



DEPARTAMENTO DE  
**INGENIERIA COMERCIAL**  
UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA

**UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA**  
**Departamento de Ingeniería Comercial**  
**MBA, Magíster en Gestión Empresarial**

**GUIA DE EVALUACION DE BRECHAS DE GESTION EN  
PROCEDIMIENTOS DE PLANIFICACION Y CONTROL DE PROYECTOS  
ENTRE VICEPRESIDENCIA DE CODELCO Y CONTRATISTAS  
EXTERNOS.**

Tesina de Grado presentada por  
**Felipe Sanzana Orellana**  
Como requisito para optar al grado de  
**MBA, Magister en Gestión Empresarial**

Guía de Tesina Dr. Fernando Yanine

**TITULO DE TESINA:** **Julio 2019**  
**“GUIA DE EVALUACION DE BRECHAS DE  
GESTION EN PROCEDIMIENTOS DE**

**PLANIFICACION Y CONTROL DE  
PROYECTOS ENTRE VICEPRESIDENCIA DE  
CODELCO Y CONTRATISTAS EXTERNOS”**

**AUTOR:** Felipe Sanzana Orellana.

**TRABAJO DE TESINA**, presentando en cumplimiento parcial de los requisitos para el Grado de MBA, Magíster en Gestión Empresarial de la Universidad Técnica Federico Santa María.

**OBSERVACIONES:** \_\_\_\_\_

**COMISIÓN DE TESINA:** Dr. Fernando Yanine.  
Dr. Pablo Isla.  
Mg. Jose Luis Andías.

Santiago, julio 2019

Todo el contenido, análisis, conclusiones y opiniones vertidas en este estudio son de mi exclusiva responsabilidad.

Nombre: FELIPE ESTEBAN  
SANZANA ORELLANA.

Fecha: 12-07-2019.

## Contenido

Contenido .....	4
1. INTRODUCCION.....	5
2. OBJETIVOS.....	6
2.2. OBJETIVO GENERAL.....	6
2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS .....	6
3. RESUMEN EJECUTIVO .....	7
4. EXECUTIVE SUMMARY .....	9
5. ANTECEDENTES .....	11
5.1. PROYECTOS MINEROS A PARTIR DE 1990 .....	11
5.2. CONTRATACION DE TERCEROS EN CHILE .....	12
5.3. CONTRATACION EN LA MINERIA CHILENA (cifras) .....	13
5.4. PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE MINERIA. ....	16
6. GESTION DE PROYECTOS VICEPRESIDENCIA PROYECTOS CODELCO.....	17
7. PRINCIPALES BRECHAS DE GESTION DE PLANIFICACION Y COSTOS EN CRONOGRAMAS DE PROYECTOS DE EJECUCION .....	18
7.1. PLANIFICACION Y COSTOS .....	18
7.2. INDICE DE DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA.....	19
7.3. INDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO.....	19
8. HERRAMIENTAS LEAN QUE PERMITIRAN EL CIERRE DE BRECHAS EN LA PLANIFICACION DE LAS ACTIVIDADES.....	24
8.1. DEFINICION DE ACCIONES PARA CIERRE DE BRECHAS DE CUMPLIMIENTO DE PLAZO Y COSTO DEL CRONOGRAMA.....	25
8.1.1. COMUNICACIÓN y COORDINACION.....	25
PULL PLANING (táctico). ....	25
OBEYA ROOM (táctico). ....	28
8.1.2. DISMINUCION RETRABAJOS Y APRENDIZAJE .....	34
POD (plan of the day).....	34
8.1.3. SOLUCION DE PROBLEMAS.....	41
8.1.4. GESTION DEL CAMBIO EN EMPRESA CONTRATISTAS .....	43
9. ANALISIS ECONOMICO, SIMULACION DE GESTION DE HERRAMIENTAS LEAN EN EMPRESAS CONTRATISTAS. ....	47
10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	55
11. BIBLIOGRAFIA .....	57
12. ANEXOS .....	1

## **1. INTRODUCCION**

La presente tesina, intenta establecer un puente entre las prácticas de gestión en planificación y control de costos para cronogramas de ejecución de proyectos de empresas mineras y su aplicación a empresas contratistas que prestan servicios.

