONSTRUCTION MANAGEMENT AT RISK (CMc)41	
4.5.1.	Descripción.....	41
4.5.2.	Ventajas y Desventajas CMc.....	43
4.6.	MODALIDAD CONSTRUCTION MANAGEMENT AS AGENCY (CMa).....	44
4.6.1.	Descripción.....	44
4.6.2.	Ventajas y Desventajas CMa.....	47
4.7.	EXPERIENCIA EN PROYECTOS MEDIANTE LAS DIFERENTES ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS	48
4.8.	ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD) 57	
4.8.1.	Principios estrategia de ejecución IPD	58
4.8.2.	IPD Team.....	61
4.8.3.	Building Information Modeling (BIM)	62
4.8.4.	Análisis de áreas de gestión del proyecto IPD	63
4.8.5.	Desarrollo de fases y etapas de la estrategia IPD	66
4.8.6.	Aspectos contractuales	68
4.9.	PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EXITOSOS Y ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN	72
4.9.1.	Integrated Project Delivery.....	72

4.9.2.	Otras estrategias.....	77
4.9.3.	Proyectos exitosos y relación con principios de la estrategia IPD	86
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	87
5.1.	RESULTADOS ENTREVISTA A EXPERTOS.....	87
5.2.	RESULTADOS ENCUESTA A PROFESIONALES	94
5.3.	ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS.....	109
5.3.1.	Análisis de parámetros de evaluación	109
5.3.2.	Resultados del análisis comparativo.....	115
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	116
6.1.	CONCLUSIONES	116
6.1.1.	Situación actual de la estrategia IPD en Chile.....	116
6.1.2.	Aplicabilidad de la estrategia IPD en Chile.....	116
6.1.3.	Futuro de la estrategia IPD en Chile.....	117
6.1.4.	Posibles desventajas de la estrategia IPD	118
6.1.5.	Aspectos generales sobre las estrategias de ejecución	119
6.2.	RECOMENDACIONES.....	120
6.2.1.	Tipo de proyectos en que sería recomendable utilizar la estrategia IPD.....	120
6.2.2.	Recomendación para la utilización de la estrategia IPD en proyectos en Chile	120
6.2.3.	Estrategia de ejecución IPD y aumento de la productividad en proyectos...	121
6.2.4.	Recomendación para aplicar la estrategia IPD en proyectos del ámbito público en Chile.....	121
7.	TENDENCIAS EN GESTIÓN DE PROYECTOS	122
8.	GLOSARIO DE SIGLAS.....	123
9.	BIBLIOGRAFÍA	124
10.	ANEXOS	130
10.1.	PERFIL DE ENTREVISTADOS.....	130

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Áreas de conocimiento propuestas por la Guía del PMBOK® y su Extensión Construcción.....	7
Figura 2: Ciclo de vida y etapas de proyectos de Ingeniería y Construcción.....	9
Figura 3: Etapas y niveles de estudios de proyectos de Ingeniería y Construcción	10
Figura 4: Grado de impacto de costos de cambios y riesgos o incertidumbre en el desarrollo de proyectos.....	10
Figura 5: Contenidos del Plan de Ejecución del Proyecto (PEP)	12
Figura 6: Fases del proceso de adquisiciones.....	17
Figura 7: Modalidades de Pago	21
Figura 8: Bases de licitación preparadas por el equipo de adquisiciones.....	22
Figura 9: Metodología de evaluación y análisis	25
Figura 10: Estructura de la entrevista a expertos.....	27
Figura 11: Estructura de la entrevista a profesionales	28
Figura 12: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos DB	31
Figura 13: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia DB	31
Figura 14: Esquema de comunicación estrategia de ejecución de proyectos DBB.....	34
Figura 15: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia DBB.....	34
Figura 16: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos EPC	37
Figura 17: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia EPC.....	37
Figura 18: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos EPCM.....	39
Figura 19: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia EPCM.....	40
Figura 20: Esquema de comunicación estrategia de ejecución de proyectos CMc	41
Figura 21: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia CMc.....	42
Figura 22: Esquema de comunicación estrategia de ejecución CMA	46
Figura 23: Beneficios utilización IPD.	57
Figura 24: Principios Integrated Project Delivery	58
Figura 25: Ejemplo de constitución IPD Team para un proyecto tipo	61
Figura 26: Imagen estructura modelada con BIM.....	63
Figura 27: Etapas y fases del proyecto IPD.....	66
Figura 28: Conformación IPD Team.....	67

Figura 29: IPD Team UCSF Mission Bay Medical Center..... 74
Figura 30: IPD Team y forma de pago proyecto AEC Headquarters..... 76

1. INTRODUCCIÓN

1.1. MOTIVACIÓN

El desarrollo de un proyecto de Ingeniería y Construcción, requiere de diferentes empresas especialistas participantes en las fases de diseño y construcción de la obra. Dentro de éstos se pueden destacar al mandante o propietario, arquitectos y diseñadores, ingenieros de diferentes especialidades, constructores, proveedores de equipos y materiales, subcontratos, entre otros. Por otra parte, resulta clave definir una correcta estrategia de ejecución con el fin de cumplir con los objetivos propuestos, el alcance, los plazos, el presupuesto y la calidad que se establecen en un inicio de tal manera que el proceso pueda ser considerado como exitoso al final de su desarrollo. Las estrategias definen la forma en que se lleva a cabo la ejecución del proyecto y además marcan un patrón definido respecto de la relación jerárquica entre las diferentes empresas participantes como también las responsabilidades que tendrá cada una.

En el año 2007, se presenta la estrategia Integrated Project Delivery (IPD), por The American Institute of Architects: AIA, la cual representa una alternativa utilizada para la ejecución de diferentes proyectos de Ingeniería y Construcción en el mundo. Este modelo reúne tempranamente a todos los ejecutores del proyecto para realizar una planificación conjunta, buscando que prime la colaboración y confianza entre ellos con el fin de anticiparse a posibles eventualidades y de esta forma obtener la mejor solución para la obra final que el dueño recibirá.

La finalidad de esta memoria de título es explicar en forma detallada de qué se trata y en qué consiste este enfoque, inferir cuáles fueron las principales motivaciones para la creación y desarrollo de esta estrategia. Esto incluye analizar la factibilidad, aplicabilidad y beneficios que otorga el modelo Integrated Project Delivery en comparación a los métodos ya conocidos y comúnmente usados, y estudiar proyectos en que se haya utilizado esta estrategia. Por último, conocer desde la perspectiva de profesionales expertos en materia de definición de estrategias de ejecución si esta forma de ejecutar proyectos podría ser aplicable en proyectos que se desarrollan en Chile y si la cultura de las empresas favorece la implementación de los principios y aspectos contractuales que requiere la estrategia IPD.

1.2. CONTEXTO

La forma en que se ejecutan proyectos de Ingeniería y Construcción, y la relación entre el mandante, equipo de diseño, equipo de construcción, diferentes especialidades, subcontratos, y otros, ha tenido una importante evolución a lo largo de los años. Según los primeros registros históricos, las labores de diseño y construcción estaban a cargo y eran dirigidas por una sola persona. Fue así como en Egipto y Mesopotamia se construyeron grandes pirámides marcando un gran hito en la forma de elaborar grandes estructuras. La primera gran revolución en la forma de diseñar y construir ocurrió en la época del Renacimiento (1490 D.C aproximadamente) donde se reconoce la separación entre las labores de diseño y de construcción de la obra, y luego en la Revolución Industrial (cerca a los años 1850), se descubren nuevos materiales constructivos (como el hierro fundido, acero, hormigón armado, entre otros). Este hecho genera la necesidad de obtener un conocimiento más exacto de sus propiedades y comportamiento, dando paso al nacimiento de la Ingeniería moderna marcando una separación en las labores de diseño, cálculo estructural y construcción. (Loyola, 2010).

Como las obras se han vuelto más complejas y la industria de la construcción más especializada, la segregación en equipos de trabajo ha permitido ejecutar proyectos mediante diferentes estrategias de ejecución, conocidas en la literatura como Project Delivery Systems, y se definen como: “Estrategia seleccionada para realizar las fases de Ingeniería y Construcción de un proyecto donde se establecen los roles, responsabilidades de los diferentes equipos, detallando su forma de relacionarse y el momento en que los participantes se integran al proyecto” (CMAA, 2013).

El Plan de Ejecución del Proyecto (PEP) corresponde a un documento que contiene una serie de planes para coordinar las etapas del proyecto tanto en la fase Inversional como pre-Inversional, y se actualiza periódicamente conforme avanzan las fases de estudio. Uno de sus capítulos corresponde al Plan de Contratos, en el cual también se analiza y define la estrategia de ejecución para el proyecto.

Las principales estrategias de ejecución, que han sido frecuentemente utilizadas durante las últimas décadas por los dueños/mandantes para llevar a cabo sus proyectos desde sus inicios en la fase de diseño hasta la entrega definitiva de la obra construida son:

- a) Design-Bid-Build (DBB).
- b) Design-Build (DB).
- c) Construction Management at Risk (CMc).
- d) Engineering, Procurement and Construction (EPC).
- e) Engineering, Procurement and Construction Management (EPCM).

Todas estas estrategias presentan ventajas según las expectativas del mandante y el tipo de proyecto al que aplica (obras industriales, mineras, viales, de edificación, de servicio, de infraestructura, hidráulicas, entre otras).

Por otro lado, se han evidenciado ciertas deficiencias que se condicen con la forma en que se relacionan los diferentes especialistas entre los que se destaca al mandante, equipo de diseño, equipo de construcción, diferentes especialidades de Ingeniería, subcontratos, y otros. En general, todos ellos focalizan su atención en cumplir particularmente con su parte del trabajo, en un ambiente individualista donde cada uno busca obtener el mayor beneficio personal, olvidando el objetivo y éxito global del proyecto, restándose de aportar nuevas ideas, soluciones y/o mejoras. Adicionalmente, ocurre que la relación entre los equipos de trabajo se rige en respetar las cláusulas y restricciones que se expresan en el contrato, generando un ambiente de desconfianza al presentarse conflictos y que cuando ocurren, generalmente se prolongan a lo largo de todo el desarrollo del proyecto. Por último, y en base a proyectos estudiados, se ha comprobado que muchos finalizan con sobrecostos, atrasos considerables y con obras de baja calidad.

La estrategia ejecución de proyectos conocida como Integrated Project Delivery tiene como filosofía principal buscar solución a los principales problemas que generan las estrategias de ejecución comúnmente utilizadas. Este modelo se caracteriza por involucrar tempranamente a todos los equipos de trabajo en un ambiente de cooperación, innovación y coordinación enfocándose en optimizar los recursos, procesos y actividades, para terminar en forma eficaz el proyecto, cambiando el usual enfoque competitivo que típicamente se produce entre diferentes especialidades por uno colaborativo.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Generales

1. Analizar la situación actual y tendencias de la estrategia de ejecución “Integrated Project Delivery” en proyectos de Ingeniería y Construcción en Chile.

1.3.2. Específicos

- a) Identificar los fundamentos y desarrollo de la estrategia de ejecución Integrated Project Delivery para entender su aplicación en proyectos de Ingeniería y Construcción.
- b) Realizar un análisis comparativo entre los modelos clásicos de ejecución de proyectos y el modelo Integrated Project Delivery, realizar la identificación de las principales ventajas y desventajas que motivaron la creación de este nuevo modelo.
- c) Analizar resultados de proyectos de Ingeniería y Construcción en los cuales se ha utilizado la modalidad Integrated Project Delivery.
- d) Evaluar la potencial aplicación del modelo Integrated Project Delivery en proyectos de Ingeniería y Construcción en Chile.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Revisión bibliográfica

Mediante la recopilación de información desde distintas fuentes bibliográficas especializadas, de publicaciones de autores calificados, memorias de título y exposiciones de seminarios, se realiza el estudio sobre la estrategia de ejecución de proyectos Integrated Project Delivery además de diferentes proyectos donde se ha aplicado.

Se realiza una investigación sobre las estrategias de ejecución más usadas en el mundo aplicadas a diferentes proyectos de Ingeniería y Construcción en Chile.

1.4.2. Estudio de utilización de estrategias de ejecución

Se entrevista a profesionales de distintas empresas de Ingeniería y Construcción, específicamente administradores de contrato o representantes del mandante que han tenido responsabilidad directa en el proceso de elección de la estrategia de ejecución del proyecto que ejecutaron (grandes obras). Se recopila información sobre el grado de conocimiento que poseen acerca de los diferentes modelos y en particular de la estrategia IPD, determinando si ha sido utilizada en su empresa, los problemas que han tenido con las estrategias tradicionales de ejecución de proyecto y los parámetros que sigue la tendencia actual de elección.

1.4.3. Análisis de la información obtenida

Se realiza un análisis de ventajas y desventajas de la aplicación de cada estrategia de ejecución, de acuerdo a diferentes indicadores de desempeño de proyectos, identificando las principales deficiencias que no son capaces de satisfacer los modelos clásicos y que inspiraron la creación del nuevo enfoque Integrated Project Delivery.

1.5. RESULTADOS ESPERADOS

- a) Obtener una revisión bibliográfica sobre los fundamentos y aplicación de la estrategia de ejecución Integrated Project Delivery.
- b) Generar un análisis comparativo entre modelos clásicos de ejecución de proyectos y el modelo IPD. Determinando las ventajas y desventajas del uso de este modelo para cada tipo de proyecto en comparación a los comúnmente utilizados.
- c) Generar un análisis de resultados de proyectos de Ingeniería y Construcción en los cuales se ha utilizado la estrategia IPD.
- d) Determinar si Chile está preparado para poder aplicar el modelo IPD en los proyectos que se desarrollan y conocer en qué área específica se podrían obtener mejores resultados.

2. MARCO Y FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. DIRECCIÓN DE PROYECTOS (PROJECT MANAGEMENT)

En general, el crecimiento de una empresa va ligado directamente a la visión que se proyecte a corto y largo plazo, a partir de esta, se fijan objetivos estratégicos que van asociados a la rentabilidad, al valor de la empresa (VAN), al precio de las acciones, entre otros. Para poder llevar a cabo estos objetivos, se debe desarrollar un plan estratégico que establece acciones que se materializan mediante proyectos de inversión.

El Project Management Institute (PMI), es una organización sin fines de lucro que tiene como objetivo establecer estándares y certificaciones reconocidas globalmente para la Dirección de Proyectos a través de programas de investigación y un proceso de consenso voluntario de expertos. Desde su fundación en 1969, ha estado orientada al descubrimiento de mejores herramientas para el desarrollo de la Dirección de Proyectos en todo el mundo, publicando en 1987 “La guía PMBOK®” (Project Management Body of Knowledge, PMBOK® Guide).

Un proyecto se define según la guía PMBOK® en 2013, como: “Un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Todo proyecto implica el desarrollo de una serie de actividades y procesos, los cuales son dirigidos, ejecutados y controlados por diferentes especialistas calificados en sus respectivas áreas para cumplir los objetivos y metas pactadas.

Para poder llevar a cabo el control integral de los diferentes procesos, es fundamental la labor que ejecuta la Dirección de Proyecto (Project Management), la cual según la guía del PMBOK® 2013, corresponde a “Una disciplina que se encarga de la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a actividades para satisfacer los requisitos del proyecto”.

De manera global, la dirección de proyecto mediante la dirección, planificación y control, busca acompañar la labor de las diferentes actividades que se realizan en la ejecución del proyecto teniendo como objetivo que se pueda cumplir con los costos, plazos y requerimientos iniciales usando de manera óptima los recursos que se tienen a disposición.

Tal como muestra la Figura 1, la Guía PMBOK®, en conjunto con la Extensión Construcción a la Guía PMBOK®, definen para proyectos de Ingeniería y Construcción un total de 14 especialidades o áreas de conocimiento.



Figura 1: Áreas de conocimiento propuestas por la Guía del PMBOK® y su Extensión Construcción.
 Fuente: Guía del PMBOK®, 5ta Edición. (2013) y Extensión Construcción a la Guía del PMBOK®, 2000 Edición.

2.2. PLAN DE EJECUCIÓN DE PROYECTO

Todo proyecto de Ingeniería y Construcción se ejecuta a través de diferentes fases dentro de las que se destacan la de estudio del proyecto, diseño arquitectónico, que da lugar al diseño de cada una de las especialidades de la Ingeniería, la fase de fabricación de grandes equipos, y por último la fase de construcción y montaje de elementos. Las etapas nombradas se realizan conforme al alcance del proyecto. El dueño debe decidir cómo ejecuta el proyecto por medio de las fases de Ingeniería y Construcción de la obra. Para esto, contrata diferentes empresas para la realización de dichas etapas y trabajos.

Por otra parte, cada proyecto de Ingeniería y Construcción se desarrolla bajo un entorno particular, donde no tan solo aspectos internos como su cultura de trabajo, organización y regulaciones determinan su buen desarrollo, si no que aspectos externos tales como el entorno social, empresarial, ambiental, gubernamental y financiero resultan sumamente relevantes y decisivos en el cumplimiento de los plazos, costos acordados, requisitos y objetivos que fueron previamente definidos en la planificación. Por lo tanto, es

fundamental considerar el entorno en el cual se va a ejecutar el proyecto y de esta forma anticiparse a influencias negativas en este.

En relación a la obra, los proyectos de construcción tienen diferentes clasificaciones, dentro de estas se destacan:

- **Obras Industriales:** Plantas de manufactura, plantas procesadoras, plantas de fundición, entre otras.
- **Obras Viales:** Carreteras, autopistas, puentes, líneas férreas, metro, entre otras.
- **Obras de Edificación:** Edificaciones habitacionales, comerciales, institucionales, entre otras.
- **Obras de Servicio:** Telecomunicaciones, agua, gas, entre otras.
- **Obras de Infraestructura:** Puertos, aeropuertos, hospitales, entre otras.
- **Obras Hidráulicas:** Embalses, plantas de agua potable, plantas de aguas servidas, sistemas de riego, entre otras.
- **Obras Mineras:** Explotación de yacimientos, construcción o instalación de plantas concentradoras o lixiviación, entre otras.

A pesar de que muchas obras construidas son muy similares, en la planificación y desarrollo se pueden evidenciar aspectos disímiles que producen grandes diferencias en relación a la forma en que estos se ejecutan. No importando las características del proyecto y lo distintos que sean, cada uno se puede separar en una serie de fases comunes desde su inicio hasta el cierre. Estas fases permiten tener un mayor control de los procesos y evaluar eventuales circunstancias que podrían ser problemáticas en un futuro según la duración del proyecto.

Todo proyecto de Ingeniería y Construcción se puede dividir en 2 etapas:

- a) **Pre-inversión** (organización, estudio y preparación del proyecto)
- b) **Inversión** (ejecución del proyecto y construcción de la obra).

Estas 2 etapas en conjunto corresponden al ciclo de vida del proyecto. Es importante hacer la diferencia con etapas como la Operacional y Cierre de la Obra que vienen a continuación de la etapa de Inversión y corresponden al ciclo de vida de la obra (vida útil) del proyecto, es decir, habla del funcionamiento propio de la obra que ya fue construida y su desempeño posterior a su entrega, la cual tiene el fin de cumplir con los objetivos estratégicos de la empresa que dieron origen al proyecto (ver Figura 2).

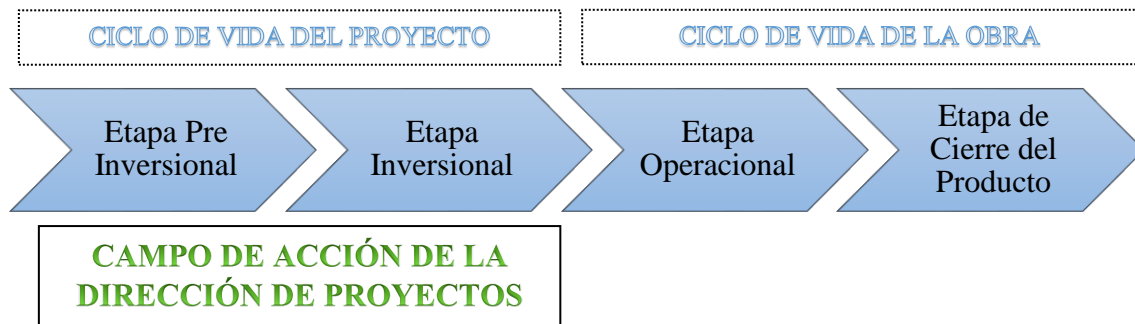


Figura 2: Ciclo de vida y etapas de proyectos de Ingeniería y Construcción.
 Fuente: Apuntes de clase Dirección de Proyectos. Universidad de Chile. A. Polanco (2013).

Dentro de las etapas de pre-Inversión e Inversión, hay diferentes niveles de estudio del proyecto que se relacionan con el nivel de detalle de la Ingeniería o construcción en que se encuentra expresado. (Polanco, 2015).

Etapa de pre-Inversión: Corresponde a una etapa previa a la materialización del proyecto. Posee una duración aproximada de 2 a 3 años, en la cual se realiza la definición del proyecto y la rentabilidad esperada. De acuerdo a la evaluación técnica y económica, el dueño debe ser capaz de decidir si el proyecto se llevará a cabo o no. En esta etapa se desarrollan los estudios de Ingeniería de Perfil, Pre Factibilidad, Conceptual, Factibilidad y Básica.

Etapa de Inversión: Corresponde a la etapa en que se comienza a materializar el proyecto obteniendo resultados definitivos en relación a la Ingeniería y a la construcción. Se puede dividir a su vez en 2 fases:

Ingeniería de Detalles: Tiene una duración aproximada de 2 a 3 años, donde se extienden los estudios de Ingeniería Básica a un nivel más detallado que permite construir la obra, además de las diferentes aprobaciones medioambientales que requiera el proyecto, proceso de adquisiciones que incluye la compras de equipos de proceso y materiales de construcción, y por último la licitación de contratos y servicios especializados que requiera el proyecto.

Construcción, pruebas y puesta en Marcha: Tiene una duración aproximada de 2 a 3 años, donde se desarrolla en plenitud todo lo previamente estudiado y definido por la Ingeniería de Detalles. Es aquí donde se ejecuta la obra gruesa, montajes de equipos especiales, los diferentes servicios y terminaciones que fueron establecidos. El proceso termina con un periodo de pruebas y de puesta en marcha de la obra entregada.

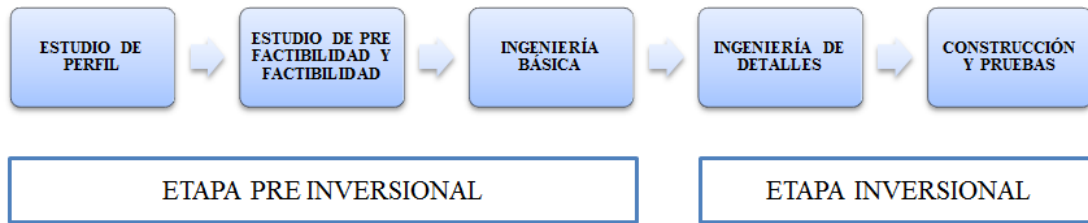


Figura 3: Etapas y niveles de estudios de proyectos de Ingeniería y Construcción.
 Fuente: Apuntes de clase Dirección de Proyectos. Universidad de Chile. A. Polanco (2013).

De acuerdo a la guía PMBOK®, 2013, es importante destacar que una de las grandes características de los proyectos de Ingeniería y Construcción es que los mayores gastos se efectúan en la etapa de Inversión, especialmente en la fase constructiva donde se alcanza el peak. Esto debido al alto valor de materiales y equipos operacionales como también a la alta dotación de personal que se involucra en dicha fase. Por lo mismo, cualquier riesgo no identificado o cualquier contingencia que ocurra en esta fase del proyecto, afecta considerable y directamente el costo total del proyecto (ver Figura 4). Se concluye entonces que realizar una buena planificación y un buen estudio de la obra que se construirá, resulta fundamental para cumplir con lo estimado.

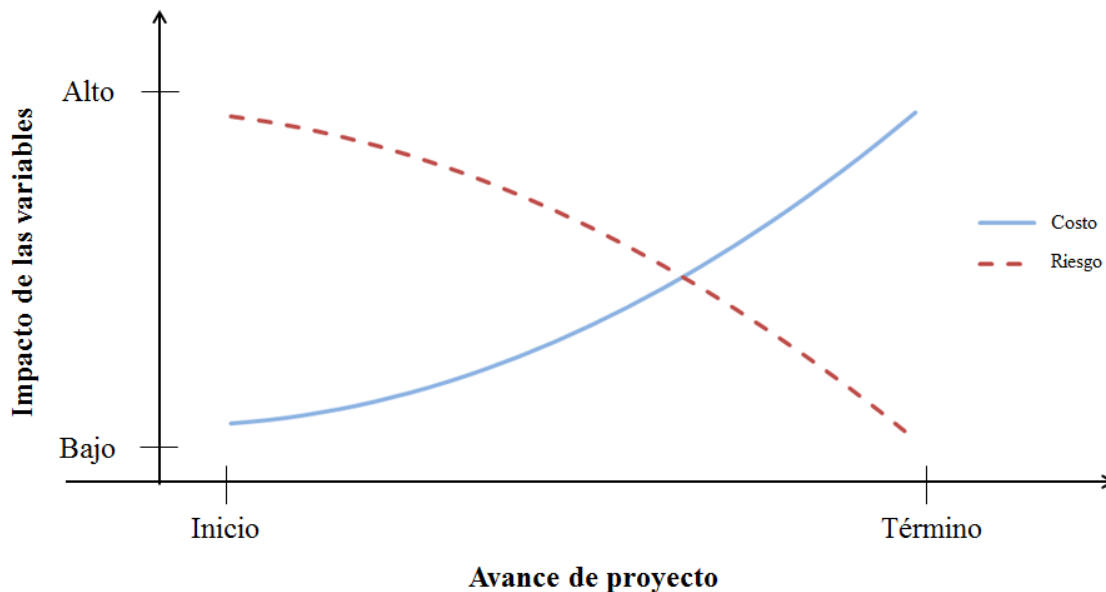


Figura 4: Grado de impacto de costos de cambios y riesgos o incertidumbre en el desarrollo de proyectos.
 Fuente: Guía del PMBOK®, 5ta Edición. (2013)

Adicionalmente, la Figura 4 muestra que existe en promedio una alta variabilidad del presupuesto del costo total de los proyectos de Ingeniería y Construcción en cada una de sus fases. Estos factores tienen relación con el nivel de estudio en que se encuentra la propuesta, a la alta incertidumbre y a los riesgos que no se han estudiado, considerado o cuantificado. Debido a esto, los costos asociados a posibles cambios al proyecto en fases de

estudio de Ingeniería son considerablemente menores a cambios generados en la fase de Construcción donde sólo el hecho de generar órdenes de cambio se traducen en alteraciones en el cronograma planificado.

Para llevar a cabo un proyecto de manera exitosa, una mejor práctica planteada por el Project Management es preparar el documento Plan de Ejecución del Proyecto (PEP), el cual es sumamente importante para la planificación, seguimiento y control de las labores que se realizan. Este proceso consiste en definir, preparar y coordinar en cada una de las fases del proyecto una serie de planes principales y secundarios que son importantes para realizar una buena gestión. El PEP se convierte entonces en el canal principal y la base central para la planificación y ejecución del proyecto.

El contenido del PEP varía según la fase del proyecto en que se encuentre, por lo mismo, se recomienda realizar una separación de acuerdo a la etapa del proyecto en que se encuentre. (Polanco, 2015).

- PEP de Ingeniería
- PEP de Adquisiciones (que incluye compras y contratos)
- PEP para la Construcción y Pruebas.

Una dificultad en la preparación del PEP es que todos los planes deben ser consistentes y lo ideal es que sean actualizados periódicamente mediante procesos iterativos. Además muchos de estos documentos son redactados por profesionales de diferentes especialidades que no conocen lo que sucede en otras áreas, lo que complica la coordinación global y la consistencia en cada uno de estos.

La Figura 5, muestra los contenidos mínimos recomendados para cualquier PEP, el cual se conforma de diferentes capítulos. Dentro de estos destaca la “línea base”, que corresponde al plan aprobado en relación a los parámetros de Alcance, Plazos y Costos del proyecto y que mediante su cumplimiento se mide la forma en que la Dirección de Proyecto desempeña su labor.

Se debe destacar que la definición del Alcance corresponde a uno de los primeros capítulos del PEP, su contenido es esencial para conformar y llevar a cabo los demás capítulos, definiendo cuales son los entregables, los supuestos asumidos, las restricciones, criterios de aceptabilidad y los límites físicos del servicio que entrega cada contratista.

Por otro lado, en esta misma figura se destaca el Plan de Contratos, que define la estrategia de ejecución a utilizar en el proyecto y que da paso al contrato principal. El desafío para el mandante es realizar una correcta elección de la estrategia para obtener el máximo beneficio por medio de las diferentes etapas del proyecto.

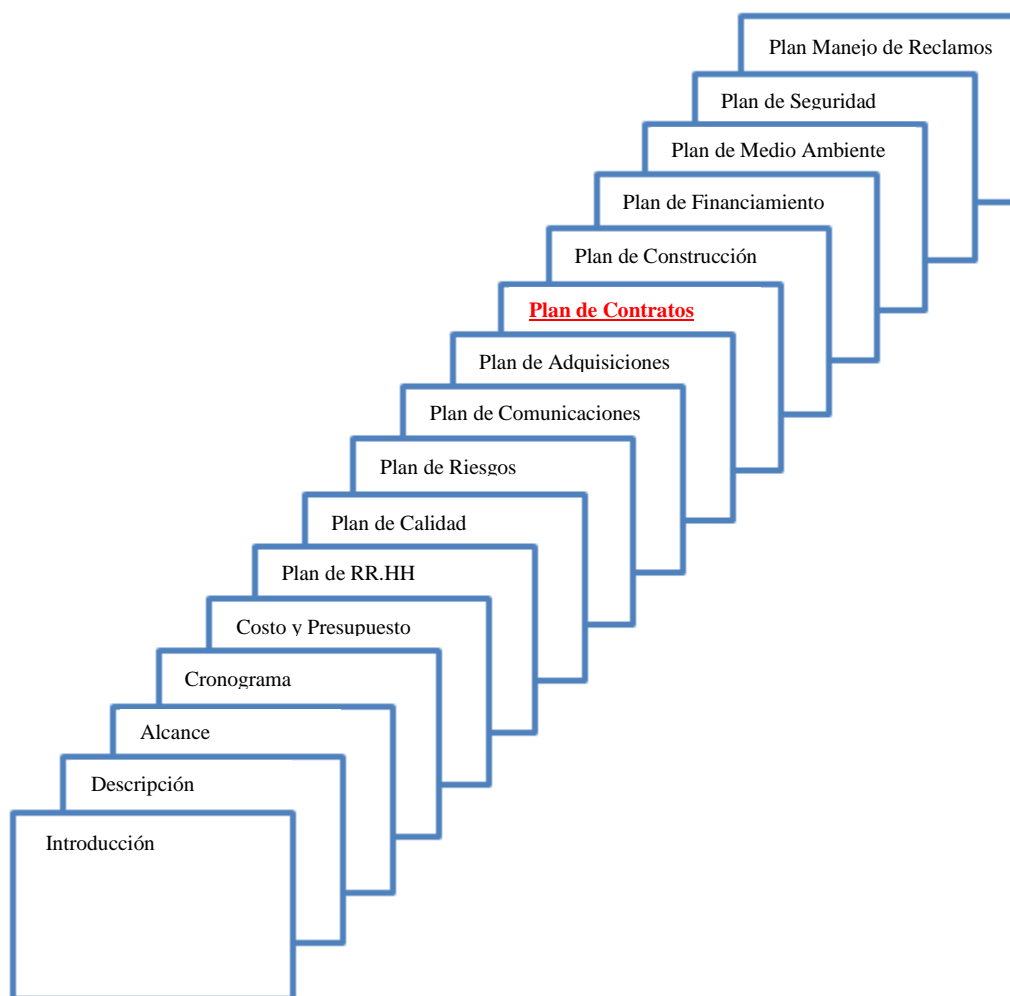


Figura 5: Contenidos del Plan de Ejecución del Proyecto (PEP).
Fuente: PMBOK® Construction Extensión. (2000)

2.3. PROCESO GENERAL DE ADQUISICIONES

Para poder desarrollar de forma eficiente e integral la Dirección de Proyecto, es fundamental enfocarse en las 14 áreas de conocimiento identificadas por el PMI. Una de ellas corresponde a la “Gestión de las Adquisiciones” la cual define los procesos necesarios para adquirir productos o servicios, que es preciso obtener fuera del equipo del proyecto (PMBOK® Guide). Esto incluye compras de materiales, equipos y contratos de construcción y contratos de servicios.

Según el PMI (2013), dentro de la labor ejercida por la Gestión de las Adquisiciones, se destacan 4 grandes procesos:

1. **Planificar la Gestión de las Adquisiciones:** Etapa en que se define el “Plan de Adquisiciones”, uno de los principales componentes del Plan de Ejecución del Proyecto.
2. **Efectuar las Adquisiciones:** Se obtienen respuestas de las ofertas de los diferentes proveedores, se selecciona el más conveniente de acuerdo a los intereses del mandante y se adjudica el contrato.
3. **Controlar las Adquisiciones:** Corresponde al monitoreo sobre el desarrollo de los contratos o compras, y en caso que sea pertinente, realizar modificaciones.
4. **Cierre de las Adquisiciones:** Es el proceso en el cual se realiza el cierre de cada adquisición.

2.3.1. Planificación de la gestión de adquisiciones

Es importante destacar que planificar la gestión de las adquisiciones resulta fundamental en el desarrollo del proyecto, ya que en esta planificación se identifican las necesidades que pueden ser solucionadas por el equipo de proyecto y las que se deben satisfacer mediante la adquisición de productos o servicios externos a la organización, lo que es importante ya que al decidir contratar un servicio o realizar una compra de materiales se genera cierta dependencia respecto del proveedor en relación al cumplimiento de las condiciones y plazos acordados.

Según Alejandro Polanco (2015), dentro de las adquisiciones que generalmente requiere cualquier proyecto de Ingeniería y Construcción se destaca:

a) Compras de materiales de construcción:

Ej.: Fierro para armaduras, pernos de anclaje, planchas de techumbre, estructuras de acero, entre otros.

b) Compras de equipos de proceso de operación de plantas:

Ej.: Molinos, bombas, transformadores, puentes grúas, chancadores, harneros, entre otros.

c) Contratos o subcontratos de construcción y/o montaje:

Ej.: Movimientos de tierra, montaje de estructuras, colocación de hormigones, instalación de andamios, instalación de corrientes débiles, entre otros.

d) Contratos o subcontratos de Ingeniería:

Ej.: Estudios topográficos, planos de fabricación de estructuras metálicas, estudios geotécnicos, diseño de planos de arquitectura, planos de detalles de enfierradura, entre otros.

e) Contratos o subcontratos de servicios:

Ej.: Servicios médicos en terreno, muestreo y ensayos de laboratorio, servicio de alimentación (casinos) en obra, transporte de materiales y/o equipos, entre otros.

2.3.2. Planificación de las adquisiciones del proyecto

Para crear un plan de adquisiciones correcto, se deben definir los elementos que se obtendrán externamente, es decir, los materiales, equipos o servicios que se deben comprar o contratar. Para esto, una buena práctica consiste en que el equipo de gestión de adquisiciones pueda plantearse las siguientes interrogantes para encontrar la mejor alternativa y evaluar si la necesidad será resuelta por un equipo externo o mediante recursos propios:

1. ¿Qué se debe comprar o contratar?

Se debe definir en forma efectiva los productos o servicios necesarios para el desarrollo del proyecto. Por ejemplo: Diseños de Ingeniería, repuestos, insumos, materiales de construcción, equipos operacionales, entre otros.

2. ¿Es necesaria la compra o contratación del producto o servicio?

Muchas veces la solución, preparación o construcción puede desarrollarse internamente siendo innecesaria la búsqueda en mercados externos, por lo que se debe comparar las ventajas y desventajas de producir el producto o comprarlo.

3. ¿En qué momento se debe realizar la compra o contratación?

Un aspecto fundamental dentro de cualquier proyecto son los largos plazos de espera desde la solicitud de alguna adquisición y la disposición del producto o servicio en la obra. Esto debe ser previsto y debe estar incluido tanto en la planificación de las adquisiciones como también en el cronograma general del proyecto ya que muchas veces el avance general de la obra se ve dificultado por una mala gestión en esta área.

Por ejemplo, en el caso de grandes compras de materiales o equipos, realizar la orden de compra puede tomar de 2 a 3 meses, más aun, en el caso de equipos operacionales (los que deben ser fabricados de forma especial de acuerdo a los requerimientos del proyecto) habría que sumarle el plazo de confección que puede llegar a años. Por lo mismo, y para

evitar que estos plazos se extiendan aún más debido a errores de confección o de otra índole, una mejor práctica es tener contacto constante con el proveedor realizando visitas periódicas para monitorear el cumplimiento de los requisitos definidos.

4. ¿Cómo se debe realizar la compra o contratación?

Los documentos oficiales mediante los cuales se hace efectiva la compra o contratación corresponden a la *orden de compra* para materiales y equipos y el *contrato* para servicios. Se debe tener presente toda cláusula o término comercial relacionado con la adquisición, donde se hará entrega del producto.

5. ¿Qué estrategia está relacionada a la compra o contratación?

Existen diversos factores externos a la organización que influirán en el proceso de adquisiciones y que el equipo organizador debe tener presente ya que afectan a los costos del producto o servicio, a los plazos de entrega y al uso de espacios de trabajo.

Entre estos se destacan:

- a) Disponibilidad o stock suficiente del material en caso de compras.
- b) Evaluación de formas de financiamiento de adquisiciones.
- c) Variaciones de las tasas de cambio de monedas extranjeras.
- d) Bandas de precios y dependencia de mercados extranjeros.
- e) Servicios de aduana y costo por transporte para productos comprados en el exterior.
- f) Espacios o bodegas de almacenamiento de las diferentes adquisiciones.
- g) Definición de política de compra de repuestos.
- h) Definición de política de Sur plus (sobrantes)

6. ¿Quiénes son los encargados de aprobar la compra o contratación dentro de la dirección de las adquisiciones?

La dirección de proyecto debe establecer de forma clara quienes son los encargados de aprobar las diferentes adquisiciones. Muchas veces las aprobaciones dependerán del monto monetario y a la especificidad del elemento en cuestión.

7. ¿Cuáles son los procedimientos a seguir en el proceso de adquisiciones?

La dirección de proyectos, en conjunto con el equipo de gestión de adquisiciones, debe establecer las diferentes etapas que debe cumplir cada adquisición de productos o servicios.

8. ¿Qué supuestos y restricciones presenta la compra o contratación?

Es clave tener una buena comunicación con los proveedores de tal manera de establecer de forma clara las condiciones de la adquisición del producto o servicio. Todo esto debe quedar claro y especificado en el contrato u orden de compra.

2.3.3. Responsabilidades y relación con proveedores

Una de las principales labores de la gestión de adquisiciones es poder elegir la mejor alternativa tanto para productos o servicios que se deban adquirir externamente. Uno de estos parámetros a evaluar es la relación con el proveedor o contratista.

Una buena gestión de las adquisiciones entiende que los proveedores o contratistas son parte importante para el desarrollo del proyecto ya que sus servicios, materiales o equipos resultan claves para la calidad de la obra final y por ende para el cumplimiento de los requisitos y éxito del proyecto. (Polanco Alejandro, 2016).

Se debe tener presente que los proveedores y contratistas seleccionados son responsables de una parte del proyecto, lo cual no exime de responsabilidad al equipo organizador ante ciertos fallos o trabajos defectuosos ya que ellos deben responder por el servicio o producto final entregado. Por lo mismo, se debe tener claridad en que existen proveedores o subcontratistas que resultan claves y tienen una importante labor en el desarrollo de la obra.

A lo largo de los años, ha habido un cambio de paradigma respecto de la labor de los proveedores. La visión antigua planteaba buscar al proveedor o contratista que ofreciera el producto o servicio por el más bajo costo, en el menor tiempo (relaciones de corto plazo), no existiendo una relación de confianza ni control adecuado del producto o servicio en etapas de diseño. La visión actual plantea que la relación con proveedores debe ser de tal manera que se busque al proveedor más conveniente en forma global, evaluando aspectos como costos y plazos de entrega, además de tener buena comunicación, respeto, confianza y ambos deben tener una máxima atención en la forma en que se desarrollan los diferentes procesos realizando mediciones periódicas de avance y evaluando los indicadores de progreso.

2.3.4. Proceso general de adquisiciones

Según Alejandro Polanco (2015), las adquisiciones de una organización siguen un procedimiento marcado por una serie de pasos. La Figura 6 muestra las diferentes fases y etapas de este proceso:

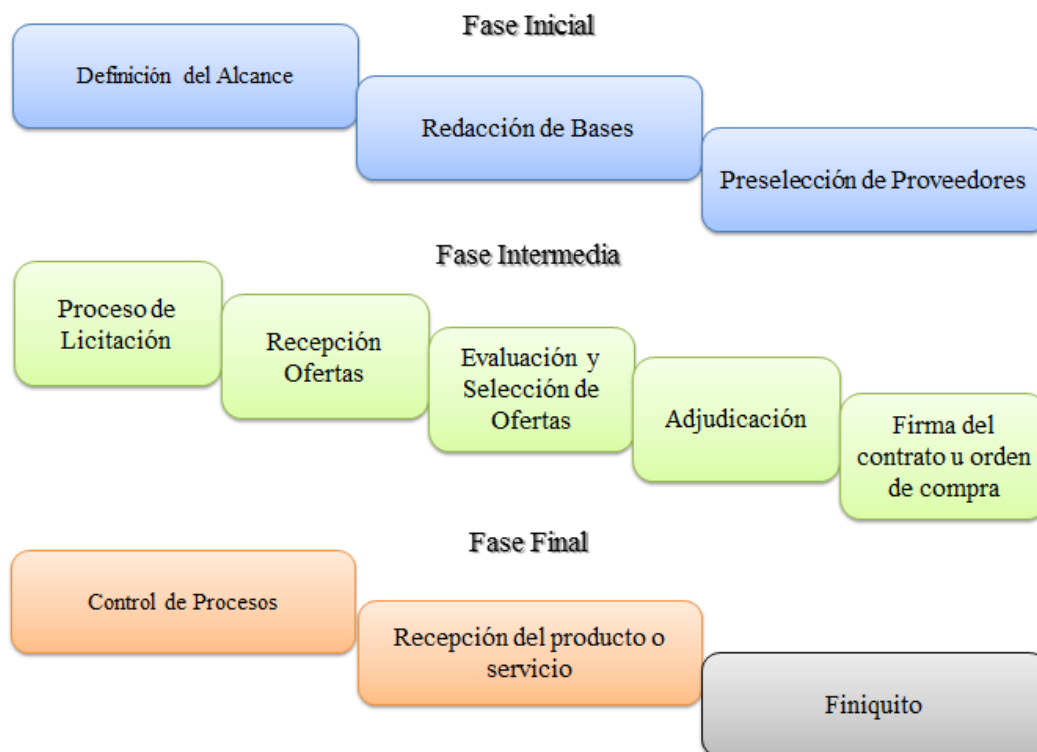


Figura 6: Fases del proceso de adquisiciones.

Fuente: Apuntes de clase Dirección de Proyecto. Universidad de Chile. A. Polanco (2015).

Definición de Alcance:

De acuerdo al alcance del proyecto y al plan de adquisiciones, se debe definir lo que se desea comprar o contratar y lo que incluye esta compra o servicio, por lo que es importante plantearse al menos 9 preguntas de la planificación de las adquisiciones, expresando finalmente:

- Lo que incluye la compra o servicio.
- Lo que excluye la compra o servicio.
- Cuáles son los entregables.
- Restricciones en la compra o servicio.
- Los supuestos que son realizados al definir el alcance.
- Límites físicos del proyecto.
- Criterios de aceptabilidad de parte del mandante.

