



**UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**ANÁLISIS COMPARADO DE CONTRATOS DE INGENIERÍAS DE CONTRAPARTIDA  
PARA PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EN PLANTAS MINERAS**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE MAGISTER EN GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE  
EMPRESAS**

**ANDRÉS ANTONIO CONTRERAS CHACÓN**

**PROFESOR GUÍA:  
LUIS ZAVIEZO SCHWARTZMAN**

**MIEMBROS DE LA COMISIÓN:  
JORGE ANDRÉS TABOADA RODRIGUEZ  
JACQUES IVES CLERC PARADA**

**SANTIAGO DE CHILE  
2020**

**RESUMEN DE TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE  
MAGISTER DE GESTIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS**

**Por: Andrés Antonio Contreras Chacón**

**Fecha: Agosto 2020**

**Profesor guía: Luis Zaviezo S.**

**ANÁLISIS COMPARADO DE CONTRATOS DE INGENIERÍAS DE CONTRAPARTIDA  
PARA PROYECTOS DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN EN PLANTAS MINERAS**

La industria minera en Chile está viviendo una situación complicada, debe lograr satisfacer la demanda de cobre mundial pero los yacimientos van envejeciendo, disminuyen las leyes, los costos aumentan, escasea el agua y la energía, la productividad del personal es baja, entre otros. Todo esto provoca que, en muchos casos, los proyectos teniendo un gran potencial no cumplen con las expectativas y fracasan.

En el caso particular de los proyectos mineros, una de las formas de evitar sobre costos, retrasos y déficit de producción es el uso de ingeniería de contrapartida. Este servicio específico ayuda a disminuir los riesgos, asegurando calidad de la ingeniería, ayudando a gestionar los costos de manera razonable, minimizando los eventuales sobre costos y mejorando la calidad del proyecto.

Para los proyectos, los costos de una ingeniería de contrapartida están en torno al 10% del costo de toda la ingeniería y el 1% del costo total de proyecto. Dentro de los antecedentes que se recopilaron, se encontraron tres casos de proyectos que no contaron con este apoyo, incurriendo en sobre costos superiores al 35%, catalogándolos como proyectos fracasados, mientras que otro que contó con ingeniería de contrapartida, tuvo sobre costos de un 18%, valor que permite catalogarlo como exitoso. Por lo tanto, esta diferencia refuerza la idea que es clave el contar siempre con una revisión experta en los proyectos.

En el presente trabajo se estudiaron 3 casos reales de proyectos, en los cuales existió la participación de la empresa CIP (Consultor Ingeniería de Proyectos Limitada), empresa reconocida en el mercado minero por el desarrollo de ingenierías de contrapartida.

El primer contrato correspondió a contrapartida experta de construcción, montaje y puesta en marcha. El segundo contrato es una ingeniería de contrapartida para un proyecto en ingeniería de perfil, finalmente el tercer contrato muestra ingenierías de planta desarrolladas en plazos cortos.

Los resultados, en general, muestran que no existe una receta única para la gestión de este tipo de contratos de contrapartida, ya sea a suma alzada, precios unitarios o costos reembolsables. Sin embargo, este trabajo entrega un aporte muy valioso de casos reales y lecciones aprendidas, mostrando aciertos y errores que podrán servir a empresas que trabajen con estos tipos de contratos, que sin duda son clave para el desarrollo exitoso de los proyectos mineros.

*Para mi familia: Marly, Dominga, Raúl, Domingo, Ester, Raúl, Mariluz y Raúl. Que siempre han creído en mí y han hecho de mí la mejor versión.*

*Gracias por el infinito apoyo y aguante todos esos viernes y sábado que tuve que ausentarme en casa por nuestro futuro.*

*Gracias también a Ulda, Raúl, Vero y Marisol por su apoyo y cariño de todos los viernes y sábados*

*Gracias a Luis y Loreto por la infinita paciencia y apoyo que me entregaron en cada sesión que tuvimos*

## TABLA DE CONTENIDO

1	Introducción.....	1
2	Descripción y justificación .....	3
3	Objetivos .....	8
3.1	Objetivo general.....	8
3.2	Objetivos específicos .....	8
4	Metodología .....	9
5	Marco Conceptual .....	10
5.1	Contrato a suma alzada .....	10
5.2	Contrato a serie de precios unitarios.....	11
5.3	Contratos a costo reembolsable .....	11
5.4	Contratos EPC y EPCM .....	11
6	Casos estudiados .....	13
6.1	Contrato 1.....	13
6.1.1	Contexto .....	13
6.1.2	Objetivo del servicio.....	13
6.1.3	Metodología .....	14
6.1.4	Estimación de recursos.....	15
6.1.5	Entregables del servicio.....	15
6.1.6	Requerimientos del servicio.....	15
6.1.7	Estimación HHs y Costos del servicio.....	16
6.1.8	Plazo de ejecución .....	17
6.1.9	Programa de trabajo .....	17
6.2	Contrato 2.....	17

6.2.1	Contexto .....	17
6.2.2	Objetivos del servicio de contrapartida .....	20
6.2.3	Alcance del servicio.....	21
6.2.4	Requerimientos .....	21
6.2.5	Metodología .....	22
6.2.6	Estimación HHs de profesionales.....	23
6.2.7	Estimación costos del servicio por categoría de profesionales .	24
6.2.8	Plazo de ejecución .....	24
6.2.9	Entregables del servicio.....	24
6.3	Contrato 3.....	25
6.3.1	Contexto .....	25
6.3.2	Metodología aplicada.....	25
6.3.3	Estimación del costo del servicio.....	26
6.3.4	El plazo de ejecución.....	27
7	Datos de costos en los contratos estudiados.....	28
7.1	Contrato 1.....	28
7.2	Contrato 2.....	30
7.3	Contrato 3.....	32
8	Resultados .....	34
8.1	Contrato 1.....	34
8.2	Contrato 2.....	36
8.3	Contrato 3.....	38
9	Recomendaciones .....	40
9.1	Generales.....	40

9.2	Específicas.....	40
10	Conclusion .....	42
11	Bibliografía.....	44

# 1 INTRODUCCIÓN

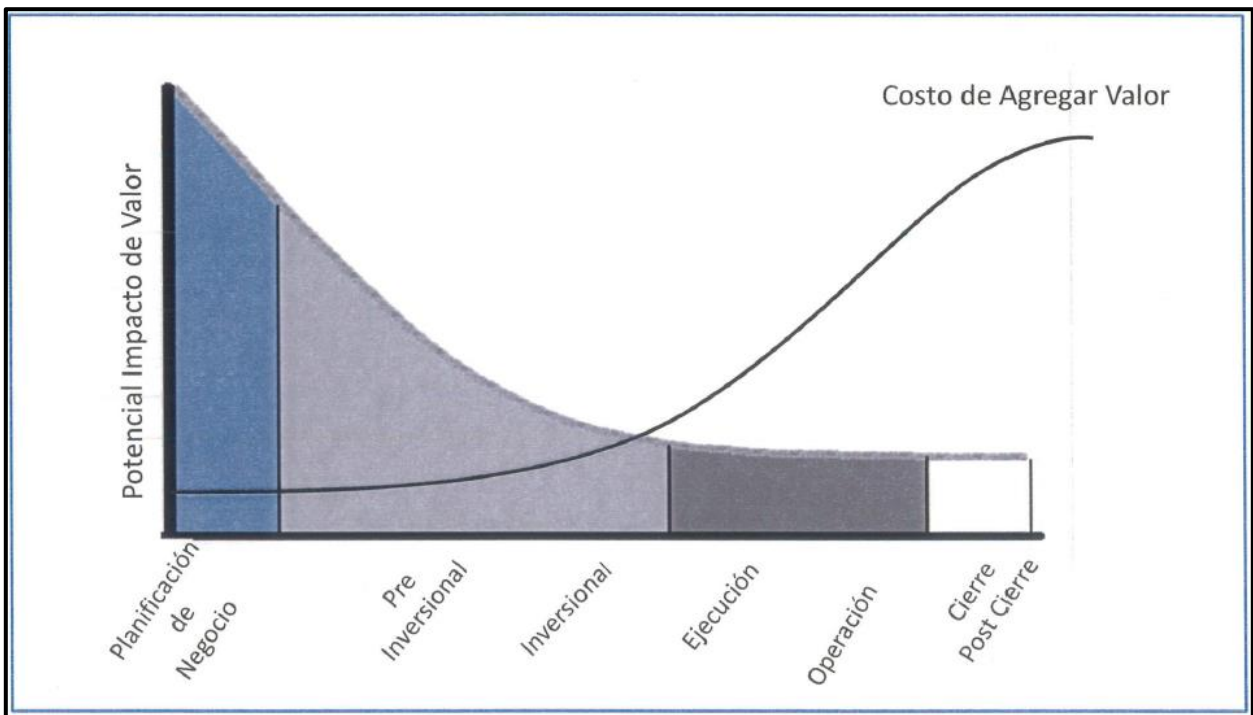
La industria minera en Chile está viviendo una situación complicada, ya que debe lograr satisfacer la demanda de cobre mundial pero los yacimientos van envejeciendo, disminuyen las leyes, los costos aumentan, escasea el agua y la energía, la productividad del personal es baja, entre otros. Todo esto provoca que en muchos casos los proyectos, teniendo un gran potencial, no cumplen con las expectativas y fracasan.

Además de lo anterior, está la importancia que ha cobrado la licencia social para operar, siendo el riesgo número uno que vive hoy la minería. La contaminación, los depósitos de relaves, el uso del agua, etc., son problemas que dificultan la realización de los proyectos, y obligan a las empresas mineras a llevar al máximo sus esfuerzos por desarrollar su negocio, de forma sustentable y amigable con las comunidades y medio ambiente. Este desafío está impuesto en cada proyecto que se realiza, por lo que es muy relevante tener proyectos robustos y bien confeccionados, evitando hacer modificaciones drásticas a la mitad de sus desarrollos, que podrían repercutir en la obtención de permisos y en la preparación de las declaraciones de impacto ambiental.