Se establecerán los las principales brechas de gestión en planificación y control de costos, se detallaran herramientas claras basadas en la metodología LEAN que puedan ser asimiladas por las empresas contratistas y que a través de ellas logren una mejora en la productividad y el control de sus costos, aumenten la calidad de sus trabajos y agreguen valor a sus procesos.

En todas las industrias, los resultados de la metodología Lean reflejan un aumento sostenible de la productividad, una disminución del costos, un aumento de la calidad y una reducción en el plazo de entrega de sus productos. También ofrecen mayor valor cliente, considerando sus necesidades y valorando el impacto que potencialmente estas puedan generar en el negocio, se en la sociedad y en el medio ambiente.

Se intentará establecer la relación con el aumento de la productividad y el beneficio económico que generara tanto para la empresa misma como para la compañía minera.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.2. OBJETIVO GENERAL**

Establecer una guía para evaluar y cerrar brechas de gestión en procedimientos y metodologías de planificación y control de proyectos entre Codelco VP y sus contratistas externos para la mejora de su productividad y costos.

### **2.3. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Realizar el levantamiento de la información disponible a la fecha (en la industria como la usada internamente por Codelco en la vicepresidencia de proyectos) sobre las empresas contratistas que prestan servicios a las empresas de minería.
- Establecer las principales brechas de gestión en cronogramas (planificación y control de costos) a las que se ve enfrentado Codelco en su relación con las empresas contratistas impactado al desarrollo del negocio utilizando los KPI establecidos por el PMI para control de gestión en cronogramas de proyectos.
- Definir las principales acciones necesarias para cerrar brechas de gestión en planificación del cronograma, principalmente para contención de costos y de plazos.
- Proyectar resultados en base a un eventual uso de la herramienta. (resultados económicos).

### 3. RESUMEN EJECUTIVO

En la actualidad el personal subcontratado que presta servicios a las empresas mineras en Chile, oscila entre un 70% a 80% de la dotación total de operaciones, ya sea en la operación, en los proyectos de construcción o en proyectos de mantención. Sin embargo, para la mayoría de estas empresas contratistas, la gestión de proyectos (respecto principalmente de la planificación y el control de costos), usualmente empleando la metodología PMI, no es una prioridad ajustarse a los estándares de productividad y eficiencia de la empresa que encarga el proyecto, mas allá de cumplir con los hitos del contrato, entre los cuales están los plazos y especificaciones técnicas, etc. Es así como a menudo, tanto el alcance del proyecto como también la observancia de estándares, políticas y parámetros corporativos de productividad, eficiencia y seguridad son a veces pasados por alto o simplemente no tomados en cuenta en su justa dimensión. Es por ello que surge la necesidad, abordada en esta tesina, de elaborar una guía para establecer las principales brechas en término de gestión en la planificación y control de costos en la fase de ejecución y puesta en marcha de proyectos de inversión.

El desarrollo de esta tesina nace de la experiencia acumulada en el desarrollo de proyectos de minería, la gestión de contratistas en la industria minera en Chile (que aumentan año tras año) y las brechas de gestión en sus procesos de gestión principalmente en términos de planificación de tareas y control de costos.

En particular el trabajo se enfoca en las desviaciones en los proyectos de construcción y montaje de obras civiles asociados a nuevas instalaciones o mejoramiento de instalaciones ya existentes, así como determinar las principales causas que los provocan. En concreto se busca la estandarización en métodos de planificación y gestión en el desarrollo de la planificación y control de proyectos y que cada una de las empresas puedan trabajar bajo métricas de empresas de clase mundial como Codelco (en particular la Vicepresidencia de proyectos de Codelco) mejorando su productividad y el control de costos internos y las potenciales desviaciones a los presupuestos de control.

Se realizará el levantamiento de la información disponible de la vicepresidencia de proyectos de CODELCO y los estándares en la industria para establecer los parámetros principales a evaluar e integrar una métrica de evaluación (diaria, semanal o mensual) para revisar desviaciones y brechas y alienarnos en referencia a la planificación original realizada en las fases de ingeniería previas.