Redacción de bases:

Una vez definido el alcance, se debe redactar el documento “Bases Técnicas”, que expresa formalmente, para conocimiento del proveedor, todos los requerimientos establecidos en la definición del alcance.

Dentro del contenido mínimo recomendado que deben incluir estas bases se destaca al alcance e ítemizado, especificaciones técnicas, cantidades requeridas, planos de diseño o de referencia, plazos de ejecución, entre otros. Además de esto, se deben definir los aspectos administrativos, legales y comerciales ligados a la compra o adquisición del producto o servicio. Esto se muestra en el documento “Bases Administrativas”.

Pre-selección de proveedores:

Pre-selección de los proveedores candidatos con los cuales se podría realizar la adquisición. Una buena alternativa es realizar un catastro de las evaluaciones que han obtenido los diferentes proveedores en relación a los productos o servicios que han entregado a la misma empresa o a empresas que realizan proyectos similares.

Dentro algunos aspectos a evaluar se destacan: el desempeño del proveedor en cuanto al cumplimiento de plazos de entrega, cumplimiento de requisitos del producto o servicio, evaluación de costos en relación a su competencia directa, fluidez en las comunicaciones, entrega oportuna de información, flexibilidad a cambios durante la ejecución del producto o servicio, capacidad técnica del equipo ejecutor, compromiso y motivación con intereses del cliente, entre otros. Idealmente se deberían considerar 3 empresas candidatas a realizar el servicio o producto.

Adicionalmente, una mejor práctica a desarrollar por el equipo de adquisiciones es realizar una evaluación del desempeño del proveedor mientras realiza el servicio o confecciona el producto.

Proceso de licitación:

Se hace un llamado a participar a diferentes empresas las cuales deben presentar una oferta para adjudicarse el producto o servicio. Las licitaciones pueden ser abiertas y cualquier proponente puede participar siendo el proveedor el encargado de realizar el llamado públicamente mediante publicaciones en diarios o portales web. En cambio, otras veces este proceso es cerrado y es el comprador el que contacta a los proveedores para que realicen las diferentes ofertas.

Recepción de ofertas:

En esta etapa, son los proveedores de productos, materiales y/o servicios los que deben evaluar la solicitud y entregar una oferta mostrando de forma explícita las condiciones del servicio y el precio.

Evaluación y selección de ofertas:

Al momento de recibir las ofertas, el equipo de adquisiciones del proyecto debe evaluar las diferentes propuestas con el fin de escoger la más conveniente. Una práctica habitual es calificar las diferentes propuestas de acuerdo a una pauta previamente definida por el equipo de adquisiciones y de esta forma poder elegir la mejor opción.

Para realizar la evaluación, se deben comparar lo establecido por las “Bases Técnicas” y “Bases Administrativas” con la propuesta entregada por el proveedor de tal manera de asegurar que se cumplan los requisitos previamente definidos.

Por otro lado, se debe evaluar la oferta económica, es decir, analizar el precio ofertado, condiciones de pago, posibles garantías en caso de servicios o productos defectuosos, entre otros.

Dentro de los aspectos a verificar en la evaluación hacia el proveedor se destacan:

- a) Cumplimiento del alcance.
- b) Cumplimiento de las especificaciones técnicas.
- c) Capacidad de cumplimiento del proveedor en cuanto a recursos técnicos, recursos de producción y recursos financieros.
- d) Verificar si la empresa posee un sistema de gestión de la calidad.
- e) Verificar el personal que va a ser asignado a la ejecución del producto o servicio.
- f) Analizar la experiencia de la empresa en trabajos similares.
- g) Analizar las estadísticas de seguridad que presenta el proveedor.
- h) Cumplimiento de normativas ambientales.

Adjudicación:

En relación a los criterios previamente definidos en la evaluación, se debe escoger e informar al proveedor que presente la mejor oferta. Por consiguiente, es labor del equipo de adquisiciones informar al oferente que se ha adjudicado la realización del producto o servicio. En general, esto se informa vía medios formales, por ejemplo en contratos públicos se envía una *carta de adjudicación*.

Firma del contrato u orden de compra:

Luego de que el proveedor se da por informado de haber sido el escogido en el proceso de adjudicación, viene la etapa de firma del contrato (para servicios) o firma de la orden de compra (para materiales o equipos). Este documento muestra las condiciones en que ambas partes (comprador y oferente) se comprometen a cumplir los derechos y deberes de cada uno.

Control de procesos:

Es función del equipo de proyecto, administrar y controlar los procesos relacionados con los productos y servicios adjudicados. Se debe realizar un constante control de calidad del producto o servicio de tal manera de que este cumpla con los requisitos establecidos en las bases.

Dentro del control administrativo, se debe comprobar el cumplimiento de los deberes de la empresa en relación a lo estipulado en el contrato u orden de compra.

Recepción y finiquito:

Una vez finalizado el producto o servicio por parte del proveedor, se da paso a la “Recepción”. El producto es recibido por el comprador y se realiza la verificación final del cumplimiento de la calidad. En caso de que exista completa conformidad de parte del receptor, se realiza el “Finiquito” o “Cierre de contrato”. Luego de esto, es tarea del equipo de adquisiciones realizar la correspondiente evaluación global sobre la labor del proveedor y guardarla en su base de datos.

2.4. PROCESO DE DEFINICIÓN DE ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN Y CONTRATOS

Según Jorge Pulgar (2015), un contrato se define como un acuerdo o convenio entre dos partes, expresado por escrito y suscrito por ambas. En este se establecen los términos y condiciones, definiendo derechos y obligaciones que ellos se comprometen a cumplir. Es el documento oficial que se utiliza para la solicitud de servicios que incluyen mano de obra de personal, a diferencia de las órdenes de compras que se utilizan para las adquisiciones de recursos, materiales y/o equipos.

El contrato debe definir de manera general:

- El alcance del proyecto.
- Las responsabilidades de ambas partes.
- Los derechos, deberes y obligaciones de cada uno.

2.4.1. Modalidades de pago

La siguiente figura, muestra las diferentes modalidades de pago en los contratos de Ingeniería y Construcción.

Modalidades de pago
<ul style="list-style-type: none">• Suma Alzada (Lump Sum)• Precios Unitarios (Unit Prices)• Tarifado por tiempo• Costo Reembolsable• Administración Delegada• Honorarios Porcentuales• Libro Abierto (Open Book Estimation)

Figura 7: Modalidades de Pago.

Fuente: Apuntes de clase Gestión Contractual. Universidad de Chile. J. Pulgar (2015)

2.4.2. Ciclo de un contrato

De manera general en el ciclo de contrato se encuentra:

1. Proceso previo a la licitación:
 - Definir estrategia de ejecución.
 - Realizar el análisis de riesgos.
 - Preparar bases de licitación.

2. Licitación y formalización:
 - Licitación.
 - Evaluación de propuestas.
 - Adjudicación.
 - Firma del contrato.
3. Administración del contrato:
 - Obligaciones y derechos
 - Recepción

2.4.3. Bases de licitación

Para la preparación y estudio de la propuesta por parte de los participantes, el equipo de adquisiciones, debe preparar distintos documentos para ser entregados en el proceso de licitación. Estos documentos deben reflejar los requisitos y el Alcance para que se pueda cumplir con las expectativas que posee el dueño respecto de la obra final, lo que se representa en la Figura 8.

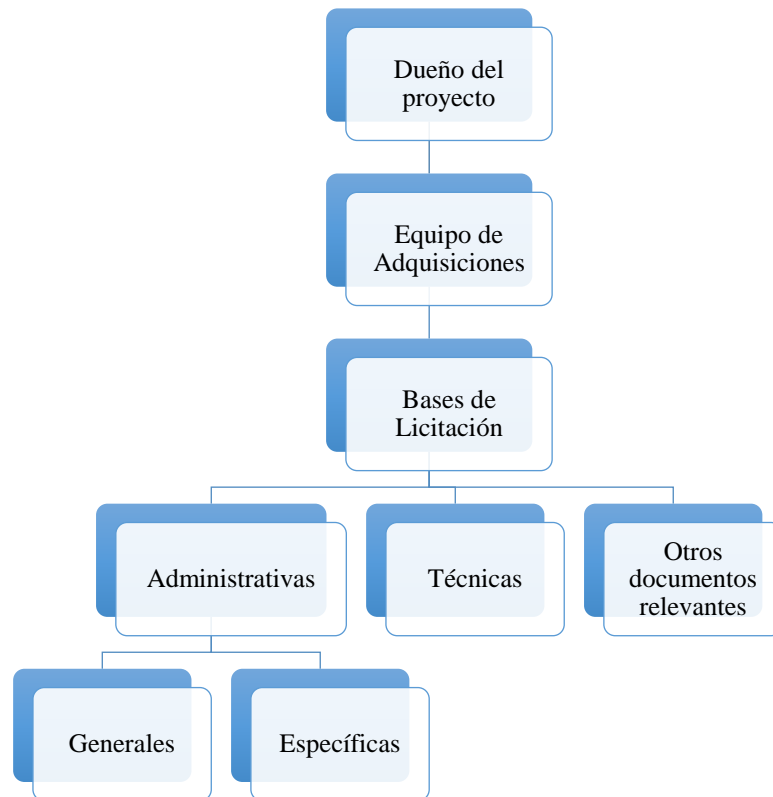


Figura 8: Bases de licitación preparadas por el equipo de adquisiciones.
Fuente: Elaboración propia.

Bases administrativas:

Corresponden al conjunto de normas que regulan la licitación y al contrato de ejecución de la obra. Establece las regulaciones a las que deben ceñirse tanto el contratista como el mandante.

Se distinguen 2 tipos de Bases Administrativas, las cuales se muestran a continuación:

- **Bases Administrativas generales (BAG):**

Disposiciones generales impuestas por el mandante que rigen a cualquiera de sus contratos de construcción. Muestran los documentos que incluye el contrato y el orden de prelación (preponderancia) que permite resolver discrepancias entre documentos entregados en la licitación.

Además se definen los representantes de ambas partes (mandante y contratista), establece condiciones de los subcontratos, del pago de impuestos, gravámenes, aranceles y derechos, además de garantías y seguros que debe poseer el contratista para realizar los diferentes trabajos, disposiciones que debe cumplir la contraparte, explica la forma de pago del precio del contrato y finalmente norma las modificaciones que pudiesen existir en el desarrollo del contrato.

- **Bases Administrativas específicas (BAE):**

A diferencia de las BAG, las BAE establecen disposiciones y procedimientos de aplicación especial a la licitación y contrato que se está realizando, especifican la forma en que se realiza el proceso de licitación y la gestión de los estudios de ofertas técnicas y económicas.

Bases técnicas:

Describen el trabajo y el alcance que debe ser ejecutado por el contratista que se adjudica el contrato.

Estas bases contienen las especificaciones técnicas, normas especiales que deban ser aplicados a los trabajos, memorias de cálculo, planos generales y/o de diseño otorgados por la Ingeniería de Detalle, especificaciones de estándares mínimos requeridos, normas aplicables a los trabajos, manuales de instalación y montaje, entre otros.

Otros documentos relacionados:

Además de las bases recientemente nombradas, el equipo de adquisiciones debe gestionar la presencia de reglamentos que deben estar adjuntos a las bases de licitación, como por ejemplo:

- a) Reglamento Especial de Seguridad y Salud Ocupacional (RESSO).
- b) Estándares de Seguridad en el Trabajo.
- c) Reglamento Especial de Gestión del Medio Ambiente (REMA).

2.4.4. Contratos del ámbito público y privado

Los contratos y licitaciones de los grandes proyectos de Ingeniería y Construcción en Chile varían de acuerdo al sector en cual aplica.

Contratos mediante licitación pública:

Su objetivo principal es satisfacer las demandas de interés de la comunidad. Se realizan en el sector público entre un organismo de administración del Estado como el Ministerio de Obras Públicas (MOP), y un particular u otra institución pública.

Este tipo de contrato y el proceso de adjudicación se realizan de forma abierta, es decir, el mandante realiza un llamado de forma pública como por ejemplo en diarios o portales web. Para poder adjudicarse las propuestas, los oferentes deben ser parte del registro de inscripción del MOP, que divide a los contratistas en las categorías de Obras Mayores y Obras Menores, y a su vez, cada contratista es catalogado en primera categoría, segunda categoría o tercera categoría de acuerdo al desempeño en proyectos previos, al tamaño de la empresa, solvencia económica, entre otros factores. Una vez entregadas las propuestas de parte de los contratistas, se adjudica el contrato al oferente que cumpla los requisitos y que obtenga mayor puntaje en relación a los resultados de la evaluación técnica y económica. De aquí se desprende que el proceso de adjudicación en el sector público es mucho más riguroso y estricto ya que hay recursos públicos involucrados.

Además de lo anterior, el artículo N°8 de la Ley 19886: “Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios” correspondiente a la legislación chilena, establece que toda licitación en la cual el monto total de contrato supere las 1.000 UTM deberá ser pública salvo en los casos que se muestran a continuación:

- a) Si al proceso de licitación no se hubiesen presentado contratistas interesados.
- b) Si se tratase de contratos terminados anticipadamente por un monto menor a las 1.000 UTM.
- c) En casos de emergencias, urgencias o imprevistos.
- d) Si solo existe un solo proveedor del bien o servicio.

Contratos mediante licitación privada:

Se realizan en el sector privado donde en general, de acuerdo a una base de datos de la empresa y a un proceso de pre-calificación, se seleccionan los contratistas que son invitados a participar de la propuesta. Este tipo de contrato se caracteriza por ser mucho más flexible y es el dueño el que tiene el derecho de escoger al contratista que más le convenga de acuerdo a sus propios intereses. Por otro lado, este tipo de contrato permite realizar negociaciones posteriores a la evaluación y calificación de las ofertas. Esto se realiza en casos que el valor del presupuesto otorgado por el contratista sea mayor al estimado de costos realizado por el equipo de proyecto.

3. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN Y ANÁLISIS

Para poder llevar a cabo los objetivos de esta memoria, se realiza una recopilación bibliográfica sobre los fundamentos de las estrategias de ejecución que han sido utilizadas en diferentes proyectos de Ingeniería y Construcción en el mundo, además se entrevista a profesionales y expertos para tener información sobre su nivel de conocimiento acerca el uso y tendencias de elección de las estrategias de ejecución en proyectos de Ingeniería y Construcción en Chile.

Por último, con la información obtenida en ambas etapas, y de acuerdo a diferentes indicadores de desempeño, se realiza un análisis comparativo de las estrategias para concluir sobre las posibles deficiencias que poseen los modelos tradicionales y que motiva la creación del enfoque IPD.

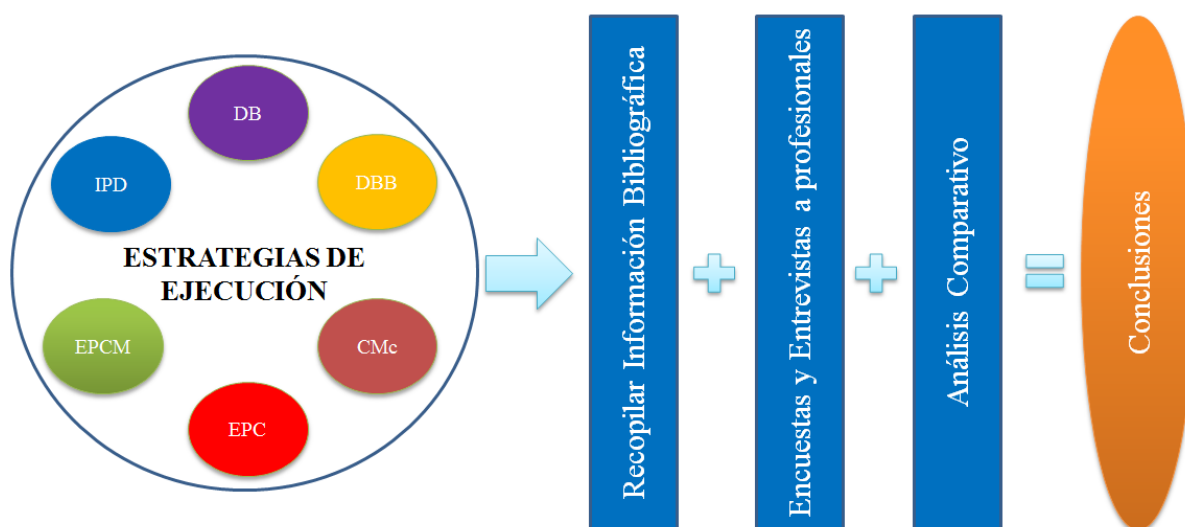


Figura 9: Metodología de evaluación y análisis.
Fuente: Elaboración propia.

3.1. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Los siguientes gráficos comparativos detallan la extensa investigación que se realiza en esta memoria sobre las estrategias de ejecución de proyectos. En total se consultaron 44 referencias. Destacar que 18 de los documentos seleccionados (de origen principalmente de Estados Unidos) hacen mención a la estrategia IPD.

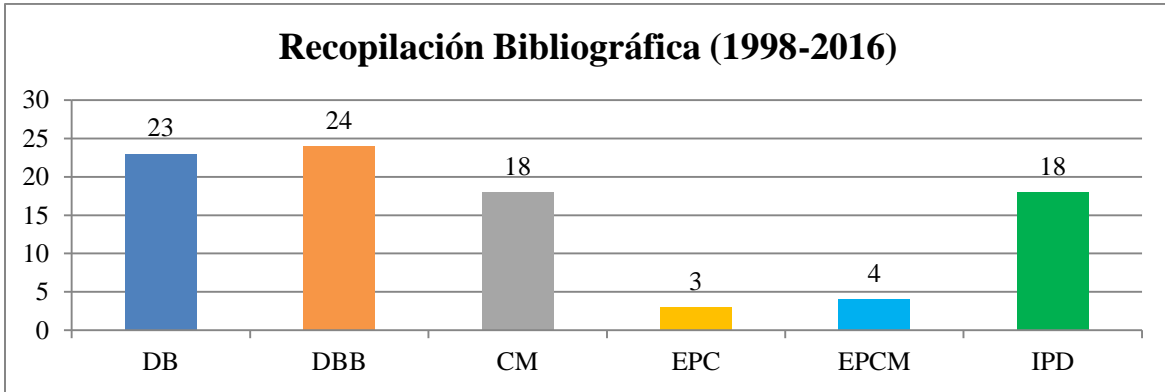


Gráfico 1: Recopilación bibliográfica de diferentes documentos.
Fuente: Elaboración propia.

La recopilación bibliográfica se clasifica en: Memorias de títulos, artículos de internet, libros, publicaciones académicas, revistas, presentaciones de seminarios y reglamentos; en los cuales se analizan y comparan las diferentes estrategias (ver Gráfico 2).

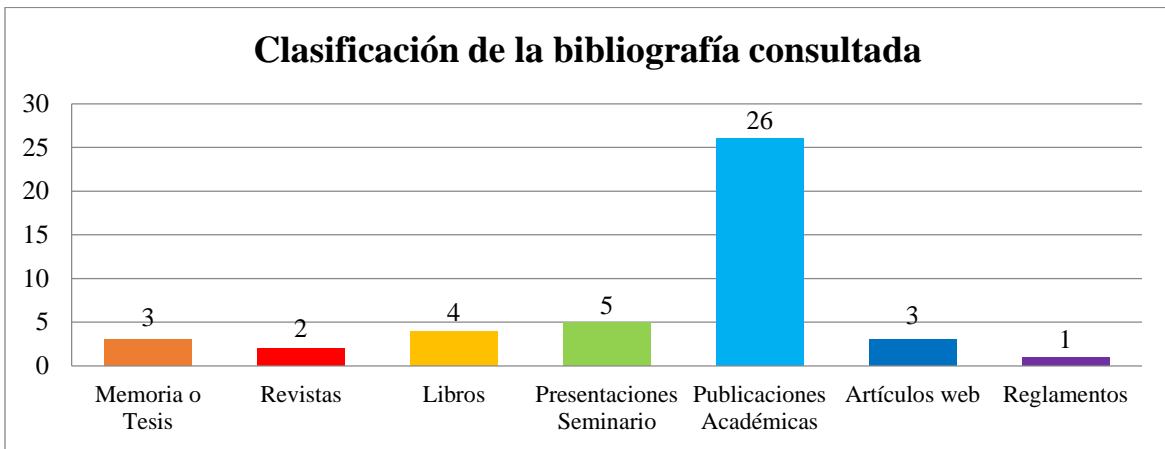


Gráfico 2: Clasificación de la bibliografía consultada.
Fuente: Elaboración propia.

3.2. ENCUESTAS Y ENTREVISTAS A PROFESIONALES Y EXPERTOS

Los objetivos principales de las encuestas y entrevistas son:

- a) Conocer la realidad actual sobre las estrategias de ejecución que están siendo comúnmente usados en grandes proyecto de Ingeniería y Construcción en Chile.
- b) Obtener información sobre el grado de conocimientos de los profesionales acerca de las diferentes modalidades de ejecución de proyectos.
- c) Averiguar el nivel de conocimiento sobre el modelo IPD.

- d) Averiguar sobre la aplicación de la estrategia IPD en la ejecución de alguno de los proyectos en los que han participado los profesionales.

Las entrevistas han sido utilizadas como metodología en diferentes investigaciones para evaluar el desempeño de las estrategias de ejecución de acuerdo a factores de interés en Estados Unidos, donde destaca *Kent David C, Becerik-Gerber Burcin (Understanding construction industry experience and attitudes toward Integrated Project Delivery)* publicado en *The journal of construction engineering and management, 2010*. En este documento se evalúa mediante entrevistas y encuestas el grado de conocimiento y aplicación de la estrategia de ejecución IPD en las empresas donde los profesionales desempeñan su labor. Una metodología similar se plantea para el desarrollo de esta memoria de título enfocada en la realidad chilena.

3.2.1. Entrevistas a expertos

Participantes y objetivos de la entrevista

Para conocer el estado del arte en relación a las diferentes estrategias de ejecución en proyectos chilenos, se realizan entrevistas a expertos que a lo largo de su trayectoria como profesionales han participado o han tenido responsabilidad directa en el proceso de elección de estrategias de ejecución para proyectos del ámbito público o privado. Entre ellos destacan principalmente: Gerentes y administradores de contrato, jefes de proyectos, gerentes de construcción e Ingeniería, gerentes de adquisiciones, especialistas en gestión, control y dirección de proyectos, entre otros.

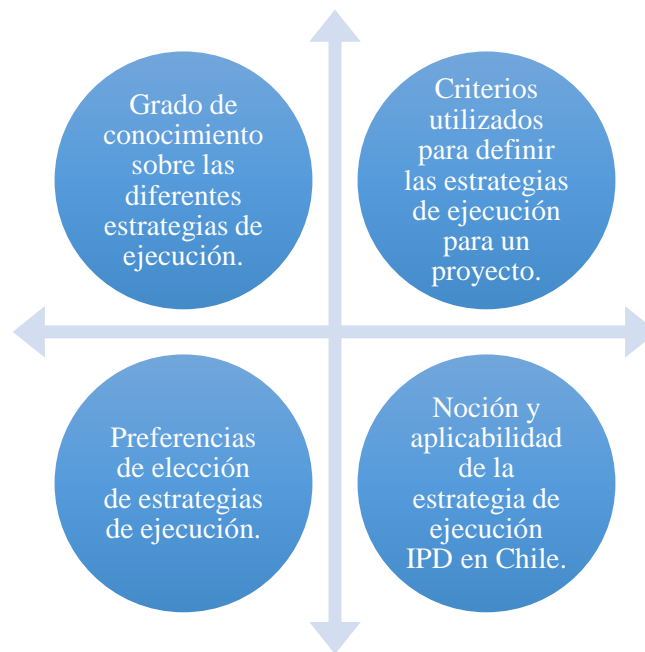


Figura 10: Estructura de la entrevista a expertos.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura de la entrevista

Abarca los 4 tópicos nombrados en la Figura 10. Se envía una solicitud por correo electrónico a los profesionales para invitarlos a participar, ya sea de manera presencial o mediante una plataforma online.

3.2.2. Encuestas a profesionales

Participantes y objetivo de la encuesta

La encuesta está orientada a ser respondida por profesionales del área de la Ingeniería Civil. El objetivo principal es analizar el nivel de conocimiento y opinión de los profesionales sobre las diferentes estrategias de ejecución de proyectos, de manera global y en las áreas específicas en las cuales ellos se desempeñan. Por otro lado, se busca analizar la percepción de los encuestados sobre la estrategia IPD y la posible inserción de sus principios en los proyectos que desarrollan. La Figura 11 representa los 4 enfoques mediante los cuales se estructura la encuesta a profesionales.



Figura 11: Estructura de la entrevista a profesionales.

Fuente: Elaboración propia.

Estructura de la encuesta

Se envía un formulario de preguntas mediante la plataforma “e-encuestas”, que permite obtener de forma sencilla las respuestas para poder realizar su posterior análisis.

4. ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE LAS ESTRATEGIAS DB, DBB, CM, EPC, EPCM E IPD

Existen diversas estrategias de ejecución mediante las cuales los mandantes o dueños pueden llevar a cabo sus proyectos.

En todo proyecto existen diferentes participantes, entre ellos se destaca al mandante, constructores, arquitectos, Ingenieros de diferentes especialidades, proveedores, contratistas, entre otros. Estos se relacionan y trabajan en conjunto para llevar a cabo la obra. Es importante saber liderar cada fase organizando y coordinando a los principales actores para ejecutar los proyectos según los plazos y costos acordados inicialmente.

El mandante es el encargado de seleccionar la estrategia de ejecución a utilizar en el proyecto, todas ellas presentan ventajas y desventajas ante ciertos escenarios, y presentan mayores o menores riesgos para el mandante o contratistas (que se compensan con menores plazos y/o costos de ejecución, o viceversa). Bajo este contexto, es importante tener en claro que no existiría una mejor estrategia de ejecución. Lo que sí puede ser catalogado de esta forma son los procesos internos que se definen durante el transcurso del proyecto, como por ejemplo el diseño y construcción de la obra, la coordinación de los diferentes participantes, la redacción bases y documentos, entre otros. El desafío es llevar a cabo una correcta elección de la estrategia de ejecución a usar según los objetivos que persigue el mandante, a las capacidades de los contratistas que son candidatos a participar del proyecto, al nivel de definición del alcance y a la situación que atraviesa el mercado. Es fundamental que el dueño incorporen la especialidad de la Dirección de Proyectos en la coordinación de las etapas que se ejecutan, si bien esto no asegura el éxito (dado que existen un sin número de factores externos que afecta el desempeño), se crea un ambiente que aumenta las posibilidades de que si ocurra. (Romero, 2015).

El principal objetivo de este capítulo es evaluar y comparar las principales estrategias de ejecución de proyectos: DB, DBB, CMc, EPC, EPCM e IPD en relación a distintos indicadores. Para esto, según el análisis de estudios bibliográficos, se describen las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos para entender cómo trabajan y de qué forma sus principios son aplicados al desarrollo de proyectos. Además, se muestran las ventajas y desventajas de cada modelo en conjunto con los aciertos y desaciertos que han presentado en la ejecución de distintas obras.

4.1. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DESIGN-BUILD (DB)

4.1.1. Descripción

La estrategia de ejecución Design-Build (DB) traducida al español como Diseño-Construcción, se caracteriza por ser una estrategia en la cual una sola empresa asume la responsabilidad del diseño (Arquitectura e Ingeniería) y construcción de la obra. Es por esto, que posterior a una evaluación y pre-selección de contratistas, el dueño de proyecto junto a su equipo define la empresa encargada de realizar los trabajos, adjudicando finalmente el contrato a dicha empresa. Esta decisión no es aleatoria y se rige por algunos parámetros según las necesidades del dueño de proyecto en relación a la obra esperada y a sus propios intereses.

La estrategia de ejecución DB, generalmente es escogida cuando el mandante no tiene completa claridad sobre la forma en que quiere que se materialice su proyecto, por lo que el dueño de proyecto establece criterios o decisiones de diseño que son acogidas por el equipo de arquitectos e Ingenieros para encontrar la mejor solución a sus demandas entregando diferentes propuestas (durante el desarrollo de la Ingeniería del proyecto) que quedan sujetas a la aprobación del mandante. De lo anterior, se puede deducir que esta estrategia requiere una alta participación del dueño del proyecto al comienzo de la etapa Inversional en la Ingeniería de Detalles. Esta participación del mandante va decreciendo a medida que se avanza en las diferentes fases del proyecto. Producto de esto, la comunicación y coordinación entre los diferentes equipos resulta fundamental para poder asegurar el éxito final de la obra. (Dykstra, 2011).

Por otro lado, se da la particularidad que los acuerdos contractuales relacionados con el precio de contrato, los plazos de ejecución del proyecto, los estándares de calidad en equipos y procesos de construcción, aumentos de cantidades de obras, entre otras; son definidos entre el mandante y la empresa de Ingeniería y Construcción a lo largo de la etapa inicial del contrato (en la Ingeniería de Detalles), esto se realiza mediante diferentes fases de negociación donde en conformidad de ambas partes (dueño y contratista DB), se redacta el contrato definitivo teniendo una idea más acabada del diseño definitivo del proyecto, el cual generalmente va asociado para esta estrategia a una forma de pago a suma alzada. Es por todo lo anterior que resulta fundamental mantener una relación de confianza entre las partes donde el beneficio mutuo permite alcanzar mejores resultados.

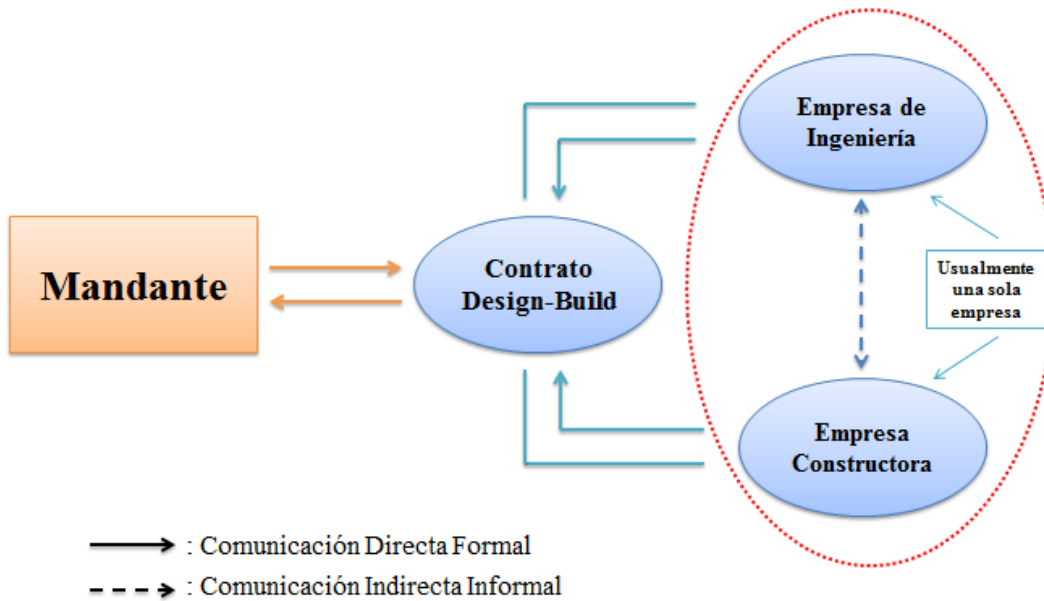


Figura 12: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos DB.
 Fuente: *Project Delivery Selection*, K. Molenaar (2014).

Tal como muestra la Figura 12 y Figura 13, una empresa de Ingeniería y Construcción única, se encarga de realizar la Ingeniería de Detalles además de la construcción de la obra, permitiendo que profesionales expertos en el área de la construcción participen de la fase de diseño aportando ideas y soluciones constructivas de tal forma que los diferentes entregables estén orientados a la simplicidad de la construcción de la obra.

Además, en la etapa Inversional, la Ingeniería de Detalles y Construcción pueden desarrollarse en forma simultánea sin ser necesario el término de la fase de Ingeniería para dar inicio a la fase constructiva, lo que disminuye los plazos de ejecución del proyecto completo. (Koch, 2014).

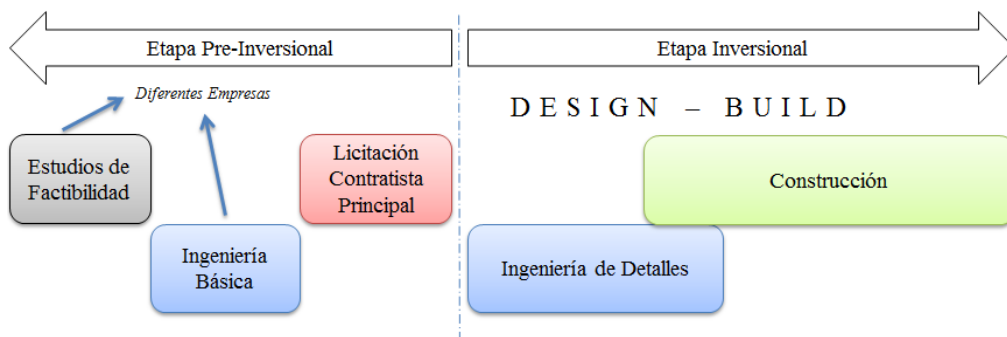


Figura 13: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia DB.
 Fuente: *An owner's Guide to project delivery methods*. CMAA (2012)

4.1.2. Ventajas y Desventajas estrategia de ejecución DB

Ventajas	Desventajas
Se pueden ejecutar proyectos rápidamente ya que no es necesaria la finalización de la Ingeniería de Detalles para comenzar con la Construcción.	El dueño puede tener participación escasa en fase Inversional del proyecto (Ingeniería de Detalles y Construcción) y muchas veces los resultados pueden no cumplir con sus expectativas.
Solo un contratista se encarga del diseño y construcción de la obra, lo que en general disminuye las controversias entre empresas durante el proyecto.	El contratista DB, al asumir mayores riesgos en la ejecución del proyecto, puede ofertar un costo mayor por la ejecución de la obra en la etapa de licitación, si el alcance no está bien definido.
La posible integración de la opinión de la empresa constructora en la Ingeniería de Detalles permite generar un diseño orientado a la construcción, mucho más eficiente y óptimo.	Ya que en general la forma de pago es suma alzada, el contratista DB podría optar por soluciones de diseño y constructivas que sean más convenientes para sí mismo.
	La temprana adjudicación del contrato puede generar que existan variaciones entre el presupuesto del proyecto y el costo real de la obra.

Tabla 1: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución DB.
Fuente: *Construction project management: a complete introduction*. A. Dykstra. (2011)

4.2. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN DESIGN-BID-BUILD (DBB)

4.2.1. Descripción

La estrategia de ejecución Design-Bid-Build (DBB), traducida al español como Diseño-Licitación-Construcción, corresponde a una de las más utilizadas en Chile principalmente en el sector público. A diferencia de otras estrategias de ejecución, DBB se caracteriza por seguir secuencialmente 3 fases: En una primera etapa se contrata a una empresa de Ingeniería para la realización de la Ingeniería de Detalles del proyecto, luego, con los entregables de la fase de diseño, se realiza la licitación de la Construcción de la obra en la cual los proponentes deben entregar una oferta técnica y otra económica que son analizadas por el equipo del mandante para definir la mejor alternativa, finalmente se adjudica el contrato a la mejor opción según los intereses del dueño. (CMAA, 2013).

Se debe destacar que la pre-selección de participantes puede ser cerrada, es decir, el mandante invita personalmente a empresas a participar de la licitación de acuerdo a su base de datos para que entreguen una oferta, o puede ser abierta a todos los participantes (una exigencia en proyectos públicos) donde mediante un proceso de precalificación se busca seleccionar a la empresa más idónea.

Por otro lado, una vez finalizada la Ingeniería de Detalle, se debe tener especial cuidado en que los entregables (especificaciones técnicas y planos de ejecución) estén libres de errores ya que cualquier problema que se detecte en la fase de Construcción respecto de errores en el diseño genera atrasos en el cronograma de la obra, además de variaciones de precios debido a dichos cambios. Esto porque ante esta eventualidad, se requiere de un rediseño para continuar con la construcción paralizando las actividades mientras el problema se soluciona.

Para implementar un proyecto mediante DBB, el equipo del mandante debe tener un alto conocimiento y experiencia en el manejo de esta estrategia de ejecución, ya que tiene una participación activa administrando cada una de las fases del proyecto. (Molenaar, 2014)

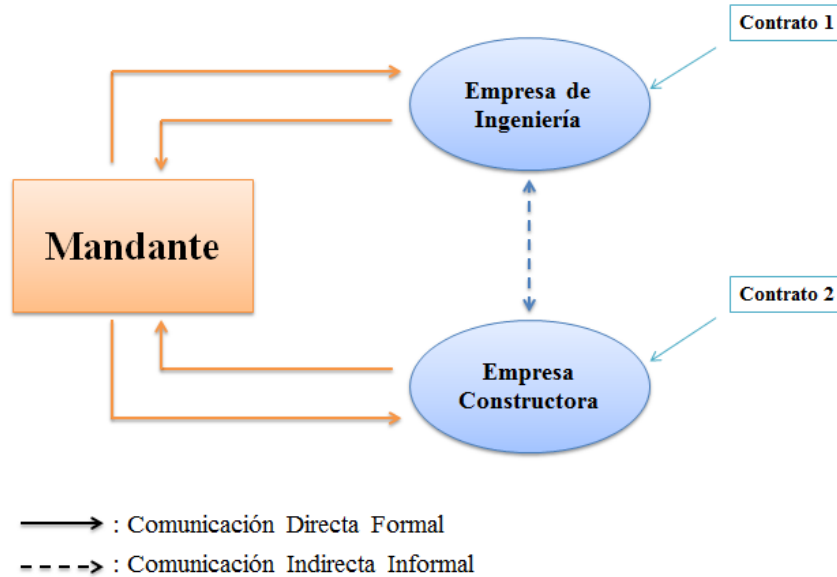


Figura 14: Esquema de comunicación estratégica de ejecución de proyectos DBB.
 Fuente: *Project Delivery Selection*, K. Molenaar (2014).

Tal como muestra Figura 14 y Figura 15, la estrategia DBB se caracteriza en que ambos contratos se manejan de forma separada siendo el equipo del dueño de proyecto el encargado de mediar entre la empresa de Ingeniería y la de Construcción. Para entrar al proceso de selección de la empresa constructora, es necesario haber finalizado el proceso de diseño definitivo, ya que los planos de diseño y especificaciones técnicas son necesarios para preparar las bases de licitación. Además, se puede apreciar que ambas empresas pueden establecer una comunicación de tipo informal para resolver dudas de diseño, no obstante, cualquier problema debe ser comunicado por los medios formales para generar registro de la ocurrencia de este. (AIA, 2007)

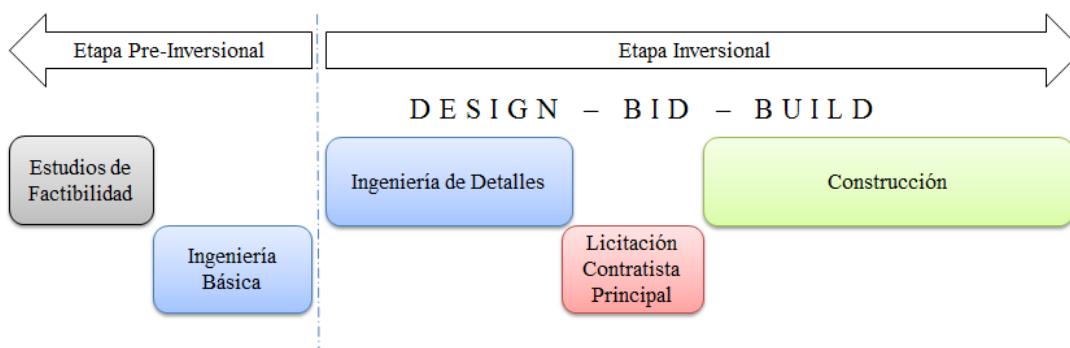


Figura 15: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia DBB.
 Fuente: *An owner's Guide to project delivery methods*. CMAA (2012)

4.2.2. Ventajas y Desventajas DBB

Ventajas	Desventajas
Estrategia aplicable a todo tipo de proyectos, conocida y comúnmente utilizada por los profesionales.	Posibles controversias entre la empresa de Ingeniería y Construcción debido a errores en los entregables de diseño, lo que se traduce en potenciales atrasos y sobrecostos.
Mayor control del proyecto por parte del cliente en las fases de diseño, en la licitación y construcción.	El proyecto puede tener una duración mayor comparado a otras estrategias ya que el diseño debe estar completo para realizar la licitación y construcción de la obra.
La licitación de la construcción (realizada una vez terminada la Ingeniería de Detalles) es altamente competitiva entre diferentes empresas constructoras.	Imposibilidad de desarrollar las fases de diseño y construcción en paralelo lo que hace que cada etapa del ciclo de vida del proyecto se vuelva crítica.
En general, el desarrollo lineal de las 3 fases (Diseño-Licitación-Construcción) es más fácil de administrar.	En general, existe una baja integración de participantes claves del proyecto en la etapa de desarrollo de Ingeniería ya que en ese entonces aún no se conoce al contratista que realizará la construcción.
	No es una estrategia apropiada para realizar cambios en el alcance del diseño una vez comenzada la construcción.

Tabla 2: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución DBB.

Fuente: Comparación Cuantitativa entre el Modelo Design-Bid-Build y el Modelo Design-Build. F. Salazar (2010)

4.3. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN ENGINEERING PROCUREMENT AND CONSTRUCTION (EPC)

4.3.1. Descripción

La estrategia de ejecución EPC, traducida al español como Ingeniería, Adquisiciones y Construcción, corresponde a una estrategia en la cual el mandante establece un contrato único con una empresa para que desarrolle la Ingeniería de Detalles (algunas veces incluye la Ingeniería Básica), la gestión de las adquisiciones de compras de equipos operacionales y materiales, y la posterior construcción de la obra.

En general, EPC comparte fundamentos con la estrategia de ejecución DB en cuanto al manejo de las comunicaciones y desarrollo de cada una de las fases del proyecto. No obstante, las principales diferencias radican en la industria a la cual se dirigen. Por un lado, la estrategia DB apunta a todas las industrias siendo utilizada en una alta gama de proyectos de diferentes especialidades en todo el mundo, en cambio, EPC históricamente ha sido utilizada en proyectos mineros y de la industria petroquímica. Es más, en Chile, la gran mayoría de proyectos mineros se desarrollan mediante modelos EPC y EPCM, lo que da cuenta del grado de especialización de estas estrategias para cierto tipo de proyectos (Loots, 2007).

En EPC el mandante centra gran parte de sus esfuerzos trabajando directamente con el equipo de gestión de adquisiciones en el seguimiento y la compra de equipos, empoderando al contratista EPC en el desarrollo de las demás etapas del proyecto. La mayor parte de la inversión del dueño de proyecto es dirigida a la compra de equipos operacionales, los cuales son enviados a fabricar a proveedores. Este proceso puede llegar a demorar años, por lo mismo, es importante realizar un seguimiento y centrar esfuerzos en este proceso que es muchas veces denominado crítico, de tal forma de que el equipo adquirido cumpla con la calidad y las expectativas que posee el dueño.

En relación a la forma de pago, en general la estrategia de ejecución EPC se asocia a suma alzada, por lo que es fundamental definir claramente el alcance del proyecto y los diferentes requerimientos del mandante en fases pre-Inversionales para que la empresa de Ingeniería y Construcción pueda ejecutar el proyecto en valores cercanos a al presupuesto aprobado.