El desarrollo y gestión de proyectos debe tomar todas estas dificultades y hacerles frente mediante iniciativas concretas, que resuelvan cada uno de los puntos mencionados anteriormente y se anticipen a cualquier cambio que pueda venir en el futuro, que pueda perjudicar gravemente los proyectos.

En el caso particular de los proyectos mineros, una de las formas de evitar sobre costos, retrasos y déficit de producción, es el uso de ingeniería de contrapartida. Este servicio específico ayuda a disminuir los riesgos, asegurando calidad de la ingeniería, minimizando los sobre costos incurridos y ayudando a optimizarlos de manera razonable mejorando la calidad del proyecto.

La ingeniería de contrapartida es un servicio que consiste en un equipo de profesionales, que se dedica a revisar el trabajo de la empresa de ingeniería que desarrolla el proyecto. Este servicio se puede contratar, desde el inicio del proyecto hasta la etapa final de construcción, montaje y puesta en marcha. Sin duda, donde agrega un mayor valor es en las ingenierías de etapas tempranas, en las cuales los cambios tienen un costo mucho menor, como se muestra en el gráfico 1. Sin embargo, en las etapas finales de los proyectos las ingenierías de contrapartida, entregan al proyecto una revisión in situ, tanto de la ingeniería de detalles, construcción, montaje y puesta en marcha; que ayuda a optimizar y entregar herramientas de prevención para cuando se inicie la operación.



*Gráfico 1 Etapas de un proyecto y el potencial de aporte de valor a costo competitivo (fuente: Asociación de empresas consultoras de ingeniería de CHILE A.G, presentación Elías Arze C.)*

Por lo tanto, las ingenierías de contrapartida tienen un rol clave para el éxito de los proyectos, minimizando los errores y ayudando al éxito de ellos.

La gestión de los contratos de contrapartida es un punto clave, que ayudará a sacar el mejor provecho a este servicio. Por lo tanto, es un tema que la gestión y dirección de proyectos mineros debe tener en consideración, existiendo muchas formas de contratar estos servicios.



## 2 DESCRIPCIÓN Y JUSTIFICACIÓN

Dentro de los proyectos de ingeniería, siempre existe la posibilidad que se desarrollen con errores. En general, los clientes (mineras) que contratan empresas de ingeniería, para que desarrollen sus proyectos, tienden a confiar más de la cuenta en lo que desarrolla dicha empresa. Esto se debe a que generalmente el cliente, no cuenta con todos los conocimientos técnicos necesarios (que no está mal, no tienen por qué saber todo) o simplemente son muy pocos como para llevar un desarrollo técnico acabado. Generalmente, las empresas mineras se enfocan en los temas que para ellos son clave, dejando una gran cantidad de asuntos sin tanto control. Es ahí donde hay una oportunidad de mejora sustancial para el desarrollo de los proyectos, gracias a ingeniería de contrapartida.

Un proyecto se considera no exitoso cuando uno de los siguientes puntos se cumple<sup>1</sup>:

- Su CAPEX (costo de inversión) es superior al 25% estimado.
- El programa se retrasa más de un 25%.
- Si la producción es significativamente menor que el plan en el segundo año del proyecto

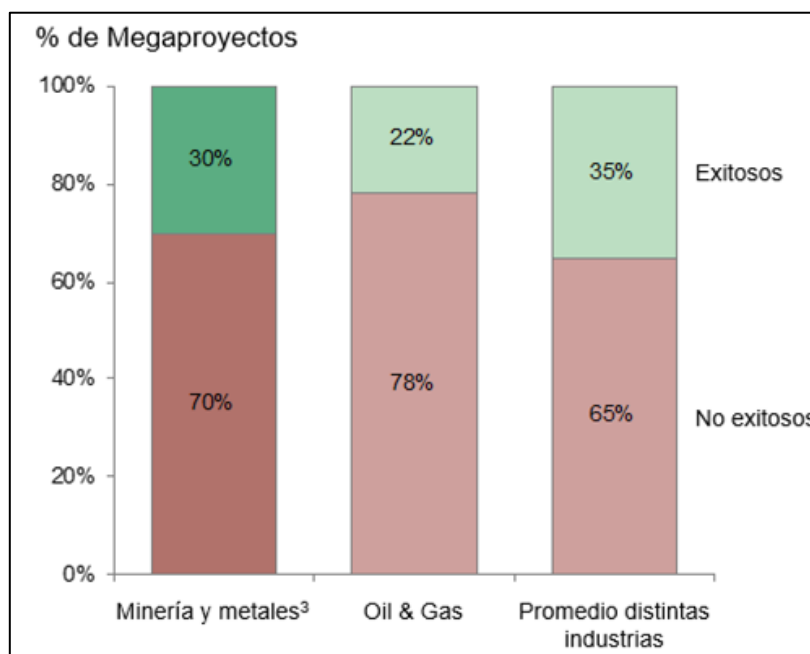


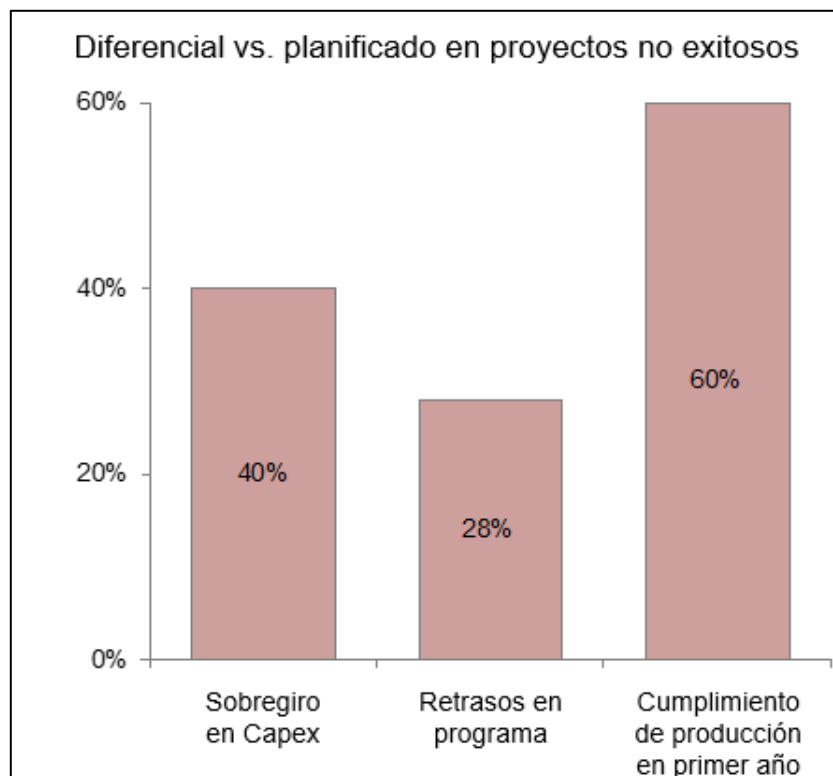
Gráfico 2 porcentaje de megaproyectos v/s industria (proyectos con más de US\$ 1.7 Bn en CAPEX) fuente: presentación The Boston Consulting Group, 2014.

<sup>1</sup> fuente: base de datos IPA 2014

Según los gráficos 2 y 3, el 70% de los megaproyectos en minería no son exitosos, en promedio tienen 40% de sobrecosto en CAPEX y 28% de retraso.

En este caso en particular, hay medidas que se pueden tomar al respecto, que apuntan a lograr un desarrollo más preciso en todas sus etapas, sobre todo las tempranas.

Las ingenierías de contrapartida son servicios prestados, por empresas especializadas. Consiste en una revisión del trabajo desarrollado, de manera que la empresa de ingeniería que está ejecutando el proyecto tenga un revisor constante, que le aporte con ideas, correcciones, conocimiento experto e incluso, soporte en áreas que tenga débiles. Generalmente se trabaja mediante revisión de documentos entregados, ya sea en revisión A, B, 1, 2, etc. La idea es que el documento tenga el conocimiento en conjunto de ambas empresas y el cliente.



*Gráfico 3 Diferencial v/s planificado en proyectos no exitoso fuente: presentación The Boston Consulting Group, 2014*

Lo que se acaba de plantear tiene un costo asociado. Las empresas que realizan servicios de contrapartida, son empresas que cuentan con profesionales altamente calificados, por lo general, son profesionales con vasta trayectoria y muchísima experiencia en temas específicos. Por lo tanto, dichos profesionales son mucho más caros que la tarifa promedio de ingenieros. Es

por esta razón que muchas veces estos servicios no son vistos de buena forma, en innumerables ocasiones ven la tarifa de cada profesional y desisten, ignorando que ese costo trae consigo un aporte enorme a los proyectos. Estos servicios deben ser bien utilizados, sin rehacer ingeniería. En este caso, el aporte puede ser mucho mayor si este servicio es bien gestionado.

En general, de acuerdo a la información recopilada, los costos que se incurren en los servicios de contrapartida resultan ser entre un 10% y un 15% del costo de la ingeniería total de un proyecto. A continuación, un ejemplo de cómo se detallan los costos de un servicio de contrapartida para un megaproyecto de US\$1.000.000.000:

Sea un megaproyecto X que su costo de capital (CAPEX) es de US\$ 1.000.000.000 (mil millones de dólares), de este monto tenemos que la ingeniería de todo el proyecto, considerando sus fases: conceptual, perfil, básica y detalles, están entre el 10% y 15% del CAPEX. En este ejemplo sería un valor entre US\$ 100.000.000 y US\$ 150.000.000 aproximadamente (entre cien y ciento cincuenta millones de dólares).

Si ese costo de ingeniería se traduce en documentos y planos, sabiendo que una empresa de ingeniería cobra en promedio \$US 70 por hora hombre y que por cada documento o plano se utilizan 60 horas hombre en promedio, la ingeniería del proyecto se puede considerar como el costo de la ingeniería dividido por el precio promedio de horas hombre y la cantidad de horas hombre por documento o plano, llegando a una estimación de entre 23.800 a 35.700 documentos y planos de ingeniería por un proyecto de esa magnitud.

Luego, un servicio de contrapartida revisa en promedio el 70% de todos los documentos y planos, en nuestro ejemplo entre 16.600 a 25.000 documentos aproximadamente.