Igualmente, se desarrollará una metodología con acciones a realizar para cada uno de los contratistas que interactúan con la vicepresidencia de proyectos de CODELCO, basados principalmente en el aumento de la productividad y el control de costos.

Con esta información obtenida, se modelará el uso de estas herramientas en un proyecto de ejecución que no utilizó estas metodologías y que lleva un avance de un 95% aproximado de avance versus el uso teórico de las herramientas presentadas para acortar las brechas, y como podrían haber afectado en mayor o menor medida la productividad, la contención de los costos y el resultado económico para la compañía.

#### 4. EXECUTIVE SUMMARY

At present, the subcontracted personnel that provide services to mining companies in Chile oscillates between 70% and 80% of the total number of operations, be it in the operation, in the construction projects or in maintenance projects. However, for most of these contractors, project management (mainly regarding planning and cost control), usually using the PMI methodology, is not a priority to adjust to the productivity and efficiency standards of the company. It entrusts the project, beyond complying with the milestones of the contract, among which are the deadlines and technical specifications, etc. This is how often, both the scope of the project and also the observance of standards, policies and corporate parameters of productivity, efficiency and security are sometimes overlooked or simply not taken into account in their proper dimension. That is why the need arises, addressed in this thesis, to develop a guide to establish the main gaps in terms of management in the planning and control of costs in the implementation phase and implementation of investment projects.

The development of this thesis is based on the experience accumulated in the development of mining projects, the management of contractors in the mining industry in Chile (which increase year after year) and the management gaps in their management processes, mainly in terms of planning of tasks and cost control.

In particular, the work focuses on the deviations in the construction and assembly projects of civil works associated with new installations or improvement of existing facilities, as well as determining the main causes that cause them. Specifically, standardization in methods of planning and management in the development of planning and control of projects is sought and that each of the companies can work under metrics of world-class companies such as Codelco (in particular the Vice-Presidency of Codelco projects) improving their productivity and control of internal costs and potential deviations from control budgets.

The information available from the CODELCO vice-presidency of projects and the industry standards will be collected to establish the main parameters to be evaluated and integrate an evaluation metric (daily, weekly or monthly) to review deviations and gaps and alienate ourselves in reference to the original planning performed in the previous engineering phases.

Likewise, a methodology will be developed with actions to be carried out for each of the contractors that interact with CODELCO's vice-presidency of projects, based mainly on increasing productivity and controlling costs.

With this information obtained, the use of these tools will be modeled in an execution project that did not use these methodologies and that has a progress of approximately 95% of progress versus the theoretical use of the tools presented to shorten the gaps, and as they could have affected to a greater or lesser extent the productivity, the containment of costs and the economic result for the company.

## 5. ANTECEDENTES

### 5.1. PROYECTOS MINEROS A PARTIR DE 1990

En la década de 1990 a 2000, la minería mostró un dinamismo importante impulsado fundamentalmente por una gran apertura a la inversión extranjera. El flujo de capitales mineros llegó a nuestro país gracias a la riqueza de su subsuelo y a su estabilidad política, social y económica.

Sin duda la minería ha sido protagonista de la senda de crecimiento alto y sostenido que tuvo la economía chilena en la última década. El aumento sostenido en la producción da cuenta de ello como también la cantidad de compañías que han aumentado a partir de las décadas de los 90 como lo muestran las siguientes graficas en donde la tendencia en producción y cantidad de empresas mineras a ido en aumento.