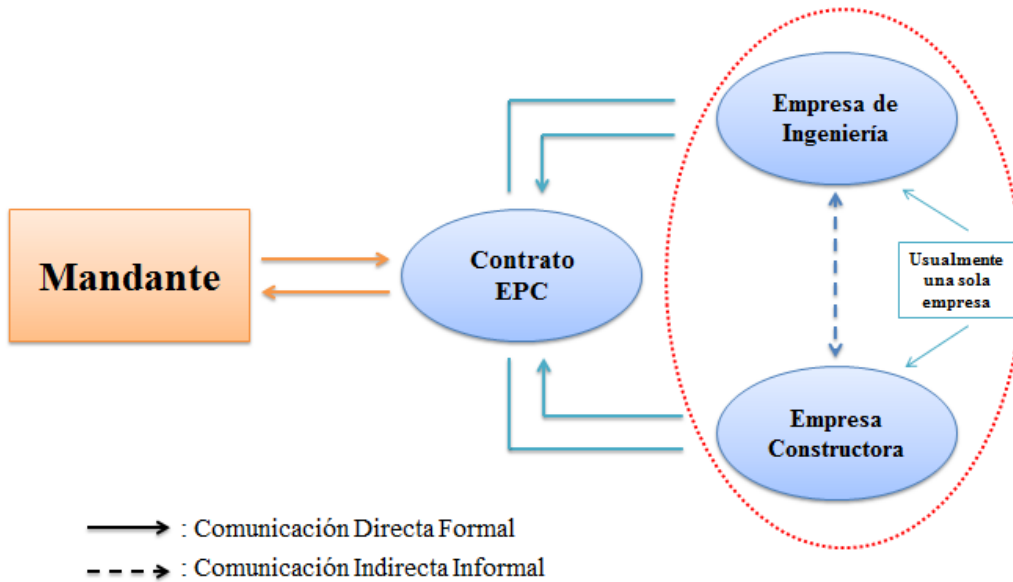


Figura 16: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos EPC.
Fuente: Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts. Phil Loots (2007).

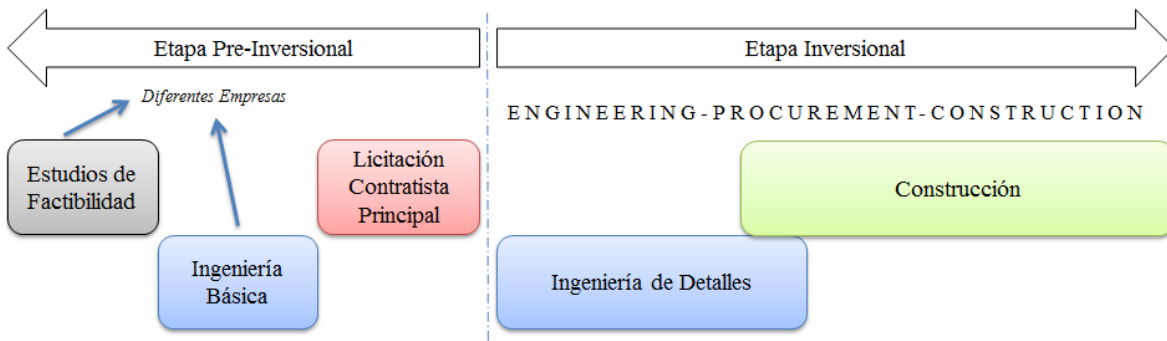


Figura 17: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia EPC.
Fuente: Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts. Phil Loots (2007).

Es importante aclarar que en esta estrategia de ejecución, es el mandante quien asume el compromiso de pago y financia la compra de equipos operacionales, no el contratista. Esto no debe ser confundido con el aporte de equipos y materiales que utiliza el contratista principal (o los diferentes sub-contratos) para el desarrollo de la construcción y montaje de la obra que son de exclusiva responsabilidad de la empresa constructora y subcontratos.

4.3.2. Ventajas y Desventajas EPC

Ventajas	Desventajas
Se pueden ejecutar proyectos rápidamente ya que no es necesaria la finalización de la Ingeniería de Detalles para comenzar con la Construcción de la obra.	El dueño puede tener participación escasa en la etapa Inversional del proyecto (Ingeniería de Detalles y Construcción) y muchas veces los resultados pueden no cumplir con sus expectativas.
Existe solo un contratista que se encarga del diseño, administración de las adquisiciones y construcción de la obra, lo que en general disminuye las controversias durante el proyecto.	El contratista DB, al asumir mayores riesgos en la ejecución del proyecto, podría ofertar un costo mayor por la ejecución de la obra en la etapa de licitación.
La posible integración de la opinión de la empresa constructora en la Ingeniería de Detalles permite generar un diseño orientado a la construcción, mucho más eficiente y óptimo.	La temprana adjudicación del contrato podría tener como resultado que existan grandes variaciones entre el presupuesto del proyecto y el costo real de la obra.
Inclusión de la administración de las adquisiciones en labores del contratista principal.	En general el mandante tiene un grado de comunicación menor con el contratista principal comparado con otras estrategias de ejecución.

Tabla 3: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución EPC.

Fuente: Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts. Phil Loots (2007).

4.4. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN ENGINEERING PROCUREMENT AND CONSTRUCTION MANAGEMENT (EPCM)

4.4.1. Descripción

La estrategia de ejecución EPCM, traducida al español como Ingeniería, Adquisiciones y Administración de la Construcción, se crea a partir de los fundamentos de la estrategia EPC. Por muchos años, la estrategia EPC fue la principal para el desarrollo de proyectos industriales altamente especializados (proyectos mineros, generación de energía, petroquímicos, gas, entre otros), sin embargo, una de las principales desventajas de la estrategia EPC es que la empresa de Ingeniería y Construcción, al asumir mayores riesgos y responsabilidades en el desarrollo completo de la obra, podría ofertar un costo mayor por la ejecución del proyecto produciendo mayores gastos para el dueño comparado a los resultados reales. Lo anterior motiva la creación de la estrategia EPCM (Loots, 2007). Actualmente, existen cada vez menos empresas con la capacidad financiera y experiencia para ejecutar proyectos EPC, por lo que cobran un precio aún mayor por sus servicios.

En esta estrategia de ejecución, el equipo EPCM actúa como representante del mandante en cada una de sus fases siguiendo los mismos principios de la estrategia EPC. Sin embargo, una de las principales ventajas es que la fase constructiva es licitada pudiendo así generar una competencia de mercado que se traduce en la ejecución de la fase constructiva a un menor costo.

La gran diferencia con la estrategia EPC, es que el equipo EPCM no realiza la construcción de la obra, es decir, realiza la Ingeniería de Detalles del proyecto, la gestión de las adquisiciones de grandes equipos operacionales y termina su labor gestionando y administrando la fase de Construcción. Por lo tanto, una vez finalizada la etapa de Ingeniería de Detalles, el equipo EPCM debe realizar la licitación, adjudicando los contratos a distintas empresas que se encargan exclusivamente de la construcción de la obra.

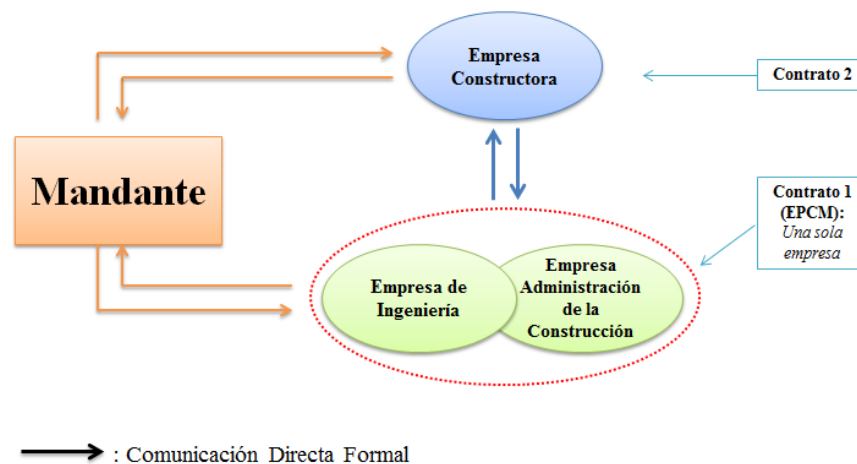


Figura 18: Esquema estrategia de comunicación ejecución de proyectos EPCM.
Fuente: Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts. Phil Loots (2007).

De acuerdo a lo anterior, y tal como muestra la Figura 18 y Figura 19, el mandante establece diferentes contratos: por un lado con el equipo EPCM, y por otro con empresas constructoras que se encargan de la fase constructiva.

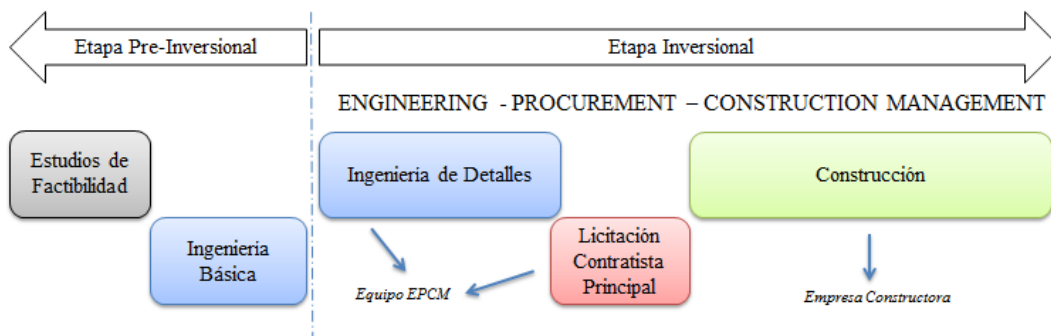


Figura 19: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia EPCM.
 Fuente: *Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts*. Phil Loots (2007).

4.4.2. Ventajas y Desventajas EPCM

Ventajas	Desventajas
El equipo EPCM se encarga de la Ingeniería de Detalles y de la Administración de la Construcción. Por lo tanto, los entregables de diseño estarían orientados a la fase constructiva.	Requiere una mayor cantidad de contratos que deben ser administrados por el mandante en comparación a otras estrategias de ejecución.
La licitación de la Construcción (una vez terminada la Ingeniería de Detalles) es liderada por especialistas que realizarán la Administración de la Construcción y es altamente competitiva entre diferentes empresas constructoras.	Baja integración de participantes claves del proyecto en la etapa de desarrollo de Ingeniería, ya que la empresa constructora es escogida posterior a la realización del diseño.
El equipo EPCM supervisa y controla las labores realizadas por los contratistas, lo que puede asegurar la calidad de la obra y un desarrollo conforme a lo estipulado en las bases.	No es una estrategia apropiada para realizar cambios en el alcance del diseño una vez comenzada la construcción.
Mayor control del proyecto de parte del dueño en cada una de las fases del ciclo de vida del proyecto.	La supervisión y control de las labores ejecutadas en la fase de Construcción no están presentes en la fase de diseño, ya que es el mismo equipo EPCM el que realiza la Ingeniería de Detalles.

Tabla 4: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución EPCM.
 Fuente: *Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts*. Phil Loots (2007).

4.5. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN CONSTRUCTION MANAGEMENT AT RISK (CMc)

4.5.1. Descripción

En esta estrategia, al inicio de la fase Inversional, el mandante establece 2 contratos con 2 diferentes participantes (Figura 20). Por un lado con una empresa de Ingeniería que se encarga de la Ingeniería de Detalles del proyecto, y por otro con una empresa constructora la cual se encarga de la construcción de la obra y adicionalmente participa de la fase de diseño como representante del mandante realizando la administración de dicha fase. (CMAA, 2013).

La principal labor de la empresa constructora (conocida como equipo CMc) es realizar el control, seguimiento y supervisión de las labores que desarrolla la empresa de Ingeniería de tal forma que este proceso este orientado hacia la fase constructiva disminuyendo la cantidad de errores y aplicando la *constructabilidad* que se define según The Construction Industry Institute (2012), como la óptima utilización del conocimiento de la construcción, en cuanto a la planificación, diseño y procedimientos en terreno para alcanzar los objetivos establecidos en el proyecto. Una vez finalizada la Ingeniería de Detalles, el equipo CMc debe realizar la fase de Construcción de la obra.

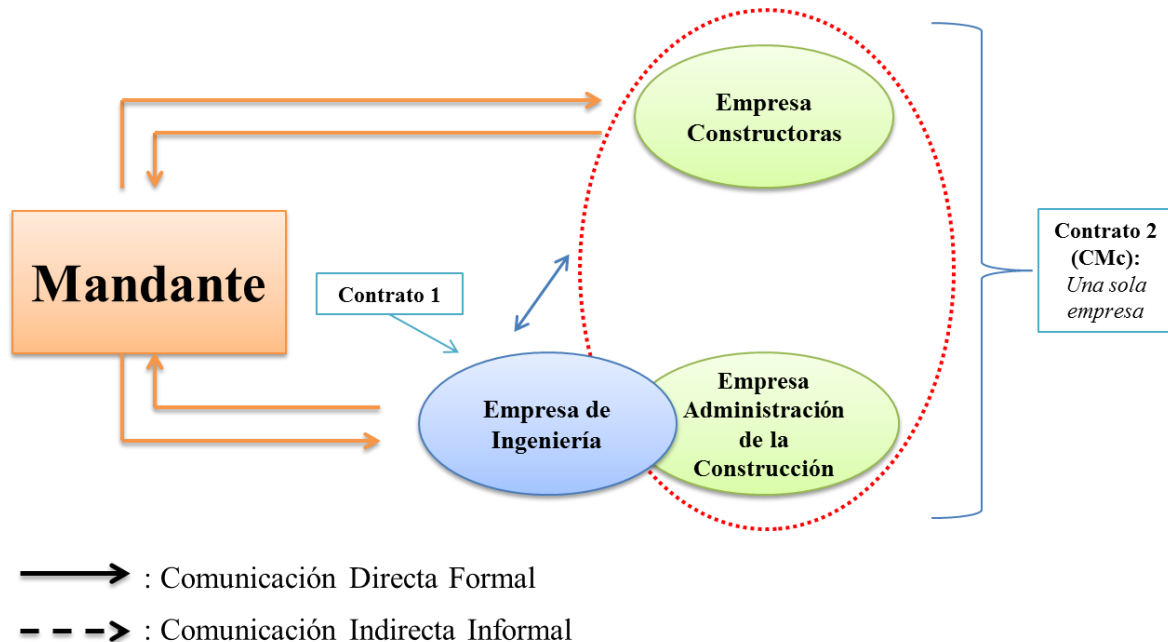


Figura 20: Esquema de comunicación estrategia de ejecución de proyectos CMc.
Fuente: Construction project management: a complete introduction. Dykstra (2011).

La implementación de esta estrategia permite al dueño de proyecto tener la tranquilidad de que el proceso de diseño es controlado por expertos en la materia los cuales posteriormente realizan la construcción.

En relación a la forma de pago, previo al inicio de la Ingeniería de Detalles, el mandante con la empresa constructora acuerdan un *pago de honorarios porcentuales* por la labor ejercida administrando la fase de diseño, luego, cuando la Ingeniería de Detalles se encuentra en un avance entre el 50% al 90%, la empresa constructora presenta una oferta técnica y económica para realizar construcción de la obra, y mediante negociaciones se establece *precio máximo garantizado* (en inglés GMP: Guaranteed maximum price). La particularidad de esta forma de pago es que en caso que el proyecto finalice con sobrecostos, el equipo CMc es el encargado de asumir por la diferencia relativa al presupuesto, en cambio, si el proyecto termina con ahorros la diferencia puede ser compartida entre el mandante y la empresa constructora. Todo esto debe quedar estipulado en el contrato.

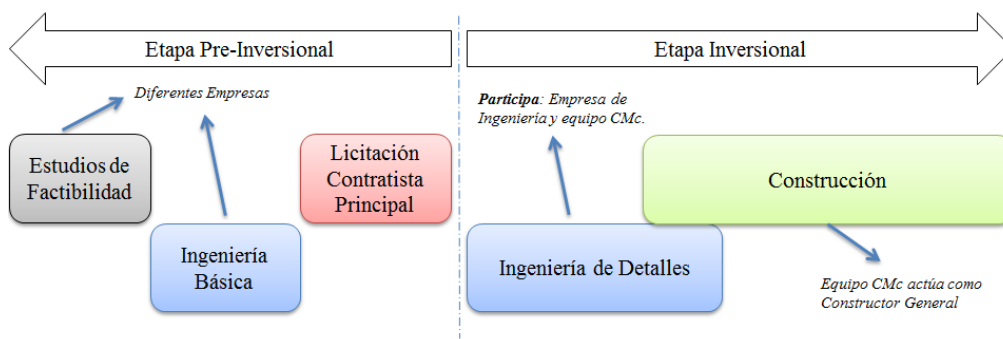


Figura 21: Fases conceptuales y duración del proyecto estrategia CMc.
Fuente: *The Influence of Project Integration on Project Performance*. K. Molenaar (2014).

Por último, tal como muestra la Figura 21, esta estrategia permite al mandante desarrollar proyectos en un menor plazo de ejecución dado que no es necesaria la finalización de la etapa de diseño para comenzar la construcción de la obra.

Por otro lado, la incorporación del equipo CMc genera una mayor integración de especialidades y menos errores en el diseño, lo cual se puede traducir en una disminución del re-trabajo y finalmente una mejora en el estimado de costos del proyecto.

4.5.2. Ventajas y Desventajas CMc

Ventajas	Desventajas
Se pueden ejecutar proyectos rápidamente ya que no es necesaria la finalización de la Ingeniería de Detalles para comenzar con la Construcción.	La licitación de la construcción no es competitiva. El valor y forma de pago del contrato se negocia entre el mandante y el contratista CMc en la etapa de diseño directamente.
Hay integración de especialidades en la fase de diseño, ya que el equipo CMc (que además realiza la construcción de la obra) participa de las principales decisiones de la Ingeniería de Detalles y se encarga que los entregables estén orientados a la Construcción.	El equipo CMc puede cobrar un valor alto al mandante por sus servicios en caso que el alcance del proyecto no se encuentre bien definido en el momento de la negociación.
El equipo CMc supervisa y controla los entregables de la Empresa de Ingeniería lo que permite tener menos errores y optimizar la fase constructiva.	La supervisión y control de las labores ejecutadas en fases de diseño no están presentes en la fase constructiva, ya que es el mismo equipo CMc el que construye.
Mayor control del proyecto de parte del cliente en cada una de las fases y etapas del ciclo de vida del proyecto.	Requiere una mayor cantidad de contratos que deben ser administrados por el mandante en comparación a otras estrategias de ejecución.
El contratista CMc garantiza que la obra se construye por un costo y plazo fijo el cual es acordado con el mandante.	

Tabla 5: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución CMc.
Fuente: *What are the Different Construction Delivery Types and Advantages of Each?* CMAA (2013).

4.6. MODALIDAD CONSTRUCTION MANAGEMENT AS AGENCY (CMA)

4.6.1. Descripción

En esta modalidad, el mandante define a un equipo de especialistas conocido como equipo CMA para realizar el seguimiento, la administración y control de las diferentes etapas de la fase Inversional del proyecto. Es importante aclarar CMA no corresponde a una estrategia de ejecución, sino a una labor de extensión del equipo del mandante para supervisar y organizar los diferentes procesos y actividades que se llevan a cabo en el diseño y construcción de la obra.

CMA se utiliza, generalmente, cuando el dueño no tiene experiencia suficiente o no ha participado liderando proyectos de Ingeniería y Construcción, por lo que necesita un equipo que le ayude a tomar las mejores decisiones en cada una de las etapas.

Es importante aclarar que el equipo CMA puede ser contratado por el mandante como complemento y de manera externa a la estrategia de ejecución principal que sea definida (DB, DBB, CMc, EPC, EPCM). Por lo mismo, las tareas realizadas por este equipo no agregan valor al proyecto, es decir, no trabaja directamente con la empresa de Ingeniería ejecutando el diseño de la obra, ni tampoco utiliza a sus profesionales para construir, sino que su labor se aboca principalmente a la administración del contrato, al seguimiento y control del programa de los diferentes participantes de tal forma que se cumpla con lo que se les fue adjudicado actuando como un representante del mandante. Es importante destacar que el equipo CMA no tiene responsabilidad directa sobre errores que se generen en la fase de diseño o construcción, ya que siempre, bajo esta modalidad, la(s) empresa(s) de Ingeniería y Construcción son los responsables primarios.

A continuación, se muestra el rol que cumple el equipo CMA en cada una de las estrategias de ejecución de proyectos (DB, DBB, EPC, EPCM, CMc), según el CMAA (2012):

- ***DBB+ CMA:***

La estrategia de ejecución DBB requiere una alta participación del mandante en las diferentes fases del proyecto. El equipo CMA (como representante del mandante) actúa como nexo entre el equipo de diseño, de construcción y cualquier otro contratista.

En etapas de diseño, el equipo CMA cumple la labor de revisar los diferentes entregables de la empresa de Ingeniería, de dar recomendaciones y de aplicar la constructabilidad para que esos documentos sean orientados hacia la construcción de la obra de tal forma de detectar errores, previo a que se realice la entrega definitiva. Tal como se mencionó anteriormente, la estrategia de ejecución DBB desarrolla sus diferentes etapas de manera lineal y secuencial, por ende, cualquier problema que se produzca en la etapa de construcción debido a una mala ejecución de la fase de diseño, repercute directamente en atrasos en la entrega de la obra.

Una vez finalizada la fase de diseño, el equipo CMA lidera el proceso de licitación del contratista principal de acuerdo a los criterios de selección que se definan en conjunto con el mandante (basado en la oferta económica y técnica).

En la fase de Construcción, la labor del equipo CMA se centra principalmente a la administración del contrato de la empresa constructora, al seguimiento y control de las tareas que ejercen los diferentes subcontratos, verificando el cumplimiento del cronograma, programa de costos y de construcción, la calidad, el alcance, entre otros.

- ***DB+CMA y EPC +CMA:***

Al escoger la estrategia de ejecución DB o EPC para su proyecto, el mandante empodera a la empresa de Ingeniería y Construcción en la toma de decisiones, de tal forma de desarrollar el proyecto con una mejor coordinación, con menores plazos y costos de ejecución asociados. Ya que en general la empresa de Ingeniería y la empresa de Construcción es la misma, muchas veces existe la tendencia por parte del contratista DB (o EPC) en optar por las soluciones más convenientes para su empresa, de tal forma de ahorrar costos o evitar problemas, por lo que si el mandante desea mantener el control del proyecto, debe participar activamente de las diferentes fases para no retrasar los procesos, tomando decisiones acertadas en el momento que estas se presenten.

Una buena práctica es que el mandante contrate un equipo CMA para definir en conjunto el alcance y los requisitos del proyecto, de manera que sean claros para la empresa de Ingeniería y Construcción, y con el objetivo de que la obra entregada cumpla con las expectativas.

Además, el equipo CMA actúa como representante del dueño en las fases de diseño y construcción de la obra, para supervisar la labor que ejerce la empresa de Ingeniería, la empresa constructora, los sub-contratos, y que el contratista DB o EPC desarrolle el proyecto de acuerdo al alcance y a calidad establecidos en fases iniciales del proyecto. Muchas veces, cuando no existe este equipo, se dificulta el seguimiento y control de las labores y cuando se realiza la entrega final de la obra, el mandante queda disconforme ya que no cumple con las expectativas en relación al cumplimiento del alcance o la calidad de materiales y equipos.

- ***CMc + CMA:***

La labor ejercida por el equipo CMA en la fase de diseño en un proyecto que se ha definido la estrategia CMc puede considerarse redundante, ya que el principal encargado de supervisar el trabajo realizado por la empresa de Ingeniería es el mismo equipo CMc que posteriormente debe construir la obra. La utilidad del equipo CMA en este tipo de estrategia es definir junto al mandante, el alcance y los requisitos del proyecto (fase pre-Inversional). Además, en la fase de Construcción de la obra el equipo CMA se encarga de realizar el seguimiento y control de las tareas que ejecuta la empresa constructora.

- **EPCM+CMa**

La labor ejercida por el equipo CMa en un proyecto desarrollado con la estrategia EPCM, es definir junto al mandante, el alcance, requisitos y la estrategia de ejecución para el proyecto (etapa pre-Inversional), además de la administración de la etapa de Ingeniería de Detalles. No obstante, la labor ejercida por el equipo CMa en la construcción de la obra no es necesaria ya que es el mismo equipo EPCM el que se encarga de realizar la licitación, y de adjudicar y administrar la fase constructiva.

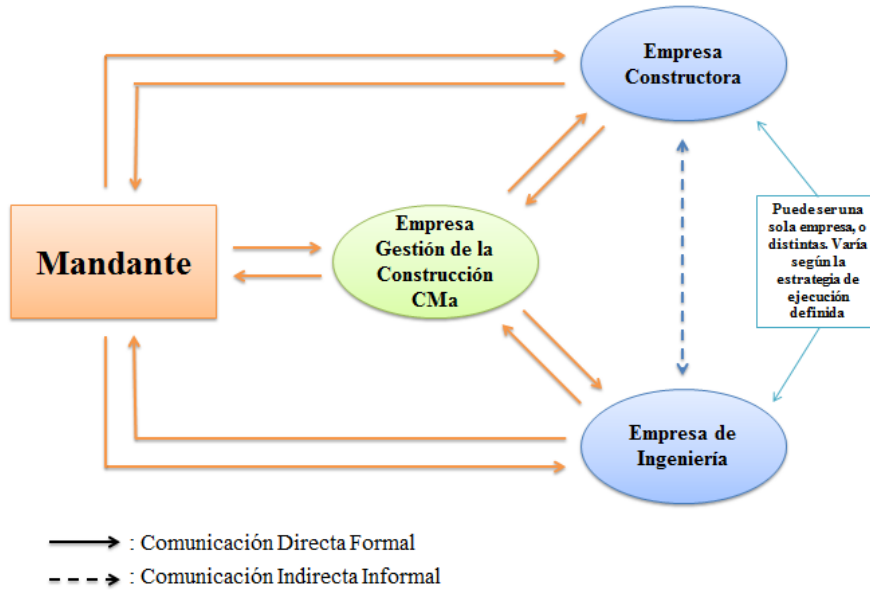


Figura 22: Esquema de comunicación estrategia de ejecución CMa.

Fuente: Construction project management: a complete introduction. Dykstra (2011).

La Figura 22, muestra el esquema de comunicaciones de la modalidad CMa. Se destaca que el mandante establece comunicaciones formales con la empresa constructora, con la empresa de Ingeniería y con el equipo CMa.

Por otro lado, el equipo CMa (que representa al mandante en la fase Inversional), es el encargado de supervisar las labores de la empresa de Ingeniería, constructora u otro subcontrato (de acuerdo a la estrategia de ejecución principal definida); es por esto que se encuentra a la izquierda de ambas empresas, pero a la derecha del mandante (observar el orden jerárquico).

4.6.2. Ventajas y Desventajas CMA

Ventajas	Desventajas
El equipo CMA es de confianza del mandante, y trabaja para los beneficios del mismo ya que no hay conflictos de interés de por medio.	Podría ser difícil definir la labor del equipo CMA en las diferentes fases del proyecto, debiendo aumentar esfuerzos para incluir esta en el contrato entre el dueño y los participantes, de forma clara.
Las licitaciones del proyecto son lideradas por el equipo CMA, incorporando en las bases de licitación aspectos económicos y aspectos técnicos que aseguran una mayor calidad de la obra.	El mandante debe administrar más contratos en forma directa, lo que se traduce en aumentar esfuerzos administrativos.
Permite al mandante tener conocimiento y control de los procesos y decisiones en cada una de las etapas del proyecto, independientemente de la estrategia de ejecución escogida.	

Tabla 6: Ventajas y desventajas de la utilización de la estrategia de ejecución CMA.

Fuente: An owner's Guide to project delivery methods. CMAA (2012)

4.7. EXPERIENCIA EN PROYECTOS MEDIANTE LAS DIFERENTES ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS

En relación a la información recopilada, a modo informativo, se investigaron diversos proyectos relevantes en Chile y sus estrategias de ejecución:

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Planta La Farfana	Aguas Andinas	Compañía Francesa Degremont S.A	DB ¹	34 meses ²	USD \$315 Millones ³	La planta La Farfana es el principal centro de tratamiento de aguas de Santiago, depurando cerca del 60% de las aguas servidas de la región y generando, como subproducto la descomposición de la materia orgánica. (Nelson Ian, 2010).
Proyecto Puente Chacao (en desarrollo)	Ministerio Obras Públicas	Consorcio: Hyundai, Oas, Systra, AAS-JAKOBSEN	DB ⁴	79 meses ⁵	USD \$738 Millones ⁶	Proyecto que incluye la construcción de un puente que atraviesa el Canal de Chacao a la altura de Punta San Gallan. Constituye un proyecto de gran envergadura en diseño y construcción, se ha llevado a cabo bajo la modalidad de contratación tradicional a través de la Dirección de Vialidad del Ministerio de Obras Públicas. (MOP, 2011).
Proyecto Óxidos Encuentro (en desarrollo)	Antofagasta Minerals y Marubeni Corporation	Ingetesa, EGV Ingeniería, Thiess y Emeco	DBB ⁷	48 meses ⁸	USD \$636 Millones ⁹	El proyecto consiste en la construcción de una mina a rajo abierto, además de instalaciones para la extracción, transporte, chancado, apilamiento y lixiviación de minerales oxidados en Minera Centinela. (Antofagasta Minerals, 2015).

Tabla 7: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile.

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Contrato DB mediante la modalidad llave en mano. Revista BIT 62. Cámara Chilena de la Construcción (Septiembre 2008).

^{2 y 3} Plazo y costo total del proyecto finalizado. El monto de la inversión corresponde a Septiembre del 2008.

⁴ Bases de licitación pública de la obra “Diseño y Construcción del puente Chacao, Región de Los Lagos”. (17 Mayo 2013).

^{5 y 6} Plazo de ejecución y oferta económica aprobada a Consorcio: OAS, Hyundai, Systra y Aas-Jakobsen. (Diciembre 2013).

⁷ Interpretación del autor.

^{8 y 9} Plazo y costo del proyecto aprobados a fines del 2014. Minería Chilena (Enero 2016).

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Esperanza	Antofagasta Minerals	Constructora Sigdo Koppers Vial y Vives Ltda.	DBB ¹	22 meses ²	USD \$300 Millones ³	Es un yacimiento minero de cobre y oro, ubicado a 30 kilómetros del poblado de Sierra Gorda, Región de Antofagasta, en el desierto de Atacama, a 2.300 metros sobre el nivel de mar, a 180 kilómetros al este de Antofagasta y a 40 kilómetros al oeste de Calama. (Portal minero, 2014).
Proyecto Ampliación y Mejoramiento Aeropuerto Arturo Merino Benítez (Primera Fase)	Ministerio Obras Públicas	Concesión SCL Terminal Aéreo de Santiago S.A	DBB ⁴	18 meses ⁵	USD \$50 Millones ⁶	El proyecto en su primera fase contempla la ampliación del embarque internacional, sector SAG-aduana, sector llegadas nacionales, control emigraciones e inmigraciones, acceso a embarque y sistema de manejo de equipaje. (Emol, 2012)
Proyecto Parque Titanium	Titanium Inmobiliaria S.A.	Sernarq S.A Millenium S.A.	DBB ⁷	28 meses ⁸	USD \$180 Millones ⁹	Parque Titanium es un proyecto que considera tres edificios de oficinas de 23 pisos cada uno. Se compone de estructuras de hormigón armado con un núcleo central rígido y un marco de fachada de columnas circulares. (Revista BIT, 2012).
Proyecto Tramos 3 y 4 Línea 6 Metro Santiago	Metro S.A	Consortio: Echeverría Izquierdo – Obras Subterráneas	DBB ¹⁰	26 meses ¹¹	USD \$154 Millones ¹²	El proyecto consiste en la construcción de 2 túneles de una extensión de 4,5 km y 2,7 km para los tramos 3 y 4 de la línea 6 del Metro de Santiago respectivamente. (Emol, 2013).

Tabla 8: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Interpretación del autor.

^{2 y 3} Plazo y costo total del proyecto actualizados al año 2014. Portal Minero (Julio 2014).

⁴ Bases de licitación MOP proyecto ampliación y mejoramiento Aeropuerto Arturo Merino Benítez.

^{5 y 6} Plazos y costos actualizados al mes de octubre del 2012. El Mercurio (2012).

⁷ Revista EMB Construcción. (Agosto 2013).

^{8 y 9} Plazo y costos actualizados al año 2016 del proyecto finalizado. El Mercurio, economía y negocios (Abril 2016).

¹⁰ Licitaciones Metro Santiago.

^{11 y 12} Plazo y costo aprobado para la fase constructiva del proyecto. El Mercurio (Junio 2013).

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Torre Titanium	Titanium Inmobiliaria S.A.	Constructora Senarco S.A. Ingeniería Alfonso Larraín Vial. Cálculo estructural: ALV Ingenieros	DBB ¹	35 meses ²	USD \$180 Millones ³	La Torre Titanium es un rascacielos ubicado en el límite entre las comunas de Vitacura, Providencia y Las Condes en Santiago de Chile. Su construcción comenzó en 2007 y tuvo fin en 2010. Actualmente es el segundo rascacielos más alto de Chile. (Fundación imagen de Chile, 2010)
Proyecto Beauchef 851	Universidad de Chile	Constructora Ingevec S.A, A4 arquitectos + Borja Huidobro, IDIEM, Rene Lagos y Asociados	DBB + CMA ⁴	7 años ⁵	USD \$80 Millones ⁶	La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile se amplía construyendo un edificio de 7 pisos, 6 subterráneos y un auditorio. La obra destaca por su postulación a la certificación LEED en la categoría oro. (Revista BIT, 2011).
Proyecto Mall Plaza Egaña	Grupo Plaza Aseger	Hernán Salazar Stuart arquitectos, Constructora Sigro, RCP Ingenieros, y Juan Eduardo Mujica Consultores	DBB + CMA ⁷	30 meses ⁸	USD \$175 Millones ⁹	El proyecto Mall Plaza Egaña cuenta con certificación LEED, fomenta el uso del transporte limpio y tiene su huella de carbono medida desde el comienzo de la construcción. Se incorpora BIM en su planificación. (Revista BIT, 2012).

Tabla 9: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Interpretación del autor.

^{2 y 3} Plazo y costos correspondientes al año 2010 una vez finalizado el proyecto. Fundación imagen de Chile (2010).

⁴ IDIEM realizó la administración de la fase constructiva (equipo CMA).

^{5 y 6} Plazo y costos correspondientes al año 2014 una vez finalizado el proyecto. Beauchef Magazine 2do semestre 2014

⁷ Juan Eduardo Mujica Consultores realizó la administración de la fase constructiva (equipo CMA) actuando como Inspección Técnica de Obra.

^{8 y 9} Presupuesto y plazo de ejecución aprobados al inicio del proyecto en el año 2011. Revista BIT 86. (Septiembre 2012).

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Hospital Militar	Comando de Salud - Ejército de Chile	HOSMIL S.A. Constructora Obrascon Huarte Lain (OHL) S.A., MOP.	DBB + P + CMa ¹	36 meses ²	USD \$ 126 Millones ³	La gestión técnica y administrativa fue encomendada al MOP. Se realizó una licitación pública para la construcción y equipamiento del hospital. Esta fue adjudicada al consorcio Neut Latour Inso - Esaote, pero finalmente se declaró incompetente a la empresa, por lo que se realizó una segunda licitación que fue declarada desierta. Ante esto, se realizó una contratación a trato directo a la empresa Obrascon Huarte Lain S.A (OHL) la cual fue encargada de realizar las labores de construcción de la obra, además del equipamiento clínico, medico, industrial y administrativo. (Contraloría General de la República, 2008).
Proyecto Puente Cau-Cau <i>(en desarrollo)</i>	Ministerio Obras Publicas	Azvi, Zañartu y Consorcio CYGSA-DDQ	DBB + CMa ⁴	30 meses ⁵	\$15.767 Millones de pesos ⁶	Proyecto de larga data, que tenía como objetivo la construcción de un Puente basculante sobre el río Cau-Cau, permitiendo la conexión entre ríos Valdivia, Cau-Cau, Calle-Calle y Cruces. Luego de realizar la fase de Ingeniería, comenzaron las obras de construcción en 2011, pero su desarrollo se ha visto afectado por problemas asociados a la Calidad, por lo que no ha podido concluir el proyecto original. (Martínez Constanza-Plataforma Urbana, 2016).

Tabla 10: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Interpretación del autor. La empresa Constructora OHL desarrolló la fase constructiva, y adicionalmente realizó la gestión de adquisiciones que correspondía al equipamiento médico y clínico del proyecto. (Contraloría General de la República, 2008).

^{2 y 3} Presupuesto y plazo original, correspondientes a la etapa constructiva, aprobado en la etapa de licitación el 12 Agosto 2004. (Contraloría General de la República, 2008).

⁴ Interpretación del autor.

^{5 y 6} Plazo y costos de la fase constructiva aprobados en la licitación del proyecto. Ministerio Obras Publicas (Octubre 2011).

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Lomas Bayas Fase II	Xstrata Copper	Alpa Ingeniería, Fluor Construcción.	DBB+CMa ¹	36 meses ²	USD \$ 293 Millones ³	Expansión de la producción y la extensión de la vida útil de la mina de cobre a rajo abierto, ubicada en la Región de Antofagasta. El objetivo del proyecto consiste en la extensión de la superficie de la actual operación de lixiviación, tanto de minerales de alta ley como de baja ley. (Portal minería chilena, 2007).
Proyecto Pelambres	Antofagasta Minerals, Nippon Mining & Metal Co. Ltd. y Mitsubishi Material Corp.	Bechtel. Construcción, consorcio Belfi, Cruz del Sur, Cerro Alto, Incolur y Fe Grande Ltda.	EPCM ⁴	26 meses ⁵	USD \$1355 Millones ⁶	Los Pelambres es una empresa minera de Antofagasta Minerals, opera desde fines de 1999 en la provincia de Choapa en la región de Coquimbo con una capacidad de procesamiento de 210 mil toneladas promedio diarias de mineral. (Sitio Web Pelambres, 2016).
Proyecto Expansión los Bronces	Anglo American	Consorcio Bechtel-Sigdo Koppers	EPCM ⁷	32 meses ⁸	USD \$2400 Millones ⁹	Los Bronces es una mina de cobre y molibdeno que se explota a rajo abierto. Yacimiento ubicado en la cordillera de los Andes a 65 km al este de Santiago y a 3.500 m.s.n.m. (Portal minería Chilena, 2010).

Tabla 11: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ La administración del proyecto fue realizada por un equipo multidisciplinario representante del mandante. Portal Minería Chilena (Octubre 2011).

^{2 y 3} Plazos y costos aprobados por el directorio Xstrata Copper en octubre del año 2009. Nueva Minería y Energía (Febrero 2012).

⁴ Interpretación del autor.

^{5 y 6} Plazos y costos aprobados para el comienzo de la construcción en el año 1997. Sitio web Miningpress (Mayo 2010).

⁷ Minería Chilena (Marzo 2010)

^{8 y 9} Plazo de ejecución y estimado de costos actualizado al 1 de Marzo del 2010 a casi 2 años de la entrega del proyecto. Minería de Chilena (Marzo 2010).

Proyecto	Ciente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Escondida Organic Growth Project 1	BHP Billiton	Bechtel	EPCM ¹	39 meses ²	USDS 4200 Millones ³	Proyecto aprobado en 2013., que comprende la construcción de una planta concentradora de 152.000 ton/día que reemplaza a la planta Los Colorados, cuyas instalaciones se ubican en una zona que contiene mineral de alta ley. Asegura el suministro continuo de agua a Minera Escondida. (Portal minería chilena, 2015)
Proyecto Laguna Seca Debottlenecking	BHP Billiton	Bechtel	EPCM ⁴	36 meses ⁵	USD\$ 300 Millones ⁶	Proyecto para aumentar la capacidad de procesamiento en las concentradoras de la Minera Escondida mediante la instalación de un cuarto molino de bolas, un molino vertical de molienda, un chancador y bombas de recuperación de agua. (Portal minería chilena, 2012).
Proyecto Sulfolix	El Abra	Fluor, Sido Koppers S.A.	EPCM ⁷	30 meses ⁸	USD \$ 450 Millones ⁹	Este proyecto implica explotar sulfuros de cobre a través de un proceso de lixiviación, lo que permite aprovechar gran parte de las plantas e instalaciones existentes para el tratamiento de óxidos. Asimismo, significa extender la producción de la mina por al menos una década, a partir del 2010. (CODELCO, 2008).
Minera Escondida (proyecto original)	BHP Billiton	Fluor	EPCM ¹⁰	4 años ¹¹	USD \$2.000 Millones ¹²	Mina de cobre a rajo abierto situado en Antofagasta. Inicio del proyecto en su primera fase fue en 1986. (Sitio web Fluor, Proyectos).

Tabla 12: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Interpretación del autor.

^{2 y 3} Inversión y plazo de ejecución total del proyecto una vez finalizado en el año 2015. Minería Chilena (Julio 2015).

⁴ Sitio web Bechtel, Proyectos.

^{5 y 6} Plazo y costos estimados en la fase de construcción de la obra en Diciembre 2012. Portal Nueva Minería y Energía (2012).

⁷ El proyecto fue adjudicado a Fluor mediante la estrategia EPCM y se subcontrataron ciertos paquetes de trabajo mediante la modalidad EPC. Portal Reinike soluciones en Acero.

^{8 y 9} Plazo y Costo aprobado por el directorio el Abra previo al inicio de la construcción en el año 2008. CODELCO (Julio 2008).

¹⁰ Sitio web Fluor, Proyectos.

¹¹ Se dio inicio al proyecto en el año 1986 y comenzó la producción en 1990. Sitio web Fluor, Proyectos.

¹² Sitio web Fluor, Proyectos.

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Spence	Rio Chilex, filial BHP Billiton	Aker Kvaerner	EPCM ¹	26 meses ²	USD \$990 Millones ³	La firma Aker Kvaerner tiene un contrato EPCM de Ingeniería y Construcción de US\$ 50 millones. La empresa fue contratada en abril de 2003 y desde entonces desarrolló una actualización del estudio de factibilidad del proyecto, incluida la incorporación de tecnología probada en la planta de extracción por solventes y electro-obtención. Después de concluir la actualización de ese estudio, Aker Kvaerner avanzó en el desarrollo de la Ingeniería de Detalles del proyecto. (Portal minería Chilena, 2005).
Proyecto Gabriela Mistral	CODELCO	Fluor	EPCM ⁴	23 meses ⁵	USD \$1269 Millones ⁶	El yacimiento Gabriela Mistral está ubicado en la Región de Antofagasta, comuna de Sierra Gorda, a 120 kilómetros al suroeste de Calama y una altura de 2.660 metros sobre el nivel del mar. Contiene 620 millones de toneladas de mineral oxidado, con una ley media de 0,41% de cobre total. El yacimiento entró en producción el año 2008 y es operado por Minera Gaby S.A., una filial 100% propiedad de CODELCO. (Portal minería Chilena, 2008).
Proyecto Zaldívar (Original)	Outokumpu y Placer Dome	Consorcio: Belfi, Cruz del Sur, Cerro Alto y Incolur	EPCM ⁷	24 meses ⁸	USD \$750 Millones ⁹	La compañía opera desde fines de 1999 en la provincia de Choapa en la región de Coquimbo con una capacidad de procesamiento de 210 mil toneladas promedio diarias de mineral. (Minera Zaldívar web, 2016).