El servicio de contrapartida tiene una tarifa promedio de \$US100 la hora hombre. Un servicio experto de revisión como este, ocupa en promedio un 10% del tiempo que ocupa la empresa de ingeniería en desarrollar el documento o plano para revisarlo, 6 horas hombre. Tomando estos datos, se tiene que el costo de un servicio de contrapartida, para esta cantidad de documentos y planos estaría entre US\$ 10.000.000 y US\$ 15.000.000.

Lo anterior, permite evaluar el porcentaje que representa una ingeniería de contrapartida del costo total de un proyecto de ingeniería y construcción. De acuerdo a los cálculos previos, un servicio de contrapartida corresponde a un 10% del costo de la ingeniería. Es decir, representan un 1% del costo total del proyecto de esta envergadura.

Los siguientes corresponden a ejemplos de megaproyectos, los tres primeros se consideran como fracasados y el último como exitoso, por confidencialidad se utilizan nombres ficticios:

- El proyecto Calama 1 que tuvo un retraso cercano al 17%, un sobrecosto de un 32% y un déficit de producción durante los dos primeros años.
- El proyecto Calama 2 a su vez tuvo un retraso del 17% y un sobrecosto del 38%.
- El proyecto Copiapó 1 tuvo un retraso del 12%, un sobrecosto de 104% y serios problemas para alcanzar la capacidad de producción del diseño, durante los tres primeros años de funcionamiento.
- El proyecto Calama 3, tuvo un retraso de un 12% y un sobrecosto de 18%.

En los tres primeros casos se incurrió en sobrecostos y retrasos. Los retrasos de los tres proyectos están dentro de los rangos aceptables, bajo el 25%, sin embargo, los sobrecostos en los tres casos superan el 25%, lo que los hace ser proyectos calificados como fracasados.

Por otro lado, como contraejemplo está el Proyecto Calama 3, donde tanto el retraso como los sobrecostos están dentro de los valores aceptables, definiéndolo como un proyecto exitoso. Lo anterior se puede ver gráficamente en la figura 1.

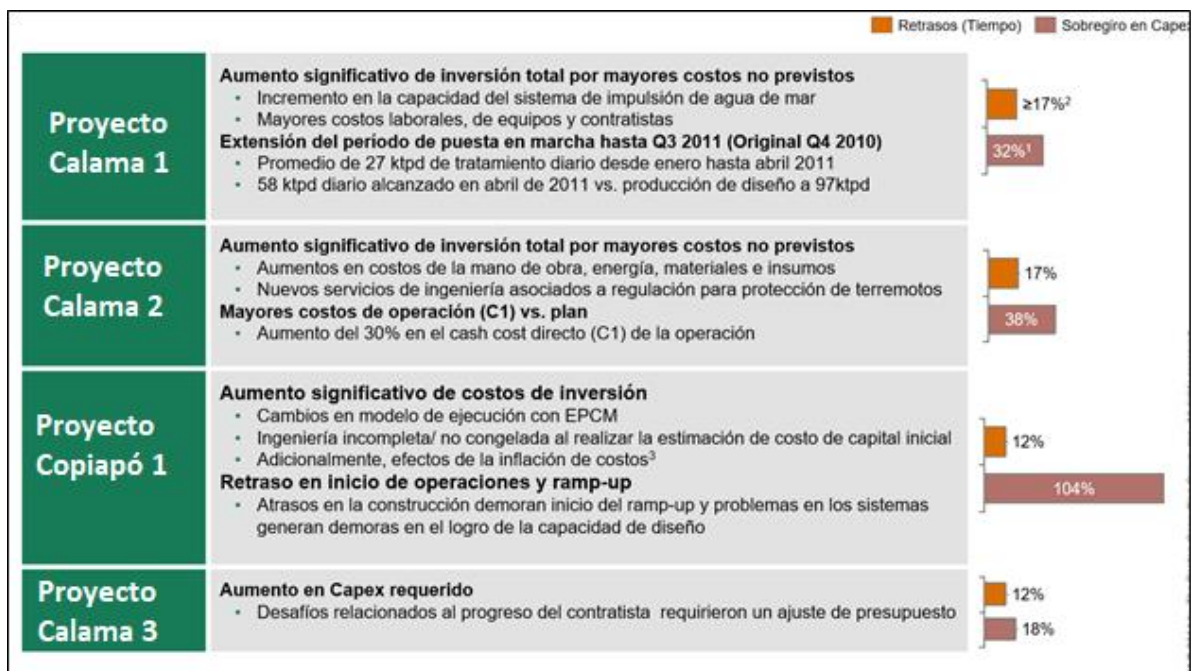


Figura 1 Megaproyectos con scope principal, problemas presentados, retrasos y costos asociados, fuente: presentación The Boston Consulting Group, 2014.

Lo importante de los ejemplos expuestos, es que los tres proyectos que fracasaron no tuvieron servicio de contrapartida, mientras que el proyecto Calama 3 si tuvo servicio de contrapartida durante su desarrollo, en particular, CIP consultores fue parte de la contrapartida.

Teniendo entonces una justificación clara y contundente de lo clave que es un servicio de revisión experta, es importante hacer un análisis de los tipos de contrato que se utilizan para las ingenierías de contrapartida. De esta manera, servir de aporte a las empresas que contratan estos servicios y que puedan considerar la posibilidad revisores expertos como parte de su mínimo estándar, en el desarrollo de sus proyectos.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo general**

El objetivo general de este trabajo es entregar un conjunto de recomendaciones para nuevos proyectos, en base a lecciones aprendidas en la selección de tipos de contrato de ingenierías de contrapartida, para proyectos de ingeniería y construcción de plantas mineras.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Los objetivos específicos de este trabajo son:

- Caracterizar los tipos de contrato que ha desarrollado la empresa que presta servicios de contrapartida, CIP consultores, de manera de entregar los puntos clave que implicaría la utilización de uno u otro.
- Analizar casos reales, en los cuales se ha tomado alguno de los contratos mostrados en este trabajo, diferenciando en cada caso lo correcto y lo que hay que mejorar para prácticas futuras.
- Caracterizar casos analizados, mostrando CAPEX, sobrecostos y potenciales mejoras.

## **4 METODOLOGÍA**

Para el desarrollo de este trabajo, se recopiló información de diversos documentos relacionados con los contratos de ingeniería de contrapartida, es con esta información que se caracterizaron de manera detallada.

Además, se recopiló una importante cantidad de presentaciones de megaproyectos mineros, en las cuales se habla de las razones sobre los aciertos y fracasos que tuvieron. Esto, para ver el real impacto que tienen las ingenierías de contrapartida, analizado del punto de vista la compañía minera dueña del los proyectos.

También se realizaron entrevistas a profesionales con una trayectoria superior a los 20 años en proyectos, que hayan sido contratados por CIP para realizar ingeniería de contrapartida. De esta forma tener una opinión con experiencia, que haya tenido aciertos y fracasos, dando una visión real del impacto de las ingenierías de contrapartida.

Además de lo anterior, se recopiló información de tres contratos reales de servicios de contrapartida realizados por empresa CIP (los nombres de las empresas con las que se trabajó no se pueden revelar por asuntos de confidencialidad). Aquí se rescataron todos los detalles más importantes y se detallaron los costos reales; esto para ver los reales costos que implica el servicio de ingeniería de contrapartita.

## **5 MARCO CONCEPTUAL**

La primera pregunta que se debe hacer es: ¿por qué se contratan servicios de contrapartida?

La respuesta se debe a varios factores que se consideran al momento de contratar estos servicios.

Las principales razones son:

- Porque el servicio se aleja del negocio principal (core bussiness)
- Da cierta tranquilidad y confianza al cliente
- Es esporádico
- Es especializado y competente
- Brinda conocimientos, metodologías y buenas prácticas
- Da apoyo con recursos humanos y equipamiento
- Permite flexibilidad
- Genera desarrollo, confianzas, oportunidades y sinergias de mutuo beneficio.
- Trae competitividad, pro riesgos, pro productividad y costos.
- Brinda innovación y tecnología oportuna
- Provee competitividad al negocio

En general, los contratos sean de contrapartida o no, responden a tres criterios principales: precio, calidad y costos. Es en base a estos tres criterios que los contratos pueden ser: suma alzada, serie de precios unitarios y costos reembolsables.

### **5.1 Contrato a suma alzada**

El servicio completo tiene un precio y plazo fijo invariable.

Los principales riesgos asociados a este contrato son; que el contratista asume el riesgo de incurrir en errores en la estimación de la cantidad de trabajos a ejecutar o de recursos a utilizar. El mandante asume el riesgo de entregar al contratista un proyecto incompleto, mejorable o con mayores incertidumbres, como podría ser la geotécnica, por ejemplo.



## **5.2 Contrato a serie de precios unitarios**

El servicio que realiza el contratista es a costos igual a precio x cantidad, donde el mandante pagará por cada hito que haya sido correctamente desarrollado a precio fijo, pero con cantidades variables.

Los riesgos están puestos principalmente en que el contratista asume el riesgo de los precios, productividad y costos de sus recursos. Considerando que el plazo de termino y precio final son porcentajes de estas partidas.

El mandante asume el riesgo de costos por variación de las cantidades, además, del plazo de término junto al precio final con sus gastos, que normalmente son porcentajes de estas partidas.

## **5.3 Contratos a costo reembolsable**

Es cuando la obra completa la administra y ejecuta el contratista, dentro de un plazo y presupuesto estimado en común acuerdo de las partes. El mandante está obligado a rendir todo desembolso debidamente justificado, comprobado y previamente autorizado. Aquí se pactan por separado los honorarios por los servicios del contratista. Algunas tarifas son por gastos generales u otro cuyo control y /o documentación resulte dificultoso para las partes.

El mayor riesgo asociado, es que el mandante paga las improductividades, fallas de calidad y conflictos laborales del contratista.

## **5.4 Contratos EPC y EPCM**

**EPC:** Engineering (ingeniería), Procurement (adquisiciones) y Construction (construcción), es una opción en la cual el contratista EPC, es responsable de todas las actividades de diseño, adquisiciones, construcción hasta la entrega del activo al usuario final o propietario. También, se le conoce como diseño y construcción (una suma alzada, llave en mano, también es una forma de EPC).