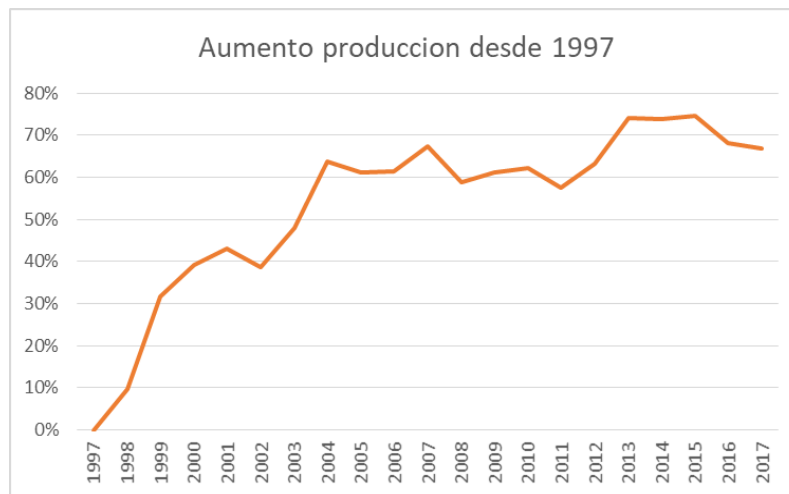


Figura (1): Fuente elaboración propia (Datos históricos COCHILCO 1997-2017)

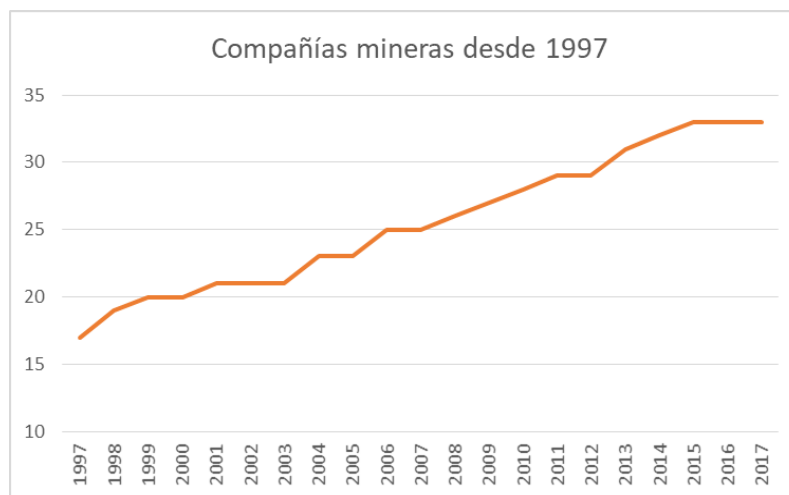


Figura (2): Fuente elaboración propia (Datos históricos COCHILCO 1997-2017)

Este escenario hizo necesario el aumento de las empresas contratistas en los proyectos de ejecución, mantención y operación de la minería chilena.

La subcontratación nace como una estrategia empresarial de descentralización de la producción, disminución del riesgo y externalización de costos, que pone en relación a una empresa mandante, una empresa contratista y a los trabajadores subcontratados, transfiriendo desde la mandante a la contratista ciertas etapas del proceso de producción con el objetivo de que esta última empresa, a través de los subcontratados, realice dichas tareas bajo su cuenta y riesgo.

## **5.2. CONTRATACION DE TERCEROS EN CHILE**

La ley de subcontratación, aprobada en el año 2006, y que empezó a regir en enero de 2007 en Chile, reconoce dos figuras distintas: por una parte, la subcontratación laboral propiamente tal, y por otra, el suministro de trabajadores.

Tanto en la figura de la subcontratación – definida en términos de esta ley – como en la figura del suministro de trabajadores se distinguen tres actores claves: en primer lugar, la empresa mandante o bien la empresa usuaria, en segundo lugar, la empresa contratista o bien la empresa suministradora y en tercer lugar los trabajadores. Ambas figuras se distinguen por las relaciones –laborales o comerciales– y por las implicancias jurídicas que se derivan, tanto para las empresas como para los trabajadores, de tales relaciones.

La subcontratación se refiere a la situación en que una empresa mandante o principal le encarga a otra, la empresa contratista la prestación de servicios (en particular para los proyectos de construcción y montaje en la gran minería, sea privada o estatal, se subcontrata al menos el 80% del personal que realizará las faenas). La empresa contratista desarrolla la labor de forma autónoma, llevándola a cabo por su cuenta y con sus propios recursos monetarios, materiales y humanos. En este caso se establece una relación laboral entre la empresa contratista y los trabajadores que tiene a su cargo, mientras que entre la empresa mandante y la empresa contratista se establece una relación comercial de prestación de servicios.