Tabla 13: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Minería Chilena (Febrero 2015).

^{2 y 3} El plazo y costo, corresponden a una proyección en la aprobación del proyecto de parte del mandante al 12 de Febrero del 2015. Minería Chilena (2015).

⁴ Minería Chilena (Marzo 2008).

⁵ Plazo de ejecución de la fase constructiva del proyecto. Minería Chilena (Marzo 2008).

⁶ En marzo del año 2006, se aprobó una inversión de USD\$ 860 millones de parte de CODELCO, este monto es diferente al costo real de la obra que fue de USD \$1.269 millones. CODELCO (2006) y Minería Chilena (Marzo 2008).

⁷ Interpretación del autor.

^{8 y 9} Plazos y costos reales del proyecto. Chile: Las inversiones en el sector minero 1980-2000. Graciela Moguillansky (1998).

Proyecto	Cliente	Empresa	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Tren Rancagua Express	Trenes Metropolitanos S.A	Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE)	EPCM ¹	24 meses ²	USD \$320 Millones ³	Proyecto que busca reducir de 1 hora 20 minutos a 50 minutos los viajes Santiago y Rancagua. Para su implementación, se adquirieron 16 nuevos trenes con capacidad para 520 pasajeros cada uno (La Tercera, 2015).
Proyecto Caserones	SCM Minera Lumina Copper Chile	Fluor Ingeniería Chile, Constructora Suranco	EPCM ⁴	96 meses ⁵	USD \$1900 Millones ⁶	La mina considera una explotación a rajo abierto, con una planta concentradora para producir concentrados de cobre y molibdeno a partir de sulfuros primarios y una planta de extracción por solvente y electro-obtención (SX-EW) para producir cátodos de cobre mediante el procesamiento de minerales oxidados, mixtos y sulfuros secundarios. (Construcción minera y energía, 2014).
Proyecto El Abra	CODELCO y Cyprus	Bechtel	EPCM ⁷	22 meses ⁸	USD \$1050 Millones ⁹	Para el proyecto El Abra se contempla la explotación de 800 millones de toneladas de mineral oxidado con una ley media de 0,55% de cobre, mediante un rajo abierto convencional durante cerca de 17 años, incrementando la producción de mineral desde 92.000 toneladas por día en el primer año hasta 142.000 toneladas por día hacia fines de la vida de la mina. (Comisión Chilena del cobre, 1995).

Tabla 14: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Proyecto Rancagua Express. Cámara de Diputados (4 de Septiembre 2014).

^{2 y 3} El costo y plazo, corresponde al aprobado al inicio del proyecto. En la actualidad, el proyecto aún no ha finalizado y se espera la entrega definitiva en el primer semestre de 2017. La proyección de costos se prevé que sea de USD \$538 Millones. El Mercurio (6 de Agosto 2016).

⁴ Sitio web Fluor Proyectos.

^{5 y 6} Plazos y costos de la obra construida y entregada. Sitio web Fluor Proyectos.

⁷ Interpretación del autor.

^{8 y 9} Plazos y costos de la obra construida y entregada. Inversión extranjera en la minería chilena, Comisión chilena del cobre (1995).

Proyecto	Cliente	Empresas	Estrategia de Ejecución	Plazo (aprox.)	Costo (aprox.)	Comentarios
Proyecto Radomiro Tomic Fase 1	CODELCO	Salfacorp	EPCM ¹	23 meses ²	USD \$370 Millones ³	El proyecto consiste en un sistema de chancado primario y traspaso que permite transportar hasta 100.000 toneladas diarias de minerales sulfurados desde el yacimiento Radomiro Tomic hasta Chuquicamata, ubicadas a más de 8 kilómetros de distancia. (CODELCO, 2010).
Proyecto Quebrada Blanca Fase 2 (en desarrollo)	Teck	Empresa Ingeniería: Bechtel ⁴	No definida aun. ⁵	No definido aun ⁶	USD\$ 4500 – 5000 Millones ⁷	Es una mina a rajo abierto ubicada en la región de Tarapacá, a una altura de 4.400 metros sobre el nivel del mar y aproximadamente a 240 kilómetros al sureste de la ciudad de Iquique. El objetivo de la segunda fase es aumentar la producción de cobre, mediante la construcción de una planta concentradora, un depósito de relaves, una planta abastecedora de agua de mar e instalaciones para la recepción, filtrado y embarque del concentrado. En Septiembre del 2016 fue enviado el EIA. (Minería Chilena, 2016).
Proyecto Costanera Center	Cencosud S.A	ABWB Arquitectos, René Lagos Ingeniería, Salfa Construcción S.A	CMc ⁸	82 meses ⁹	USD \$ 600 Millones ¹⁰	Un complejo con más de 704 mil m2 construidos, considera un mall y cuatro torres. Además un gigante de hormigón de 300 m de altura, el rascacielos más alto de Sudamérica. Se debe destacar que el desarrollo del proyecto estuvo detenido por cerca de 1 año debido a la recesión económica mundial. El proyecto finalizó en el año 2014. (Revista BIT, 2012).

Tabla 15: Experiencia de utilización de estrategias tradicionales de ejecución de proyectos en Chile (continuación).

Fuente: Diferentes sitios web indicados.

¹ Minería Chilena (Octubre 2014).

^{2 y 3} Plazo y costos reales de la obra finalizada. Sitio web CODELCO.

⁴ Nueva Minería (Febrero 2013).

^{5, 6 y 7} El proyecto en Septiembre del 2016 envió el EIA. Se está a la espera de su aprobación para comenzar con la fase inversional. La proyección de costos se estima entre los USD \$4500 - \$5000 millones. Minería Chilena (Septiembre 2016).

⁸ Interpretación del autor. Se firma contrato por administración entre Cencosud y Salfa Construcción. Salfa, que realizaba la administración de la fase de Ingeniería de Detalles, proyectó los Gastos Generales y se encargó de la coordinación del proyecto. Una vez finalizado el diseño, fue el mismo Salfa quien realizó la fase constructiva en conjunto con diferentes subcontratos.

^{9 y 10} Plazo y costos de ejecución de la obra finalizada y entregada al año 2014. Sitio web Skyscraperpage.

4.8. ESTRATEGIA DE EJECUCIÓN INTEGRATED PROJECT DELIVERY (IPD)

La necesidad de mejorar la eficiencia, productividad y rentabilidad en los diferentes proyectos ha sido una preocupación creciente en la industria de la Construcción. (McGraw Hill Construction, 2011). Actualmente, destacadas personalidades y ejecutivos del sector público y privado están cuestionando los sistemas de contratación de obras de Ingeniería y Construcción (F. Romero, 2015), se muestra un gran descontento por parte de los dueños de proyectos hacia las estrategias de ejecución tradicionalmente usadas debido a altas ineficiencias y pérdidas en el desarrollo de los contratos, esto se relaciona principalmente con una mala planificación de las fases de las diferentes estrategias de ejecución, lo cual sumado a una deficiente comunicación entre equipos de proyecto, generan resultados que no cumplen las expectativas del dueño de proyecto, el cual invierte una gran cantidad de dinero, finalizando muchas veces con sobrecostos y atrasos significativos.

Considerando lo mencionado, la estrategia de ejecución de proyectos Integrated Project Delivery (IPD) con el apoyo de Building Information Modeling (BIM) establece una metodología distinta para el desarrollo de proyectos de Ingeniería y Construcción en relación a lo que ofrecen las demás estrategias.

IPD se utiliza generalmente en grandes proyectos de inversión e incorpora tempranamente a los principales actores, entre los cuales se destaca al mandante, equipo de diseño, equipo de construcción, diferentes especialidades, subcontratos, y otros, para desarrollar el diseño de la obra en conjunto. Por lo tanto, el objetivo de la estrategia IPD es obtener resultados más efectivos, desarrollar los proyectos en un plazo de tiempo más acotado, con un menor costo de inversión y con una disminución de posibles conflictos y problemas en el ciclo de vida del proyecto. Para cumplir con esto, se propone una planificación conjunta de los participantes desde la etapa inicial del proyecto.

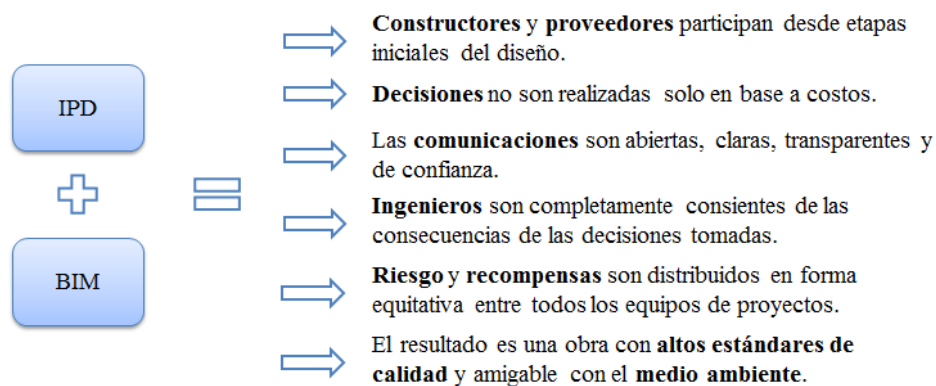


Figura 23: Beneficios utilización IPD.

Fuente: The IPD Framework. H. Ashcraft. (2015).

4.8.1. Principios estrategia de ejecución IPD

Los fundamentos principales bajo los cuales se construye el modelo IPD, son la confianza y la colaboración entre los diferentes equipos que trabajan para llevar a cabo la obra. Uno de los principales problemas que evidencian las estrategias tradicionales, es que en general se desarrollan bajo un ambiente donde cada equipo busca obtener los mayores beneficios bajo el menor esfuerzo posible en una estructura jerárquica vertical (mandante-diseñadores-constructores), donde cada actor se aboca al desarrollo del trabajo propio involucrándose escasamente con otras especialidades. De acuerdo a lo mencionado, es que la estrategia IPD busca el establecer ciertos principios que se espera sean llevados a la práctica a lo largo de todo el proyecto. (AIA, 2007)



Figura 24: Principios Integrated Project Delivery.
Fuente: Integrated project delivery: A Guide. AIA. (2007).

Principio 1: Respeto mutuo y confianza

Los diferentes participantes del proyecto, dentro de los que se destacan al mandante, arquitectos, consultores, especialidades de la Ingeniería, constructoras, subcontratos y diferentes proveedores; son motivados por la alta dirección a trabajar en equipo y entienden que la colaboración es fundamental para alcanzar los objetivos del proyecto.

Principio 2: Beneficio mutuo y recompensas

La estrategia de ejecución IPD establece que los beneficios y recompensas son alcanzados por el IPD Team, que se conforma por cada uno de los principales participantes del proyecto, lo cual motiva a cada uno a trabajar en forma colaborativa con las demás especialidades buscando una meta común, agregando valor al proyecto y eficiencia en cada uno de los procesos.

Principio 3: Innovación y toma de decisiones

Se estimula la innovación en un ambiente donde las ideas son libremente compartidas por cada uno de los participantes. Además, se espera que gran parte de las decisiones sean tomadas en unanimidad con el convencimiento de que la solución planteada es la mejor entre las propuestas. Para cumplir con esto, en un inicio del proceso se escoge un equipo de toma de decisiones, el cual se espera que sea conformado con representantes de las diferentes especialidades que trabajan para desarrollar el proyecto.

Principio 4: Inclusión de participantes claves en fases iniciales de proyecto

A diferencia de las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos, en la estrategia IPD los diferentes participantes se reúnen para planificar el proyecto prácticamente desde fases iniciales, incluso previas a la Ingeniería Básica, permitiendo una mayor comprensión del proyecto por parte de cada uno de los participantes, lo cual se traduce en la obtención de mejores resultados en un corto plazo en cada una de las actividades planificadas.

Se espera que el aporte combinado de cada especialidad, de cuenta de soluciones de diseño y constructivas más eficientes.

Principio 5: Definición de objetivos lo antes posible

Los objetivos son acordados, entendidos y respetados por cada uno de los participantes. Adicionalmente, son mantenidos a lo largo de todo el proyecto y se espera que el IPD Team trabaje conjuntamente para lograr dichas metas.

Principio 6: Énfasis en la planificación del proyecto

Esta estrategia de ejecución propone que el incremento de los esfuerzos en tareas de planificación y diseño se traduce en una mayor eficiencia y mejores resultados en la obra finalizada. Mediante la inclusión de distintas especialidades se obtienen mejores soluciones de diseño, se planifican de mejor manera las actividades y procesos constructivos, y se disminuyen los rechazos ante incumplimiento de la calidad, lo cual deja conforme al dueño de proyecto una vez que la construcción de la obra finaliza.

Principio 7: Comunicaciones abiertas

El desempeño del equipo de proyecto está directamente relacionado al nivel de coordinación que se genera entre diferentes participantes. Para esto, se establecen comunicaciones directas y abiertas entre todo el IPD Team. Las responsabilidades están claramente definidas y en caso que ocurran disputas, estas son prontamente resueltas mediante el equipo de toma de decisiones el cual actúa en forma imparcial.

Principio 8: Sustentos tecnológicos

Generalmente, los proyectos que integran diferentes especialidades en la fase de diseño, recurren a recursos de más alta tecnología para obtener los mejores resultados. Dentro de la estrategia IPD, se destaca el uso de BIM, que entrega un modelamiento virtual de la obra e incorpora el trabajo de cada especialidad en un modelo conjunto. El software debe utilizarse desde los inicios del proyecto, además del uso de plataformas para dejar registro de las comunicaciones entre los participantes.

Principio 9: Organización y liderazgo

La alta dirección debe propiciar la existencia de un ambiente colectivo y colaborativo en torno a los objetivos establecidos como equipo. Se definen personas designadas por la alta dirección que deben motivar a cada una de las especialidades para cumplir las metas, dejando en claro que el máximo beneficio individual se alcanza siempre que el proyecto finalice exitosamente. Sumado a lo anterior, la alta dirección debe liderar las diferentes etapas durante el desarrollo del proyecto distribuyendo responsabilidades, sin dejar de lado cada uno de los principios previamente nombrados, esto correspondería a uno de los principales desafíos de esta estrategia.

4.8.2. IPD Team

El IPD Team corresponde al equipo que conforman los diferentes especialistas que trabajan en la ejecución del proyecto y que es fundamental para el éxito del proyecto. Entre ellos se destaca al mandante, equipo de diseño, equipo de construcción, diferentes especialidades, subcontratos, y otros.

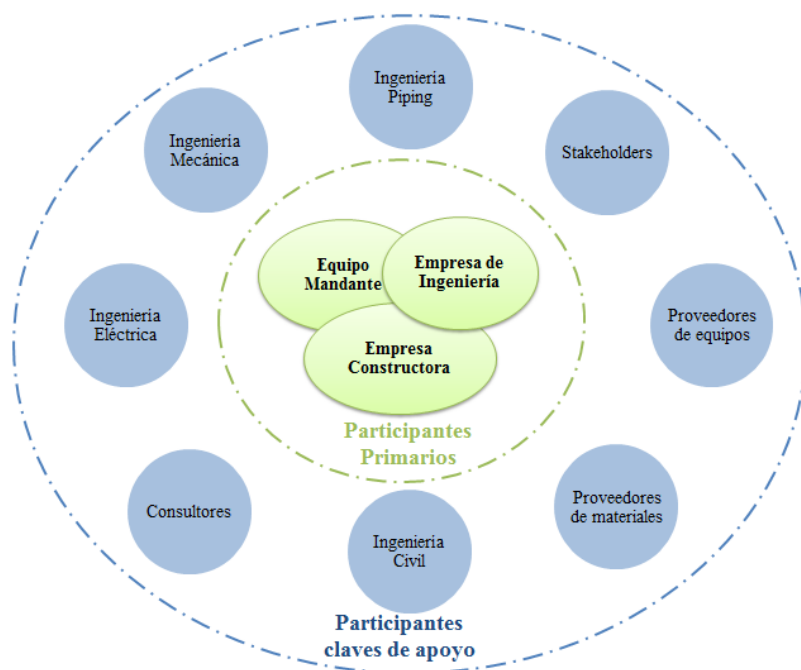


Figura 25: Ejemplo de constitución IPD Team para un proyecto tipo.

Fuente: Elaboración propia

Tal como muestra la Figura 25, dentro del IPD Team se encuentran los *Participantes Primarios*, que tienen alta responsabilidad y participación en el desarrollo de la obra desde fases tempranas hasta la recepción definitiva de la obra. Por otra parte, se encuentran los *Participantes Claves de apoyo o secundarios*, que tienen un papel preponderante en el desarrollo del proyecto pero sus funciones son acotadas durante el periodo completo de ejecución. (El Asmar, 2013).

Es importante aclarar que la conformación del IPD Team varía según las necesidades del proyecto, no siendo siempre igual la estructura mostrada la figura.

Una vez que el IPD Team se conforma, es importante generar un ambiente basado en la confianza, el trabajo en equipo y comunicaciones fluidas entre los diferentes participantes, de tal manera que se trabaje en la generación de ideas y resolución de problemas con buenos resultados. Una mejor práctica para esta estrategia de ejecución es que los Participantes Primarios tengan acceso a una oficina temporal común donde los equipos realicen sus labores para promover la interacción entre trabajadores de diferentes especialidades. De otra forma, si lo anterior no es posible, se puede establecer un sistema de comunicación de alta tecnología consistente en video-conferencias para facilitar el traspaso de información rápida y oportuna entre cada uno de los participantes.

4.8.3. Building Information Modeling (BIM)

Building Information Modeling (BIM) corresponde a una metodología que ha adquirido gran relevancia en la gestión de proyectos de Ingeniería y Construcción. (Alarcón, 2010).

BuildingSMART, corresponde a una asociación española privada sin fines de lucro que tiene como objetivo fomentar la eficacia en el sector construcción a través de tecnologías informáticas. Esta asociación define BIM como una metodología de trabajo colaborativa para la creación y gestión de un proyecto de construcción, que tiene como objetivo centralizar toda la información del proyecto en un modelo de información digital creado por todos sus agentes.

BIM supone la evolución de los sistemas de diseño tradicionales basados en el plano, ya que incorpora información geométrica (3D), de tiempos (4D), de costos (5D), ambiental (6D) y de mantenimiento (7D). El uso de BIM se extiende más allá de las fases de diseño, abarcando la ejecución del proyecto y se mantiene a lo largo del ciclo de vida de la obra, permitiendo la gestión del mismo y reduciendo los costos de operación.

BIM se considera como un importante apoyo para materializar la labor que pretende ejercer la estrategia de ejecución IPD, ya que mediante sus softwares se busca obtener un modelo tridimensional que incorpore el diseño de cada una de las especialidades (arquitectura, estructural, hidráulico, mecánica, eléctrica, climas, paisajismo, entre otros), y que mediante recorridos virtuales se muestre el diseño temporal de la obra. Debido a esto, se facilita la optimización de soluciones de diseño y constructivas, la búsqueda de errores e interferencias, permite una mejor coordinación entre las diferentes especialidades de proyecto, una sustancial reducción de pérdidas de materiales debido a la detección temprana de errores y una mejor transmisión de la información entre los diferentes actores. (Duque, 2014)

Es importante destacar que BIM no corresponde a una estrategia de ejecución de proyectos y tampoco a un software computacional, sino a un modelo central de coordinación técnica entre los diferentes actores del proyecto para crear un modelo virtual y digital de la obra, por lo tanto para implementar BIM en un proyecto, es necesaria la utilización de diferentes software computacionales que trabajen en conjunto. Ejemplos de ellos, y dentro de los más utilizados se destaca Autodesk Revit, y Autodesk Navisworks.

BIM se actualiza periódicamente durante la duración del proyecto, es útil incluso una vez entregada la obra, ya que permite al mandante conocer la ubicación espacial de cada uno de los elementos que conforman la obra tal como muestran los planos *as-built* pero de una forma más completa o incluso generar y coordinar un plan de mantenimiento (7D) de la obra una vez que está en la etapa operativa.

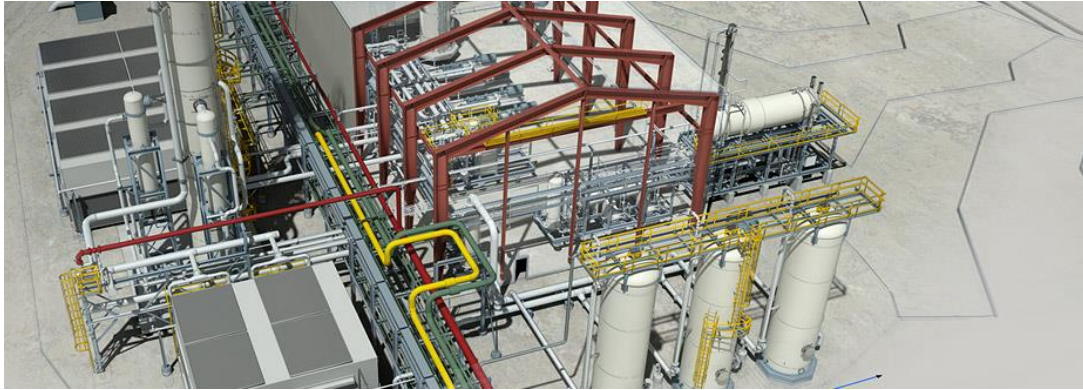


Figura 26: Imagen estructura modelada con BIM
Fuente: Pagina web Autodesk.com

Con respecto al manejo de la información y manipulación de los diferentes software de parte de cada uno de los participantes del IPD Team, la Dirección de Proyecto debe establecer la información que se incorpora al modelo BIM, las personas que pueden realizar modificaciones, la forma de respaldo de las diferentes versiones, entre otros. Es importante comprender que el uso de BIM es complejo, por lo tanto, cualquier falla o manipulación defectuosa podría tener grandes repercusiones en la planificación. (AIA, 2010).

4.8.4. Análisis de áreas de gestión del proyecto IPD

La estrategia IPD genera una amplia gama de posibilidades para planificar y desarrollar proyectos desde una perspectiva diferente a la forma de ejecución de los modelos tradicionales.

A continuación, se muestra de qué forma se definen algunas de las principales áreas de gestión de proyecto. (AIA, 2007).

Objetivos del proyecto

A pesar de que el desarrollo del proyecto en cada una de sus fases se realiza como un equipo, es el mandante el que debe establecer los objetivos que quiere lograr con el desarrollo de la obra y participar de forma activa en el desarrollo de las etapas del proyecto. Dentro de estos objetivos se pueden nombrar por ejemplo:

- Aseguramiento de un monto máximo de inversión.
- Aseguramiento de un plazo máximo de entrega de la obra.
- Establecimiento de estándares de calidad requeridos para la obra.
- Otros.

Esto debe ser completamente aceptado por el IPD Team para cumplir con las expectativas del dueño y guiar la planificación y diseño de la obra de acuerdo a lo que espera el mandante.

Alcance del proyecto y división de responsabilidades

Para conocer el alcance del proyecto, es necesario estudiar el servicio que se desea entregar, además de involucrar a cada uno de los participantes en el diseño de la obra. El modelo IPD establece que el alcance de proyecto debe definirse lo antes posible, de una forma clara y entendible, para realizar una división de responsabilidades entre los diferentes equipos, sin que esto signifique una pérdida de comunicación y colaboración entre los diferentes participantes. La manera específica en que esta división se desarrolla varía según el proyecto, sin embargo existen labores que deben ser lideradas por los Participantes Primarios y son las que se muestran a continuación:

- **Equipo de Diseño:** Las diferentes fases de definición del alcance realizadas por el equipo diseño deben incluir a miembros de otras especialidades, incluso constructores. Se espera que la fase de diseño sea de mayor duración en comparación con las estrategias clásicas de ejecución de proyectos, con el propósito de generar diversas iteraciones al diseño y que todo el IPD Team esté de acuerdo que el modelo propuesto es el más acertado y que esté libre de errores, teniendo en consideración la repercusión en los plazos y costos de las diferentes soluciones.
- **Equipo de Construcción:** Este equipo es incluido en la planificación y definición del alcance de la obra, participando en la toma de decisiones. Además aporta información de la programación de la fase constructiva, un estimativo de costos, hitos relevantes en la construcción, metodologías de evaluación de subcontratos, metodología de aprobación de la calidad, entre otros.
- **Dueño de Proyecto:** El modelo establece que el mandante con su equipo participan durante toda la ejecución del proyecto, especialmente en la fase de definición del alcance. Se requiere que el dueño esté presente en las tomas de decisiones y principalmente en la solución de problemas que puedan afectar el correcto avance de cada una de las diferentes fases.

Dado que los principios del IPD incentivan el trabajo en equipo a pesar de que si un participante no es especialista en el tema, de igual forma se deben establecer responsables para cada tarea. Es aquí donde se aprecia el real desafío en la asignación de riesgo de los diferentes procesos, el cual debe ser distribuido en forma justa entre los diferentes participantes.

Costos del Proyecto

Este parámetro es importante en la definición del alcance y diseño de proyecto. La estrategia IPD permite conocer en fases tempranas y previas a la construcción, si el proyecto podrá ser cumplido de acuerdo a los objetivos y presupuesto que mantiene el dueño de proyecto. Por lo tanto, la fase de diseño requiere de comunicaciones fluidas y de trabajo en equipo, de tal forma que el IPD Team trabaje en diferentes alternativas (según niveles de prioridad) para lograr lo requerido. Una buena práctica es llevar los costos del

proyecto en un Open Book, al que puedan tener acceso todos los participantes, lo que permite establecer relaciones de confianza entre los participantes y el dueño de proyecto.

Programación del Proyecto

Uno de los principales beneficios del modelo IPD es la reducción de la fase de Construcción del proyecto debido a un aumento en los esfuerzos en la fase de diseño. Esto permite establecer una planificación de diferentes procesos y actividades de una forma mucho más coordinada y óptima.

Calidad del Proyecto

La utilización de BIM permite minimizar los errores de diseño y construcción, y por consiguiente la cantidad de elementos defectuosos construidos. Esta metodología identifica cada uno de los elementos con sus propiedades mecánicas y características geométricas, además de los puntos conflictivos que deben ser analizados y corregidos en el modelo.

Sustentabilidad del Proyecto

IPD muestra una oportunidad para desarrollar proyectos sustentables que sean amigables con el medio ambiente. La inclusión de este tópico en los objetivos de proyecto, sumado a la participación de diferentes especialidades en labores de diseño favorece su implementación presentando alternativas constructivas para cumplir con este requerimiento.

4.8.5. Desarrollo de fases y etapas de la estrategia IPD

Tal como se menciona anteriormente, uno de los principios fundamentales de esta estrategia de ejecución, es la inclusión del IPD Team en fases tempranas de proyecto para dar énfasis en la planificación. Se destaca el liderazgo que debe ejercer la Dirección de Proyectos definiendo los roles y tareas que deben realizar cada uno de los participantes para cumplir con los diferentes objetivos propuestos para el proyecto. La estrategia IPD debe ser entendida como un proceso en el cual se desarrolla la programación, diseño y construcción de la obra. (Ashcraft, 2012)

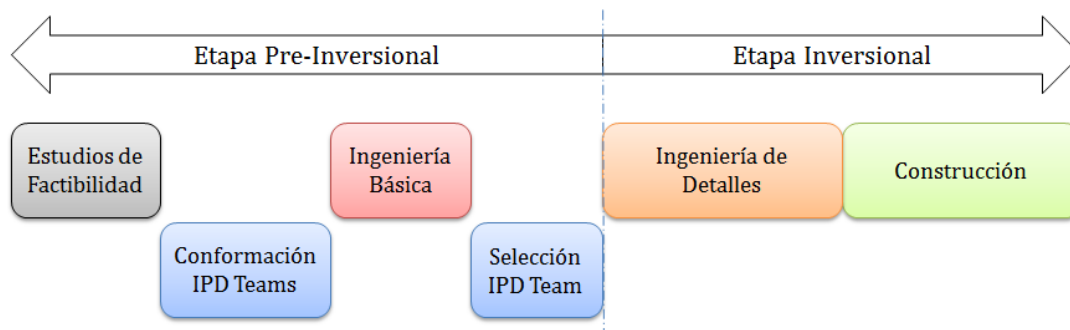


Figura 27: Etapas y fases del proyecto IPD.

Fuente: Integrated project delivery: A Working Definition. AIA. (2007)

A continuación se muestra una descripción de las diferentes etapas y fases de la modalidad IPD, tal como muestra la Figura 27:

Estudios de Factibilidad:

El estudio de factibilidad es realizado por el Mandante y el equipo de arquitectos, consiste principalmente en la realización de un estudio preliminar de la idea que sostiene el mandante y que busca materializar mediante la construcción de la obra. Aquí también se define la estrategia de ejecución que se implementa en el desarrollo del proyecto (DB, DBB, EPC, EPCM, IPD, entre otros).

En caso que la estrategia definida sea IPD, el mandante con el equipo de arquitectos deben realizar una pre-selección de los diferentes participantes que son invitados a participar de la propuesta. En este proceso se agrupan diferentes proveedores claves para conformar diferentes IPD Team.

Para obtener el mayor beneficio de los equipos, el mandante, en conjunto con el equipo de arquitectos, puede establecer conferencias para aclarar y responder preguntas sobre el desarrollo del proceso. La evaluación se realiza en base al grado de conocimiento y experiencia en proyectos que utilicen IPD, tomando en cuenta aspectos técnicos y experiencia.

Conformación IPD Teams y estudio de Ingeniería Básica:

En esta etapa se definen los diferentes IPD Team que trabajan para presentar el mejor diseño preliminar y adjudicarse el contrato. Se espera que entre los equipos se comparta información abiertamente y se coopere de tal forma de que el proyecto pueda tener el mayor beneficio. El ambiente de colaboración debe darse entre los diferentes IPD Team y los diferentes participantes primarios y secundarios.

Es fundamental definir inicialmente criterios, protocolos y medios, mediante los cuales se comparte la información entre los diferentes equipos, además del alcance de la propuesta que debe ser entregada por los IPD Team. (Palacios, 2010)



Figura 28: Conformación IPD Team.

Fuente: Criterios de selección y procedimientos para implementación de modelos de gestión en la relación con terceros en la construcción. Palacios Riofrío. (2010)

Se espera que al final de esta etapa, los IPD Team presenten individualmente una oferta técnica y económica para adjudicarse el desarrollo de la Ingeniería de Detalles y posterior Construcción de la obra.

Selección del IPD Team

En base a la participación en el proceso anterior, a la oferta técnica y económica entregada, el mandante adjudica el contrato de Ingeniería y Construcción de la obra.

Ingeniería de Detalles

Un aspecto diferenciador entre las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos y la IPD, es que la inclusión de los participantes ocurre en etapas iniciales de proyecto, con el objetivo de realizar una planificación y diseño en conjunto que promueva el intercambio de ideas en un ambiente caracterizado por la confianza, transparencia y tolerancia. Todo esto permite al IPD Team analizar diferentes alternativas de diseño para presentar al mandante, teniendo clara las repercusiones en cuanto a los parámetros de costos y plazos de cada uno de los cambios.

Se espera que la Ingeniería de Detalles se realice incorporando la opinión de cada uno de los participantes de tal manera de encontrar la mejor y más clara alternativa que disminuya los errores en la etapa constructiva. Es por esto, que la fase de programación y diseño de la estrategia de ejecución IPD toma comparativamente mayor tiempo que en las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos.

Construcción de la obra

Considerando las diferentes alternativas propuestas por el IPD Team de diseño de la obra, se define la alternativa que satisface de mejor manera los objetivos planteados en un inicio. Posterior a esto, viene la etapa constructiva la cual teóricamente debiese tomar un plazo mucho menor debido al alto nivel de estudio y coordinación, la cual involucra la planificación de diferentes procesos y actividades que optimizan el tiempo de ejecución de la obra.

4.8.6. Aspectos contractuales

Debido a que la estrategia de ejecución IPD, es utilizada generalmente en grandes proyectos de Ingeniería y Construcción, existe una alta cantidad de participantes correspondientes a diferentes especialidades que participan en el proyecto. Estos especialistas además de relacionarse en labores relativas al desarrollo del proyecto, firman un contrato que corresponde a un acuerdo legal entre las diferentes partes, el cual deja establecido los derechos y deberes de cada uno. A continuación se muestran diferentes puntos que deben ser definidos y expresados claramente en el contrato, según Matthews, (2005).

Formación del IPD Team

Existen principalmente 3 tipos de relaciones contractuales mediante las cuales los participantes (principales o secundarios, incluido el mandante) se vinculan para conformar el IPD Team. Estos representan ejemplos de formas de establecer contratos mediante la estrategia IPD (AIA, 2007)

1. Alianzas de Proyectos:

Project Alliances, que se traduce al español como Alianzas de Proyectos, corresponden a asociaciones estratégicas de mediano a largo plazo entre especialidades (con campos de experticia diferentes) con el objetivo de trabajar en conjunto para llevar a cabo proyectos.

En este acuerdo contractual, el mandante asegura el pago de los costos directos al IPD Team, en cambio, los gastos generales, ganancias y bonos son entregados al cumplir ciertos objetivos definidos en un inicio. Todo esto obliga a los diferentes participantes primarios y secundarios a trabajar en conjunto en una meta común, siendo el éxito o fracaso alcanzado como IPD Team. Además, las Alianzas de Proyectos se caracterizan en que el riesgo es manejado internamente entre los diferentes participantes, siendo el mandante el

que establece acuerdos en un marco comercial y legal con un solo representante de dicha alianza.

2. Sociedad con Propósito Único

Single Purpose Entities (SPE), que se traduce al español como Sociedad con Propósito Único, corresponde a la conformación de un equipo temporal, integrado por diferentes empresas para desarrollar un proyecto en específico. Este equipo contempla la creación de una estructura legal y formalizada lo que hace que su organización sea compleja y demorosa debido a problemas relacionados a organización, manejo de impuestos y aspectos sociales de trabajadores.

La SPE puede ser una corporación, un consorcio, una compañía o empresa de responsabilidad limitada u otra forma legal que en efecto se conforma mediante relaciones de corto o mediano plazo. En este tipo de acuerdo contractual, los diferentes participantes acuerdan según cláusulas en el contrato la forma en que se realiza el pago por los trabajos realizados con el equipo que lidera la SPE.

3. Relaciones Contractuales:

Relational Contracts, que se traduce al español como Relaciones Contractuales, corresponde al enfoque clásico en relación a la forma en que se establecen las relaciones entre participantes.

Al igual que en las 2 estrategias nombradas anteriormente, se conforma un IPD Team con diferentes especialistas. Sin embargo, el manejo de los incentivos, riesgos, toma de decisiones y forma de pago, se realiza de una manera tradicional, acercándose a las estrategias tradicionales de ejecución de proyectos de acuerdo a las diferentes cláusulas que se establecen en el contrato. En este tipo de relación contractual, los participantes pueden acordar limitar su responsabilidad a labores específicas del proyecto que ejecutan mediante diferentes cláusulas. Por consiguiente, la forma de pago puede variar de participante en participante y los incentivos pueden no ser para todos.

Toma de decisiones de proyecto

La estrategia IPD propone que todas las decisiones se deben definir de forma unánime por un *equipo de toma de decisiones*, establecido en los inicios del proyecto. Lo ideal es que este equipo se integre por el equipo del mandante y por participantes de diferentes especialidades, tomando decisiones de acuerdo a los intereses del proyecto y no solo según aspectos económicos. Se espera que este equipo se reúna periódicamente de tal forma de discutir profundamente cada una de las decisiones previo a ser llevadas a cabo.

En la práctica, el equipo de toma de decisiones se define en base al grado de participación en el proyecto y se constituye por al menos un integrante de los diferentes Participantes Primarios, y se completa con otros Participantes Claves de Apoyo. No obstante, no siempre existe un representante de cada una de las partes, por lo tanto, una muy buena práctica es incluir como consejeros a los equipos que no pudieron ser incluidos

en este grupo y considerar su opinión en los asuntos que se relacionan con sus especialidades.

En relación a los diferentes tipos de acuerdos contractuales, en el caso de las *alianzas de proyectos*, las decisiones son tomadas en consenso y se eliminan en gran parte las disputas entre participantes al existir un contrato único como alianza. Por otro lado, en *SPE*, las decisiones son definidas por una junta de control y no siempre son consensuadas las determinaciones. Por último, en el caso de *relaciones contractuales*, a pesar de existir un equipo de toma de decisiones, este actúa como un consejero ya que la determinación final recae siempre en el mandante.

Comunicaciones

El éxito de la labor de cada participante se centra en establecer comunicaciones fluidas de tal manera de resolver dudas o problemas de forma efectiva y oportuna.

El equipo de la Dirección de Proyecto debe definir la forma de establecer la comunicación, proporcionar la tecnología necesaria para que esto se realice de forma fluida y precisar que información se va a documentar como evidencia.

Manejo de información confidencial

Se plantea que la información confidencial proporcionada por el mandante o por los participantes, sea abierta y con fines de uso solo para el proyecto, por lo que la confianza mutua es fundamental para el manejo de este tópico.

Formas de pago

En general, las formas de pago al IPD Team y por consiguiente a cada uno de los participantes según sus labores desarrolladas, se relacionan directamente con el nivel de éxito que se obtiene tras la evaluación del proyecto y su desarrollo.

Como se menciona anteriormente, esta estrategia busca satisfacer al cliente cumpliendo las expectativas que plantean en un inicio. A pesar de que muchas veces el IPD Team logra alcanzar los resultados esperados, existen ocasiones en que esto no se traduce en el éxito individual de cada uno de los participantes. Definir una correcta forma de pago puede hacer mucho más compleja la redacción del contrato comparado con las estrategias clásicas de ejecución de proyectos.

Resulta importante otorgar premios o bonificaciones por cumplimiento de hitos de avance en los plazos estipulados y con la calidad esperada. Esto debe ser definido en forma cautelosa por el equipo de proyecto, de tal manera de intentar cubrir posibles pérdidas de los participantes, generar motivación en el alcance de metas desafiantes, pero también analizar que estos costos puedan ser cubiertos por el dueño de proyecto sin elevar en gran cantidad el presupuesto inicial. (AIA, 2007)

En el caso de las *Alianzas de Proyectos*, es el mandante quien asume un mayor riesgo financiando y asumiendo sobrecostos del proyecto. Existen principalmente 3 niveles que definen la forma de pago del mandante al IPD Team:

1. En caso de que el IPD Team no cumpla con los objetivos del proyecto, el mandante realiza el pago solamente de los costos directos del diseño y ejecución de la obra, es decir, es IPD Team debe hacerse cargo de los gastos generales que fueron incurridos y no recibe utilidades por las labores realizadas.
2. En caso de cumplir con los objetivos y expectativas, el mandante realiza el pago tradicional de los costos directos, gastos generales y utilidades al IPD Team.
3. En caso de obtener resultados significativos sobrepasando las expectativas establecidas por los objetivos, el mandante realiza el pago de lo nombrado en el punto 2, y además el IPD Team obtiene bonificaciones y recompensas.

La definición mediante la cual se realiza el pago, motiva al IPD Team a trabajar en equipo alcanzando las metas como grupo y no en forma individual.

En el caso de *la SPE*, la forma de pago se divide principalmente en 2 niveles:

1. Corresponde al pago realizado por el equipo SPE a los participantes individuales y secundarios que trabajan en el proyecto de acuerdo al trabajo realizado el cual incluye los costos directos, gastos generales y utilidades.
2. El segundo pago es evaluado según el éxito del proyecto obtenido una vez que este finaliza. El éxito se mide según el cumplimiento de los objetivos y se debe encontrar una manera efectiva de cuantificar los resultados.

Por último, en el caso de las *Relaciones Contractuales*, la forma de pago se divide en 3 niveles:

1. Corresponde al pago de los costos directos de los trabajos realizados por los participantes.
2. Se efectúa el pago de los costos directos más un monto fijo en conceptos de gastos generales y utilidades acordado inicialmente para cada uno de los participantes.
3. Corresponde al pago de lo nombrado en el punto 2 más una bonificación por el desempeño y resultados obtenidos por el IPD Team.

La dificultad de las formas de pago según los acuerdos contractuales, se basa en la definición de los parámetros de medición mediante los cuales se califica el resultado del proyecto. Para esto, es importante definir claramente los resultados esperados y como se cuantifican (los objetivos de proyectos se basan en el cumplimiento de costos, considerando otras áreas de proyecto, tales como seguridad, medio ambiente, calidad, cumplimiento de la programación, entre otros.). Adicionalmente, es importante definir cómo y cuándo se realizan las mediciones. Por último, internamente el IPD Team debe establecer los criterios que se utilizan para distribuir las ganancias o pérdidas entre los distintos participantes en relación a la contribución entregada al proyecto.

Reclamos y disputas

La ocurrencia de conflictos se traduce en que cada participante intenta resguardar sus propios intereses creando un ambiente de desconfianza que puede atentar con los principios la estrategia, por lo que se deben establecer procedimientos oportunos y efectivos, por el *equipo de toma de decisiones*, en materia de resolución de posibles conflictos.

Manejo de Riesgos

El manejo de riesgos, en IPD, depende principalmente de los acuerdos contractuales que se establecen entre los diferentes participantes para conformar el IPD Team. Uno de los principales focos de análisis en el manejo de riesgo corresponde a los resultados del proyecto.

En el caso de las *Alianzas Contractuales*, es el mandante quien asume principalmente los riesgos en caso que el proyecto finalice con sobrecostos. Los participantes garantizan el pago de los costos directos, son los gastos generales y utilidades las que se definen según los resultados, sin embargo, hay estrategias mediante las cuales el mandante puede mitigar dichos riesgos. Una de estas alternativas es garantizar con el IPD Team un precio máximo de ejecución de la obra (GMP).

4.9. PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EXITOSOS Y ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN

4.9.1. Integrated Project Delivery

Proyecto UCSF Mission Bay Medical Center

El proyecto *UCSF Mission Bay Medical Center*, llevado a cabo en la ciudad de San Francisco, California, Estados Unidos, corresponde a un proyecto del ámbito público y fue uno de los primeros ejecutados mediante la estrategia de ejecución IPD, desde su publicación formal en el año 2007 por la AIA.

El proyecto consistió en la realización del diseño y construcción de un centro hospitalario de 82.000 [m²] que incluye 3 edificios principales: Un edificio para un hospital de niños, otro edificio para un hospital de mujeres y por último un edificio especial para tratamiento de cáncer de paciente de todas las edades. En total suma un edificio de salud con capacidad para 289 camas hospitalarias.

Este proyecto obtuvo la certificación LEED Gold, catalogado como una obra sustentable de primera categoría, y fue galardonado además con el premio Fiatch CETI debido a su buena gestión y planificación en la etapa de diseño y construcción ya que generó ahorros cercanos a los USD \$200 millones respecto del presupuesto original además de finalizar 8 días antes de la entrega acordada en el programa. La ficha técnica del proyecto se muestra en la Tabla 16.

Nombre del proyecto:	USCF Mission Bay Medical Center
Clasificación de la obra:	Obra de Infraestructura
Mandante:	UCSF (Universidad de California, San Francisco)
Administración de la Construcción:	Cambridge CM, Inc.
Estrategia de ejecución:	Integrated Project Delivery (IPD)
Equipo de arquitectos:	Stantec.
Constructor General:	DPR.
Inicio del Proyecto:	Enero 2007.
Finalización del Proyecto:	Agosto 2014.
Inversión presupuestada:	USD \$1.500 millones.
Costo real del proyecto:	USD \$1.300 millones.

Tabla 16: Ficha Técnica del proyecto UCSF Mission Bay Medical Center.

Fuente Principal: IPD Case studies. AIA (2012).



Ilustración 1: UCSF Mission Bay Medical Center vista general.