**EPCM:** Engineering, Procurement, Construction Management, es un contrato de servicios profesionales, por el cual los servicios del contratista son generalmente para proceder ingeniería, adquisiciones, administración de la construcción y la coordinación necesaria para entregar un proyecto.

Los contratos EPC y EPCM en este caso en particular, no son utilizados para contratos de contrapartida, sin embargo, es importante mencionarlos, ya que es principalmente bajo estas dos modalidades de contrato, que las empresas mineras adquieren servicios de ingeniería para desarrollo de proyectos.

Lo más importante a destacar de estos contratos, es el valor agregado que le puede dar una ingeniería de contrapartida; en el caso del EPC, el cliente

difícilmente puede entrar en las decisiones y mucho más difícil aún es la revisión de la ingeniería, adquisiciones y construcción. Por lo tanto, es algo que influye bastante en el provecho que se le puede sacar a una contrapartida. Por otro lado, el EPCM es más abierto a la opinión externa del cliente e ingenierías de contrapartida.

## **6 CASOS ESTUDIADOS**

### **6.1 Contrato 1**

A continuación, se describe en detalle los puntos más importantes del contrato:

#### **6.1.1 Contexto**

Se trata de un proyecto que está en etapa de construcción y montaje, la planta se dividió en paquetes de construcción, en este caso, este servicio estaba apuntado a un paquete en particular, desarrollado tipo EPC, con la unión de una Empresa de Ingeniería y una de Construcción, pudiendo extenderse al resto de ser necesario.

El dueño le entregó a una empresa de ingeniería A la responsabilidad de coordinar e integrar los paquetes del proyecto, en representación del dueño.

El dueño, además, solicitó a esta empresa integradora que se asegurara de la calidad del servicio entregado por la empresa constructora, para eso solicitó a CIP una contrapartida experta, el aseguramiento de calidad de algunos equipos principales de la planta concentradora.

#### **6.1.2 Objetivo del servicio**

El objetivo principal de este servicio, consistió en realizar una contrapartida experta, del desarrollo de la construcción y montaje de los equipos principales de la concentradora, con un enfoque en los procesos de montaje de los equipos principales y sus criterios de aceptación; los equipos que se vieron fueron:

- Molino SAG
- Molinos de Bolas
- Hidrociclones
- Celdas de Flotación
- Espesadores
- Chancadores de pebbles
- Bombas alimentación ciclones

Las acciones que se propusieron tenían que ir en búsqueda de:

- Asegurar los procesos de los planes de inspección y ensayos durante la construcción con sus criterios de aceptación.
- Asegurar la trazabilidad de los procesos de montaje

- Asegurar la protocolización
- Asegurar la interacción de los procesos de la concentradora en área considerada.

### **6.1.3 Metodología**

En base a documentación del proyecto (planos, especificaciones técnicas maquetas 3D) y principalmente los manuales de instalación, montaje y puesta en marcha de los equipos y sistemas considerados. De acuerdo a su avance en esta etapa de montaje, se definieron los protocolos críticos que se debían revisar de cada uno de los equipos para confirmar el cumplimiento con los criterios de aceptación, partiendo desde los anclajes, nivelaciones hasta torqueado de pernos.

En la primera fase del servicio, se solicitaron todos los protocolos que se sometieron a revisión para cada uno de los equipos. Junto con su revisión, se inspeccionaron las instalaciones en terreno para visualizar posibles problemas que se pudieran presentar durante el montaje y la puesta en marcha, haciendo recomendaciones.

Los trabajos de este equipo de profesionales, permitió asegurar que se cumplieran los requerimientos técnicos de cada equipo en particular, y de las áreas de la planta concentradora que consideró este servicio.

Por cantidad y tipo de equipos que se consideraron en este servicio, se definió realizarlo con el siguiente esquema:

#### **6.1.3.1 Grupo 1**

- Molino SAG
- Molinos de Bolas
- Baterías de hidrociclones
- Celdas de flotación
- Chancadores de pebbles
- Bombas alimentación ciclones

Los profesionales CIP en este servicio fueron: un consultor experto con más 35 años en el mercado y un ingeniero mecánico con 5 años de experiencia.

#### **6.1.3.2 Grupo 2**

- Espesadores de Relaves
- Espesadores de concentrado

El profesional CIP en este servicio: un consultor experto con 25 años de experiencia.

#### **6.1.4 Estimación de recursos**

Para este servicio de consultoría experta, por el tipo de equipos y su cantidad de protocolos a revisar, se presentó una opción que permita atender al 100% de lo requerido.

En el grupo 1 el consultor experto trabajó tres días por mes (dos visitas) fue apoyado por el ingeniero mecánico, con dos días por semana por seis meses

En el caso del grupo 2 se consideró un solo consultor seis días al mes por seis meses.

#### **6.1.5 Entregables del servicio**

Se consideró emitir un informe técnico mensual, con resultados de todo el trabajo realizado, que incluía conclusiones y recomendaciones.

Ahora, si se encontraba algún no cumplimiento, se comunicaba de inmediato al responsable de QA/QC del proyecto, para que tomara acción de inmediato.

#### **6.1.6 Requerimientos del servicio**

##### **6.1.6.1 Aspectos técnicos**

Para desarrollar este servicio se requirió de lo siguiente:

- Manuales de instalación, operación y mantenimiento de cada uno de los equipos.
- Planos de disposición general planta molienda, flotación y espesamiento
- Diagramas de flujo área molienda, flotación y espesamiento.
- P&IDs área molienda, flotación y espesamiento.
- Parte técnica de O/C de equipos.
- Protocolos de montaje que ya han sido aprobados.
- Visualización maqueta 3D de planta concentradora.

##### **6.1.6.2 Aspectos de logística**

- Los traslados en taxi casa-aeropuerto-casa en Santiago y pasajes en avión Santiago-Calama-Santiago, correspondieron a gastos reembolsables que se cobraron en cada estado de pago, adjuntándose comprobantes.

- Los traslados terrestres aeropuerto de Calama a faena ida y retorno, fueron de cargo y coordinación del cliente. Se incluyeron traslados internos en Faena y alojamiento en Calama.

### 6.1.7 Estimación HHs y Costos del servicio

Tabla 1 Estimación HHs y costos del servicio grupo 1 contrato 1

<b>Grupo 1</b>	<b>HHs</b>	<b>Tarifa [UF/HH]</b>	<b>Total [UF]</b>
<b>Consultor Experto</b>	204	3,03	618,12
<b>Ingeniero Mecánico</b>	624	1,212	756,3
		<b>TOTAL</b>	<b>1374,42</b>

Tabla 2 Estimación HHs y costos del servicio grupo 2 contrato 1

<b>Grupo 2</b>	<b>HHs</b>	<b>Tarifa [UF/HH]</b>	<b>Total [UF]</b>
<b>Consultor Experto</b>	432	2,424	1047,17
		<b>TOTAL</b>	<b>1047,17</b>

Gastos reembolsables:

- ❖ Grupo 1: 330UF (traslados taxi casa-aeropuerto-casa) y vuelos Santiago-Calama-Santiago.
- ❖ Grupo 2: 160UF (traslados taxi casa-aeropuerto-casa) y vuelos Santiago-Calama-Santiago.

El valor total del servicio contratado es de 2911,6UF

### 6.1.8 Plazo de ejecución

Se estimó un plazo de 6 meses, sujeto a modificación con previa coordinación con proyecto y disponibilidad de profesionales.

### 6.1.9 Programa de trabajo

El programa de trabajo propuesto fue el siguiente

Tabla 3 Programas de trabajo propuesto para contrato 1

PROGRAMA DE VISITAS A TERRENO ESPECIALISTAS CIP																																																					
GRUPO N°1	JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE							OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE				TOTAL HH																		
ESPECIALISTA	02-07-2019	03-07-2019	09-07-2019	10-07-2019	16-07-2019	17-07-2019	23-07-2019	24-07-2019	30-07-2019	31-07-2019	06-08-2019	07-08-2019	13-08-2019	14-08-2019	20-08-2019	21-08-2019	27-08-2019	28-08-2019	03-09-2019	04-09-2019	10-09-2019	11-09-2019	17-09-2019	18-09-2019	24-09-2019	25-09-2019	01-10-2019	02-10-2019	08-10-2019	09-10-2019	15-10-2019	16-10-2019	22-10-2019	23-10-2019	29-10-2019	30-10-2019	05-11-2019	06-11-2019	12-11-2019	13-11-2019	19-11-2019	20-11-2019	26-11-2019	27-11-2019	03-12-2019	04-12-2019	10-12-2019	11-12-2019	17-12-2019	18-12-2019	27-12-2019	28-12-2019	TOTAL HH
DOMINGO CONTRERAS	12	12																																																204			
ANDRÉS CONTRERAS	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	624							
<b>TOTAL</b>																												<b>828</b>																									

PROGRAMA VISITAS A TERRENO ESPECIALISTAS CIP																																										
GRUPO N°2	JULIO							AGOSTO							SEPTIEMBRE							OCTUBRE					NOVIEMBRE				DICIEMBRE				TOTAL HH							
ESPECIALISTA	06-07-2019	07-07-2019	20-07-2019	21-07-2019	27-07-2019	28-07-2019	03-08-2019	04-08-2019	17-08-2019	18-08-2019	24-08-2019	25-08-2019	14-09-2019	15-09-2019	21-09-2019	22-09-2019	28-09-2019	29-09-2019	05-10-2019	06-10-2019	12-10-2019	13-10-2019	26-10-2019	27-10-2019	02-11-2019	03-11-2019	16-11-2019	17-11-2019	23-11-2019	24-11-2019	07-12-2019	08-12-2019	14-12-2019	15-12-2019	21-12-2019	22-12-2019	TOTAL HH					
PRISCILLA JIMENEZ	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	432

## 6.2 Contrato 2

### 6.2.1 Contexto

La empresa 2 resolvió llevar a cabo un estudio de perfil, para evaluar alternativas de manera de incrementar sus niveles de producción, en la actual planta concentradora.