Cabe hacer notar entre los trabajadores y la empresa mandante no se establece una relación laboral, sino que los trabajadores desarrollan sus tareas para la empresa contratista y la supervisión de los trabajos propios será controlado en un 100% por la empresa contratista y verificados en términos de avances y calidad por la empresa mandante. Es un hecho entonces que uno de los factores preponderantes en la productividad de los proyectos será la relación entre la empresa mandante, la empresa contratista y los trabajadores.

### 5.3. CONTRATACION EN LA MINERIA CHILENA (cifras)

La minería es una de las ramas de actividad económica que más utiliza la figura de la subcontratación. Se lleva un registro de las empresas colaboradores por el Servicio Nacional de Geología y Minería (SERNAGEOMIN). En él se contemplan las empresas mandantes, las contratistas, el personal propio y el personal subcontratado.

Al analizar los datos de las empresas mineras (mandantes y contratistas) desde 1997 hasta 2006, se observa claramente un alza en el total de las empresas subcontratistas relacionadas al rubro de la minería. Esta alza constante, año tras año, justifica un estudio de las herramientas de gestión que podemos entregar a estas empresas para la mejora de la productividad y el control de costos en cada uno de los proyectos de inversión.

En solo diez años las empresas contratistas han aumentado en un 244%, es decir, casi se han triplicado. En efecto, el número de empresas contratistas de apoyo a la minería era de 919 en 1997, y en el año 2006 llegó a 3.157 como lo indica la figura.

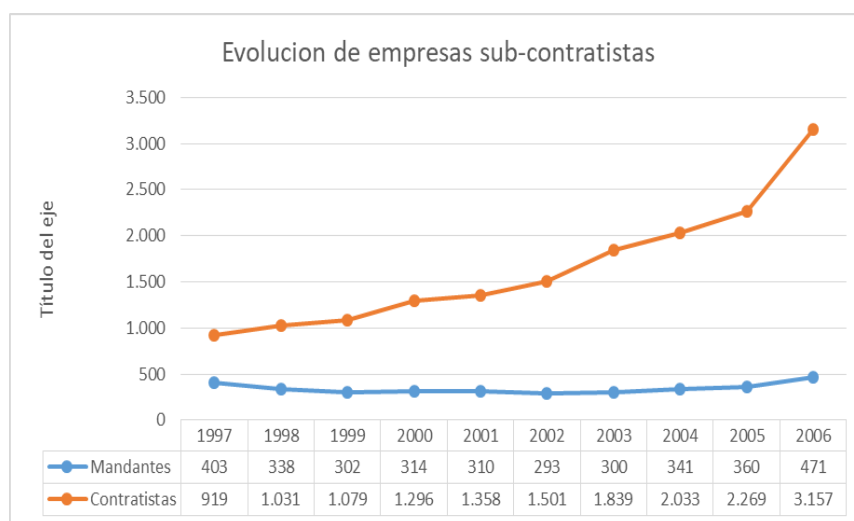


Figura 3 [La subcontratación minera en Chile]

Mientras que las empresas contratistas han aumentado en forma constante, la evolución de las empresas mandantes muestra más bien un desarrollo numéricamente constante.

Ambas tendencias pueden observarse más claramente al observar los datos en términos porcentuales. Las empresas contratistas representaban en 1997 el 69,5% del total de empresas mineras. Este porcentaje ha ido aumentando constantemente, de tal manera que diez años después las empresas contratistas representan el 87% del total, observándose un aumento de más de 17 puntos porcentuales.