Fuente: Sitio web TEECOM: http://teecom.com/media/projects_hero_retina_ucsf-mbmc.jpg

En el año 2008 y con el diseño arquitectónico preliminar (desarrollado por Stantec), el mandante le adjudicó la propuesta a la empresa DPR siendo designado como el contratista principal del proyecto. El contrato entre ambas partes consistía en la realización del diseño y construcción de la obra por un *precio máximo garantizado* (GMP) en relación al presupuesto del mandante. Este valor del contrato estaba sujeto a una fase de negociación entre ambas partes y se definió una vez realizada la Ingeniería Básica del proyecto.

Es importante destacar que como este proyecto se desarrolló en el ámbito público, no se permitían contratos con una estructura integrada con múltiples participantes, por lo que el contrato principal fue firmado entre la entidad pública UCSF y el representante del IPD Team que correspondía a la empresa DPR, y así mismo, la empresa DPR realizó contratos independientes con cada uno de los subcontratos.

Una vez comenzada la Ingeniería Básica fue conformado el IPD Team. El mandante decidió incluir a la empresa *Cambridge CM, Inc.* para ser representado en las diferentes

etapas del ciclo de vida del proyecto, además de encargarse de realizar la gestión de las adquisiciones de equipos médicos. Luego vino la selección de subcontratos que también fueron incluidos dentro del IPD Team como participantes de apoyo, destacando los subcontratos de estructuras mecánicas, eléctricas e hidráulicas (sanitarios, agua potable, ventilación, entre otros). Todos estos subcontratos estaban a cargo contractualmente de la empresa DPR, sin embargo, todos pasaron a ser parte y a trabajar de forma integrada como pares en el diseño de la obra mediante los principios de la estrategia IPD. Es más, una práctica utilizada en la selección de subcontratos para este proyecto, fue incluir en las bases de licitación un capítulo con los principios de la estrategia IPD donde se les consultaba a las diferentes empresas la disposición a desarrollar proyectos bajo esta modalidad y con dichos principios.

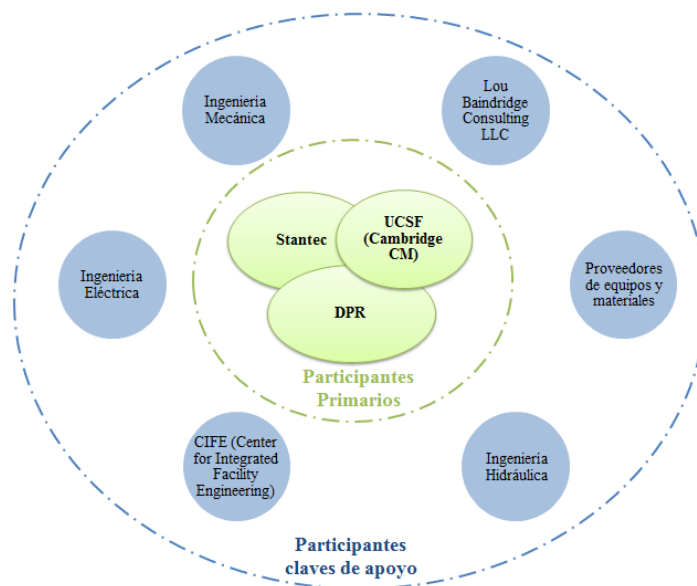


Figura 29: IPD Team UCSF Mission Bay Medical Center.
 Fuente: IPD Case studies. AIA (2012).

Además, se incluyó en el proyecto a la empresa *Lou Baidridge Consulting LLC*, la cual trabajó con los participantes primarios los primeros 3 meses de la Ingeniería Básica para desarrollar habilidades de cooperación y apertura de dialogo buscando cohesionar a los diferentes equipos participantes.

Por otro lado, se contrataron los servicios del *CIFE (Center for Integrated Facility Engineering)* de la Universidad de Standford, para llevar a cabo capacitaciones en el enfoque Virtual Design and Construction (VDC), acerca de la implementación y uso del BIM.

En relación a la forma de pago, tal como se mencionó anteriormente, el mandante fijó un *precio máximo garantizado (GMP)* por la ejecución de la obra, entonces gran parte de los esfuerzos en la etapa de diseño fueron para cumplir con dicho presupuesto. Una vez finalizada la Ingeniería Básica se aprobó un presupuesto de USD \$1.500 millones, y se

estipularon incentivos para el IPD Team por cumplimiento de hitos. Los grandes esfuerzos y la búsqueda de nuevas soluciones constructivas en la fase de Ingeniería de Detalles (soluciones que no fueran en desmedro de la calidad esperada), permitieron seguir estudiando la propuesta y realizar modificaciones el proyecto aprobado en la Ingeniería Básica. De esta forma se generaron alrededor de 600 órdenes de cambio en las especialidades eléctricas y mecánicas, generando un ahorro cercano a los USD \$200 millones para el mandante en la entrega final de la obra. Por último, en relación a la fase constructiva, el resultado del estudio de diseño, se tradujo en la finalización de la obra con 8 días de anticipación en un proyecto que tuvo una duración cercana a los 8 años.

Proyecto AEC Headquarters

Proyecto ejecutado en la ciudad de Waltham, en el estado de Massachusetts, Estados Unidos. Correspondió a un proyecto del ámbito privado que consistía en la realización del diseño y construcción de un edificio corporativo para la empresa Autodesk, misma impulsora comercial de software para la aplicación de tecnologías BIM, por lo mismo, este modelo fue utilizado por expertos en conjunto con la estrategia IPD. La construcción consideraba un edificio de 3 pisos con una planta de 5.100 [m²] aproximados que incluye principalmente oficinas, salas de conferencia, una amplia recepción, salones destinados a diversos usos, cafetería salones de comidas, entre otros.

Destacar que este proyecto obtuvo la certificación LEED Platinum.

En relación a su gestión, los principales objetivos del proyecto fueron el cumplimiento del plazo de ejecución en conjunto con obtener una obra que cumpliera con altos estándares de calidad en las fases de diseño, dejando como objetivo secundario el costo de la obra.



Ilustración 2: AEC Headquarters.

Fuente: Pagina web Autodesk. <http://www.autodesk.com/>

Nombre del proyecto:	AEC Headquarters
Clasificación de la obra:	Obra de Edificación
Mandante:	Autodesk Inc.
Estrategia de ejecución:	Integrated Project Delivery (IPD)
Equipo de arquitectos:	KlingStubbins.
Constructor General:	Tocci Building Companies.
Inicio del Proyecto:	Mayo 2008.
Finalización del Proyecto:	Junio 2009.
Costo real del proyecto:	USD \$13,4 millones.

Tabla 17: Ficha Técnica AEC Headquarters.

Fuente Principal: Autodesk AEC Headquarters and Integrated Project Delivery (2010).

La siguiente figura muestra cómo se conformó el IPD Team tomando en cuenta los participantes primarios y secundarios del proyecto. El contrato principal fue definido entre el dueño (Autodesk Inc.), la empresa de arquitectura (KlingStubbins) y el constructor general (Tocci Building Companies). Además, se establecieron contratos independiente con cada uno de los participantes secundarios que participaba del proyecto el cual incorporaba los mismos principios de compartir beneficios y responsabilidades, mostrando en forma clara que las ganancias de cada uno se obtenían en relación a los resultados globales del proyecto y al cumplimiento de los objetivos definidos en un inicio de tal forma de incentivar al trabajo como equipo. (AIA, 2012)

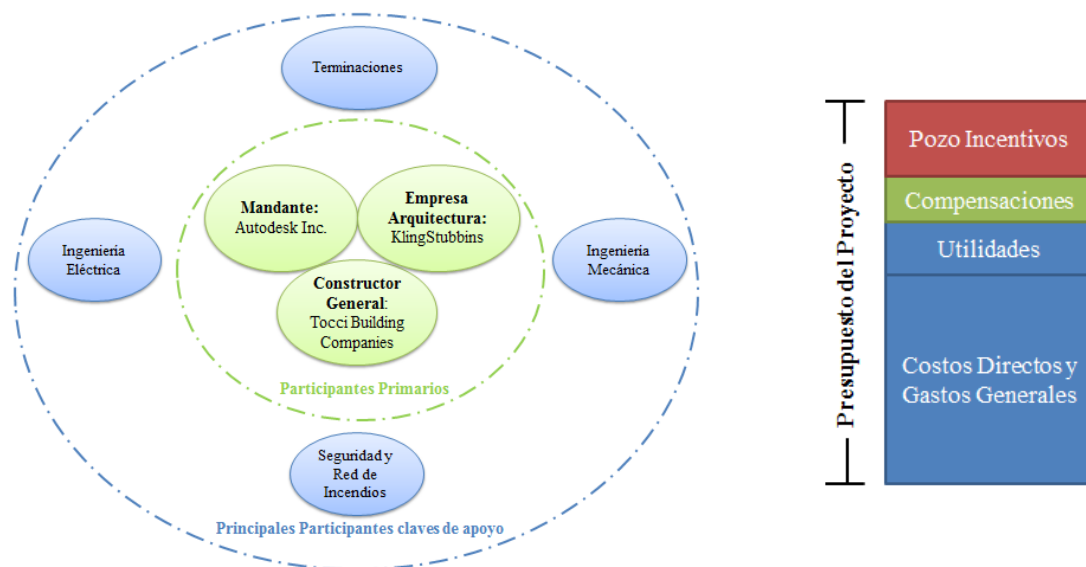


Figura 30: IPD Team y forma de pago proyecto AEC Headquarters.

Fuente: IPD Case Studies, AIA (2012).

Considerando lo anterior, se definió una forma de pago de acuerdo al cumplimiento de hitos particulares (que tenían relación a los principales objetivos del proyecto), en que el

IPD Team compartía riesgos y recompensas. El mandante dividió el presupuesto en 3 grandes grupos tal como muestra la Figura 30.

Si el equipo de proyecto alcanzaba los objetivos predefinidos, se realizaba el pago tradicional al IPD Team (costos directos, gastos generales y utilidades). En caso que se superaran las expectativas, el equipo era candidato a la obtención de ganancias adicionales dentro de la que destacaba recibir el monto considerado para contingencias del proyecto, seguido por un pozo predefinido de incentivos. Por otro lado, si no se alcanzaban los objetivos, el IPD Team solo recibía los costos directos y gastos generales. En caso de incurrir en gastos mayores a lo contemplado por el presupuesto entregado por el IPD Team al comenzar el proyecto, la diferencia era cubierta por el dinero correspondiente a incentivos hasta que este se agotara.

4.9.2. Otras estrategias

En Chile, la CBC (Corporación de Desarrollo Tecnológico de Bienes Capital) anualmente realiza un catastro de diversos proyectos de inversión ejecutados tanto en el ámbito público como en el privado.

Los proyectos estudiados cumplen el requisito de que todos superan una inversión de USD \$ 5 millones, exceptuando los proyectos inmobiliarios, los cuales son incluidos si su inversión es mayor a los USD \$ 15 millones.

A partir del año 2014, la comisión instauro la entrega de premios y reconocimientos a proyectos de inversión exitosos en su gestión, para destacar públicamente a las empresas gestoras, empresas dueñas del proyecto y al equipo de profesionales que llevaron a cabo su ejecución.

Los proyectos se dividen en 3 grandes categorías principales:

1. Construcción: Área Inmobiliaria, obras públicas e infraestructura.
2. Industria: Área Minería, energía e industrias en general.
3. Tecnología y Comunicación: Científicos, tecnológicos y comunicaciones.

Para definir a los proyectos premiados, la CBC considera los siguientes factores: Cumplimiento de plazos de ejecución, cumplimiento de montos de inversión, éxito en la fase de puesta en marcha, desempeño ambiental tanto en la fase constructiva como operativa, vinculación e integración de comunidades locales al proyecto y gestión con proveedores.

A continuación se muestran algunos proyectos que obtuvieron el premio a la CBC:

Proyecto Observatorio ALMA

Corresponde al diseño, construcción y montaje de 66 antenas radiotelescópicas (54 antenas de 12 metros de diámetro, más 12 de 7 metros de diámetro) y 2 edificios destinados a diferentes usos. El primero de ellos un edificio técnico del sitio de operaciones, y el segundo corresponde al campamento ALMA, que además alberga un segundo centro de operaciones. La particularidad es que todas las antenas trabajan en conjunto y como un único radiotelescopio. El proyecto fue ejecutado en la localidad de El Llano de Chajnantor, Antofagasta y posee una superficie construida total cercana a los 16.700 [m²].

Nombre del proyecto:	Proyecto Observatorio ALMA
Año obtención premio CBC:	2015.
Clasificación de la obra:	Tecnología y Comunicaciones
Mandante:	Observatorio Astronómico Nacional de Japón (NAOJ), Observatorio Europeo Austral (ESO) y Observatorio Radioastronómico Nacional (NRAO-AUI).
Empresas de Ingeniería:	Ingeniería de Detalles GEO Ambiental, Ingelog, EIE, Fichtner, Iglesias Prat Arquitectos, Lanhmeyer
Empresas Constructoras:	Consortio Vial y Vives/Mena y Ovalle, Ocegtel, MBV, Asercop, MSL Patagonia, Emex, TSK y Turbomach, Schneider/ Areva/ Alusa
Dirección y Gestión del proyecto:	Joint ALMA Observatory (JAO).
Estrategia de ejecución:	DBB + CMa.
Empresa Arquitectura:	Kouvo & Partanen Architect.
Inicio del Proyecto:	Enero 2004.
Finalización del Proyecto:	Marzo 2013.
Costo real del proyecto:	USD \$1.400 millones.

Tabla 18: Ficha técnica proyecto ALMA.

Fuente Principal: Revista BIT 92. Cámara Chilena de la Construcción. (Septiembre 2013)

Una de las grandes particularidades del proyecto fueron los desafíos constructivos de la obra, los cuales se relacionaban con las complicaciones de los trabajadores para realizar labores en altura (altitud mayor a los 5.000 metros sobre el nivel del mar), y a las condiciones climáticas del lugar, donde existía una mínima presencia de humedad, alta velocidad del viento y altas oscilaciones térmicas diarias. Esto repercutió que los rendimientos de los trabajadores decrecieran en promedio un 50%, ya que se debían destinar mayores tiempos de descanso, y paralizaciones por adversas condiciones climáticas.

En este proyecto trabajaron más de 10 contratistas nacionales e internacionales dedicados a diferentes especialidades. Por lo mismo, el mandante correspondiente a la alianza integrada por NAOJ, ESO y NRAO-AUI definió a un equipo de especialistas para dirigir y gestionar cada una de las fases del proyecto, es decir, las fases de diseño, construcción, puesta en marcha y operación. Este equipo fue nombrado Joint ALMA Observatory (JAO).



Ilustración 3: Proyecto observatorio ALMA.

Fuente: Sitio web Alma Observatory: <http://www.almaobservatory.org/>

Proyecto Central Hidroeléctrica Angostura

El proyecto contempló el diseño y construcción de un embalse hidroeléctrico en una superficie de 641 hectáreas ubicado en las comunas de Santa Bárbara y de Quilaco en la Región del Biobío.

Nombre del proyecto:	Proyecto Central Hidroeléctrica Angostura.
Año obtención premio CBC:	2015.
Clasificación de la obra:	Industrial.
Mandante:	Colbún S.A.
Empresas de Ingeniería:	Arcadis (Ingeniería Básica y EIA), Ingendesa (Ingeniería de Detalles).
Empresas Constructoras:	Consorcio Impregilo-Fe Grande y Constructora Angostura (Obras civiles), Alstom (Equipamiento eléctrico mecánico), Consorcio Claro Vicuña Valenzuela-Compax (caminos y reposición) y Andritz Hydro (Equipamiento hidromecánico).
Administración de la Construcción:	Colbún S.A.
Estrategia de ejecución:	EPCM
Inicio del Proyecto:	Noviembre 2009.
Finalización del Proyecto:	Diciembre 2013.
Costo real del proyecto:	USD \$760 millones.

Tabla 19: Ficha técnica proyecto Central Hidroeléctrica Angostura.

Fuente Principal: Presentación CBC. Central Hidroeléctrica Angostura-Presentación. (2015).



Ilustración 4: Proyecto Central Hidroeléctrica angostura.

Fuente: Imágenes sitio web central angostura y Peri: <http://www.centralangostura.cl/> <http://www.peri.cl/>

El proyecto tiene la particularidad de haber sido adjudicado por el Estado de Chile mediante un contrato a concesión a la empresa Colbún por un plazo indefinido según el decreto N°8 publicado el 22 de Mayo del 2013 por el Ministerio de Energía, de tal forma que la obra fuera construida y operada por especialistas en la materia.

Proyecto Parque Fluvial Renato Poblete

Proyecto ejecutado en la comuna de Quinta Normal de Santiago, el cual corresponde a un parque recreativo que está localizado a un costado del Río Mapocho. Posee una extensión de 20 hectáreas con áreas verdes y una laguna artificial de 35.000 [m²] de 1,5 [m] de profundidad alimentado con aguas provenientes del Río Mapocho y controladas por compuertas que regulan el caudal de entrada y salida, además de permitir la sedimentación del material fino que acarrea.

Nombre del proyecto:	Proyecto Parque Fluvial Renato Poblete.
Año obtención premio CBC:	2016.
Clasificación de la obra:	Construcción.
Mandante:	Ministerio de Obras Públicas.
Empresa Arquitectura:	BOZA Arquitectos y Travieso Golf.
Empresas de Ingeniería:	CIDO Consult (proyecto cálculo estructural original), TECNOFORMA, Rodríguez y Goldsack Ltda., FDA Ingenieros.
Empresas Constructoras:	Brotec.
Inspección Fiscal:	Ministerio de Obras Públicas.
Estrategia de ejecución:	DBB + CMA.
Inicio del Proyecto:	2010.
Finalización del Proyecto:	2014.
Costo real del proyecto:	19.500 Millones de pesos (USD \$40 millones aprox.)

Tabla 20: Ficha Técnica proyecto Parque Fluvial Renato Poblete.

Fuente Principal: Revista BIT 102. Cámara Chilena de la Construcción (Mayo 2015)

El proyecto destaca por ser considerado una obra sustentable, ya que utiliza las aguas del río Mapocho como aguas de riego, lo que permite mantener el crecimiento de áreas verdes sin desperdiciar recursos adicionales.

Es importante destacar que previo a su construcción, este terreno era utilizado como un basural, por lo que se presentaron desafíos constructivos y de diseño que tenían relación con los rellenos existentes en la zona que se componían principalmente de escombros y que afectaban los parámetros de definición de las fundaciones de muros. Por otro lado, al momento de la construcción de las obras de salida y de entradas (que conectaban la laguna artificial con cierta tomas de agua desde el Río Mapocho) se tuvo que tener especial cuidado con la canalización y posibles crecidas de agua del Río Mapocho en la operación, ya que podían llegar a afectar las faenas de hormigonado que se estaban ejecutando.

En contraste a lo que ocurre en otro tipo de proyectos industriales o ligados a la minería, la labor ejercida por el equipo de arquitectos toma mayor relevancia en este tipo de obras, ya que se busca que el diseño arquitectónico sea armónico para los usuarios y por ende, los requisitos estéticos toman mayor importancia.

Por último, destacar que este proyecto se desarrolló mediante la estrategia de ejecución DBB. Adicionalmente se implementó la modalidad CMA en la fase constructiva ejercido por la inspección fiscal, y en la fase de diseño el CMA lo ejecutaron las empresas TECNOFORMA, Rodríguez y Goldsack Ltda., FDA Ingenieros que se encargaron de realizar las revisiones del proyecto de cálculo estructural original desarrollado por la empresa CIDO Consult.

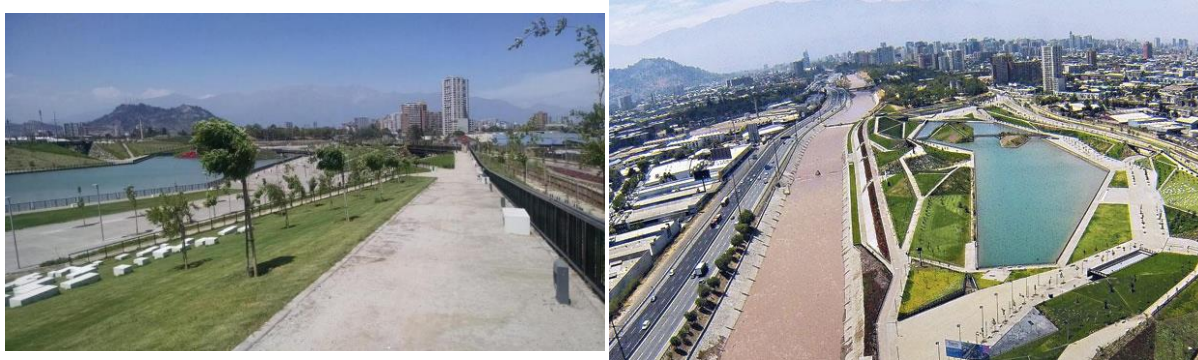


Ilustración 5: Proyecto Parque Fluvial Renato Poblete.

*Fuente: Sitio web Municipalidad de Quinta Normal y diario La tercera: <http://www.quintanormal.cl/>
<http://www.latercera.com/>*

Proyecto Centro de Innovación UC

Proyecto ejecutado en el campus de la Universidad Católica de Chile en la Comuna de San Joaquín, Santiago. El edificio posee una superficie construida de 9.323 [m²] distribuida en 11 pisos y tres subterráneos. Destaca además por ser considerado un edificio sustentable por sus altos estándares de eficiencia energética. Por otro lado, el proyecto fue galardonado con el *Premio al diseño del año 2015*, otorgado por el *Museo de Diseño de Londres*.

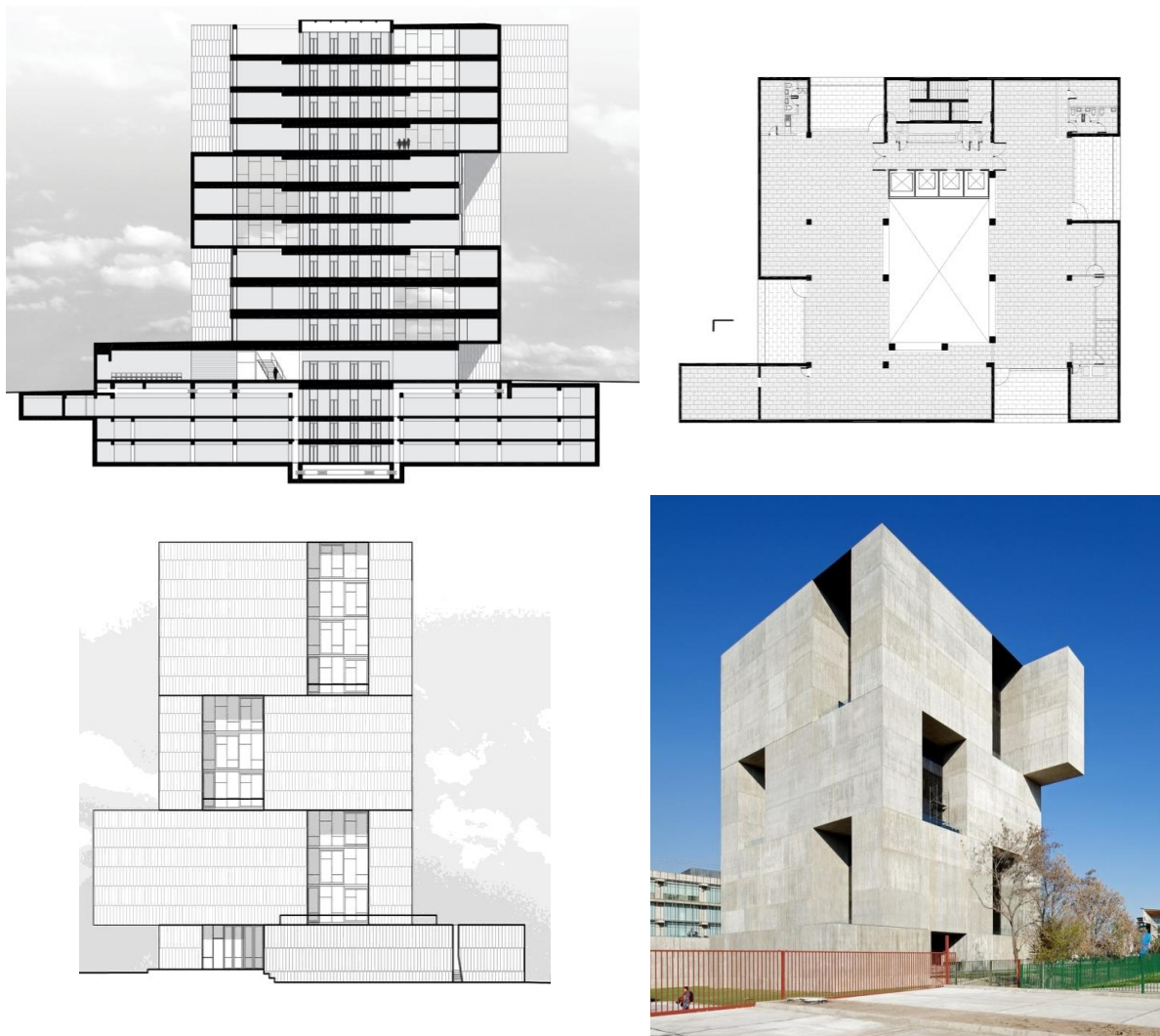


Ilustración 6: Planos de arquitectura proyecto Centro Innovación UC Anacleto Angelini.

Fuente: Sitio web Plataforma arquitectura <http://www.plataformaarquitectura.cl/>

Destacar que gran parte del edificio fue construido de hormigón armado, dejando atrás la tendencia a fachadas de vidrio que es comúnmente usado en edificios en altura. La razón de esto último fue en gran medida evitar el efecto invernadero del vidrio que produce aumentos de temperatura interior del edificio.

Nombre del proyecto:	Proyecto Centro de Innovación UC Anacleto Angelini.
Año obtención premio CBC:	2016.
Clasificación de la obra:	Tecnología y Comunicación.
Mandante:	Pontificia Universidad Católica de Chile.
Empresa Arquitectura:	Alejandro Aravena Arquitectos.
Empresas de Ingeniería:	Sirve S.A.
Empresas Constructoras:	Serinco.
Inspección Técnica:	Decon UC.
Estrategia de ejecución:	DBB + CMA.
Inicio del Proyecto:	2011.
Finalización del Proyecto:	2014.
Costo real del proyecto:	USD \$22 millones.

Tabla 21: Ficha técnica proyecto Centro Innovación UC Anacleto Angelini.
Fuente Principal: Revista BIT 87. Cámara Chilena de la Construcción (Noviembre 2012)

Para la definición del diseño arquitectónico de la obra, se realizó un concurso en el cual participaron diversas empresas. La ganadora fue *Alejandro Aravena Arquitectos*, la cual propuso un diseño que promueve el emprendimiento e innovación por medio de la creación de espacios internos que permiten compartir espacios de reunión tanto formales como informales, dejando en gran parte de lado espacios cerrados e individuales como generalmente ocurre en otro tipo de diseños por medio de oficinas seccionadas.

Proyecto Sierra Gorda

Proyecto desarrollado en la zona norte de Chile en la comuna de Sierra Gorda, Antofagasta. Ubicada a 1.700 metros de altura aproximadamente, la iniciativa es considerada como uno de los más grandes proyectos mineros del mundo, siendo esta planta la mayor productora de molibdeno con una vida útil aproximada de 23 años. Corresponde a una mina a cielo abierto de cobre y molibdeno, el proyecto considera su explotación para producir concentrado de molibdeno, concentrado de cobre, y cátodos de cobre.

En la etapa de Construcción de la obra se utilizaron más de 37.000 [ton] de acero estructural, 185.000 [m3] de hormigón y 22.000 [ton] de acero de refuerzo.



Ilustración 7: Proyecto Mina Sierra Gorda (yacimiento a cielo abierto y planta procesadora).

Fuente: Sitio web Sierra Gorda: <http://www.sgscom.cl/galeria.html>

Nombre del proyecto:	Proyecto Sierra Gorda SCM.
Clasificación de la obra:	Obra Minera.
Mandante:	Quadra FNX (55%) y Sumitomo Corporation (45%).
Empresas de Ingeniería:	Fluor.
Empresas Constructoras:	SalfaCorp.
Estrategia de ejecución:	EPCM.
Inicio del Proyecto:	2004.
Finalización del Proyecto:	2014.
Costo real del proyecto:	USD \$4.200 millones.

Tabla 22: Ficha Técnica proyecto Sierra Gorda SCM.

Fuente Principal: Sitio web Construcción Minera. Sierra Gorda SCM: Un nuevo actor (2015).

Debido a la magnitud del proyecto, se implementó la estrategia de ejecución EPCM pudiendo así ejecutar la Ingeniería y Construcción mediante una modalidad fast-track, siendo Fluor (la empresa que desarrolló la Ingeniería) la que se encargó de licitar la construcción de la obra por paquetes a diferentes contratistas especializados.

Proyecto Ministro Hales

Ministro Hales (antes conocido como Mansa Mina) corresponde a un yacimiento minero ubicado en la Región de Antofagasta, a 5 km al norte de Calama. El proyecto corresponde a la mayor inversión realizada en la historia de la empresa CODELCO el cual consideró tecnologías de punta a nivel mundial, lo que permite su operación con los mejores estándares de sustentabilidad. Permite la obtención de 50.000 toneladas de sulfuro de cobre al día, que son procesados en una planta concentradora independiente, comprendiendo los procesos de chancado primario, transporte en correas, acopio, molienda y flotación. Además contempla una planta de tostación de lecho fluidizado permite abatir el arsénico, lo cual mitiga su emisión y asegura el cumplimiento de las normas ambientales.

Nombre del proyecto:	Proyecto Ministro Hales.
Clasificación de la obra:	Obra Minera.
Mandante:	CODELCO.
Empresas de Ingeniería:	Hatch y JRI.
Empresas Constructoras:	SalfaCorp, Sigdo Koppers, Outotec, DSD – Echeverría Izquierdo, Montec, Icafal, Puga y Mujica, BBosch.
Dirección y gestión de proyecto:	Vicepresidencia de CODELCO.
Estrategia de ejecución:	EP + CMa
Inicio del Proyecto:	Septiembre 2010.
Finalización del Proyecto:	Diciembre 2013.
Costo real del proyecto:	USD \$3.100 millones.

Tabla 23: Ficha técnica proyecto Ministro Hales.

Fuente Principal: Sitio web Construcción Minera. Mina Ministro Hales: preparando el inicio de sus operaciones (2013).

Con respecto a la estrategia de ejecución utilizada, destacar que se realizó un contrato EP (Ingeniería y Gestión de Adquisiciones) con las empresas Hatch y JRI, y la Dirección de Proyecto y Administración de la Construcción quedó a cargo de la vicepresidencia de proyectos de CODELCO. Esta modalidad de ejecución corresponde a una variación de las estrategias estudiadas en esta memoria.

En relación al proceso constructivo, destacar que este comenzó con la fase de pre-stripping de la mina (que corresponde a la remoción del lastre o tierra virgen) en el año 2011. Este proceso constituyó el más grande efectuado a nivel mundial donde se removieron 228 millones de toneladas de material estéril.

Por último, en relación a los contratos de la fase constructiva, destacar que la vicepresidencia de proyectos de CODELCO licitó esta etapa dividiendo la construcción de la obra en diferentes paquetes que se adjudicaban mediante contratos diferentes. Definiendo contratos EPC para aquellos que servicios requerían suministro de tecnologías avanzadas.



Ilustración 8: proyecto Ministro Hales (molino de bola y vista aérea yacimiento).
Fuente: Sitio web Minería Chilena: <http://www.mch.cl/>

4.9.3. Proyectos exitosos y relación con principios de la estrategia IPD

A continuación se muestra una tabla comparativa de los diferentes proyectos exitosos analizados en la sección 4.9.2 con el fin de conocer el grado de adhesión de cada uno de estos a los principios y características más importantes de la estrategia de ejecución IPD. La fuente principal corresponde a la información obtenida en los antecedentes de los diferentes proyectos y a la interpretación del autor.

Proyecto	Respeto mutuo y confianza	Compartir beneficios / pérdidas	Toma de decisiones colaborativa	Inclusión temprana de equipos	Definición temprana de objetivos	Énfasis en planificación y diseño	Organización y Liderazgo	Contrato principal suscrito entre múltiples equipos
UCSF Mission Bay Medical Center	●	●	●	●	●	●	●	○
AEC Headquarters	●	●	●	●	●	●	●	●
Observatorio ALMA	●	S/I	S/I	●	●	●	●	○
Central Hidroeléctrica Angostura	●	S/I	S/I	S/I	●	●	●	○
Parque Fluvial Renato Poblete	●	S/I	S/I	S/I	●	●	●	○
Centro de Innovación UC	●	S/I	S/I	●	●	●	●	○
Sierra Gorda	●	S/I	●	●	●	●	●	○
Ministro Hales	●	S/I	●	●	●	●	●	○

- : Cumple con el principio o característica
- : No cumple con el principio o característica
- S/I : Sin información.

Tabla 24: Adhesión de proyectos exitosos a los principios y características de la estrategia IPD.
Fuente: *Elaboración propia.*

5. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1. RESULTADOS ENTREVISTA A EXPERTOS

La entrevista se estructura con un cuestionario de 16 preguntas de desarrollo y de selección múltiple que se aplica de manera presencial a un grupo seleccionado de 10 profesionales expertos en el área, estos profesionales se relacionan directamente con la dirección y desarrollo de grandes proyectos de Ingeniería y Construcción. La recolección de datos se llevó a cabo entre los meses de Septiembre y Noviembre del año 2016.

El Gráfico 3 muestra los años de experiencia como profesionales de los expertos entrevistados. Un 40% de ellos (4 expertos) posee entre 41 a 50 años de experiencia. El 30% (3 expertos) posee entre 21 a 30 años de experiencia. Finalmente, solo el 10% (1 experto) posee entre 10 a 20 años de experiencia.

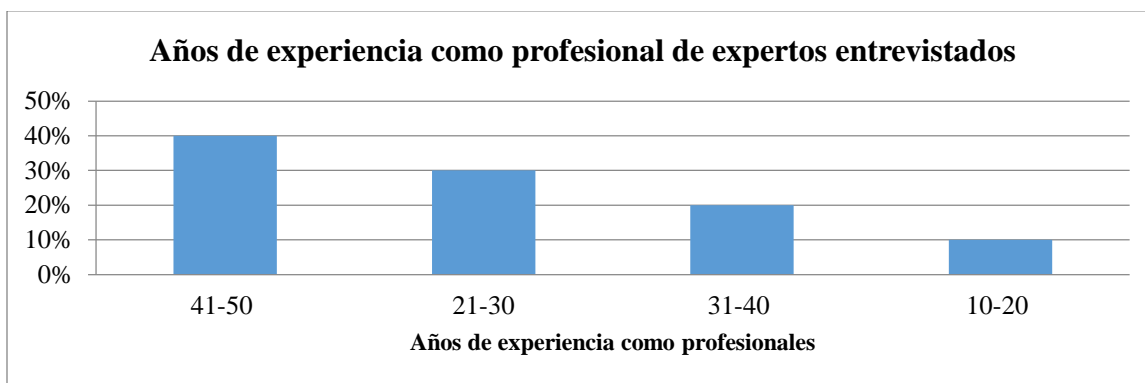


Gráfico 3: Años de experiencia como profesional de expertos entrevistados.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 4 muestra los diferentes tipos de proyectos en los cuales los expertos entrevistados poseen experiencia representativa. Destaca que un 80% tiene experiencia en proyectos industriales y solo un 10% afirma tener experiencia en proyectos de edificación. Es posible acceder al perfil detallado de cada experto en el anexo de esta memoria.

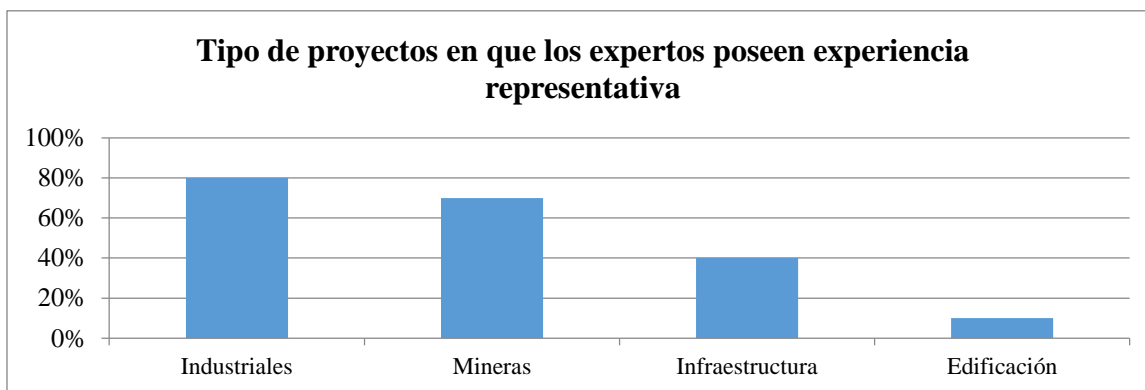


Gráfico 4: Tipos de proyectos en que los expertos poseen experiencia representativa.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 5 representa el nivel de conocimiento de los expertos entrevistados sobre las diferentes estrategias de ejecución proyectos que muestra la literatura, es así como se puede destacar que el 100% de los participantes indica que reconoce las estrategias EPC y EPCM, seguido por un 70% las estrategias DB y DBB, para continuar con CMc con un 60% y por último la estrategia IPD representado por el 20% de los entrevistados.

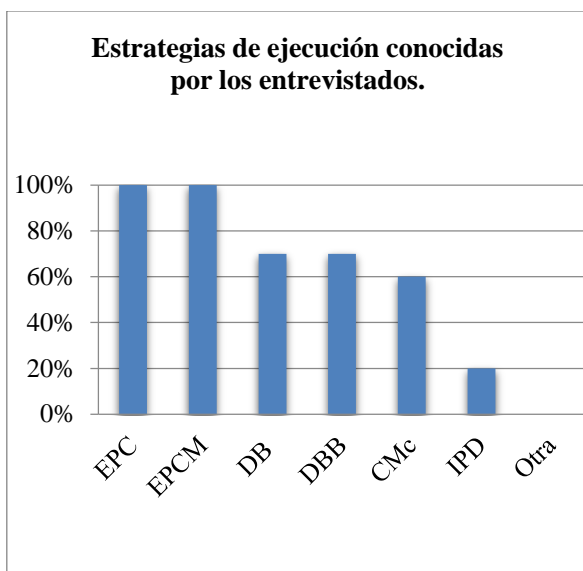


Gráfico 5: Estrategias de ejecución conocidas por los expertos.

Fuente: Elaboración propia.



Gráfico 6: Participantes considerados para la definición de la estrategia de ejecución del proyecto.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 6 representa los participantes que según los entrevistados deberían ser considerados para la definición de la estrategia de ejecución a utilizar en un proyecto. Se puede observar que el 100% de los entrevistados considera que el mandante debe formar parte de la definición, luego un 90% de los entrevistados consideran importante la participación de la empresa de Ingeniería, seguido por la empresa constructora con un 70%, y finalmente los participantes menos considerados en esta fase fueron las empresas consultoras, proveedores de grandes equipos operacionales, usuarios y arquitectos.

A continuación se encuentra representado el nivel de preferencia que poseen los entrevistados respecto a la elección de la estrategia de ejecución. Es así como se puede observar, que la primera preferencia corresponde a la estrategia EPC (56%), luego como segunda preferencia se encuentra la estrategia EPCM (45%), y como tercera preferencia de los entrevistados se encuentra la estrategia CMc. Cabe destacar que ninguno de los entrevistados seleccionó la estrategia IPD dentro de sus 3 primeras alternativas.

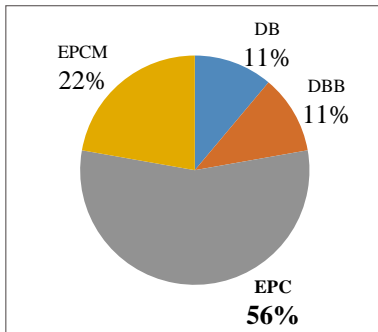


Gráfico 7: Estrategia a utilizar como primera preferencia.

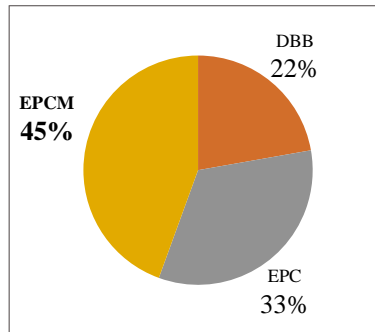


Gráfico 8: Estrategia a utilizar como segunda preferencia.

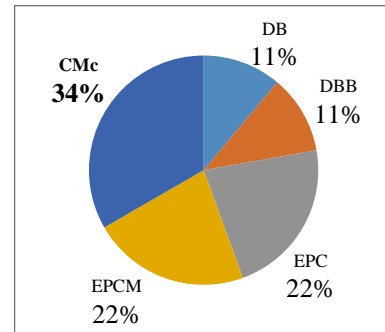


Gráfico 9: Estrategia a utilizar como tercera preferencia.

■ DB ■ DBB ■ EPC ■ EPCM ■ CMc ■ IPD

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 10 muestra la opinión de los expertos entrevistados sobre la etapa del proyecto en que se debe definir la estrategia de ejecución. El 100% de los entrevistados cree que esto debe ser realizado previo al comienzo de la Ingeniería Básica, el 60% considera que debe ser durante la etapa de estudio de factibilidad, seguido por un 30% que considera que debe ser en la etapa de Estudio de pre factibilidad y finalmente solo el 10% cree necesario realizar la definición en la etapa de estudio de Perfil.

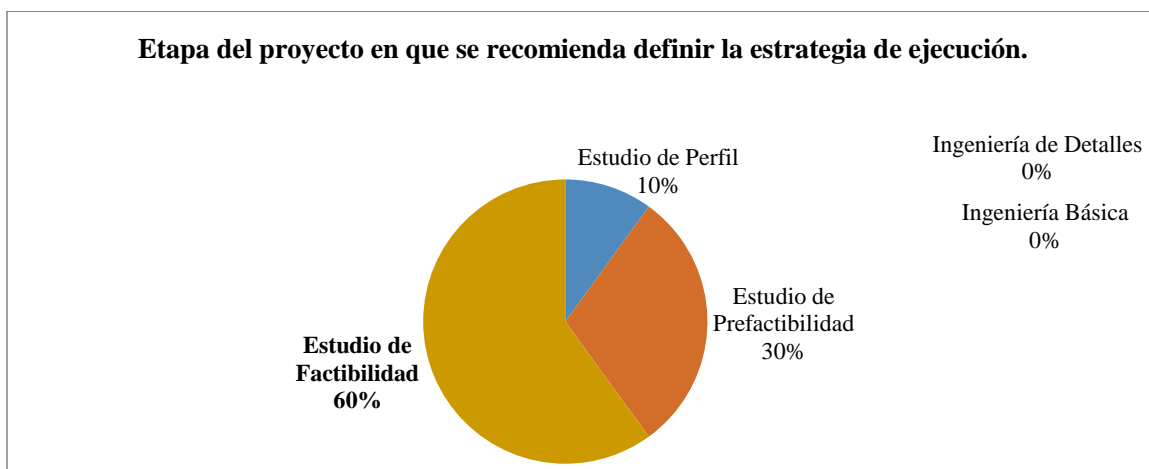


Gráfico 10: Etapa del proyecto en que se recomienda definir la estrategia de ejecución.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 11 muestra según la opinión de los entrevistados, los principales factores que definen la estrategia de ejecución a utilizar en un proyecto. Un 70% opina que el principal factor es la experiencia del mandante, un 60% de los encuestados cree que es el presupuesto disponible, el plazo de ejecución y el nivel de definición del alcance. Luego fueron considerados los desafíos técnicos con un 40% y finalmente el nivel de experiencia y disponibilidad de contratistas con un 20%.