Para eso, los dueños de la Empresa 2 realizaron un estudio a nivel de perfil, evaluando alternativas para incrementar sus niveles de producción de cobre, usando como referencia un estudio a nivel de perfil preliminar realizado por la gente de operación de la Empresa 2. Contaron con el apoyo en layout de una empresa de ingeniería. Esta ingeniería de perfil, consideró que el contratista debía desarrollar todas las actividades necesarias y suficientes, mediante la ejecución de los trabajos de prestación de servicios. Incorporaron antecedentes existentes, proporcionados por el dueño, de manera que les permitió completar un estudio de perfil de acuerdo a los estándares definidos por el dueño.

El primer objetivo de este estudio de perfil, fue revisar y validar los criterios de diseño y capacidades de las nuevas instalaciones a ser implementadas, destacando:

- Revisar los diseños, disposiciones y soluciones planteadas en la ingeniería de scoping preliminar, desarrollada previamente por el dueño, aceptándolas y/o modificándolas, haciéndolas propias con el propósito de congelar el(los) diseño(s) conceptual(es).
- Revisar los criterios de diseño del sistema de distribución de relaves, que maximiza la capacidad de llenado del depósito relaves espesados (DRE) existente.
- Revisar y validar los criterios de diseño de proceso.
- Revisar configuración planta y capacidades de equipos.

Era de suma importancia el tener en cuenta que cualquier incremento en la capacidad productiva de la Empresa 2, debía necesariamente ser acompañado de un diseño de proceso e instalaciones, que garantizaran conseguir: los mejores indicadores de gestión operacional en forma sostenida en el tiempo, el menor consumo de agua y energía y los máximo niveles de recuperación de los recursos naturales.

La empresa de ingeniería que realizó el estudio de perfil, debía hacer el diseño y garantizar que la estimación del costo de capital tuviera una precisión que se asegurara una desviación máxima de  $\pm 35\%$  y que los costos de operación tuvieran una desviación máxima de  $\pm 15\%$ .

Con el objetivo de acortar el estudio, el dueño decidió que la empresa de ingeniería analizara potenciales escenarios de negocio con un incremento de tratamiento dado.

Para el diseño de los diferentes niveles de incremento, se analizó además la posibilidad de aplicar tecnologías de vanguardia en conminución (como por ejemplo tecnología de rodillos), alternativas de pre chancado y la tecnología de relaves espesados.

El aumento de capacidad significaba también un incremento en la cantidad de relaves a manejar. Por lo tanto, el estudio también debió incluir un análisis adecuado del actual depósito de relaves, con el objetivo de evaluar su vida útil y la necesidad o no de construir un nuevo depósito. Lo anterior, debió ser considerado en el estudio de incremento de capacidades del actual depósito de relaves, realizado por otra empresa de ingeniería.

En el diseño del depósito de relaves antes del estudio, así como en el diseño de las nuevas instalaciones de proceso, se debió siempre considerar que uno



de los objetivos fundamentales era la reducción del consumo de agua fresca en el proceso, en consecuencia, los diseños debieron considerar sistemas que maximizaran la recuperación de agua industrial, en la planta concentradora. Adicionalmente, debió realizar el diseño del sistema de procesos, con un objetivo de buscar la optimización de la eficiencia energética.

Este estudio debió evaluar las necesidades de energía y agua fresca adicionales para los incrementos de producción.

Para cada una de las alternativas que se evaluaron, el informe del estudio de perfil debió incluir como mínimo:

- ❖ Criterio de Diseño de Procesos.
- ❖ Diagrama de Flujo y balance de masas.
- ❖ Memoria de cálculo balance de masas.
- ❖ Memoria de cálculo dimensionamiento de equipos.
- ❖ Propuesta de ubicación de las instalaciones (Plot Plan). Entrega en formato GIS-DWG en datum WGS84 Huso 19.
- ❖ Sketch de distribución de obras Civiles – Planta.
- ❖ Listado de equipos mecánicos.
- ❖ Sketch disposición de cañerías, destacando los Tie-Ins.
- ❖ Memoria de cálculo estimación de demandas eléctricas.
- ❖ Listado de equipos eléctricos.
- ❖ Estimación del Costo de Inversión (CAPEX) con un nivel de precisión de +/-30% a +/-35% para las alternativas estudiadas, con una probabilidad de un 90%.
- ❖ Estimación del Costo de Operación (OPEX) con un nivel de precisión de +/- 15% a +/- 20%.
- ❖ Informe técnico Definición/Análisis configuraciones alternativas de Proceso.
- ❖ Cronograma de las siguientes etapas del proyecto (Prefactibilidad, Factibilidad y Ejecución); considerar en la construcción de los programas la estimación de tiempos de aprobación asociados a los permisos ambientales y sectoriales para el proyecto.
- ❖ Análisis de interferencia estructurales y territoriales del proyecto con la operación actual CEN.
- ❖ El Contratista debió desarrollar y determinar a partir de un taller de riesgos, con un enfoque orientado al análisis y determinación de

eventuales riesgos críticos, todos aquellos que pudieron convertirse en fallas fatales para el proyecto. Para este efecto, el Contratista desarrolló análisis de riesgos del proyecto cumpliendo las políticas y metodología de Cliente. El plan de mitigación y control de riesgos producido en esta fase del proyecto debió ser monitoreado y controlando su cumplimiento en el transcurso del estudio.

Para la revisión técnica del estudio de perfil que realizó empresa de ingeniería, en carácter de ingeniería de contrapartida, la gerencia de ingeniería del proyecto, decidió utilizar en la parte técnica a una empresa externa, especializada en estos servicios, CIP consultores.

### **6.2.2 Objetivos del servicio de contrapartida**

Los objetivos del servicio a nivel general y específicos se detallan a continuación

#### **6.2.2.1 General**

El servicio que propuso CIP implicó la realización de una asesoría especializada de contraparte técnica, especializada al desarrollo de la ingeniería de perfil para el proyecto.

Las especialidades consideradas en la asesoría fueron: Proceso, Mecánica Layout, Mecánica Pipino/hidráulica, electricidad e instrumentación y control y civil estructural.

El objetivo global de los servicios fue revisar y apoyar en representación del dueño, aspectos técnicos y temas específicos del estudio, de tal forma de cumplir los hitos contemplados en el programa y la calidad del proyecto.

#### **6.2.2.2 Específicos**

Los objetivos específicos fueron:

- ❖ Realizar la contraparte especializada en temas específicos de la ingeniería de perfil, revisando maqueta 3D, planos y documentos principales de las siguientes especialidades:
  - Procesos
  - Mecánica Layout
  - Mecánica Piping/Hidráulica
  - Electricidad e instrumentación y control
  - Civil estructural

- ❖ Participación en los siguientes talleres
  - Hazop
  - Constructibilidad
  - Otros de requerirse.
- ❖ Participación en reuniones específicas de revisión de la ingeniería en oficinas de la empresa ingeniería que realizó el estudio.
- ❖ Participación en reunión semanal de revisión en maqueta con las especialidades de CIP y la empresa de ingeniería que desarrolló la ingeniería, en temas específico.
- ❖ Participación en reuniones con proveedores de equipos críticos.
- ❖ Participación en reuniones internas con el equipo del dueño.

### **6.2.3 Alcance del servicio**

El alcance del servicio contempló todas las áreas del proyecto. Esto implicó la participación de consultores e ingenieros en especialidades de proceso, mecánico/layout, Mecánico piping/hidráulico, electricidad instrumentación y control y civil estructural.

EL apoyo fue en las siguientes actividades:

- ❖ Revisión de criterios de diseño desarrollados por empresa de ingeniería.
- ❖ Revisión de planos, documentos y maqueta 3D que emitió la empresa que desarrollo el estudio de perfil.
- ❖ Revisión de entregables de proveedores de ingeniería de perfil
- ❖ Coordinación de trabajos de proveedores de ingeniería y equipo de ingeniería del dueño.
- ❖ Participación en talleres de constructibilidad, hazop, etc.
- ❖ Coordinación de información entre los proveedores de servicio de ingeniería y el dueño.

### **6.2.4 Requerimientos**

Se requirió disponer de la información técnica (planos y documentos) con copia dura y copia digital según corresponda y el uso de maqueta 3D.

Se requirió disponer de tres espacios en las oficinas de la empresa que desarrolló la ingeniería para profesionales de CIP.

## 6.2.5 Metodología

Se describe a continuación la metodología de trabajo de acuerdo a la cual CIP desarrolló los servicios solicitados.

El desarrollo del servicio se inició con un kick off meeting, en oficina de ingeniería, consolidando el programa de desarrollo de la ingeniería de perfil y los aspectos más importantes del estudio. Se presentaron los especialistas a cada empresa y definieron la forma de realizar el trabajo.

Dentro de las actividades que realizaron los profesionales CIP se encontraron las siguientes:

- ❖ Revisión específica del proyecto utilizando la maqueta 3D.
- ❖ Revisión y validación de criterios de diseño del estudio en todas las especialidades.
- ❖ Revisión de planos con diagramas de flujo de todas las áreas del proyecto.
- ❖ Revisión de planos P&IDs simplificados de las plantas, analizando el nivel de instrumentación, número de señales, grado de automatización y filosofía de control de las operaciones unitarias, así como a la interacción entre ellas.
- ❖ Revisión de planos de disposición general, plantas y cortes, etc. se analizaron su ubicación, espacios para futuras expansiones, interferencias (tie-in) y/o modificación de actuales instalaciones, disposición de equipos y accesos para mantención.
- ❖ Revisión de memorias de cálculo de equipos de proceso principales, manejo de pulpas, fundaciones y estructura principales.
- ❖ Revisión de planos generales de distintas alternativas.
- ❖ Revisión de los costos de capital de todas las alternativas (CAPEX).
- ❖ Revisión de los costos de operación de todas las alternativas (OPEX).
- ❖ Revisión de programas de implementación de todas las alternativas.
- ❖ Revisión de listados de equipos de proceso y auxiliares con las ubicaciones respectivas.
- ❖ Revisión de ubicaciones de calderería, piping, hormigones, movimientos de tierra, estructuras, cables eléctricos y otros.
- ❖ Revisión estudios trade off
- ❖ Revisión de los estudios de ingeniería de las interferencias con las operaciones actuales (tie-in).

- ❖ Revisión de especificaciones técnicas para la cotización presupuestaria de equipos principales.
- ❖ Participación en reuniones técnicas del proyecto en oficina de ingeniería.
- ❖ Participación en talleres como: hazop, constructibilidad, otros del proyecto.

### 6.2.6 Estimación HHs de profesionales

Tabla 4 Estimación HHs de profesionales para contrato 2

<b>Categoría</b>	<b>HH/mes</b>	<b>Meses</b>	<b>HH total</b>
<b>Consultor experto plantas concentradoras</b>	90	5	450
<b>Consultor senior civil estructural</b>	90	5	450
<b>Ingeniero senior electricidad e instrumentación</b>	90	5	450
<b>Soporte administrativo</b>	60	5	300
<b>TOTAL</b>	<b>330</b>	<b>5</b>	<b>1650</b>

## 6.2.7 Estimación costos del servicio por categoría de profesionales

Tabla 5 Estimación costos del servicio por categoría de profesional para contrato 2

<b>Categoría</b>	<b>Tarifa</b>	<b>Costo Mensual</b>			<b>Total</b>	
		<b>UF/HH</b>	<b>HH</b>	<b>Monto \$UF</b>	<b>Meses</b>	<b>HH</b>
<b>Consultor Experto Plantas Procesamiento</b>	3,2	90	288	5	450	1440
<b>Consultor Senior Civil Estructural</b>	2,2	90	198	5	450	990
<b>Ingeniero Senior Electricidad e instrumentación</b>	2,2	90	198	5	450	990
<b>Soporte Administrativo</b>	1,0	60	60	5	300	300
<b>Total</b>	-----	<b>330</b>	<b>744</b>	<b>5</b>	<b>1650</b>	<b>3720</b>

### 6.2.8 Plazo de ejecución

El plazo de ejecución del servicio de contrapartida fue de 5 meses.

### 6.2.9 Entregables del servicio

Mensualmente se emitió para revisión y aprobación, de parte de la gerencia de proyectos del dueño, un informe que contenía todo el trabajo realizado por el grupo CIP donde se entregaba el listado de planos y documentos revisados, con respaldos técnicos, asistencias a reuniones, talleres, revisiones de maqueta 3D, visitas a terreno y otras actividades requeridas por el proyecto.

Los entregables correspondieron a copias en duro de los documentos y planos revisados, con las anotaciones y comentarios correspondientes. También, se consideraron como entregables las minutas de reuniones y asistencias a revisiones de maqueta.

## **6.3 Contrato 3**

### **6.3.1 Contexto**

La gerencia de ingeniería de Empresa 3, realizó proyectos con diversas empresas de ingeniería nacional, para sus plantas concentradoras en operación.

Estas ingenierías las desarrolló en tres etapas: selección (ingeniería conceptual), definición (ingeniería básica) y ejecución (ingeniería de detalles).

Para un mejor control y velar por el cumplimiento técnico, también contrataron ingenierías especializadas, que actuaron como contrapartida revisando lo desarrollado por otras empresas.

En este contexto, la gerencia de ingeniería de Empresa 3 solicitó una propuesta técnico económica a CIP, por un servicio especializado experto para utilizarlo como contrapartida.

### **6.3.2 Metodología aplicada**

Cuando Empresa 3 requería de algún servicio de revisión experta, enviaba a CIP el alcance del servicio puntual, CIP respondía a Empresa 3 indicando los entregables con las HHs correspondientes a cada categoría que participaba, se incluía plazo ejecución y su costo asociado. Una vez que era revisado y aprobado por Empresa 3, CIP procedía con la ejecución del servicio. A cada servicio se le asignaba un número de orden que era firmado por ambas partes (orden de servicio).

### 6.3.3 Estimación del costo del servicio

Tabla 6 Estimación del costo de servicio contrato 3

<b>Categoría</b>	<b>Tarifa</b>		<b>Costo Mensual</b>		<b>Total</b>	
	<b>UF/HH</b>	<b>HH</b>	<b>Monto UF</b>	<b>Meses</b>	<b>HH</b>	<b>Monto UF</b>
<b>Consultor experto</b>	\$2,4	105	250	7	735	1751
<b>Ingeniero A</b>	\$1,8	105	193	7	735	1351
<b>Ingeniero B</b>	\$1,5	105	160	7	735	1117
<b>Ingeniero C</b>	\$1,0	105	108	7	735	753
<b>Total</b>	-----	<b>420</b>			<b>1650</b>	<b>4971</b>

Donde los perfiles de las categorías fueron las siguientes:

- Consultor Experto: Ingeniero Civil Sobre 30 años de experiencia con mínimo 20 años experiencia en el servicio solicitado.
- Ingeniero A: Ingeniero Civil sobre 20 años de experiencia con mínimo 15 años de experiencia específica en el servicio solicitado
- Ingeniero B: Ingeniero Civil sobre 12 años experiencia con mínimo de 6 años de experiencia en el servicio solicitado.
- Ingeniero C: Ingeniero Civil con 3 años, Ingeniero Ejecución con 10 años experiencia o Proyectista Senior con 15 años experiencia.



Además, se consideraron gastos reembolsables del orden de 742 UF.

El costo total del servicio se estimó en 5713 UF.

#### **6.3.4 El plazo de ejecución**

El plazo de ejecución estimado fue de 7 meses.

## 7 DATOS DE COSTOS EN LOS CONTRATOS ESTUDIADOS

### 7.1 Contrato 1

Los costos asociados al contrato 1 son los siguientes:

#### *Costo [UF]*

<b>MES</b>	<b>Consultor experto</b>	<b>Ingeniero mecánico</b>	<b>Ingeniero Experto</b>	<b>Gastos reembo lsables</b>	<b>Total mes</b>	<b>Acumula do</b>
<b>1</b>	182	73	0	68	323	323
<b>2</b>	145	58	116	74	394	717
<b>3</b>	73	29	87	38	227	944
<b>4</b>	109	44	58	53	264	1208
<b>5</b>	0	0	0	0	0	<b>1208</b>

El presupuesto de este contrato fue:

*Tabla 7 Presupuesto Contrato 1*

<b><i>Presupuesto</i></b>	<b><i>Cantidad [UF]</i></b>
<b><i>Consultor experto</i></b>	618,1
<b><i>Ing. Mecánico</i></b>	756,3
<b><i>Ing. Experto</i></b>	1047,2
<b><i>Gastos reembolsables</i></b>	490
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>2911,6</b>

## 7.2 Contrato 2

Los costos asociados al contrato 2 son los siguientes:

Tabla 8 Costos asociados al contrato 2

<b>Costo [UF]</b>						
<b>MES</b>	<b>Consultor experto</b>	<b>Ingeniero mecánico</b>	<b>Ingeniero Experto</b>	<b>Gastos reembo lsables</b>	<b>Total mes</b>	<b>Acumula do</b>
<b>1</b>	91	45	17	6	159	159
<b>2</b>	349	112	56	12	528	687
<b>3</b>	288	220	109	12	629	1316
<b>4</b>	309	99	108	12	528	1843
<b>5</b>	285	35	44	12	376	2219
<b>6</b>	86	0	0	12	98	<b>2318</b>

El presupuesto de este contrato fue:

<b><i>Presupuesto</i></b>	<b><i>Cantidad [UF]</i></b>
<b><i>Consultor experto</i></b>	1440
<b><i>Ing. Senior Eléctrico</i></b>	990
<b><i>Ing. Senior Civil</i></b>	990
<b><i>Soporte administrativo</i></b>	300
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>3720</b>

### 7.3 Contrato 3

Los costos asociados al contrato 3 fueron

*Tabla 9 Costos asociados a contrato 3*

<b>Costo [UF]</b>							
<b>MES</b>	<b>Consul. exp.</b>	<b>Ing. A</b>	<b>Ing. B</b>	<b>Ing. C</b>	<b>Gastos reembolsables</b>	<b>Total mes</b>	<b>Acumulado</b>
<b>1</b>	221	150	126	88	53	638	638
<b>2</b>	185	161	145	94	88	673	1311
<b>3</b>	266	185	159	97	88	796	2108
<b>4</b>	230	146	122	113	90	702	2809
<b>5</b>	184	148	74	126	106	639	3448
<b>6</b>	184	146	115	89	74	607	4055
<b>7</b>	184	146	127	97	53	607	<b>4662</b>

El presupuesto del contrato 3 es el siguiente:

*Tabla 10 Presupuesto contrato 3*

<b><i>Presupuesto</i></b>	<b><i>Cantidad [UF]</i></b>
<b><i>Consultor experto</i></b>	1751
<b><i>Ingeniero A</i></b>	1351
<b><i>Ingeniero B</i></b>	1117
<b><i>Ingeniero C</i></b>	753
<b><i>Gastos reembolsables</i></b>	742
<b><i>TOTAL</i></b>	<b>5713</b>

## **8 RESULTADOS**

### **8.1 Contrato 1**

Los resultados obtenidos de este contrato son los siguientes:

Este contrato se desarrolló en la etapa final del proyecto, construcción y montaje. El objetivo principal era hacer una contrapartida experta al montaje de los equipos principales y desde el punto de vista experto, levantar posibles problemas que podrían surgir en la puesta en marcha.

El trabajo se desarrolló diferente a lo planeado. La idea era solicitar todos los protocolos de construcción y montaje, haciendo un levantamiento inicial.

Los profesionales se encontraron con la sorpresa que la empresa que estaba a cargo del EPC, tenía todos los equipos "Presentados", es decir, solo en posición sin apretar los pernos. Los protocolos en su mayoría estaban atrasados. Aparte de esto, al tratarse de un EPC el acceso a la información era muy complejo, se tuvieron muchos problemas en los que no se podía acceder a la información, porque el dueño no tenía acceso y había que solicitar autorización a la empresa a cargo del EPC, esto dificultó mucho el trabajo de los profesionales.

Por lo anterior, es que el programa que se tenía pactado no se pudo cumplir y el presupuesto fue mal estimado. Se tenía programado visitas semanales, esto se modificó por visitas mensuales, además la empresa CIP tuvo problemas con las acreditaciones y solo podía ir a faena como visita, teniendo solo 3 días al mes como máximo por profesional.