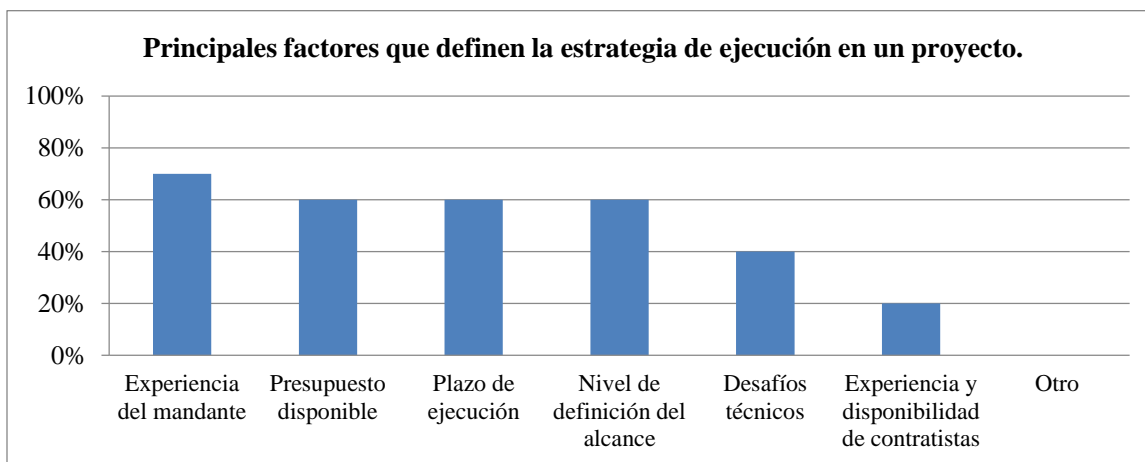


Gráfico 11: Principales factores que definen la estrategia de ejecución a utilizar en un proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 12 muestra según la opinión de los entrevistados, que estrategia de ejecución debe utilizarse en un megaproyecto (inversión mayor a los USD \$1.000 millones). El 50% considera que debe utilizarse la estrategia EPCM y la otra mitad considera que debe ser la estrategia EPC. Se observa que las demás estrategias no fueron seleccionadas por estos expertos.

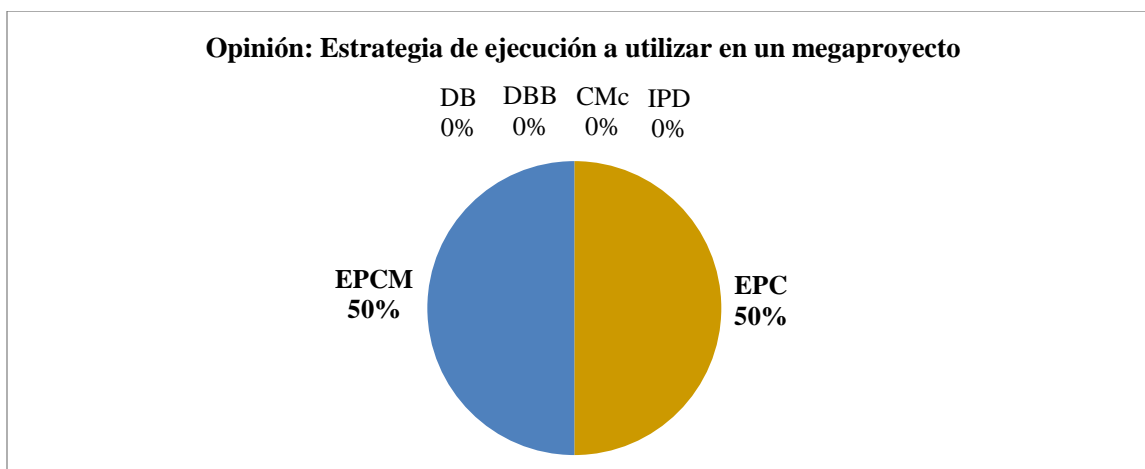


Gráfico 12: Estrategia de ejecución a utilizar en un megaproyecto.
Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes 8 gráficos muestran a opinión de los entrevistados, el grado de dificultad con que se podrían implementar cada uno de los principios que establece la estrategia de ejecución IPD.

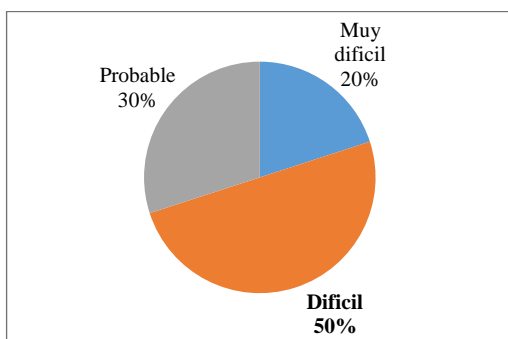


Gráfico 13: Beneficios mutuos y recompensas entre participantes primarios.

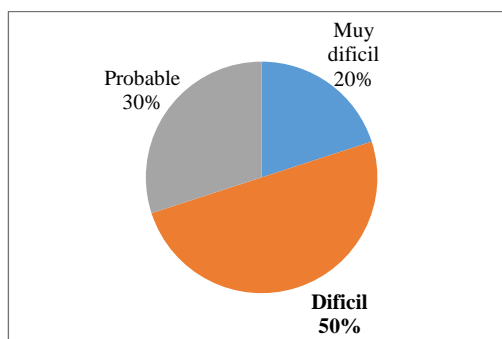


Gráfico 14: Toma de decisiones entre participantes primarios.

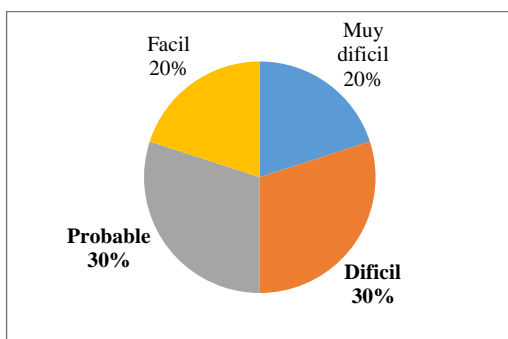


Gráfico 15: Inclusión de participantes primarios en etapa de diseño del proyecto.

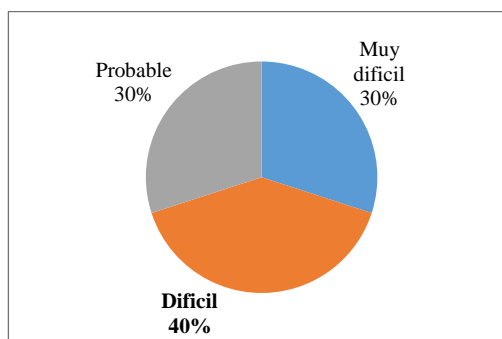


Gráfico 16: Definición de objetivos en común acuerdo entre los participantes primarios.

■ Muy difícil ■ Dificil ■ Probable ■ Fácil ■ Muy fácil

Fuente: Elaboración propia.

En relación a esto, el Gráfico 13 muestra que un 50% de los entrevistados opina que sería difícil que existieran beneficios mutuos y recompensas entre todos los participantes primarios, solo un 30% cree que esto sería probable. En cuanto a la implementación de toma de decisiones entre participantes primarios, el Gráfico 14 muestra que el 50% de los expertos cree que sería difícil que se lleve a cabo entre todos los participantes y el 20% lo cree muy difícil. Con respecto a la inclusión de los participantes primarios en las fases del diseño del proyecto, el Gráfico 15 muestra que un 30% de los expertos cree que sería difícil y otro 30% que sería probable, en cuanto a este aspecto, el 20% lo considera fácil, lo que permite inferir que esto ya se está aplicando en algunos proyectos. En relación a la definición de objetivos del proyecto en común acuerdo entre los participantes primarios, las opiniones son divididas, el Gráfico 16 muestra que el 40% de los entrevistados cree que implementar esto sería difícil, un 30% que sería muy difícil y otro 30% que sería probable. Destacar que en ninguno de estos 4 principios los entrevistados consideraron la opción que fuese muy fácil implementarlo, es más, la mayoría de las respuestas coinciden en que todas las situaciones serían difíciles o muy difíciles en su mayoría.

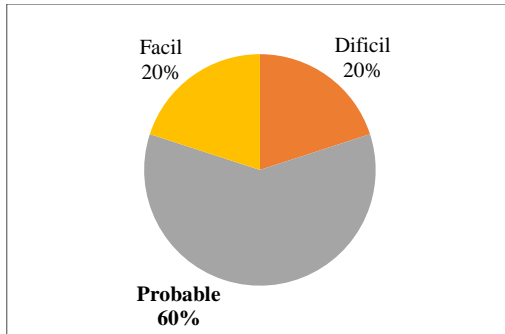


Gráfico 17: Dar énfasis en la planificación y diseño del proyecto.

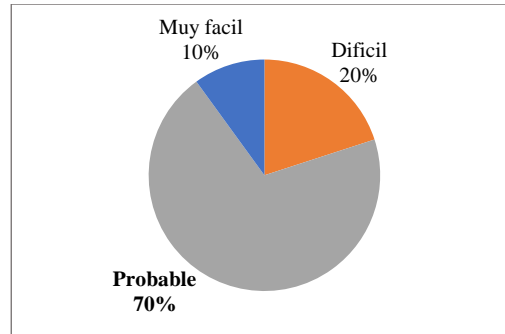


Gráfico 18: Comunicaciones directas y abiertas entre todos los participantes.

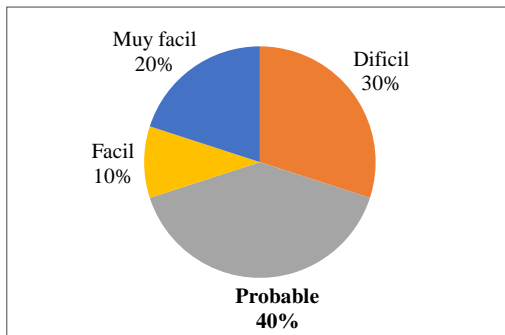


Gráfico 19: Utilización de un software común para el diseño de la obra.

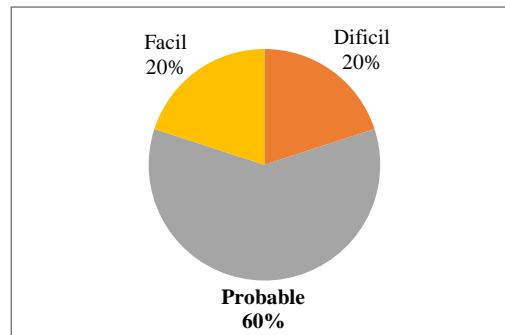


Gráfico 20: Dirección del proyecto compuesta por representantes de participantes primarios.

■ Muy difícil ■ Dificil ■ Probable ■ Fácil ■ Muy fácil

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos de esta página muestran los siguientes 4 principios de la estrategia IPD. En el Gráfico 17 se puede apreciar que un 60% considera probable que se pueda dar énfasis en la planificación y diseño del proyecto, pero existe un 20% que piensa que esto sería difícil, en contraste con el otro 20% que lo considera fácil, es decir, hay opiniones divididas. En el Gráfico 18, se puede observar que existe una gran mayoría que considera que sería posible que existan comunicaciones directas y abiertas entre todos los participantes primarios, solo el 20% lo considera difícil y un 10% muy difícil. En relación al Gráfico 19, este muestra el grado de dificultad en que se puede utilizar un software común para el diseño virtual de la obra que incluya los entregables ejecutados por las diferentes especialidades, el 40% de los entrevistados cree que esto sería probable, un 30% difícil, el 20% muy difícil y un 10% considera que esto sería fácil, en relación a lo último, algunos expertos enunciaron que la utilización de software de estas características ya se están implementando en grandes proyectos. Por último, el Gráfico 20 representa la opinión de los entrevistados sobre la posibilidad de que la Dirección de Proyecto esté compuesta por representantes de los participantes primarios, se muestra claramente que la mayoría piensa que esto es probable, un 20% que sería fácil y otro 20% difícil.

Para finalizar, el Gráfico 21 representa la opinión de los entrevistados con respecto a la aplicabilidad de la estrategia IPD en Chile. Hay un 70% de entrevistados que piensa que en Chile las empresas no se encuentran preparadas para llevar a cabo proyectos con los principios de la estrategia IPD, en contraste con el 30% que cree que esto si es posible pero debe existir un cambio cultural sobre cómo se llevan a cabo los diferentes procesos y actividades en un proyecto.



Gráfico 21. Preparación de empresas para ejecutar proyectos mediante estrategia IPD.
Fuente: Elaboración propia

5.2. RESULTADOS ENCUESTA A PROFESIONALES

La encuesta consiste en un cuestionario de 32 preguntas de selección múltiple. Este instrumento fue aplicado de manera online mediante la plataforma e-encuesta, a un grupo seleccionado de profesionales del área de la Ingeniería Civil. La recolección de datos se lleva a cabo en los meses de Septiembre a Noviembre del año 2016.

- **Antecedentes de los encuestados**

En el Gráfico 22 se ve representado el tipo de empresa en la cual trabajan los encuestados, 44 personas respondieron esta pregunta, de las cuales un 39% trabaja en Empresas de Ingeniería, luego un 16% trabaja en empresas constructoras o de Ingeniería y Construcción, seguido por un 14% de los encuestados que trabaja en Empresas consultoras y finalmente un 4% que se desempeña en Empresas de Inspección técnica. Existe un 11% de los encuestados, que trabaja en otras áreas diferentes a las consultadas en la encuesta.

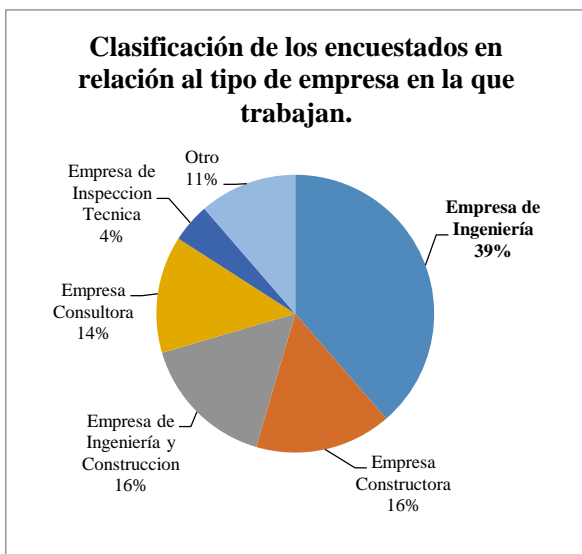


Gráfico 22: Empresa en la que trabaja el encuestado o que tiene experiencia representativa.

Fuente: Elaboración propia.

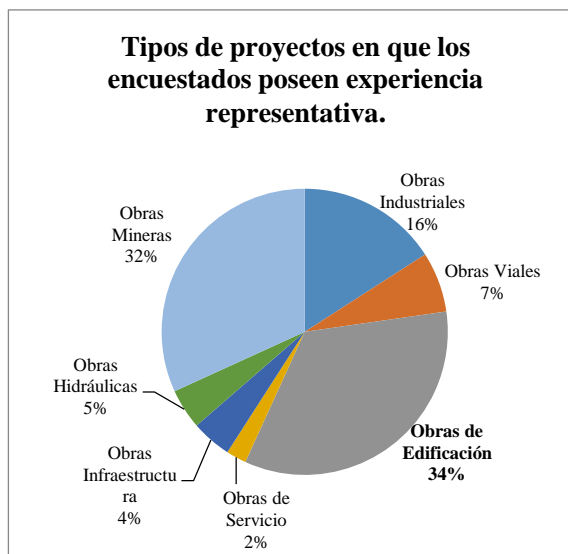


Gráfico 23: Tipo de proyecto en el cual los encuestados tienen experiencia representativa.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 23 muestra los tipos de proyectos en los cuales los encuestados indican que tienen mayor experiencia. Fueron consideradas en la encuesta 7 tipos de obras. Este ítem fue respondido por 44 personas, de ese total, la gran mayoría tiene experiencia representativa en obras de Edificación (34%) u obras Mineras (32%), luego se encuentran las obras Industriales (16%), las Viales (7%), para continuar con un menor número de encuestados que indicó que corresponde a Obras Hidráulicas (5%), finalmente Obras de infraestructura (4%) y obras de servicio (2%).

Por último, el Gráfico 24 representa las respuestas entregadas por los encuestados sobre la participación que han tenido en proyectos del ámbito público o privado, éste ítem fue respondido por 44 personas. Podemos observar que el mayor porcentaje ha participado en proyectos del Área Privada (82%), en comparación con los que han participado en el Área Pública (18%).

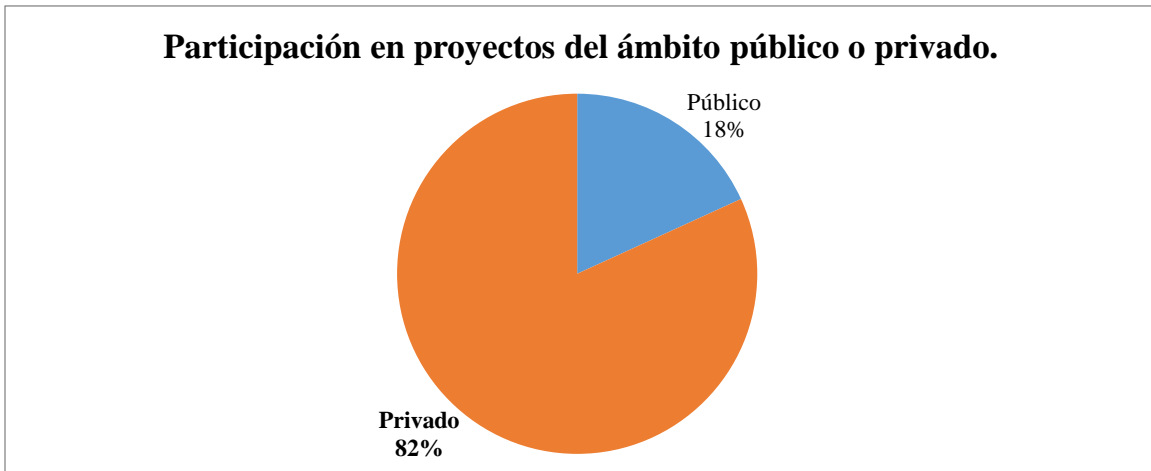


Gráfico 24: Ámbito en el cual los encuestados desempeñan su labor mayoritariamente.
Fuente: Elaboración propia.

- **Grado de conocimiento de los profesionales sobre las estrategias de ejecución de proyectos.**

El Gráfico 25 representa la cantidad de profesionales encuestados que ha participado en la etapa de definición de estrategias de ejecución. Esta pregunta fue contestada por 42 personas, de las cuales, un 52% refiere que si ha participado en esta etapa y un 48% indica que no ha participado.



Gráfico 25: Participación de los profesionales en etapas de definición de la estrategia de ejecución de un Proyecto.
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 26, representa la opinión de los encuestados, en relación al grado de conocimiento de las diferentes estrategias de ejecución de proyectos. Como se puede observar, las estrategias más conocidas son EPCM (64%) y EPC (60%), continuando por la estrategia DB (31%), DBB (26%), IPD (14%) y finalmente la estrategia CMc (12%). Cabe destacar que existe un porcentaje no menor de encuestados, que no conoce ninguna de las estrategias de ejecución.

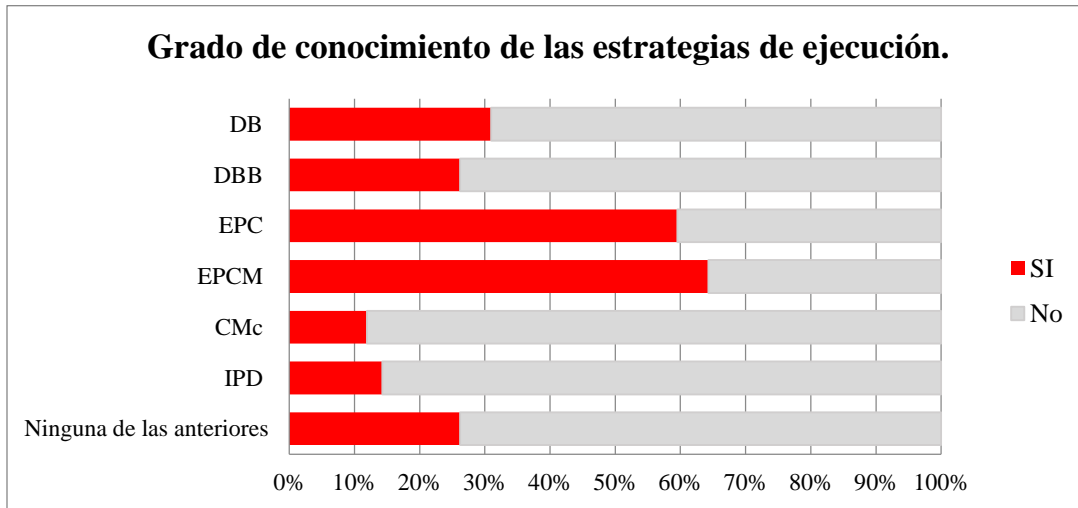


Gráfico 26: Conocimiento de los profesionales sobre las estrategias de ejecución de proyectos.
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 27 representa la opinión de 42 profesionales sobre las estrategias de ejecución que han sido escogidas por las empresas donde trabajan. Se puede observar que gran parte de las empresas han utilizado las estrategias EPC (28%) y EPCM (27%) lo que coincide con su nivel de conocimiento sobre las diferentes estrategias. Luego la estrategia DBB (13%), seguido por DB (11%) y por último CMc (5%). Ninguno de los encuestados, indica la utilización la estrategia IPD por parte de su empresa y un 16% de los encuestados afirma que no se habría utilizado ninguna de las estrategias nombradas.

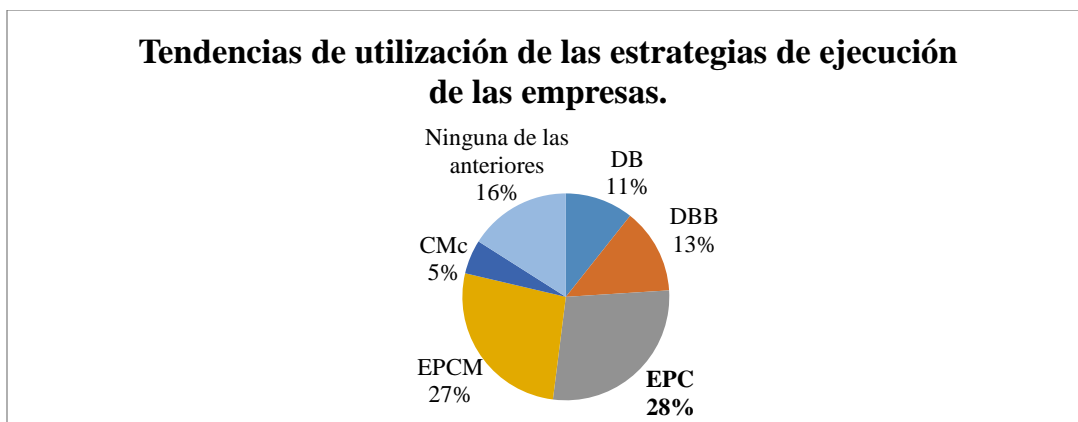


Gráfico 27: Tendencias de utilización de estrategias de ejecución por las empresas de los encuestados.
Fuente: Elaboración propia.

- **Opinión sobre las estrategias de ejecución de proyectos**

El Gráfico 28 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal ventaja de la estrategia de ejecución DBB. Se obtuvieron 29 respuestas en éste ítem. Un 31% cree que la principal ventaja es que la licitación de la construcción (realizada una vez terminada la Ingeniería de Detalles) es altamente competitiva entre diferentes empresas constructoras. Luego un 24% cree que en general el desarrollo lineal de las 3 fases (Diseño-Licitación-Construcción) es más fácil de administrar. El 21% de los encuestados cree que la principal ventaja es que DBB constituye una estrategia aplicable a todo tipo de proyectos, conocida y comúnmente utilizada por los profesionales.

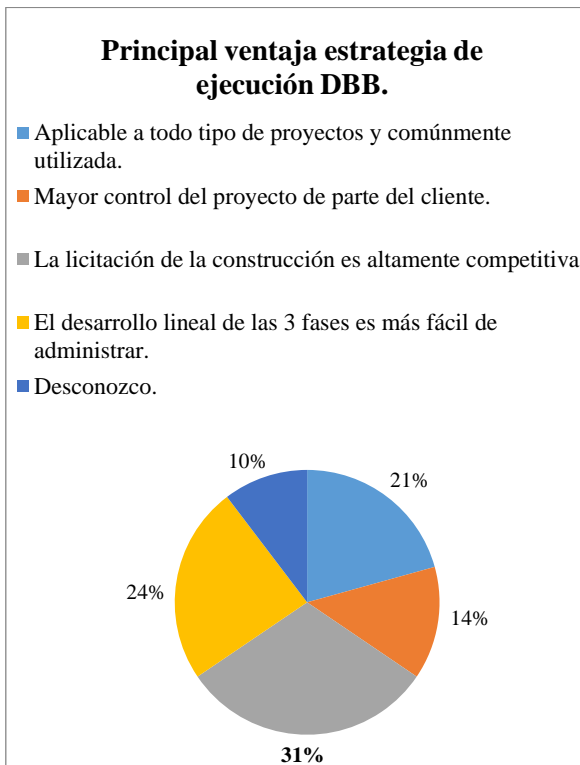


Gráfico 28: Principal ventaja estrategia de ejecución DBB.

Fuente: Elaboración propia.

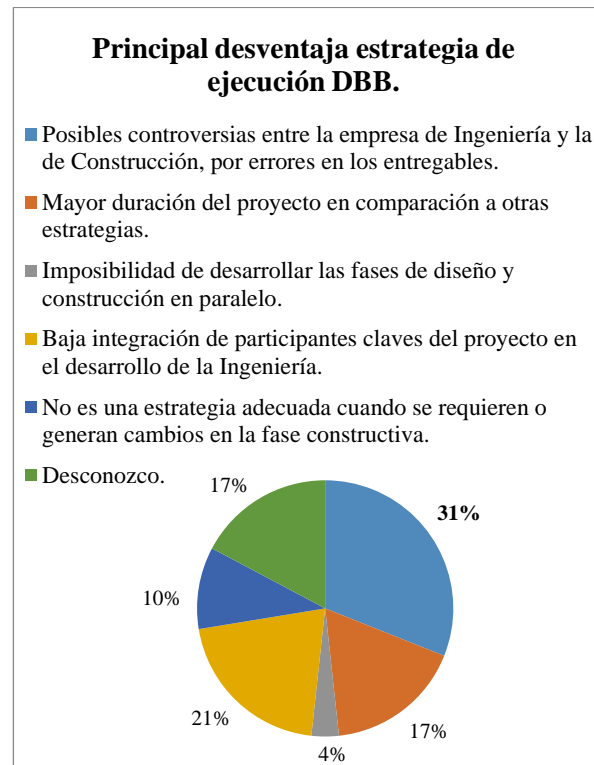


Gráfico 29: Principal desventaja estrategia de ejecución DBB.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 29 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal desventaja de la estrategia de ejecución DBB. Se obtuvieron 29 respuestas en éste ítem. Un 31% de los encuestados piensa que la principal desventaja serían las posibles controversias entre la empresa de Ingeniería y la de Construcción, debido a errores en los entregables que se traducen en atrasos y sobrecostos. Luego un 21% piensa que sería la baja integración de participantes claves del proyecto en la etapa de desarrollo de Ingeniería. Un 17% coincide que la principal desventaja es que el proyecto puede tener una mayor duración comparado a otras estrategias ya que el diseño debe estar completo para realizar la licitación y posterior construcción de la obra. Existe un 17% de los encuestados que indica que desconoce cuál sería la principal desventaja de esta estrategia.

El Gráfico 30 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal ventaja de la estrategia de ejecución DB. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. Un 36% de los encuestados considera que la principal ventaja sería que existe solo un contratista que se encarga del diseño y construcción de la obra lo que en general disminuye las controversias durante el proyecto. Un 29% opina que sería la posible integración de la opinión de la empresa constructora en la fase de Ingeniería permite generar un diseño más eficiente y óptimo. Un 21% cree que la ventaja es que se podrían ejecutar proyectos con una mayor rapidez ya que no es necesaria la finalización de la fase de Ingeniería para comenzar con la construcción. El 14% afirma desconocer cuál es la principal ventaja de la estrategia DB.

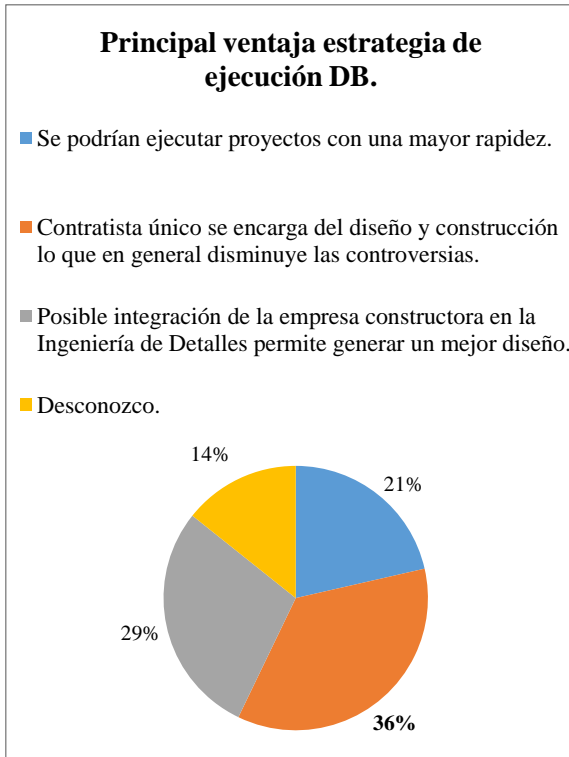


Gráfico 30: Principal ventaja estrategia de ejecución DB.

Fuente: Elaboración propia.

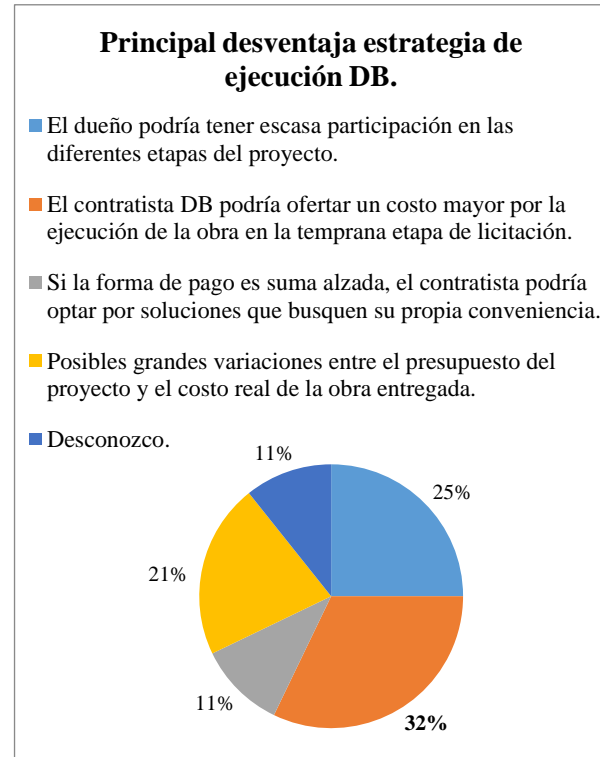


Gráfico 31: Principal desventaja estrategia de ejecución DB.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 31 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal desventaja de la estrategia de ejecución DB. Es posible observar que el 32% opina que la principal desventaja es que el contratista DB, al asumir mayores riesgos en la ejecución del proyecto, podría ofertar un costo mayor por la ejecución de la obra en la etapa de licitación. Un 25% cree que el dueño podría tener escasa participación en las diferentes etapas del proyecto y muchas veces los resultados podrían no cumplir sus expectativas. El 21% de los encuestados opina que la temprana adjudicación del contrato podría tener como resultado que existan grandes variaciones entre el presupuesto del proyecto y el costo real de la obra. Y por último el 11% cree que en caso que la forma de pago sea a suma alzada, el contratista podría optar por soluciones de diseño y constructivas que sean más convenientes para sí mismo. Otro 11% desconoce la principal desventaja de ésta estrategia.

El Gráfico 32 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal ventaja de la estrategia de ejecución CMc. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. La gran mayoría (43%) piensa que la principal ventaja es que el equipo CMc supervisa y controla los entregables de la Empresa de Ingeniería lo que permitiría tener menos errores y optimizar la fase constructiva. Un 18% desconoce las ventajas de esta estrategia de ejecución. Un 14% opina que existiría un mayor control del proyecto de parte del mandante, por último, un 7% cree que la principal ventaja es que el equipo CMc participa de las principales decisiones relacionadas en el diseño y se encarga que los entregables estén orientados a la construcción.

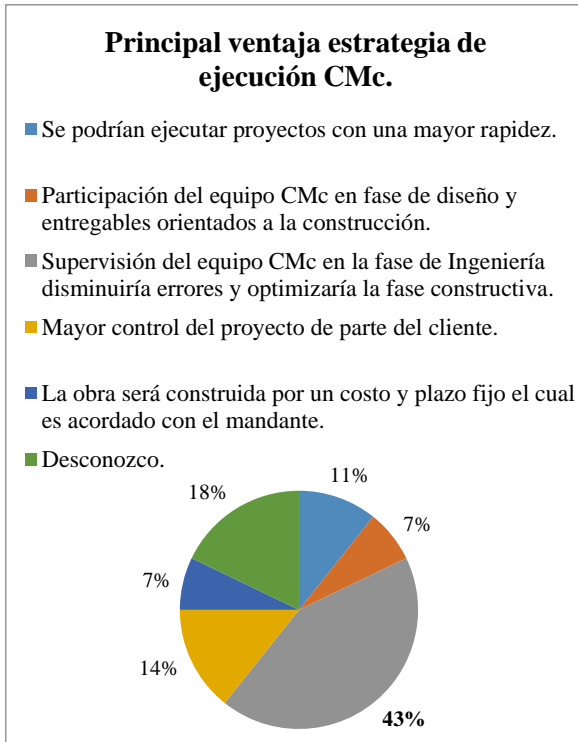


Gráfico 32: Principal ventaja estrategia ejecución CMc.
Fuente: Elaboración propia.

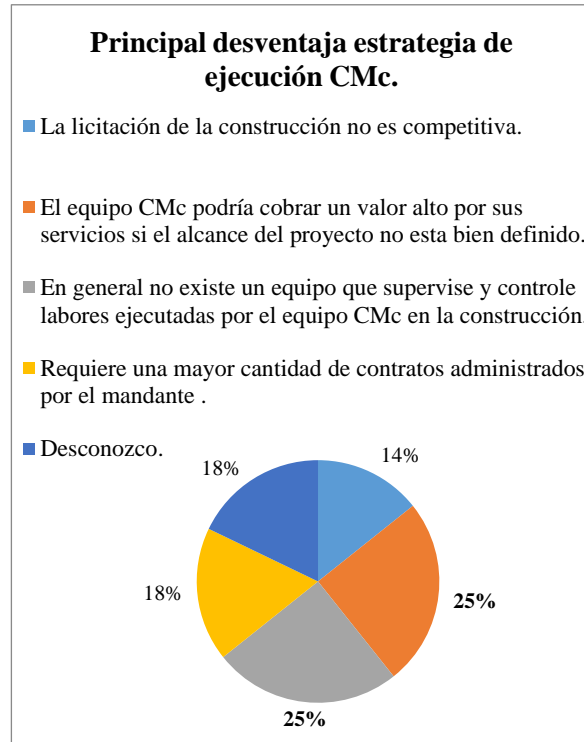


Gráfico 33: Principal desventaja estrategia CMc.
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 33 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal desventaja de la estrategia de ejecución CMc. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. Un 25% cree que la principal desventaja sería que el equipo CMc podría cobrar un valor alto al mandante por sus servicios en caso que el alcance del proyecto no esté bien definido en el momento de la negociación y otro 25% piensa que la principal desventaja es que la supervisión y control de las labores ejecutadas en fases de diseño no están presente en la fase constructiva, ya que es el mismo equipo CMc el que construye. Luego, un 18% opina que la estrategia CMc requiere una mayor cantidad de contratos que deben ser administrados por el mandante en comparación a otras estrategias de ejecución. Un 14% opina que la licitación de la construcción no es competitiva ya que el valor y forma de pago del contrato se negocia entre el mandante y el contratista CMc directamente. Existe otro 18% que desconoce cuál sería la principal desventaja de ésta estrategia.

El Gráfico 34 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal ventaja de la estrategia de ejecución EPC. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. Se destaca que un 50% de los encuestados que piensa que la principal ventaja sería que existe un contratista único que se encarga del diseño, administración de las adquisiciones y construcción de la obra lo que en general disminuye las controversias durante el proyecto. Luego un 29% cree que la principal ventaja sería que se podrían ejecutar proyectos con una mayor rapidez ya que no es necesaria la finalización de la Ingeniería de Detalles para comenzar con la construcción. Un 14% de los encuestados dice desconocer cuál sería la principal ventaja de esta estrategia.

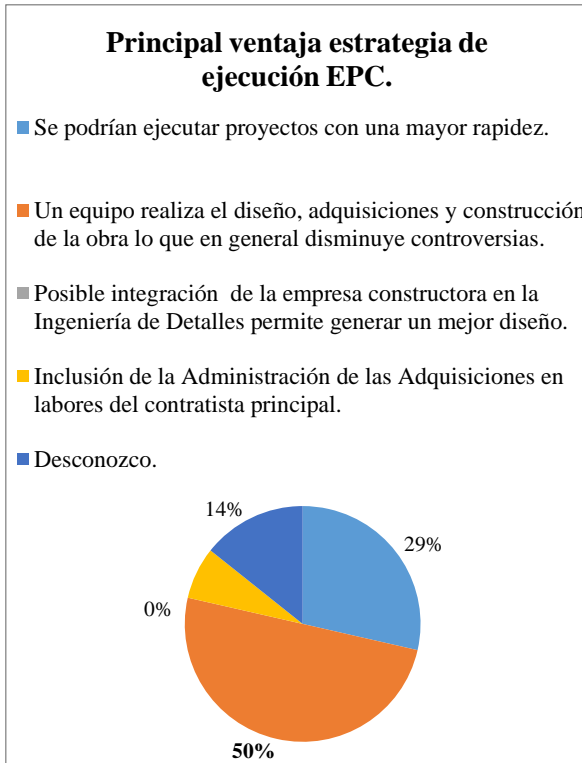


Gráfico 34: Principal ventaja estrategia EPC.
Fuente: Elaboración propia.

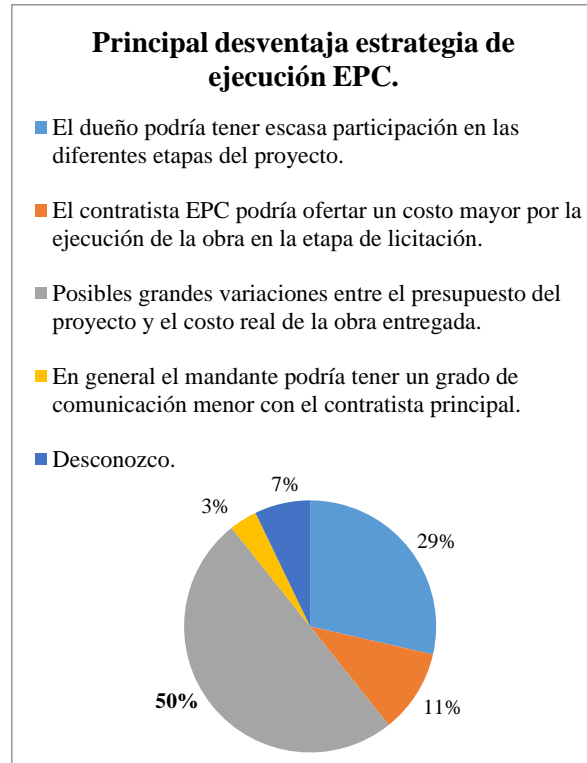


Gráfico 35: Principal desventaja estrategia de ejecución EPC.
Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 35 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal desventaja de la estrategia de ejecución EPC. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. La mitad de los encuestados piensa que la principal desventaja sería que la temprana adjudicación del contrato podría tener como resultado que existan grandes variaciones entre el presupuesto del proyecto y el costo real de la obra. Luego un 29% cree que el dueño podría tener escasa participación en las diferentes etapas del proyecto y muchas veces los resultados podrían no cumplir sus expectativas. Solo un 3% opina que en general el mandante tiene un grado de comunicación menor con el contratista principal comparado a otras estrategias de ejecución. El otro 7% dice desconocer cuál sería la principal desventaja.

El Gráfico 36 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal ventaja de la estrategia de ejecución EPCM. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. El 39% de los encuestados opina que la principal ventaja es que el equipo EPCM se encarga de la Ingeniería de Detalles y de la Administración de la Construcción, por lo tanto, los entregables del diseño estarían orientados a la fase constructiva. Luego un 25% cree que la licitación de la construcción (realizada una vez terminada la Ingeniería de Detalles) es altamente competitiva entre diferentes empresas constructoras y es liderada por especialistas. Luego un 18% piensa que el equipo EPCM supervisa y controla las labores realizadas por la Empresa Constructora, lo que permitiría asegurar la calidad de la obra. Hay un 7% que cree que habría mayor control del proyecto de parte del cliente. Un 11% de los encuestados dice desconocer cuál sería la principal ventaja de esta estrategia.

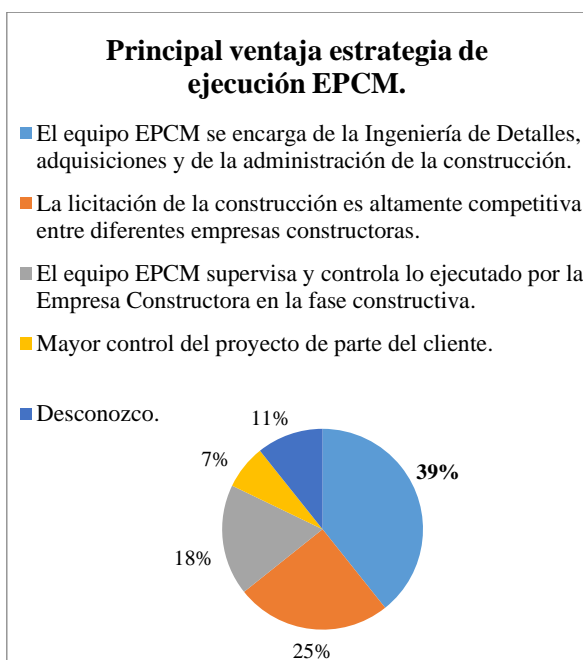


Gráfico 36: Principal ventaja estrategia de ejecución EPCM.

Fuente: Elaboración propia.