El costo total del servicio llegó a 1208 UF, mientras que el presupuesto estimado era de 2911,6 UF. Se gastó cerca del 42% del presupuesto, dejando el resto para posible extensión de plazo.

Dentro del trabajo realizado, a pesar del poco tiempo que se pudo trabajar, debido a problemas con accesos de visita y protocolos, se pudo hacer grandes aportes con respecto a protocolos importantes, como es el caso específico del molino SAG de la planta. Se hicieron hallazgos importantes que obligaron al contratista EPC a poner mucha más atención a estos asuntos de calidad. Además, se encontraron muchos puntos relevantes en montajes de otros equipos, que también fueron levantados y fueron puestos como alerta para el cliente, que tomó mayor participación dentro de estas problemáticas.

Además, se hizo gran aporte al equipo de puesta en marcha, levantando puntos de posibles problemáticas a la partida. Fue muy productivo que el equipo del cliente tomara acciones inmediatas y lo que no se pudo hacer



inmediatamente se dejó alertado y listo para ser tomado en el momento que correspondiera.

Otro aporte importante del equipo de contraparte CIP, fue que se realizaron talleres de capacitación a profesionales del proyecto, que consistían en describir el proyecto completo, explicando la función de cada circuito y equipo en particular.

En este contrato, dado que el programa no se pudo cumplir como se había propuesto, el error se asocia a que había un desconocimiento por parte del cliente de la cantidad de trabajo que estaba desarrollada por el EPC y cómo iba a avanzar durante el tiempo que durara el servicio. Hubo mucha descoordinación entre todos los participantes, aparte que el contrato EPC no entrega mucha información al cliente ni a los revisores, por lo tanto, no era tan recomendable que CIP realizara el trabajo de esta forma.

Otro problema que hubo y que también afectó el programa, fue lo difícil que resultó generar las acreditaciones a los profesionales para estar en faena. Tanto el contratista como el mandante tuvieron mala disposición, generado que el tiempo productivo en faena fuese mucho menor que el presupuestado en el inicio. Esto fue responsabilidad de CIP y la empresa 1, ambos no tuvieron suficiente disposición a hacer el papeleo, ya sea por falta de tiempo y HH de ambas empresas.

El contrato EPC es complejo si se está controlando o se intenta controlar desde afuera, no es recomendable contratar servicios de contrapartida si no se ha estipulado antes en el contrato EPC, debe haber libertad para el cliente pueda solicitar y controlar todos los trabajos realizados por la Empresa que desarrolla el EPC. Los EPC no son malos contratos, funcionan dadas determinadas condiciones, solamente, es importante dejar claro que para darle un alto valor al servicio de contrapartida y al EPC, su interacción debe quedar clara desde el inicio. Por lo tanto, es el cliente quien tiene que tener esto en mente y plantearlo a tiempo, para no generar malos entendidos y lograr que se pueda trabajar de manera óptima, con cooperación mutua y trabajo en equipo.

También, dado que los profesionales de CIP tenían una vasta experiencia en este tipo de proyectos, fue muy positivo que se integraran y se les diera la libertad de trabajar revisando la maqueta del proyecto. Encontró posibles fallas y dio acciones a tomar al respecto para no tener problemas durante la puesta en marcha y ramp up.

Finalmente, la estimación de costos del proyecto estuvo muy por debajo, se ocupó menos de la mitad del total presupuestado, por lo que este servicio pudo haber sido extendido al resto de los paquetes de construcción, eran cerca de 5 paquetes y solo se consideró 1.

El cliente en este proyecto en particular contrató a CIP para una revisión experta por área de control de calidad del proyecto, en una fase con un avance de construcción en torno al 60%. Inmediatamente al inicio las revisiones, de algunos protocolos y de la ingeniería del proyecto utilizando maqueta, se detectaron anomalías que afectarán la puesta en marcha, lo que fue informado al cliente y a la empresa que hizo la contrapartida, ya que no se había percatado de estos diseños inadecuados. Esto complicó las relaciones y finalmente no se continuó con la revisión experta.

## **8.2 Contrato 2**

Los resultados obtenidos de este contrato son los siguientes:

El servicio fue desarrollado en etapa de ingeniería de perfil, la cual consistió en desarrollar más de una alternativa y seleccionar la que sea mejor técnica y económicamente.

Dentro de los objetivos del estudio estaba revisar los diseños, disposiciones y soluciones planteadas en la etapa anterior de ingeniería. Además de revisar criterios de diseño, la configuración de la planta y su capacidad. Se hizo de manera exitosa, hubo buena coordinación y trabajo conjunto que logró hacer un proyecto robusto y consistente.

La principal característica era aumentar la capacidad productiva sobre los proyectos que se manejaban hasta ese momento en la empresa 2 y no se logró.

El objetivo principal de CIP era dar asesoría especializada de contraparte técnica para el desarrollo de ingeniería de perfil; el cual se llevó adelante de la siguiente forma: se utilizaron profesionales expertos en el área de proceso, mecánica, electricidad control e instrumentación y civil estructural.

El servicio se desarrollaba semanalmente con una estructura bien definida. Los martes se hacía una reunión general con Empresa de Ingeniería, donde participaban todas las disciplinas y daban cuenta de su avance. Posterior a eso, cada especialidad tenía su reunión independiente donde se avanzaba en cada área. No fue necesario tener el personal de CIP de tiempo completo en las oficinas del cliente, porque toda la documentación se manejó de manera remota, mediante comentarios en los documentos digitales. Estos comentarios eran enviados al jefe de disciplina del dueño, el cual consolidaba comentarios y reemitía a la empresa de ingeniería. Posteriormente en las reuniones de especialidad, se aclaraban comentarios a documentos que no quedaban claro por escrito y se consensuaban para ser emitidos de manera final. Dependiendo del tema, se tenían reuniones de especialidad los días lunes.

El plazo de ejecución se estimó en y se desarrolló en 5 meses, esto fue posible gracias a que la empresa de ingeniería que desarrolló el proyecto, trabajó a la par con profesionales de CIP, emitiendo documentos y planos según el programa que estaba establecido originalmente. Hubo retrasos, pero fueron mínimos.

El costo total del servicio fue de 2.318 UF aproximadamente, mientras que el presupuesto era de 3.720UF, utilizando entonces el 62% del presupuesto.

El proyecto finalmente luego de esta etapa, fue terminado porque la ingeniería anterior no fue de buena calidad, a diferencia de esta que se hizo con contrapartida. Gracias a esta revisión experta, se aterrizaron más los diseños, se completó lo que faltaba y se definieron las alternativas. Ninguna fue tan rentable como para pasar a la etapa siguiente.

Se puede concluir que el servicio fue desarrollado oportunamente en etapa de ingeniería de perfil. Como se trataba de una ingeniería donde se estudian varias alternativas y se elige una, al haber contrapartida, se pudo minimizar los riesgos y elegir con seguridad la mejor alternativa.

Las revisiones se desarrollaron con éxito, fue muy positivo el revisar desde criterios de diseño, planos, especificaciones técnicas hasta la maqueta.

Estuvo bien estructurado el servicio, realizando reuniones semanales el equipo se mantenía constantemente informado y si había algún hallazgo se podía actuar rápidamente. Todos los equipos estaban bien informados y la colaboración se dio muy fluida.

Un punto no tan positivo, fue que las revisiones se realizaban en documentos físicos, había un profesional del cliente que compilaba todos los comentarios y los emitía a la empresa de ingeniería. Para esto existen ahora plataformas digitales, que permiten trabajar en tiempo real y de manera simultánea en un mismo documento. Esto ya se está implementando en nuevos proyectos solucionando este problema. Esta nueva forma de trabajo es mucho más efectiva, los tiempos son menores y los profesionales tienen todas las facilidades para trabajar sin contratiempo desde cualquier lugar.

Se realizaron muchos aportes a la ingeniería y se detectaron errores a tiempo, permitiendo desarrollar un proyecto robusto y consistente.

Los plazos de ejecución se cumplieron y sobró presupuesto, esto permitirá para proyectos futuros precisar más la estimación de costos.

En general hubo buena coordinación y trabajo conjunto que logró hacer un proyecto exitoso. Pese a que este proyecto fue parado, porque el CAPEX no

dio lo suficientemente rentable como para seguir en desarrollo, este proyecto se tiene como referente la forma en que se hicieron las cosas. Incluso el gerente de ingeniería del proyecto fue promovido al otro proyecto que tenía la empresa 2.

El proyecto fue sometido a una evaluación externa con todo su equipo y el de CIP, resultando muy bien evaluados. Es importante destacar, que este proyecto en su inicio fue desarrollado por la planta, siendo demasiado optimista y poco realista. Gracias a la ingeniería que se desarrolló con CIP, el proyecto fue desarrollado a conciencia y honestamente no pasó a la siguiente etapa.

### **8.3 Contrato 3**

Este contrato es algo diferente de los dos anteriores, en este caso se tiene una bolsa de dinero y varios proyectos en carpeta. La idea era que a medida que fuese necesario el servicio de contrapartida, este se hiciera.

Se desarrollaron diversos proyectos pequeños, los cuales fueron utilizando parte del presupuesto, incluso desde otras divisiones y áreas de la Empresa 3 utilizaron este contrato para hacer trabajos distintos.

Este tipo de contrato resultó muy positivo para el desarrollo de las ingenierías que se solicitaron. Como se trataba de una bolsa de dinero disponible, la planta solicitó constantemente a CIP servicios que entraban en funcionamiento rápidamente, apoyando al cliente en la revisión de los proyectos.

La gracia de este tipo de contrato es que fue muy versátil y útil para el cliente, todo esto en base a la confianza que ya existía hace tiempo. El conocimiento mutuo entre ambos y el profesionalismo que demostraron La empresa 3 y CIP fue clave a la hora de lograr resultados exitosos.

El presupuesto fue utilizado de forma oportuna y precisa, se sabía con anterioridad la gran batería de proyectos que tenía la empresa 3, por lo que esta forma de contrato fue muy adecuada.

Los costos asociados ascendieron a 4652 UF y el presupuesto era de 5713 UF, lo cual quedó para una extensión solo de plazo.

El plazo también estuvo bien, posterior al término, se solicitaron varias extensiones de contrato tanto en presupuesto como en plazo.

Esta alianza resultó muy fructífera para la Empresa 3 y CIP.

Este contrato correspondía a proyectos de mejoras y optimizaciones de actuales instalaciones en operación, de plazo y montos menores, donde lo que

se proyectaba se construía de inmediato y se tenía el resultado en forma rápida. En algunos proyectos a CIP se le solicitaba realizar estudio conceptual, recomendando la solución a implementar. Posteriormente el cliente contrataba una empresa de ingeniería que desarrollaba el proyecto y CIP lo revisaba. Esto implica que los resultados técnicos principalmente, respondieran a lo requerido por operaciones en forma exitosa.

## **9 RECOMENDACIONES**

### **9.1 Generales**

Como se pudo apreciar en este análisis, existe todavía mucho más que investigar y recopilar información de las ingenierías de contrapartida. En inicio, este trabajo puede ayudar a todo tipo de empresa que tenga relación con estos servicios. Se recomienda seguir estudiando y profundizando los servicios de ingeniería de contrapartida.

Las ingenierías de contrapartida son fundamentales en el desarrollo exitoso, lo dicen los académicos del MBA minero y profesionales del mundo minero, se recomienda considerarlo como un estándar mínimo en el desarrollo de los proyectos.

No existe una receta única al momento de seleccionar el mejor tipo de contrato para este servicio. Se debe evaluar caso a caso y considerar esta información como valiosa y de ayuda para la gestión de estos contratos.

Con los avances tecnológicos, es posible desarrollar estos servicios de manera mucho más fluida y clara. El uso de plataformas de revisión es fundamental, se debe incorporar en todos los proyectos; un ejemplo es la plataforma ACONEX, excelente herramienta para llevar un control claro y oportuno de los proyectos. También contribuye a que los profesionales puedan apuntar a trabajar desde sus casas, sin necesidad de incurrir en gastos adicionales como oficinas, locomoción, etc., generando ahorros de costos tremendo para el cliente y tiempos flexibles para los trabajadores.

El contrato a suma alzada es recomendable para servicios con un alcance bien acotado, que dependa de factores que el mandante pueda controlar y/o que el contratista no pueda evaluar adecuadamente. No se recomienda utilizarlo cuando las ingenierías son incompletas o cuando hay oportunidades de mejoras.

El contrato a serie de precios unitarios es recomendable para servicios que no se tenga un alto grado de definición o certidumbre del alcance del trabajo.

El contrato a costos reembolsables es recomendable usarlo cuando son casos de urgencia e incertidumbre.

### **9.2 Específicas**

Considerando los contratos detallados en este documento y las lecciones aprendidas en proyectos similares, se recomienda lo siguiente:

- El cliente al contratar los servicios de ingeniería conceptual en el proceso de evaluación, debe ponderar la parte técnica con un 70% y la económica con un 30%, de manera de disponer de un equipo de profesionales técnicamente adecuado, que, reforzado con un equipo de profesionales expertos en área específicas, logrará tener un resultado exitoso como proyecto integro.
- El cliente, durante la evaluación de la empresa que ejecutara la ingeniería, deberá verificar que los profesionales claves ofrecidos, tengan el perfil con la experiencia requerida por el proyecto, priorizando el aspecto técnico sobre el tamaño de la empresa. El resultado del éxito del proyecto pasará por los profesionales que ejecutan la ingeniería y no el tamaño de la empresa. Ahora, si sumamos el disponer de una contrapartida experta en tópicos críticos, lo más probable es que tengamos un proyecto exitoso.
- En los últimos años, debido a las bajas leyes en los minerales, la mayor dureza, el alto costo de la energía, la falta de agua, entre otros, los costos de inversión (CAPEX) y operación (OPEX) han aumentado, obteniendo bajas rentabilidades. Es por esta razón que en muchos proyectos se realiza una serie de ajustes en los diseños, llevando al mínimo los factores, dejándolos sin holgura. Esto genera un mal resultado si no se revisa por expertos, sabiendo que, al no cumplir con los tonelajes comprometidos durante la operación, obliga a incurrir en mayores costos no considerados de CAPEX y OPEX, terminando con un proyecto con falla fatal. En estos casos específicos es donde la revisión experta es muy justificada porque pone las alertas de inmediato.
- Hoy en día, por la menor cantidad de proyectos en desarrollo, las empresas de ingeniería, para adjudicarse los proyectos presentan ofertas muy económicas, con profesionales sin tanta experiencia, con bajos sueldos, donde resulta muy tentador para ellos cambiarse de proyecto. Esto genera descoordinaciones entre especialidades, que finalmente afecta la integridad del proyecto. En estos casos con mayor justificación se requiere una contrapartida técnica.
- En el caso específico de tener un contrato tipo EPC, se recomienda dejar contractualmente una ventana abierta, para que la contrapartida tenga acceso a revisar los puntos de mayor criticidad en el proyecto. De no hacerlo, hay un alto riesgo de tener un proyecto con errores.
- La ingeniería de contrapartida experta, debe ser contratada para revisar al menos los siguientes tópicos:
  - Calidad y cantidad de muestras del mineral a procesar.
  - Plan minero
  - Determinación de índices de dureza

- Leyes del mineral
- Curvas granulométricas ROM (run of mine)
- Criterios de diseño de proceso
- Criterios de diseño especialidades
- Memorias de cálculo equipos principales
- Planos con diagramas de flujo
- Planos disposición general y corte planta
- Memoria de cálculo especialidad
- Planos civiles estructurales
- Planos eléctricos
- Planos control e instrumentación
- Filosofía de operación
- Planos Vendor equipos principales
- Plan ejecución del proyecto
- Planificación puesta en marcha

## **10 CONCLUSION**

Del resultado del análisis de los tres contratos de contrapartida, realizados bajo distintas modalidades, se puede concluir que todos funcionan, pero depende de cada caso la forma y como se aplica.

Lo concreto, es que la contrapartida debe aplicarse a todas las etapas del desarrollo de las ingenierías, priorizando las primeras fases que corresponden a las ingenierías de perfil y conceptual, siendo estas la base de las etapas siguientes: ingeniería básica, detalles, construcción, montaje y puesta en marcha.

Para lograr minimizar los riesgos de cumplimiento de los compromisos de cada proyecto, la ingeniería de contrapartida es fundamental en la revisión de los criterios de diseño de todas las especialidades y se debe dar prioridad uno a la especialidad de proceso. En este punto no se puede fallar, ya que la base del proyecto es esta especialidad. Una fuente importante de fallas de proyectos que han fracasados ha sido las definiciones de proceso, muestras poco representativas, que con el paso del proyecto no se revisan en detalle provocando que la ingeniería se desarrolle bajo una base poco sustentada.

Además, los factores de diseño utilizados en el dimensionamiento de las plantas de procesamiento, son mal aplicados, en muchos casos por



confundirlos o interpretarlos de distinta forma. Esto ha sido otro de los factores que han incidido en muchos resultados fallidos de algunos proyectos.

En el caso específico de los contratos tipo EPC, el cliente debe dejar contemplado que tendrá una contrapartida y que debe ser aceptada para realizar revisiones durante el desarrollo del proyecto. Esto es importante ya que los ejecutantes de los contratos EPC no aceptan contrapartida, ya que ellos buscan principalmente bajar costos y cumplir plazos a cualquier costo, en desmedro de la calidad y el éxito del proyecto.

Los costos de estos servicios de ingeniería de contrapartida, corresponden a estimaciones de HHs en torno al 10% de las HHs ocupadas por las empresas que realiza la ingeniería del proyecto.

La conclusión principal es que a pesar que las ingenierías de contrapartida representan un gasto no menor dentro de un proyecto, representan un apoyo fundamental para que un proyecto tenga un resultado exitoso y es clave contar con este tipo de servicio en todas las fases del proyecto con profesionales expertos, según necesidades, para lograr proyectos exitosos.

## 11 BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Jofré Enrique, 2019, presentación Gestión de Externalización y Contratos curso cadena de abastecimiento MBA minero, Universidad de Chile, Santiago.
- ❖ Consultor Ingeniería de Proyectos Limitada, 2013, Contrato Resumido de servicios de contraparte, Empresa 1.
- ❖ Consultor Ingeniería de Proyectos Limitada, 2018, Orden de servicios de terceros Servicio de contraparte técnica revisión de ingeniería estudio de perfil (FEL), proyecto Empresa 2.
- ❖ Consultor Ingeniería de Proyectos Limitada, Contrato Servicio de inspección técnica en terreno equipos principales planta concentradora Empresa 3.
- ❖ Douglas Ron, 2016, Contratos EPC o EPCM ¿Cuál puede conducir hacia mejores resultados a los propietarios de grandes proyectos?, Ausenco, Australia.
- ❖ Catalán Carolina, 2018, Estandarización del análisis de riesgo de sobrecosto de proyecto aplicado a proyectos mayores de BHP, Memoria para optar al grado de magister en gestión y dirección de empresas versión industria minera, Universidad de Chile, Santiago.
- ❖ Taboada Jorge. 2019, Presentación Gestión y Control de Proyectos MBA versión industria minera, Universidad de Chile.
- ❖ Alzamora Gerardo, 2019, Presentación Fundamentos en la planificación y administración de contratos (P&AdC), MBA versión industria minera Universidad de Chile.
- ❖ Consultor Ingeniería de Proyectos Limitada, 2019, Información de estados de pago y cotizaciones de servicios de empresa 1, 2 y 3.
- ❖ Pizarro Nelson, 2014, Presentación "Trayectoria profesionales transversal en Megaproyectos: Rol de CEO".
- ❖ Arze Elías (presidente asociación de empresas consultoras Chile), sin año, Seminario COCHILCO "Megaproyectos mineros en Chile: aprendiendo de la experiencia, Rol del ingeniero consultor".
- ❖ Merrow Edward (Independent Project analysis), 2014, presentación "Chilean mining megaprojects: learning from experience".
- ❖ The Boston Consulting Group, 2014, presentación "Megaproyectos minería".