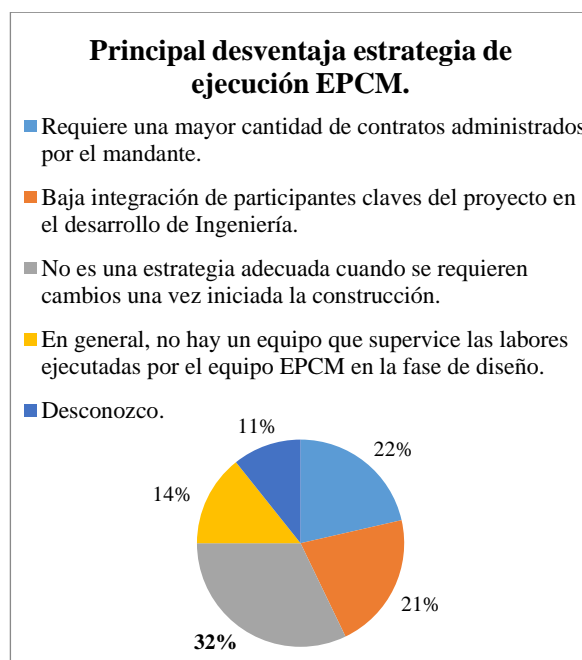


Gráfico 37: Principal desventaja estrategia de ejecución EPCM.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 37 muestra la opinión de los encuestados acerca de la principal desventaja de la estrategia de ejecución EPCM. Se obtuvieron 28 respuestas en éste ítem. Se puede observar que existe un 32% de los encuestados coinciden en que la principal desventaja sería que no es una estrategia adecuada cuando se requieren cambios una vez comenzada la construcción. Un 22% piensa que requiere una mayor cantidad de contratos que deben ser administrados por el mandante en comparación a otras estrategias de ejecución. Un 21% cree que hay una baja integración de participantes claves del proyecto en la etapa de desarrollo de Ingeniería. El 14% opina que la principal desventaja es que la supervisión y control de las labores ejecutadas en la fase de Construcción no están presentes en la fase de diseño, ya que es el mismo equipo EPCM el que realiza la Ingeniería de Detalles. Un 11% de los encuestados dice desconocer cuál sería la principal desventaja de esta estrategia.

El Gráfico 38 muestra 28 respuestas sobre la opinión de los encuestados acerca de la relación entre los atrasos en un proyecto y la estrategia de ejecución utilizada. Es posible apreciar que la mayoría de los encuestados cree que la relación entre atrasos en el proyecto y la estrategia de ejecución definida es alta. Un 25% de los encuestados opina que existe una mediana relación entre ambos parámetros. Y un 7% piensa que es baja. Por último, ninguno de los encuestados afirma que no existe relación.

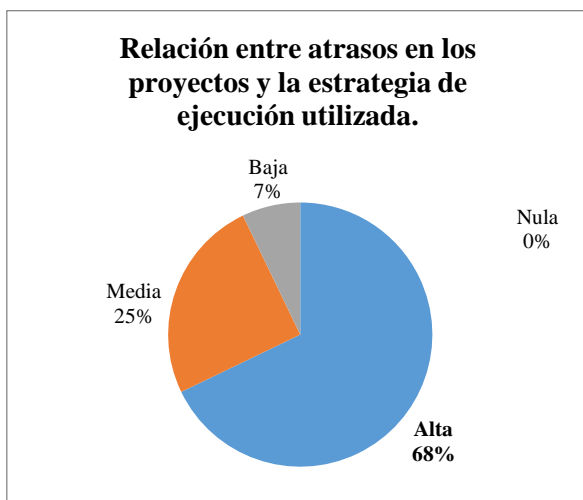


Gráfico 38: Relación entre atrasos en los proyectos y la estrategia de ejecución utilizada.

Fuente: Elaboración propia.

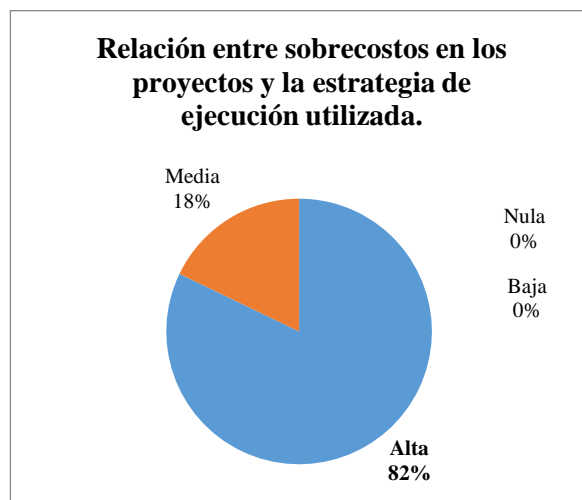


Gráfico 39: Relación entre sobrecostos en los proyectos y estrategia de ejecución utilizada.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 39 muestra 28 respuestas de encuestados, acerca de la relación entre los sobrecostos del proyecto y la estrategia de ejecución utilizada. Un 82% de los encuestados cree que existe una alta relación (82%) entre la generación de sobrecostos y la estrategia utilizada y un 18% que opina que habría una mediana relación entre estas variables. Destacar que ninguno de los encuestados piensa que no existe relación o que la relación es baja entre sobre costos en el proyecto y la estrategia de ejecución definida.

- **Situación actual de la estrategia de ejecución IPD y potencial aplicación.**

En los siguientes gráficos se ve representada la opinión de los profesionales acerca de la aplicabilidad de los principios de la estrategia IPD a proyectos que se desarrollan en Chile. Tal como muestra el Gráfico 40, un 47% de los entrevistados piensa que sería probable que existieran beneficios mutuos y recompensas entre todos los participantes primarios, un 39% piensa que esto sería difícil y un 14% cree que sería muy difícil. En cuanto a realización de la toma de decisiones del proyecto, el Gráfico 41 muestra que el 36% opina que sería difícil que se lleve a cabo entre todos los participantes primarios, el 29% lo cree muy difícil, solo el 21% afirma que sería probable. Con respecto a la inclusión de los participantes primarios en las fases del diseño del proyecto (Gráfico 42), un 53% está de acuerdo en que sería probable incluir a los principales actores, un 18% que sería difícil y un 18% lo considera fácil. En relación a la definición de objetivos en común acuerdo de los participantes primarios (Gráfico 43), el 39% afirma que sería probable, un 36% que sería difícil y otro 11% que sería muy difícil. En ninguna de estas 4 situaciones, los entrevistados consideraron la opción de que fuese muy fácil.

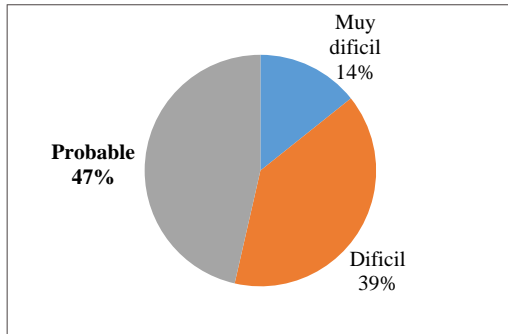


Gráfico 40: Beneficios mutuos y recompensas entre participantes primarios.

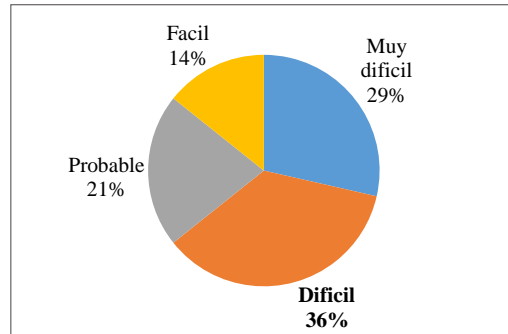


Gráfico 41: Toma de decisiones entre participantes primarios.

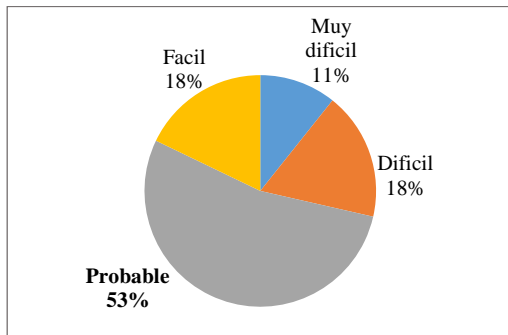


Gráfico 42: Inclusión de participantes primarios en etapa de diseño del proyecto.

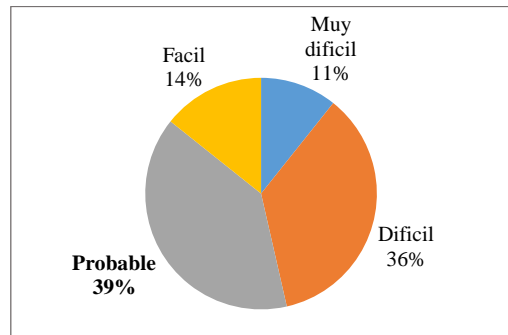


Gráfico 43: Definición de objetivos en común acuerdo entre los participantes primarios.

■ Muy difícil ■ Difícil ■ Probable ■ Fácil ■ Muy fácil

Fuente: Elaboración propia.

Los gráficos mostrados a continuación, muestran los siguientes 4 principios de la estrategia IPD. En el Gráfico 44, se puede observar que existe una gran dispersión en las respuestas ya que un 39% considera probable que se pueda dar énfasis en la planificación y diseño del proyecto, un 25% que piensa que sería difícil implementarlo, un 18% lo considera muy difícil, en contraste con el otro 18% que lo considera fácil. En el Gráfico 45, se puede observar que existe una gran mayoría que considera que es probable que existan comunicaciones directas y abiertas entre todos los participantes (53%), el 29% de los encuestados lo considera fácil de aplicar, un 7% difícil y un 11% muy difícil. En relación al Gráfico 46, que muestra la opinión respecto de la utilización de un software común para el diseño en la obra, el 50% de los entrevistados cree que sería probable, un 32% fácil y el 7% difícil. Por último, el Gráfico 47 representa la opinión de los entrevistados sobre la posibilidad de que la dirección del proyecto esté integrada por representantes de los participantes primarios, tal como muestra la figura, la gran mayoría de los profesionales piensa que esto es probable (50%), un 29% que sería difícil y otro 14% fácil.

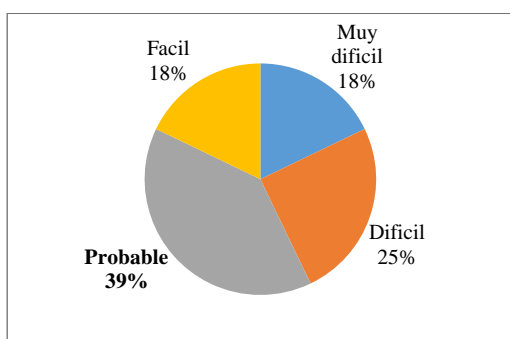


Gráfico 44: Dar énfasis en la planificación y diseño del proyecto.

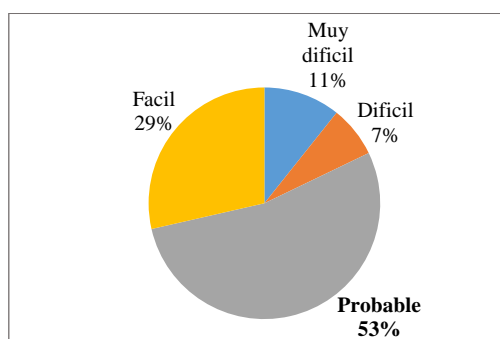


Gráfico 45: Comunicaciones directas y abiertas entre todos los participantes.

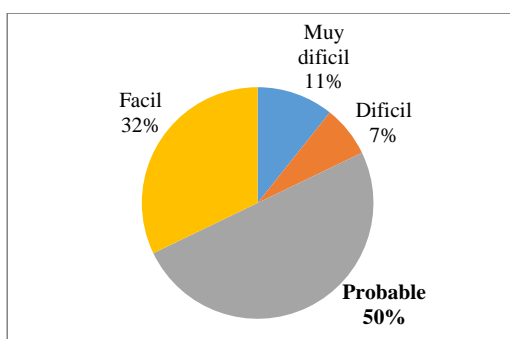


Gráfico 46: Utilización de un software común para el diseño de la obra.

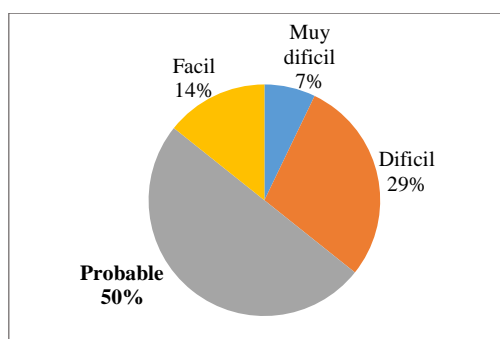


Gráfico 47: Dirección del proyecto compuesta por representantes de participantes primarios.

■ Muy difícil ■ Difícil ■ Probable ■ Fácil ■ Muy fácil

Fuente: Elaboración propia.

Los siguientes gráficos muestran la opinión de 28 profesionales sobre la metodología BIM:

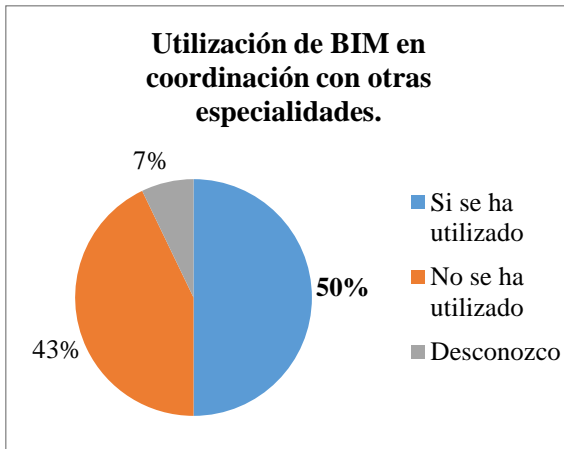


Gráfico 48: Utilización de BIM en coordinación con otras especialidades.

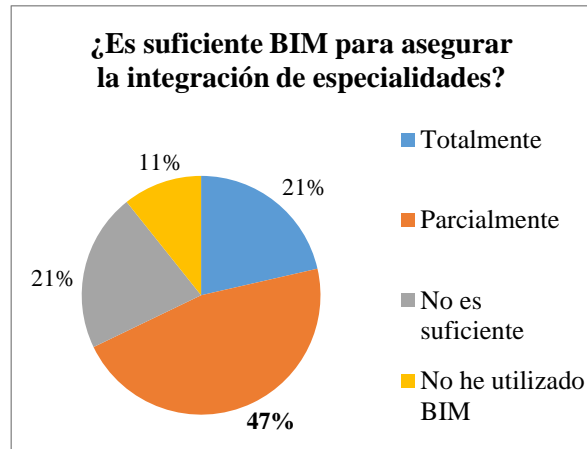


Gráfico 49: BIM e integración de especialidades.

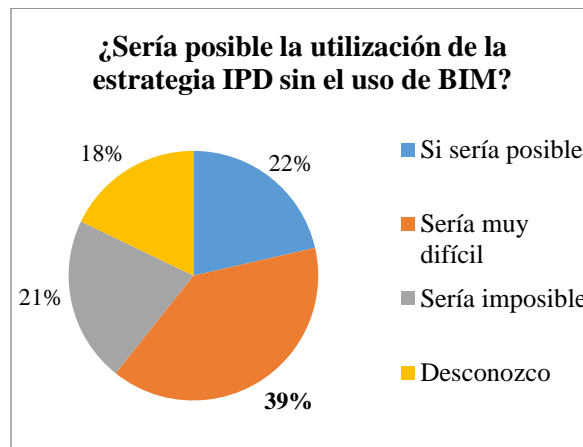


Gráfico 50: Uso de la estrategia IPD sin BIM.

Fuente: Elaboración propia.

El Gráfico 48 muestra la utilización de BIM en las empresas de los profesionales encuestados. El 50% refiere que si se ha utilizado, el 43% dice que no se ha utilizado y el otro 7% desconoce la situación.

Por otro lado, el Gráfico 49 muestra la opinión de los profesionales acerca de si la metodología BIM es suficiente para asegurar la integración de especialidades. Un 21% piensa que BIM es totalmente suficiente, esto se contrasta con un 21% que cree que no es suficiente BIM por sí solo. Un 47% declara que BIM asegura parcialmente la integración de especialidades, y por último, un 11% da cuenta que no ha utilizado BIM.

Por último, el Gráfico 50 muestra la opinión de los encuestados sobre si sería aplicable la estrategia IPD sin el uso del soporte BIM. Se puede observar que el 39% de los encuestados piensa que sería muy difícil, el 22% piensa que sería posible y un 18% refiere no desconocer la situación.

En el Gráfico 51, se ve representada la opinión de 28 encuestados con respecto a la aplicabilidad de la estrategia IPD en Chile. Un 68% de entrevistados que piensa que en Chile las empresas no se encuentran preparadas para llevar a cabo proyectos con la estrategia IPD, en contraste con el 32% que cree que esto si es posible.

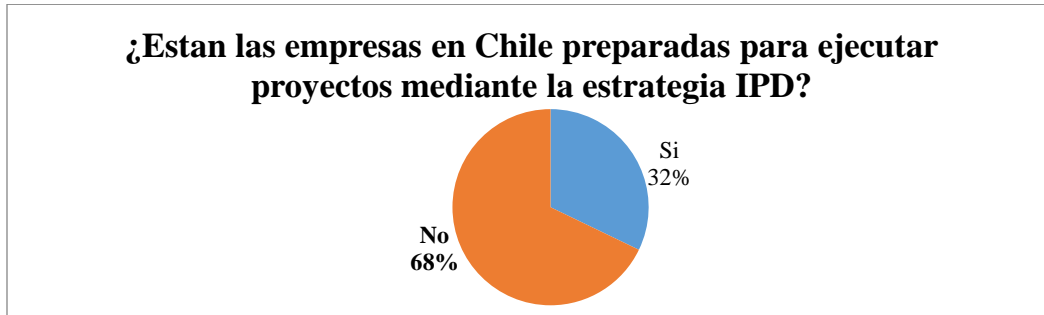


Gráfico 51: Aplicabilidad de la estrategia IPD en proyectos en Chile.
Fuente: Elaboración propia.

- **Opinión sobre proyecto Puente Chacao (en desarrollo).**

El Gráfico 52 muestra a opinión de los entrevistados el grado de relación entre los problemas ocurridos durante el desarrollo del proyecto Puente Chacao con la estrategia de ejecución definida. La gran mayoría considera que los problemas si tienen relación directa con la estrategia de ejecución (77%), el 15% opina que no tendría relación alguna y el 8% restante desconoce la situación. Por otro lado, el Gráfico 53 da cuenta de la estrategia de ejecución que debería haber sido utilizada (a opinión de los profesionales) para llevar a cabo este proyecto. En resumen, el 31% cree que se debiese haber definido la estrategia EPCM para este proyecto, seguido por la estrategia IPD con un 27% y luego la estrategia EPC (15%). Estas preguntas fueron contestadas por un total de 26 encuestados.

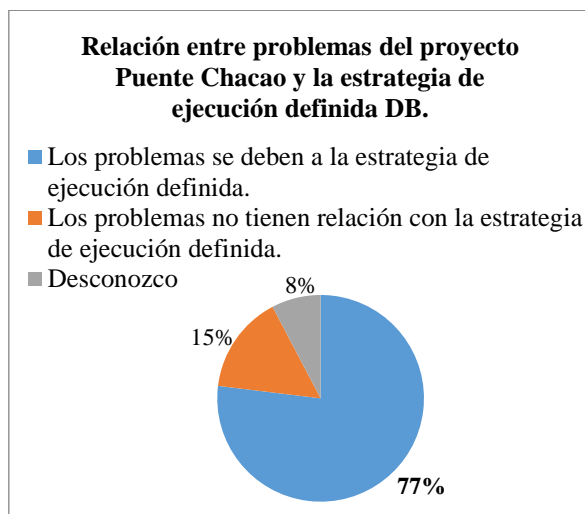


Gráfico 52: Relación entre problemas del proyecto Puente Chacao y la estrategia de ejecución DB.
Fuente: Elaboración propia.

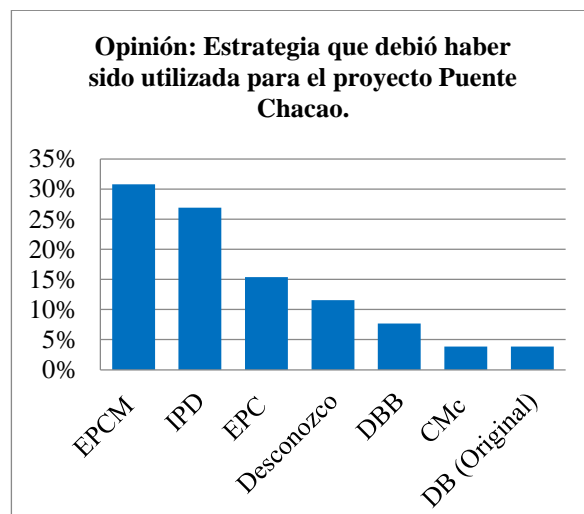


Gráfico 53: Estrategia de ejecución que debiese haber sido utilizada para el proyecto Puente Chacao.
Fuente: Elaboración propia.

- **Opinión sobre proyecto Puente Cau-Cau (en desarrollo).**

En el Gráfico 54 se ve representada la opinión de 26 profesionales acerca de la relación que existe entre los problemas del proyecto Puente Cau-Cau y la estrategia de ejecución DBB definida, el 81% coinciden en que los problemas están relacionados directamente con la estrategia de ejecución, en contraste solo el 11% que cree que no tendrían relación alguna.

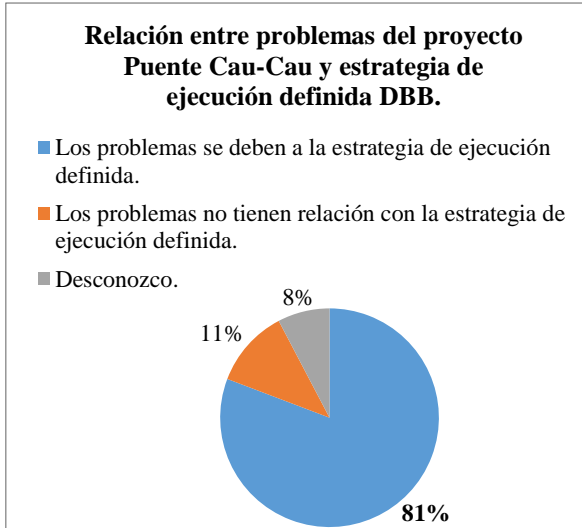


Gráfico 54: Relación entre problemas del proyecto Puente Cau-Cau y la estrategia de ejecución DBB.
Fuente: Elaboración propia.

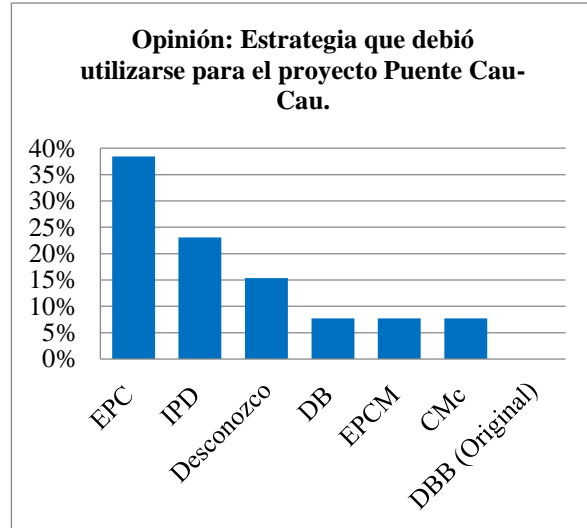


Gráfico 55: Estrategia de ejecución que debiese haber sido utilizada para el proyecto Puente Cau-Cau.
Fuente: Elaboración propia.

Además, el Gráfico 55 muestra a opinión de los encuestados que estrategia debiese haber sido definida para este proyecto. Un 38% opina que se debió haber definido la estrategia EPC seguido por un 23% que habría optado por la estrategia IPD.

- **Opinión sobre proyecto Tren Rancagua Express (en desarrollo).**

A continuación se muestra la opinión de 26 profesionales sobre el proyecto Tren Rancagua Express. El Gráfico 56 da cuenta que un 69% de los encuestados cree que los problemas de este proyecto están asociados a la estrategia de ejecución definida. Un 19% desconoce si están relacionadas ambas variables y un 12% afirma que no existe relación alguna entre ambas.

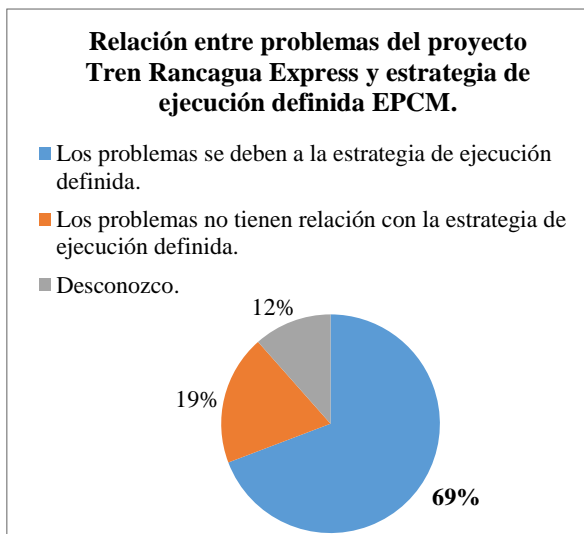


Gráfico 56: Relación entre problemas del proyecto Tren Rancagua Express y la estrategia de ejecución EPCM.
Fuente: Elaboración propia.

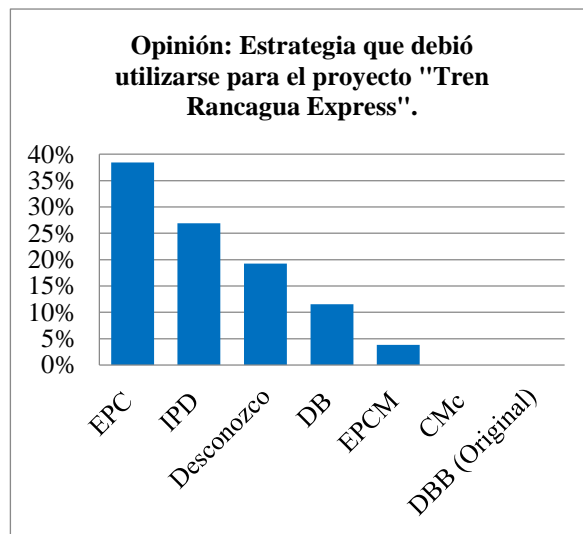


Gráfico 57: Estrategia de ejecución que debiese haber sido utilizada para el proyecto Tren Rancagua Express.
Fuente: Elaboración propia.

Por último, el Gráfico 57 muestra a opinión de los encuestados, que estrategia debió haberse utilizado en el proyecto Tren Rancagua Express. Un 38% considera que debió haberse utilizado la estrategia IPD en este proyecto. Un gran porcentaje (27%) de los encuestados refiere desconocer la situación y un 19% cree que los problemas no están relacionados con la estrategia de ejecución definida afirmando que utilizarían la misma estrategia EPCM definida originalmente para este proyecto.

5.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTRATEGIAS DE EJECUCIÓN DE PROYECTOS

5.3.1. Análisis de parámetros de evaluación

A continuación se muestran 10 parámetros de evaluación de las estrategias de ejecución analizadas en esta memoria de título. El resumen se ve representado de forma comparativa en la Tabla 25.

1. Tiempo de proceso de órdenes de cambio en fase constructiva.

Las fases de diseño y construcción de la obra, en el caso de las estrategias DB y EPC son realizadas en general por una única empresa, y en el caso de la estrategia IPD corresponde a un conjunto de empresas que trabajan como equipo. Por lo tanto, al existir una solicitud de orden de cambio en la fase constructiva, su tiempo de proceso se puede considerar menor en comparación a las demás estrategias ya que esta solicitud se maneja internamente (previa aprobación del equipo del dueño) lo que hace más rápida su resolución. En el caso de las estrategias DBB y CMc, el tiempo de proceso comparado con las demás estrategias de ejecución puede ser considerado mayor, ya que en ambas estrategias el mandante establece 2 contratos diferentes con una empresa de Ingeniería y una empresa constructora, entonces, la empresa de Ingeniería al finalizar el diseño tiene escasa participación en la fase constructiva y en caso de existir órdenes de cambio, se debe contactar y reunir al equipo de Ingeniería para que estudie dichos cambios y plantee una solución (lo que no es inmediato), posteriormente, la empresa constructora con el mandante deben analizar la repercusión en el presupuesto aprobado en la licitación lo que demora tiempo. En el caso de la estrategia EPCM, el mandante establece contratos diferentes con una empresa de Ingeniería y muchas empresas constructoras. La principal diferencia es que una vez finalizada la Ingeniería de Detalles, la misma empresa se encarga de realizar la administración de la fase constructiva actuando como representante del mandante y en caso de existir una orden de cambio, su tiempo de proceso se puede considerar promedio.

2. Solicitud de información entre diferentes contratistas.

Las fases de diseño y construcción de la obra, en el caso de las estrategias DB y EPC son realizadas en general por una única empresa, y en el caso de la estrategia IPD corresponde a un conjunto de empresas que trabajan como equipo, por lo tanto, la solicitud de información entre diferentes contratistas se puede considerar menor. Por otro lado, en el caso de las estrategias CMc y EPCM, la solicitud de información entre diferentes contratistas se puede considerar promedio en comparación con las demás estrategias ya que en ambas modalidades existe un equipo que se encarga de la administración de las fases de diseño y construcción respectivamente. Esta integración permite una mayor comprensión del proyecto por parte de los diferentes contratistas y genera una menor solicitud de información. Por otro lado, en el caso de la estrategia DBB, la solicitud de información puede ser considerada mayor, ya que la inclusión de la empresa constructora en la fase Inversional se produce una vez que el diseño está finalizado y aprobado de parte del

mandante, lo que puede significar que exista una mayor necesidad de la empresa constructora de solicitar información o realizar aclaraciones al diseño.

3. Porcentaje de pérdidas de material de construcción.

Este parámetro fue evaluado en relación a la constructabilidad. Esto se logra incorporando la opinión de especialistas de la construcción en la fase de diseño. Uno de los beneficios corresponde a la optimización de materiales, y de planificar y diseñar la fase constructiva de tal forma que la construcción se realice con menores pérdidas de materiales de construcción.

En las estrategias de ejecución DB, EPC, CMc e IPD existe una mayor posibilidad de incorporar la opinión y aprobación de la empresa constructora en la fase de diseño de tal forma de aplicar la constructabilidad y que el porcentaje de pérdidas de material de construcción sea menor. En el caso de las estrategias EPCM y DBB, el porcentaje de pérdidas de material se puede considerar promedio en comparación a las demás estrategias ya que la selección de la empresa constructora se define una vez que el diseño de la obra está próximo a su finalización (EPCM) o ya ha finalizado (DBB).

Es importante destacar que este parámetro se analiza en términos generales en relación a la participación de la empresa constructora en la etapa de Ingeniería de Detalles del proyecto, no excluyendo que las empresas de Ingeniería puedan tener profesionales especialistas que analicen la constructabilidad en forma independiente.

4. Facilidad de realizar cambios al diseño una vez iniciada la construcción.

En el caso de las estrategias DBB y CMc, tal como fue mencionado en el capítulo 4, en la etapa de licitación del proyecto la empresa constructora realiza una oferta económica para adjudicarse la construcción de la obra. Esta propuesta es estudiada en base al diseño definido por la empresa de Ingeniería durante la etapa de Ingeniería de Detalles. En relación a esto, se presenta una menor facilidad de realizar cambios al diseño una vez iniciada la construcción ya que para que esto ocurra, se debe volver a reunir y estudiar los cambios al diseño por la empresa de Ingeniería (que en ese entonces ya ha finalizado con gran parte del alcance de sus servicios), y luego habiendo aprobado los cambios, se debe volver a negociar el valor de contrato con la empresa constructora lo que resulta más demoroso y complejo para el equipo del dueño. Lo mismo ocurre con las estrategias DB y EPC, las que en general, se asocian a una forma de pago a suma alzada y la empresa de Ingeniería y Construcción debe cumplir con el alcance del proyecto por un monto fijo sin admitir cambios o modificaciones al proyecto.

Por otro lado, en el caso que el dueño defina la estrategia EPCM, la facilidad de realizar cambios al diseño se puede considerar promedio en comparación a las demás estrategias, ya que la empresa de Ingeniería sigue participando de la etapa constructiva realizando la Administración de la Construcción (como representante del mandante), por lo tanto, procesar cambios toma un menor tiempo en comparación al caso anterior. Por último, en la estrategia IPD, existe una mayor facilidad de realizar cambios en el diseño una vez

iniciada la construcción, ya que tiene la particularidad de que un solo equipo (conformado por empresas que ejecutan diferentes especialidades) desarrolla las diferentes etapas del proyecto, y los potenciales cambios se pueden manejar internamente en conjunto con el mandante que corresponde a un integrante más del IPD Team.

5. Plazo de ejecución del proyecto.

Las fases de diseño y construcción de la obra, en el caso de las estrategias DB y EPC son realizadas en general por una única empresa, y en el caso de la estrategia IPD corresponde a un conjunto de empresas que trabajan como equipo, por lo que el plazo de ejecución del proyecto se puede considerar menor ya que se puede dar comienzo a la fase constructiva aun cuando no ha finalizado la Ingeniería de Detalles (metodología fast-track) generando una reducción del tiempo total del proyecto.

Un plazo de ejecución promedio puede ser considerado para EPCM y CMc en comparación a las demás estrategias, ya que a pesar de que es posible superponer la Ingeniería de Detalles y la Construcción de la obra, se debe considerar un tiempo mayor para realizar las fases de licitación de la fase constructiva y administración de diferentes contratos. Por último, se puede considerar un plazo de ejecución mayor para la estrategia DBB (que se caracteriza por tener una estructura lineal y secuencial) siendo necesaria la finalización de la Ingeniería de Detalles para realizar la licitación del contratista principal y finalmente adjudicar el contrato para la construcción de la obra.

6. Probabilidad de atrasos en la entrega del proyecto.

Las fases de diseño y construcción de la obra, en el caso de las estrategias DB y EPC son realizadas en general por una única empresa, y en el caso de la estrategia IPD corresponde a un conjunto de empresas que trabajan como equipo. Por lo tanto, se puede considerar que la posibilidad de atrasos en la entrega de la obra es menor, ya que en la eventualidad que existan problemas, estos pueden ser resueltos internamente buscando soluciones inmediatas. Distinto a lo que ocurre en las estrategias EPCM y CMc, donde la probabilidad de atrasos en la entrega del proyecto se puede considerar promedio en relación a las demás estrategias, ya que la existencia de diferentes contratos y la participación de distintas empresas en la fase Inversional del proyecto, genera que al ocurrir errores o problemas en la ejecución del proyecto, se debe reunir a una mayor cantidad de empresas para estudiar soluciones y analizar como esto afecta a cada contratista. Por último, la posibilidad de atrasos en la entrega del proyecto para el caso de la estrategia de ejecución DBB es mayor, ya que su estructura secuencial y lineal (además de la presencia de una mayor cantidad de contratistas) significa que cada actividad se vuelva crítica y el atraso en una de las fases significa demorar más tiempo en el proyecto completo.

7. Cantidad de obras adicionales que se ejecutan en el desarrollo del proyecto.

Las obras adicionales corresponden a modificaciones que no fueron previstas en el alcance del proyecto original una vez que este fue aprobado. En el caso de las estrategias DB y EPC, se puede considerar que la cantidad de obras adicionales que se ejecutan a lo largo del ciclo de vida del proyecto es menor. En general, ambas estrategias están asociadas a una forma de pago a suma alzada donde la empresa de Ingeniería y Construcción debe cumplir con el alcance del proyecto por un valor fijo y conocido, por lo tanto, no debieran haber cambios o modificaciones en el desarrollo del proyecto.

En el caso de las estrategias IPD, EPCM y CMc, la cantidad de obras adicionales que se ejecutan en el desarrollo del proyecto se puede considerar mayor. En la estrategia IPD, el IPD Team busca cumplir con los objetivos que plantea el mandante y que son aceptados en común acuerdo por las empresas que forman parte del equipo de proyecto, por lo tanto, en la fase de Ingeniería de Detalles se realizan diferentes iteraciones al diseño de la obra de tal forma de encontrar la mejor solución en términos de los objetivos planteados en un inicio, generando una mayor posibilidad de definir obras adicionales y modificaciones durante la fase de Ingeniería en comparación al proyecto original. Un ejemplo corresponde al proyecto UCSF Mission Bay Medical Center, que luego de haber sido aprobado el diseño y presupuesto del proyecto por el mandante, durante la Ingeniería de Detalles se definieron obras adicionales y modificaciones al proyecto de tal forma de optimizar el diseño definitivo lo que finalmente se tradujo en ahorros cercanos a los USD \$200 millones.

En el caso de las estrategias EPCM y CMc, la cantidad de obras adicionales que se ejecutan en el desarrollo del proyecto puede también ser considerada alta ya que en general en ambas estrategias una mayor cantidad de empresas participan de la ejecución de la obra por lo que existe una mayor cantidad de contratos que deben ser administrados por el mandante (el cual tiene participación activa en el ciclo del vida del proyecto). Además es posible dar comienzo a la fase constructiva aun cuando no ha finalizado la Ingeniería de Detalles (metodología fast-track), por lo que se podrían presentar mayores indefiniciones.

Por último, en el caso de la estrategia DBB, la cantidad de obras adicionales puede ser considerada promedio en relación a las demás, ya que la realización de las etapas de Ingeniería de Detalles, Licitación y Construcción es secuencial y lineal, por lo que el equipo del mandante puede estudiar de mejor manera la propuesta y preparar la bases de licitación asegurándose que se cumplan los objetivos del proyecto y que el alcance este incluido previo al comienzo de la fase constructiva requiriendo menos modificaciones u obras adicionales.

8. Posibilidad de disminuir los costos del proyecto para el mandante.

El diseño de la obra corresponde a uno de los principales factores que determinan los costos reales del proyecto. Este parámetro se analiza considerando la posibilidad de generar cambios en el diseño de la obra principalmente en la etapa de Ingeniería de Detalles.

Las estrategias DB y EPC, debido a su forma de pago que en general es a suma alzada, presentan una menor posibilidad de realizar modificaciones y de esta forma, disminuir los costos del proyecto, ya que la empresa de Ingeniería y Construcción debe necesariamente cumplir con el alcance definido por un monto fijo establecido en un comienzo. Por otra parte, en general, las estrategias DBB, EPCM y CMc admiten modificaciones al proyecto, ya que el mandante mantiene una participación activa en las etapas de la fase pre-Inversional e Inversional y por lo tanto, puede establecer de mejor manera sus requisitos satisfaciendo sus expectativas sobre la obra. Debido a esto, la posibilidad de disminuir los costos del proyecto es promedio comparado con las demás estrategias. Por último, la estrategia IPD presenta una mayor posibilidad de realizar modificaciones al diseño en la etapa de Ingeniería de Detalles, ya que todos los participantes trabajan como equipo realizando diferentes iteraciones al diseño de tal forma de encontrar la mejor solución para cumplir con los objetivos establecidos. Un ejemplo de esto, es el caso del proyecto UCSF Medical center (analizado en el capítulo 4.9.1), en el cual se disminuyó el costo real del proyecto en 200 millones de dólares sobre el presupuesto aprobado de 1.500 millones de dólares.

9. Integración de los principales actores en la fase de diseño del proyecto.

Tal como fue descrito en el capítulo 4, una de las principales características de la estrategia IPD corresponde a la integración de los principales actores en la fase de diseño del proyecto lo que busca generar alianzas para trabajar como equipo durante las diferentes etapas del proyecto dando énfasis a la Ingeniería de Detalles. En el caso de las estrategias DB, EPC y CMc, la integración de los principales equipos se puede considerar promedio, ya que la empresa constructora tiene una alta participación en la Ingeniería de Detalles del proyecto, sin embargo, otros subcontratos importantes (Ingeniería mecánica, eléctrica, hidráulica, entre otros) en general no son incluidos de manera permanente y se definen una vez que el diseño es finalizado. Por último, en el caso de las estrategias DBB y EPCM, la etapa de Ingeniería de Detalles es generalmente desarrollada por la empresa de Ingeniería, por lo que la integración de los principales actores se puede considerar menor, ya que en esta fase no participa la empresa que realizará la construcción de la obra debido a que en ese momento aún no se realiza la licitación del contratista principal.

10. Participación del mandante en la fase Inversional del proyecto.

En el caso de IPD, la participación del mandante es mayor en comparación a otras estrategias, es más, los participantes primarios en general se componen de la empresa de Ingeniería, la empresa constructora y el equipo del dueño. Caso similar ocurre en la estrategia DBB, donde el mandante posee un mayor control de las etapas ya que es su

equipo el que contrata a la empresa de la Ingeniería para realizar el diseño de la obra, luego con los diferentes entregables de la fase de diseño, realiza la licitación de la construcción para adjudicar el contrato a la empresa constructora. En contraste, la participación del mandante en las estrategias EPC y DB es menor, ya que en este tipo de estrategia, el dueño se encarga de definir el alcance en la fase pre-Inversional del proyecto pero el control en la fase Inversional lo asume la empresa de Ingeniería y Construcción. Por último, la participación del mandante en la fase Inversional para las estrategias EPCM y CMc se puede considerar promedio, ya que es el dueño de proyecto el que debe administrar una mayor cantidad de contratos y participar de las diferentes licitaciones del proyecto.

5.3.2. Resultados del análisis comparativo

A continuación, se muestran los resultados del análisis comparativo de las diferentes estrategias de ejecución de proyectos. Esta tabla corresponde a una adaptación propia de la metodología propuesta por El Asmar Mouni (2013). Actualmente existen pocos antecedentes disponibles y falta una fuente de datos fidedigna de proyectos y sus gestores, por lo tanto, la siguiente tabla fue preparada con la información teórica y conceptual de las estrategias de ejecución y con los antecedentes de los proyectos estudiados. La comparación se realiza otorgando una calificación de acuerdo a la siguiente escala:

1. Mayor
2. Promedio
3. Menor

N°	Parámetro	DB	DBB	CMc	EPC	EPCM	IPD
1	Tiempo de proceso de órdenes de cambio en fase constructiva.	Menor	Mayor	Mayor	Menor	Promedio	Menor
2	Solicitud de información entre diferentes contratistas.	Menor	Mayor	Promedio	Menor	Promedio	Menor
3	Porcentaje de pérdidas de material de construcción.	Menor	Promedio	Menor	Menor	Promedio	Menor
4	Facilidad de realizar cambios al diseño una vez iniciada la construcción.	Menor	Menor	Menor	Menor	Promedio	Mayor
5	Plazo de ejecución del proyecto.	Menor	Mayor	Promedio	Menor	Promedio	Menor
6	Probabilidad de atrasos en la entrega del proyecto.	Menor	Mayor	Promedio	Menor	Promedio	Menor
7	Cantidad de obras adicionales que se ejecutan en el desarrollo del proyecto.	Menor	Promedio	Mayor	Menor	Mayor	Mayor
8	Posibilidad de disminuir los costos del proyecto para el mandante.	Menor	Promedio	Promedio	Menor	Promedio	Mayor
9	Integración de los principales actores en la fase de diseño del proyecto.	Promedio	Menor	Promedio	Promedio	Menor	Mayor
10	Participación del mandante en la fase Inversional del proyecto.	Menor	Mayor	Promedio	Menor	Promedio	Mayor

Tabla 25: Análisis comparativo de las diferentes estrategias de ejecución de proyectos.

Fuente: Elaboración propia.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones de esta memoria se pueden estructurar en 5 ámbitos principales:

6.1.1. Situación actual de la estrategia IPD en Chile

En relación al resultado de las entrevistas y encuestas, se aprecia que la estrategia IPD es poco conocida en el ambiente profesional, ya que de manera global, menos del 20% de los entrevistados y encuestados afirma conocer o haber escuchado sobre esta estrategia de ejecución. Es más, fue posible corroborar que parte de los profesionales afirma que implementar la estrategia IPD corresponde solo a integrar especialidades en el desarrollo de la fase de diseño (que en otras palabras es lo que establece BIM), y no consideran que la implementación de la estrategia IPD requiere una forma de trabajo diferente y que se relaciona con una estructura organizacional horizontal por medio de la creación de alianzas contractuales entre los principales actores, además de compartir riesgos y beneficios como equipo y también la búsqueda de la máxima eficiencia y sistematización en cada uno de los procesos por medio de los principios de la estrategia IPD.

Por otro lado, en el área académica, y teniendo como antecedentes estudios de profesores y estudiantes de Magister de la Pontificia Universidad Católica, en Chile diferentes publicaciones académicas evidencian que se está investigando la estrategia IPD en base a resultados de proyectos ejecutados principalmente en Estados Unidos.

6.1.2. Aplicabilidad de la estrategia IPD en Chile

De acuerdo a la investigación realizada en esta memoria de título y tomando en cuenta la opinión de los expertos entrevistados, gran parte de los profesionales se muestra de acuerdo con los principios de la estrategia IPD pero la mayoría coincide que en la actualidad sería difícil aplicar esta estrategia en Chile, existiendo diferentes razones que explican esta situación. Entre ellas se puede considerar que parte de los mandantes son muy conservadores en sus decisiones y no participan activamente en las diferentes etapas del ciclo de vida del proyecto delegando la responsabilidad en los contratistas principales, lo que muchas veces produce que la obra entregada no cumpla con sus expectativas. En ocasiones, los proyectos se desarrollan en un ambiente individualista donde cada equipo centra sus esfuerzos en cumplir con el alcance particular del trabajo asignado dejando como objetivo secundario el cumplimiento de los objetivos globales del proyecto. Otro factor que influye es la actitud confrontacional y la mentalidad de obtener el máximo beneficio por el mínimo esfuerzo que muestran algunas empresas, lo que atenta directamente al ambiente colaborativo y de confianza que plantea la estrategia IPD. Por último y más importante aún, es que a opinión de los expertos entrevistados, las competencias de los diferentes profesionales relacionadas a gestión y dirección de proyectos no siempre son las requeridas. En general, el círculo es muy cerrado y existen pocos profesionales con el conocimiento y la experiencia necesaria para dirigir grandes proyectos de

Ingeniería y Construcción en el país, lo que se contrasta con las grandes capacidades técnicas de los mismos profesionales.

Actualmente la estructura contractual de la estrategia IPD, sería mucho más aplicable en proyectos del ámbito privado que en proyectos del ámbito público. Esto debido a lo estricto del proceso de adjudicación en licitaciones que precede el Estado de Chile o el MOP, donde necesariamente se realizan invitaciones públicas y no se permite elección o negociaciones independientes con el objetivo de evitar conflictos de interés y generar una mayor transparencia. Salvo en ciertos casos específicos y particulares que se muestran en la Ley 19.886: *Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios* vigente hasta el año 2017.

Si bien la estrategia IPD sería difícil de aplicar en Chile, existen ciertas estrategias de ejecución como DB o EPC que permiten introducir ciertos principios de la estrategia IPD, entre los cuales se destaca la inclusión temprana de participantes claves del proyecto en fases de diseño. Esta integración se dificulta en estrategias como DBB, CMc o EPCM donde la selección de contratistas se realiza conforme avanzan las etapas del proyecto de manera lineal y segregada.

La principal diferencia entre las estrategias tradicionales y la estrategia IPD, radica en la fase en que se produce la integración de equipos de trabajo, ya que en las estrategias tradicionales su implementación ocurre en los inicios de la etapa Inversional, pero en el caso de la estrategia IPD, se espera que esta integración ocurra en la etapa pre-Inversional (al término de los estudios de Factibilidad y comienzo de la Ingeniería Básica).

6.1.3. Futuro de la estrategia IPD en Chile

Teniendo en consideración la opinión de los expertos, y como conclusión de esta memoria, debido a lo particular de la estructura de la estrategia IPD, su futuro podría estar ligado a obras de edificación, principalmente del tipo habitacional, donde se presentan las principales ventajas ya que es común que las mismas inmobiliarias (que actúan como mandantes del proyecto), trabajen con empresas constructoras y subcontratos, dirigidas por los mismos dueños que lideran proyectos. Esto generaría el ambiente propicio para implementar los diferentes principios y acuerdos contractuales de la estrategia IPD.

Por otra parte, considerando el estudio del Instituto de Ingenieros de Chile (2016) es posible concluir que los principales problemas que se presentan hoy en día en el desarrollo de proyectos de inversión de Ingeniería y Construcción en Chile no están asociados al tipo de estrategia de ejecución que se utiliza, sino a problemas externos que demoran la ejecución de diferentes proyectos. Ejemplos de estos factores son la alta influencia y oposición de la comunidad ante ciertos tipos de proyectos, demoras en procesos de aprobación de estudios medioambientales y la falta de financiamiento en proyectos que necesitan recursos públicos. Estas disputas públicas o sociales deben ser resueltas por la justicia lo que muchas veces demora años en su definición.

6.1.4. Posibles desventajas de la estrategia IPD

De acuerdo a la revisión bibliografía y al análisis realizado en esta memoria de título, es posible apreciar una serie de ventajas de la estrategia IPD por sobre las tradicionales, sin embargo, se concluyen posibles desventajas, problemas u obstáculos en su implementación.

La resistencia al cambio o inercia que en general presentan algunas empresas a adoptar nuevos modelos va en desmedro de los principios que propone la estrategia IPD. Si las empresas no están familiarizadas con esta forma de ejecución, podrían rehusarse a participar de proyectos con estas características.

Por otro lado, para poder implementar la estrategia IPD es necesario que exista confianza entre las empresas participantes, lo que no es inmediato, sobre todo si estas empresas no han trabajado previamente juntas. De otra manera las relaciones podrían volver a lo que típicamente ocurre en las estrategias tradicionales (ambiente individualista). Para fomentar el enfoque de trabajo en equipo y las relaciones colaborativas, es fundamental la labor de liderazgo que cumple la Dirección de Proyectos.

Otro problema tiene relación con el uso de BIM, ya que puede ocurrir que no todos los integrantes del IPD Team tengan suficiente experiencia y conocimiento en el manejo de esta tecnología. Esto puede ser solucionado con capacitaciones a los diferentes subcontratos.

Con respecto a la estructura contractual, formar acuerdos multipartidarios puede ser complejo, ya que es necesario que las empresas que conforman el IPD Team se pongan de acuerdo y que estén en conformidad con lo establecido sin afectar el ambiente colaborativos y de confianza.

Otra dificultad de esta estrategia, es poder definir una forma de pago correcta y que sea justa para todos los integrantes del IPD Team. A pesar de que muchas veces el IPD Team logra alcanzar los resultados esperados, existen ocasiones en que esto no se traduce en el éxito individual de cada uno de los participantes. Hay que considerar que uno de los principios de la estrategia es compartir riesgos y recompensas. Entonces es recomendable realizar un estudio previo a firmar el contrato como IPD Team de tal forma que la distribución sea justa en relación al cumplimiento de logros e hitos de avance. Si esto no es definido apropiadamente podría afectar la motivación y productividad de las empresas participantes.

Por último, la estructura contractual de la estrategia IPD es difícil de aplicar en proyectos del ámbito público, ya que en general, tanto la legislación de Chile como de Estados Unidos (país de publicación de la estrategia IPD por la AIA) no permiten contratos mediante estructuras integradas con múltiples participantes y tampoco fases de negociación entre el dueño/mandante y los oferentes, adjudicando el contrato al contratista que cumpla con la mejor oferta técnica y económica.

6.1.5. Aspectos generales sobre las estrategias de ejecución

De acuerdo a los antecedentes de los diferentes proyectos estudiados y en contraste con la información obtenida en diferentes publicaciones, fue posible apreciar que las principales estrategias de ejecución utilizadas en Chile por diferentes dueños de proyecto para obras industriales o mineras, corresponden a pequeñas variaciones de las estrategias EPC y EPCM. Gran parte de estas variaciones se ven influidas por las tendencias de utilización de grandes empresas internacionales, las cuales, en general ajustan las estrategias tradicionales a las capacidades y disponibilidad de contratistas en el mercado, a la cultura organizacional del país y a experiencias en proyectos similares ejecutados anteriormente. Por otro lado, mediante la entrevista a profesionales expertos se concluye que para obras industriales o mineras, la elección de las estrategias EPC y EPCM por sobre otras estrategias como DB, DBB y CMc se relaciona con la inclusión de la administración de las adquisiciones como tarea del contratista principal, lo que queda indefinido en las demás modalidades.

Del análisis de los antecedentes de más de 30 proyectos ejecutados en Chile (Tabla 7 a Tabla 15), se puede concluir que no existe un lenguaje común ni una forma clara de presentar la información por parte de los medios de comunicación o de los dueños de proyectos (en sus bases de licitación), respecto de las estrategias de ejecución que son utilizadas para el desarrollo de proyectos de Ingeniería y Construcción en el ámbito público o privado.

Para finalizar, en relación al estudio de los antecedentes de proyectos exitosos premiados por la CBC abordados en esta memoria específicamente en el capítulo 4.9, se puede concluir que no existiría una mejor estrategia de ejecución por sobre otra, sino más bien diferencias que se traducen en ventajas y desventajas ante ciertos escenarios. No obstante, existe el convencimiento de parte del autor, de los diferentes profesionales expertos entrevistados y de intérpretes importantes de diferentes estudios realizados en Chile como el extranjero, que las diferentes acciones de integración de especialidades en etapas de diseño del proyecto, la conformación de equipos de trabajo de alto desempeño que se mantengan a lo largo de todo el ciclo de vida del contrato y el establecimiento de beneficios mutuos y recompensas que incentiven el trabajo en equipo en una estructura organizacional horizontal, ayuda en forma considerable a aumentar las probabilidades de éxito del proyecto, aumentando la eficiencia en cada una de las fases mediante el trabajo en equipo.

6.2. RECOMENDACIONES

En relación al resultado de entrevistas y apoyado por la extensa revisión bibliográfica, se proponen las siguientes 4 recomendaciones:

6.2.1. Tipo de proyectos en que sería recomendable utilizar la estrategia IPD

La estrategia de ejecución IPD corresponde a una modalidad que incluye en forma temprana a los diferentes equipos de trabajo en la planificación y diseño de la obra para así obtener el mayor beneficio y encontrar en forma colaborativa e iterativa las mejores soluciones de diseño y constructivas, por lo tanto, esta estrategia es recomendable para proyectos complejos y de alta inversión en los cuales la definición del alcance se ha establecido de forma general y poco detallada, donde el mandante establece ciertos requisitos que debe cumplir la obra finalizada, pero que los estudios previos (estudio de Perfil, estudios de pre Factibilidad, estudios de Factibilidad) no le han permitido tener claridad en relación a como ejecutar la obra. Por lo mismo, para aplicar IPD, el mandante debe estar dispuesto a extender más allá de lo habitual la fase de diseño (teniendo en consideración los costos que esto conlleva en relación a estrategias tradicionales) y mediante acuerdos contractuales integrar a los principales actores a trabajar como equipo desde etapas pre-Inversionales en un ambiente donde prime la confianza y colaboración para encontrar las mejores soluciones de acuerdo a los objetivos del proyecto que plantea el mandante y teniendo claro que se obtienen beneficios o pérdidas de acuerdo al desempeño global.

6.2.2. Recomendación para la utilización de la estrategia IPD en proyectos en Chile

A juicio del autor y tomando en cuenta la opinión de los profesionales expertos, se puede afirmar que es necesario definir y realizar una adecuada gestión de cambios en las diferentes empresas que deseen participar de proyectos que implementen la estrategia de ejecución IPD, ya que se requiere un cambio de cultura y mentalidad acerca de la forma de afrontar las relaciones con los equipos que conforman el IPD Team, complementando la colaboración, confianza y trabajo en equipo para el proyecto completo entendiendo que los objetivos globales dan cuenta del éxito del proyecto.

Uno de los principales problemas de los proyectos de Ingeniería y Construcción, es que en general, las relaciones entre las diferentes empresas son deficientes y el trabajo se desarrolla de manera segregada entre los distintos equipos en cada etapa del proyecto, por lo que se debe invertir tiempo y recursos para generar la convicción de parte de los trabajadores sobre los beneficios que conlleva la ejecución de proyectos mediante la estrategia de ejecución IPD. Un ejemplo de esta situación, se ve representado en el proyecto UCSF Mission Bay Medical Center, el cual fue uno de los primeros proyectos ejecutados con la estrategia IPD en Estados Unidos y donde los participantes primarios (mandante, empresa de Ingeniería y empresa Constructora) decidieron incluir a la empresa *Lou Baindridge Consulting LLC* para trabajar en desarrollar habilidades de cooperación y apertura de dialogo buscando cohesionar a las diferentes empresas participantes.

6.2.3. Estrategia de ejecución IPD y aumento de la productividad en proyectos

De acuerdo a la CBC y la CCHC (Cámara Chilena de la Construcción) (2013), existe preocupación y descontento ya que la industria de la construcción sigue siendo una de las más bajas en materia de productividad y aún existen grandes desviaciones en plazos y costos en relación a su definición al inicio de los proyectos. Sería recomendable entonces implementar la estrategia IPD a los diferentes proyectos que se ejecuten para ahorrar costos en procesos de licitación y costos en supervisión. Además, como todos los actores trabajan en equipo se realizaría la etapa de diseño con una búsqueda iterativa y constante de mejores soluciones de acuerdo a los objetivos del proyecto. Por otro lado, puede existir un ahorro considerable de tiempo al disminuir el número de licitaciones, y la fase de diseño (apoyada con la utilización de BIM) permitiría poder programar la fase constructiva de la obra de una manera más eficiente, coordinando de mejor manera las actividades que desarrollan los subcontratos.

6.2.4. Recomendación para aplicar la estrategia IPD en proyectos del ámbito público en Chile

Tal como fue mencionado en las conclusiones de esta memoria de título, el marco legal dificulta la utilización de la estrategia IPD en proyectos públicos en Chile, no obstante, esta situación no sería impedimento para desarrollar la forma de trabajo de esta estrategia.

Un ejemplo exitoso corresponde al proyecto UCSF Mission Bay Medical Center de Estados Unidos (ver capítulo 4.9.1), en el cual el contrato principal fue firmado entre el mandante y la empresa constructora, y esta a su vez realizó contratos independientes con cada subcontrato excluyendo la estructura integrada entre múltiples participantes, lo que coincide con la forma tradicional, sin embargo, la diferencia radica en que prevalecieron los principios básicos de la estrategia IPD como son el trabajo en equipo y la colaboración entre las empresas participantes en un ambiente de confianza y la inclusión de participantes claves en fases iniciales del proyecto para dar énfasis a la planificación y diseño. Esta metodología sería útil para implementar la estrategia IPD en proyectos públicos en Chile.

Cabe destacar que previo a la adjudicación y firma de los contratos, en las etapas de licitación se informó y se pidió la aprobación de parte de las empresas participantes sobre la aplicación de los principios de la estrategia IPD durante el desarrollo del proyecto.

7. TENDENCIAS EN GESTIÓN DE PROYECTOS

En esta memoria fueron analizadas las estrategias de ejecución más utilizadas para llevar a cabo el diseño, construcción y entrega de la obra finalizada al dueño del proyecto. En relación a los resultados, es posible destacar que en la actualidad existen cada vez menos empresas con la capacidad financiera y la experiencia para ejecutar proyectos completos mediante la estrategia EPC o DB, por lo que estas empresas cobran un precio mayor por sus servicios.

Existen otras estrategias de ejecución como la estrategia DBO (Design Build Operate), que aparte de realizar las fases nombradas anteriormente, continúa con la fase de operación de la obra por un periodo determinado donde se espera recuperar la inversión y obtener ganancias para luego entregar la obra al dueño. En esta modalidad de ejecución el contratista que se adjudica la concesión debe cumplir con los requisitos y el alcance definido en un inicio por el mandante, pero es el contratista quien decide la estrategia de ejecución interna a utilizar para llevar a cabo el diseño y construcción de la obra. Esta estrategia está siendo más utilizada por el ámbito público en el país para proyectos complejos, ejemplo de ello corresponde la autopista Costanera Norte.

En la actualidad, tal como muestra la Encuesta Nacional BIM 2016 Chile, existe una tendencia creciente de utilización de tecnologías BIM en proyectos de Ingeniería y Construcción (tanto el ámbito público como privado) en las estrategias de ejecución que definen los dueños de proyecto. Se prevé que más empresas se sigan sumando a esta modalidad de diseñar y planificar en forma coordinada entre los principales equipos de forma virtual. Otro resultado importante del estudio, es que en Chile la tecnología BIM es relativamente nueva y no se le ha sacado provecho en su máxima capacidad. El país aún se encuentra en una fase de aprendizaje y los proyectos en general, se están desarrollando mediante modelación 3D (modelación tridimensional) y 4D (inclusión de la programación de la construcción), sin embargo, existen las dimensiones 5D (control de costos), 6D (análisis de sostenibilidad) y 7D (gestión de operaciones) que no se han explorado en desarrollo de proyectos. No obstante, la tendencia es seguir diseñando de forma más completa.

Existe un enfoque, conocido como Lean, derivado del Lean Production (creado por Toyota Motors en Japón en los años 80), que ha sido ampliamente estudiado y se han realizado investigaciones en el mundo para analizar su aplicación a proyectos de Ingeniería y Construcción. Su evolución dio lugar a Lean Construction (LC), concepto enfocado principalmente mejorar a la producción en terreno de las obras. Luego estudios permitieron definir otros enfoques como Lean Project Management (LPM) y Lean Design (LD) que buscan mejorar los procesos que se llevan a cabo en las labores que cumple la Dirección de Proyectos y la fase de diseño respectivamente. En la actualidad se habla de Lean Project Delivery (LPD), concepto global que considera el desarrollo total del proyecto. (Marín Aravena, 2015). La tendencia actual es continuar con el desarrollo de LPD, enfoque que busca generar una sistematización perfecta en las etapas del proyecto, disminuyendo el número de actividades que no produzcan beneficios tal como si se tratase de un sistema de productivo, pudiendo así maximizar el valor, disminuyendo las pérdidas globales y mejorando los índices de desempeño del proyecto. Es posible que el enfoque LPD incorpore en el futuro a la estrategia IPD como una más de sus herramientas.

8. GLOSARIO

A continuación se muestran un listado de siglas que fueron utilizadas durante el desarrollo de esta memoria y que son usualmente utilizadas en la literatura:

- AIA: American Institute of America.
- BAE: Bases Administrativas Especificas.
- BAG: Bases Administrativas Generales.
- BIM: Building Information Modelling.
- BT: Bases Técnicas.
- CBC: Corporación de Desarrollo Tecnológico de Bienes Capital.
- CCHC: Cámara Chilena de la Construcción.
- CMA: Construction Management as Agency.
- CMAA: Construction Management Association of America.
- CMC: Construction Management at Risk.
- CODELCO: Corporación Nacional del Cobre de Chile.
- DB: Design-Build.
- DBB: Design-Bid-Build.
- DBO: Design-Build-Operate.
- EIA: Estudio de Impacto Ambiental.
- EPC: Engineering, Procurement and Construction.
- EPCM: Engineering, Procurement and Construction Management.
- GMP: Guaranteed Maximum Price
- IPD: Integrated Project Delivery.
- LC: Lean Construction.
- LD: Lean Design.
- LEED: Leadership in Energy & Environmental Design.
- LPD: Lean Project Delivery.
- LPM: Lean Project Management.
- MOP: Ministerio de Obras Públicas.
- PEP: Plan de Ejecución de Proyecto.
- PMBOK: Project Management Body of Knowledge.
- PMI: Project Management Institute.
- REMA: Reglamento Especial de Gestión del Medio Ambiente.
- RESSO: Reglamento Especial de Seguridad y Salud Ocupacional.
- SIC: Sistema Interconectado Central.
- SPE: Single Purpose Entities.
- VAN: Valor Actual Neto.
- VDC: Virtual Design and Construction.

9. BIBLIOGRAFÍA

1. AIA (American Institute of Architects). (2007). *Integrated project delivery: A guide*. Recuperado de: <http://www.aia.org/groups/aia/documents/pdf/aiab083423.pdf>
2. AIA (American Institute of Architects). (2007). *Integrated project delivery: A Working Definition*. Recuperado de: <http://aiacc.org/wp-content/uploads/2010/07/A-Working-Definition-V2-final.pdf>
3. AIA (American Institute of Architects). (2010). *Experiences in Collaboration: On the Path to IPD*. Recuperado de: <http://aiacc.org/wp-content/uploads/2010/07/Experiences-in-Collaboration-FINAL.pdf>
4. AIA (American Institute of Architects). (2012). *IPD Case studies*. Recuperado de: http://rp.design.umn.edu/resources/documents/IPD-Case-Study-Matrix-2012_corrected02.pdf
5. AIA (American Institute of Architects). (2008). *Integrated project delivery: Frequently Asked Questions*. Recuperado de: http://aiacc.org/wp-content/uploads/2010/07/AIACC_1108FAQ.pdf
6. Arce, E. (2014). *Contratos EPCM*. Recuperado de Minería Chilena: <http://www.mch.cl/columnas/contratos-epcm/>
7. Alarcón, L. (2012). *Estamos frente al desafío de crear una cultura de construcción eficiente, sin pérdidas*. Recuperado de: <http://www.emb.cl/construccion/articulo.mvc?xid=1147&>
8. Alarcón, L. (2010). *Paper-TI: apoyan al extremo. Curso administración de proyectos, Project Management*. Universidad Católica de Chile. Recuperado de: http://www.claseejecutiva.cl/wp-content/uploads/2015/11/2010_15_mercurio_9_1.pdf
9. Avaria, P. (2013). *Mina Ministro Hales: Preparando el inicio de sus operaciones*. Recuperado de Construcción Minera: <http://www.construccionminera.cl/mina-ministro-hales-preparando-el-inicio-de-sus-operaciones/>
10. Ashcraft, H. W. (2012). *The IPD framework*. Hanson Bridgett white paper, San Francisco, CA. Recuperado de: www.hansonbridgett.com/Publications/~/_media/Files/Publications/IPD_Framework.pdf
11. Bender, W. J. (2003). *Case study of construction project delivery types*. In *Construction Research Congress: Wind of Change: Integration and Innovation*, 1-8. Recuperado de: <http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/40671%282003%2984>

12. Bendewald, M., Franta, L., & Padhan, A. (2010). *Autodesk AEC Headquarters and Integrated Project Delivery*. Factor Ten Engineering Case Study. Recuperado de: https://sustainabilityworkshop.autodesk.com/sites/default/files/gallery-files/autodeskaec-hq_rmi.pdf
13. BIM. (2016). *Encuesta nacional BIM*. Universidad de Chile. Recuperado de: http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/140341/Encuesta_Nacional_BIM_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
14. Cámara chilena de la Construcción (CChC). (2013). *Análisis de la productividad en obras de edificación en Chile*. Recuperado de <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/33062-2.pdf>
15. Chen, Q., Jin, Z., Xia, B., Wu, P., & Skitmore, M. (2015). Time and cost performance of design-build projects. *Journal of Construction Engineering and Management*, 142(2), 04015074.
16. CMAA (Construction Management Association of America). (2008). *Project Delivery Systems: Pro vs. Con Design-Bid-Build vs. CM @ Risk vs. Design-Build*. Recuperado de: http://www.cmaasc.org/pdfs/article_archives/project_1j.pdf
17. CMAA (Construction Management Association of America). (2013). *What are the Different Construction Delivery Types and Advantages of Each?* Recuperado de: http://www.flintco.com/uploads/cms_uploads/2013/12/delivery-types-1387397104.pdf
18. CMAA (Construction Management Association of America). (2012). *An owner's guide to project delivery methods*. Recuperado de: <https://cmaanet.org/files/Owners%20Guide%20to%20Project%20Delivery%20Methods%20Final.pdf>
19. Corporación de Bienes Capital, Colbún. (2015). *Central Hidroeléctrica Angostura (Presentación)*. Recuperado de: http://www.cbc.cl/images/documentos/noticias/2015/Premio_CBC/Presentaci%C3%B3n%20Colb%C3%BAAn_Premio%20CBC.pdf
20. Comité técnico AEN/CTN. (2015). *Norma ISO 9001*.
21. Duque, S. D. (2014). *Building Information Modeling (BIM) e Integrated Project Delivery (IPD): Caso de estudio de detección de incongruencias en un proyecto de edificación* (Doctoral dissertation). Recuperado de: <https://riunet.upv.es/handle/10251/45313>
22. El Asmar, M., Hanna, A. S., & Loh, W. Y. (2013). *Quantifying performance for the integrated project delivery system as compared to established delivery systems*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 139(11). Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000744](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000744)

23. Dykstra, A. (2011). Capítulo 6: Project delivery. *Construction project management: a complete introduction*. 71-86. Kirshner Publishing Company Inc., EEUU.
24. Forbes, L. H., & Ahmed, S. M. (2010). *Modern construction: lean project delivery and integrated practices*. CRC Press.
25. García, F. (2015). *Sierra Gorda: Un nuevo actor*. Recuperado de Construcción Minera: <http://www.construccionminera.cl/sierra-gorda-scm-un-nuevo-actor/>
26. Ghassemi, R., & Becerik-Gerber, B. (2011). *Transitioning to integrated project delivery: Potential barriers and lessons learned*. *Lean construction journal*, 32-52. Recuperado de: https://www.researchgate.net/profile/Burcin_Becerik-Gerber/publication/228502197_Transitioning_to_Integrated_Project_Delivery_Potential_barriers_and_lessons_learned/links/0912f50ca312b33c9a000000.pdf
27. Hale, D. R., Shrestha, P. P., Gibson Jr, G. E., & Migliaccio, G. C. (2009). Empirical comparison of design/build and design/bid/build project delivery methods. *Journal of Construction Engineering and Management*, 135(7), 579-587.
28. Hanna, A. S. (2016). *Benchmark Performance Metrics for Integrated Project Delivery*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 04016040. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0001151](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001151)
29. Ibbs, C. W., Kwak, Y. H., Ng, T., & Odabasi, A. M. (2003). *Project delivery systems and project change: Quantitative analysis*. *Journal of Construction Engineering and Management*, 129(4), 382-387. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9364\(2003\)129:4\(382\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9364(2003)129:4(382))
30. Instituto de Ingenieros de Chile. (2016). *Principales razones internas del retraso en gestión de proyectos de inversión mineros y de energía eléctrica*. Propuestas y acciones para su activación.
31. Kent, D. C., & Becerik-Gerber, B. (2010). *Understanding construction industry experience and attitudes toward integrated project delivery*. *Journal of construction engineering and management*, 136(8), 815-825. Recuperado de: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)CO.1943-7862.0000188](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0000188)
32. Koch, J. E., Gransberg, D. D., & Molenaar, K. R. (2014). *Project Administration for Design-Build Contracts: A Primer for Owners, Engineers, and Contractors*, 273-279.
33. Konchar, M., & Sanvido, V. (1998). Comparison of US project delivery systems. *Journal of construction engineering and management*, 124(6), 435-444.

34. Lichtig, W. (2016). *The Integrated Agreement for Lean Project Delivery*. Contract forms/project management. Recuperado de: <https://www.documents.dgs.ca.gov/opsc/publications/newsletters/links/lpd.pdf>
35. Lowell, S. (1998). *Creative Project Delivery Methods*. Project Management Institute PMI. Recuperado de: <https://www.pmi.org/learning/library/creative-project-delivery-methods-529>
36. Loots, P., & Henchie, N. (2007). *Worlds Apart: EPC and EPCM Contracts: Risk issues and allocation*. *International Construction Law Review*, 24(1/4), 252. Recuperado de: https://www.mayerbrown.com/files/Publication/fe15bba4-fbe2-4eb0-804e-17911edb0b15/Presentation/PublicationAttachment/ecb7569b-e0ef-4ace-9ff9-a7c4e853aac6/ART_EPC_EPCM_5DEC07.PDF
37. Loyola, V. M. & Goldsack, J. L. (2010). *Constructividad y Arquitectura*. Recuperado de: <http://www.uchile.cl/publicaciones/64828/constructividad-y-arquitectura>
38. Matthews, O., & Howell, G. A. (2005). *Integrated project delivery an example of relational contracting*. *Lean Construction Journal*, 2(1), 46-61. Recuperado de: http://www.leanconstruction.org/media/docs/lcj/LCJ_05_003.pdf
39. Revista Minería Chilena. (2016). *Especial proyectos: Reportaje central*. Recuperado de: <http://www.mch.cl/wp-content/uploads/sites/4/2016/01/Fichas-Especial-Proyectos.pdf>
40. McGraw Hill Construction. (2011). *Project Delivery Systems: How they impact efficiency and profitability in the buildings sector*. Recuperado de: https://www.dbia.org/resource-center/Documents/project_delivery_systems_smartreport140806.pdf
41. Ministerio de obras públicas. (2014). *Decreto MOP N°75: Nuevo reglamento para contratos de obras públicas*. Recuperado de: <http://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=233103&idVersion=2010-06-16>
42. Ministerio de obras públicas. (2015). *Ley de bases sobre contratos administrativos de suministro y prestación de servicios (Ley N°19.886)*. Recuperado de: <https://www.leychile.cl/Navegar?idNorma=213004>
43. Molenaar, K. (2014). *The Influence of Project Integration on Project Performance*. Presentación seminario: Metodologías avanzadas para la gestión de proyectos de construcción.
44. Molenaar, K. (2014). *Project Delivery Selection*. Presentación seminario: Metodologías avanzadas para la gestión de proyectos de construcción.
45. Molenaar, K., Sobin, N., Gransberg, D., McCuen, T., Korkmaz, S., & Horman, M. (2009). *Sustainable, high performance projects and project delivery methods: A state-of-practice report*. Charles Pankow Foundation.

46. Palacios Riofrío, J. L. (2010). *Criterios de selección y procedimientos para implementación de modelos de gestión en la relación con terceros en la construcción*. (Tesis magister). Universidad Católica de Chile. Recuperado de: <https://repositorio.uc.cl/bitstream/handle/11534/1857/550722.pdf?sequence=1>
47. Polanco, A. (2010). *Desafíos de la Dirección de Proyectos Mineros EPCM-EPC*. Anales del Instituto de Ingenieros de Chile.
48. Polanco, A. (2015). *Apuntes de clase CI5511 Curso Dirección de Proyectos*. Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
49. Project Management Institute. (2000). *Construction extension to a Guide to the Project management body of Knowledge. PMBOK*. Recuperado de: <https://www.works.gov.bh/English/ourstrategy/Project%20Management/Documents/Other%20PM%20Resources/ConstructionExtension.pdf>
50. Project Management Institute. (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos. PMBOK ® 5ta edición*.
51. Pulgar, J. (2014). *Apuntes de clase CI-5513, Curso Gestión Contractual*. Ingeniería Civil. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile.
52. Revista BIT. (2012). *Mirando las estrellas-Radiotelescopio ALMA*. (92). 32-38. Recuperado de: <http://biblioteca.cchc.cl/datafiles/31059-2.pdf>
53. Revista BIT (2015). *Oasis en la ciudad-Parque Fluvial Renato Poblete*. (102). 98-107. Recuperado de: <http://www.revistabit.cl/revistabit/Uploads/102/551394727195754533498-107.pdf>
54. Revista BIT (2012). *Abierto a la creatividad-Centro de Innovación UC Anacleto Angelini*. (87). 74-79. Recuperado de: <http://www.sirve.cl/wp-content/uploads/Anacleto-Angelini-BiT-Noviembre.pdf>
55. Romero, F. (2015). *¿Qué es mejor para mi proyecto: EPC, EPCM, Llave en Mano, D&B, BOT, Otro?-Estrategia de Contratos para mi Proyecto*. Vol. 5. Recuperado de: <http://docplayer.es/12564328-Que-es-mejor-para-mi-proyecto-epc-epcm-llave-en-mano-d-b-bot-otro.html>
56. Salazar Rodríguez, F. A. (2010). *Comparación Cuantitativa entre el Modelo Diseño-Licitación-Construcción (Design-Bid-Build) y el Modelo Diseño-Construcción (Design-Build)*. (Memoria de pregrado). Universidad de Chile. Recuperado de: <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/103853>
57. Schopp, M. (2010). *Lean Integrated Project delivery: the result can be much better than the sum of the parts*. Recuperado de: <http://archive.constantcontact.com/fs092/1102459384756/archive/1103695350290.html>

58. Strang, W. (2002). *The risk in CM "At-risk"*. Design-build, 4, 19. Recuperado de: https://sunsetvalleytx.govoffice2.com/vertical/Sites/%7B8963FD9D-CEFE-410A-A38B-1611D53E7AA1%7D/uploads/FC05_-_03-31-2016_-_risk_in_cm_at_risk.pdf
59. Thomsen, C., Darrington, J., Dunne, D., & Lichtig, W. (2009). *Managing integrated project delivery*. Recuperado de: http://danzpage.com/wp-content/uploads/2009/06/Construction-Management-Resources_CMAA_White_Paper_Managing_IPD.pdf
60. Zhuofu, W. A. N. G., Daoguan, W. A. N. G., Gaosheng, Y. A. N. G., & Jiyong, D. I. N. G. (2013). Selection of Construction Project Delivery Method Based on Value-Added Analysis: A Theoretical Framework.

10. ANEXOS

10.1. PERFIL DE ENTREVISTADOS

Entrevistado 1



Ingeniero Civil de la Universidad de Chile. Licenciado en Economía y Ciencia Regional, Universidad Católica (1969). Cuenta con más de 40 años de experiencia en el área de construcción y gerencia de proyectos tipo EPC, CM y EPCM en obras mineras, industriales y de infraestructura para empresas chilenas y multinacionales. Se desempeñó como Gerente funcional de construcción para Bechtel Corporation Chile (1995-1999), Gerente de proyectos en Arcadis Geotécnica (2000- 2004), Gerente de proyectos Senior en BHP Billiton Chile (2004-2009), Gerente de terreno en Aker/Jacobs en Perú (2010-2011), Gerente de proyectos Senior EPCM en SNC-Lavalin en Chile (2011-2012), Gerente Funcional de Construcción en la Vicepresidencia de Proyectos en Antofagasta Minerals S. A. (AMSA) (2012-2013), Gerente de Proyectos Senior en People & Partners (2013- A la fecha).

Entrevistado 2



Ingeniero Civil Químico de la Universidad Técnica Federico Santa María (1966-1973). Cuenta con más de 40 años de experiencia en la industria minera y metalúrgica desarrollando gerenciamiento de proyectos, operaciones e Ingeniería de procesos. Ha ocupado cargos como Jefe de Especialidad, Jefe de Proyecto, y Gerente de Proyecto, para estudios de pre Factibilidad, Factibilidad, Ingeniería Básica e Ingeniería de Detalles, en diferentes modalidades contractuales, destacando en tres oportunidades haber realizado contratos EPCM. Se desempeñó como Jefe de proyecto y Gerente de fundición de concentrados en CODELCO-Chuquicamata (1972-1994), Jefe de Proyecto en división CODELCO Norte Chile (1976-1989), Gerente Pre-Comissioning Fundición de Concentrados en Thai Copper Industries (2006-2007), Gerente de Proyectos en Amec International Chile (1994-A la fecha).

Entrevistado 3



Ingeniero Civil de la Universidad de Chile (1982-1988). Ha participado en roles relevantes, en el desarrollo de muchos de grandes proyectos industriales desarrolladas en Chile en los últimos veintisiete años, ocupando entre otros, los cargos de Gerente de Proyectos en Sierra Gorda SCM, Gerente de Contratos, Control de Proyectos y Adquisiciones en Sigdo Koppers, Bechtel y CODELCO. Se desempeñó también como Gerente de Adquisiciones y Negocios en el Proyecto Sierra Gorda, de KGHM, en la II región y a la fecha es Consultor externo para la empresa Fluor Chile.

Entrevistado 4

Ingeniero Mecánico y Civil-Industrial de la Universidad de Santiago de Chile. Posee un Master of Business Administration en Lancaster University England (1985-1986). Master en gestión de proyectos en la Universidad Adolfo Ibáñez (2011-2013). Certificación Project Management Professional PMP (2013). Cuenta con más de 30 años de experiencia en las áreas de Control de Proyectos, Finanzas, Formación y Administración de Contratos y Gestión. Se desempeñó como Project Manager of Small Projects en ENAMI/Chile's National Mining Company, Chile (1983-1985), también como Supervisor de Control de Proyectos en Exxon Mining Chile (1987 – 1994), Treasury & Foreign Trade Manager en Exxon-Mobil Chile (1994-1996), Finance & Admin Manager, Cementos de Chile (1996 – 1998), Administrador Comercial en Bechtel Mining & Metals (1998-2013), Administrador de Joint Ventures en Bechtel Mining & Metals (2013-2015), Consultor Senior en Key Ventures Consultants (2015 – A la fecha), Administrador de Control de Proyectos en FLUOR CHILE SA (2015-A la fecha), además de ser Profesor de Diploma Postitulo en Dirección y Desarrollo de Proyectos de Ingeniería y Construcción en la Universidad de Chile.

Entrevistado 5

Ingeniero Civil Estructural (1977-1982). Magister en Administración Universidad de Chile (2000-2002), Obtuvo un Master of Business Administration en Tulane University – AB Freeman School of Business (2000-2002). Cuenta con 15 años experiencia en diseño de proyectos mineros e industriales como Jefe de Disciplina, Jefe de Ingeniería y Jefe de proyectos. Desde 1998 trabaja como Gerente de Desarrollo de Negocios y participa en negociaciones de contratos para proyectos Mineros para servicios de Ingeniería y Construcción. A la fecha se desempeña como Gerente de Desarrollo de Negocios en AMEC Chile.

Entrevistado 6

Ingeniero Civil Universidad de Chile (1962-1967). Licenciado en Project Management en Project Management Institute (2009-2015). Cuenta con 40 años de experiencia en planificación, desarrollo y gestión de proyectos multidisciplinarios en las áreas minera, industrial y de infraestructura. Se desempeñó como Senior Project Manager en ARCADIS Chile (1992-2007), VP Tesorería y finanzas en PMI Chile (2011), Presidente de PMI Chile (2011), Senior Project Manager en AMEC International Chile (2008-2013) Desde 2013 a la fecha, trabaja como Senior Project Manager en Coinco Consulting y como CEO/Gerente General en TREND Engineering.

Entrevistado 7

MPM Universidad Adolfo Ibáñez Facultad de Ingeniería y Ciencias, Bachelors of Engineering Civil Construction, Superior Technological School of Quebec, Canadá. Estudios de pos títulos en las áreas de Preparación, Evaluación, Administración y Gestión de Proyectos, Gestión de la Calidad. Especialista en Gestión de Calidad y Gestión de Proyectos, EPC y EPCM. Más de once años de supervisión de QA-QC durante las etapas de Ingeniería Básica y Estudios de Factibilidad, Ingeniería Detallada y Adquisiciones desarrolladas para plantas de minería (EPC y EPCM). Más de siete años de experiencia en la supervisión de QA-QC y la Inspección Técnica para construcción de las instalaciones mineras. Más de seis años de experiencia en supervisión de contratistas de Inspección y Prueba. Once años de supervisión directa de la inspección técnica y el trabajo de diseño realizado por técnicos e ingenieros. Se desempeñó como Quality Assurance Manager en SNC LAVALIN CHILE (1996- 2004), Quality Management en Aker Kaverne Chile (2004-2008), Regional Quality Manager LA. Bechtel Santiago Mining & Metals en Bechtel Mining & Metals (2008-2013), Project Quality Manager EWS-MW en Bechtel Mining & Metals Santiago (2016), A la fecha trabaja en Asesoría y Capacitación a Empresas en CENCAP.

Entrevistado 8

Ingeniero Licenciado en Ciencias, Universidad de Chile (1974-1982). Ha trabajado en puestos ejecutivos, con una vasta experiencia en: gestión, compra de bienes-productos, contratación de servicios, logística y abastecimiento global. Se desempeñó como Gerente de abastecimiento en Minera Los Pelambres (1998-2002), Asesor Senior Suministros Estratégicos en Collahuasi Iquique (2006-2013), Gerente de Abastecimiento en Proyecto Caserones (2010-2011), Gerente de Abastecimiento en Hatch (2011-2013), A contar de Abril 2013 y hasta la fecha, toma la responsabilidad regional en Hatch de abastecimiento para los proyectos del tipo EPC, EPCM prestando apoyo y asesoría a las oficinas de Brasil y Perú respectivamente.

Entrevistado 9

Ingeniero Civil Industrial Universidad de Chile (1979-1986). Tiene 28 años de experiencia como profesional en Ingeniería de Área, Ingeniería de Sitio, Gerencia de Sitio, Construcción especializada en proyectos de minería y petroquímica a gran escala, EPC y EPCM. Se desempeñó como Gerente de Área en FLUOR Corporation (2006-2008), Gerente de Sitio y Construcción en FLUOR Corporation (2008-2009), Planificador de Construcción y Constructibilidad, PDA Fase 2, Mina Andina, FLUOR Corporation (2009), Constructor Manager FLUOR Corporation (2010- 2016), Gerente de Construcción en Mota-Engil (2016), a la fecha trabaja como Jefe de Construcción en División el Teniente CODELCO.

Entrevistado 10

Ingeniero Civil en Estructuras y Construcción Universidad de Chile (1994-2000), Master en Ciencias en Administración de Empresas en University of Rochester- Simon Business School (2008), Magister en Gestión para la globalización en Universidad de Chile (2007-2009), diplomado en Diseño de Edificaciones energéticamente eficientes en Universidad de Chile (2010). Cuenta con quince años de experiencia en energía, minería y construcción. Se desempeñó como Ingeniero de la sección Estructuras en IDIEM (2000-2004), Profesor adjunto en Universidad de Chile (2001-2004), Jefe zonal Norte en Antofagasta en IDIEM (2005-2007), Jefe de proyectos en IDIEM (2009), Sub jefe de estructuras y Construcción en IDIEM (2009), Jefe de Área de Energía y construcción en IDIEM (2010-2011), Jefe de construcción en IDIEM (2012), Gerente de operaciones en AMEC (2012-2013), desde 2013 hasta la fecha trabaja como Director de EPC LatAM en SunEdison.

Entrevistado 11

Ingeniero civil de la Pontificia Universidad católica de Chile (1975 – 1985). Master of Engineering, University of California (1989 – 1991), Master of Science en University of California (1993 – 1994). Gran experiencia en el área de administración de la construcción y la docencia. Se desempeñó como director de Magíster en Administración de la Construcción en Universidad de Chile (2007-2014), desde el año 2000 hasta la fecha se desempeña como Director del centro de excelencia en Gestión de Producción (GEPUC) en Pontificia Universidad Católica de Chile, además fue director del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción en Pontificia Universidad Católica de Chile (2009-2014). Desde 1985 a la fecha, trabaja como profesor del departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción en Pontificia Universidad Católica de Chile. Además desde el 2014 trabaja como director de Extensión, Educación Profesional y Continua, y se desempeña como Presidente de DICTUC SA. En su labor académica ha sido miembro de comités de Doctorado en Universidades Norteamericanas, europeas, australianas y Latinoamericanas. En el año 2008 fue nominado Shimizu Visiting Professor en la Universidad de Stanford. Es miembro fundador del International Group for Lean Construction (IGLC) y es asesor experto de Centros de Investigación de la Universidad de Reading y de la Universidad de Salford en Inglaterra. A la fecha, es miembro del directorio del International Council for Research and Innovation in Building and Construction, CIB.