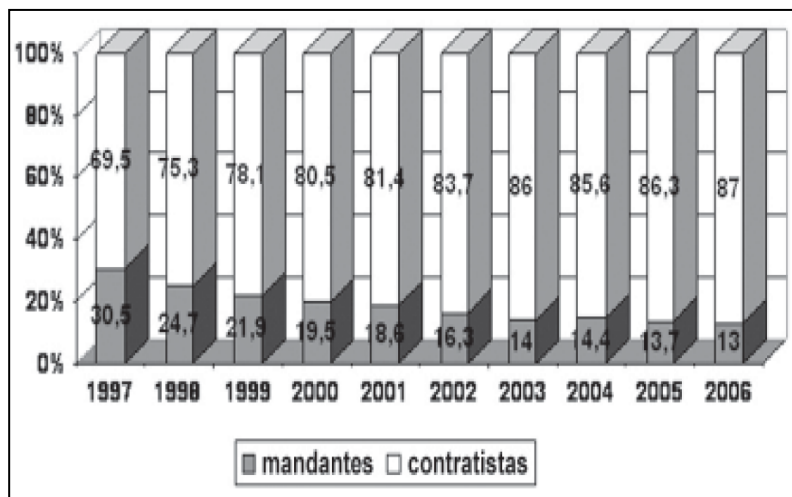


Gráfico 4 [La subcontratación minera en Chile]

En línea con lo anteriormente expuesto, la cantidad de trabajadores ocupados en la minería ha crecido ostensiblemente. Mientras en el año 1985 existían 67.100 trabajadores empleados en este rubro, en el año 2005 hay 133.989 trabajadores.

En otras palabras, en 20 años prácticamente se duplicó la cantidad de trabajadores empleados en el sector minero.

Año	1985	1990	1995	2000	2005
Contratistas	3174	10751	27300	39476	85891
Mandantes	63926	74508	54938	46621	48098
Total	67100	85259	82238	86097	133989

Figura 4 [La subcontratación minera en Chile]

Gráficamente el aumento por año de las empresas contratistas que prestan servicios a la minería ha pasado de 3.174 personas en el año 1985 a 85.891 personas para el año 2005. Principalmente se da por los proyectos de inversión en minería que analizamos de la década de los 90 en adelante.

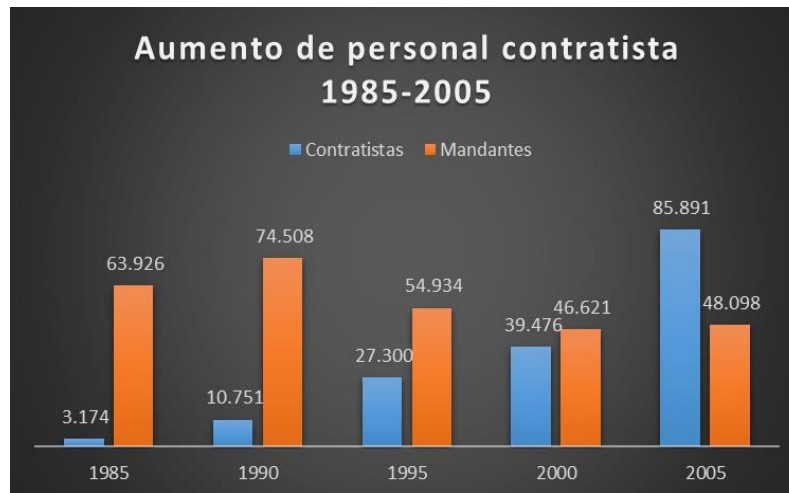


Figura 5 [La subcontratación minera en Chile]

Este crecimiento se aprecia tanto en cantidad de empresas mineras como en la cantidad de trabajadores empleados en este rubro. Debe notarse que este crecimiento es significativo en las empresas contratistas, puesto que las empresas mandantes han disminuido porcentualmente.

Por otro lado, cada vez hay una participación más importante de los trabajadores en las empresas contratistas, con la consiguiente significativa disminución porcentual de trabajadores en empresas mandantes. En este punto es importante encontrar las herramientas de gestión que contribuyan a aumentar la productividad de los proyectos de ejecución y hacer simulaciones en términos económicos donde el uso de estas herramientas mejora los indicadores.

#### 5.4. PRODUCTIVIDAD EN PROYECTOS DE MINERÍA.

La ODCE ha señalado que la productividad de la minería chilena ha estado disminuyendo desde los últimos 25 años un 4,7% anual. Como se muestra en la gráfica, si bien la productividad total de los factores se ha mantenido estancada desde la década de los 90' la de la industria minera ha ido bajando sustancialmente.

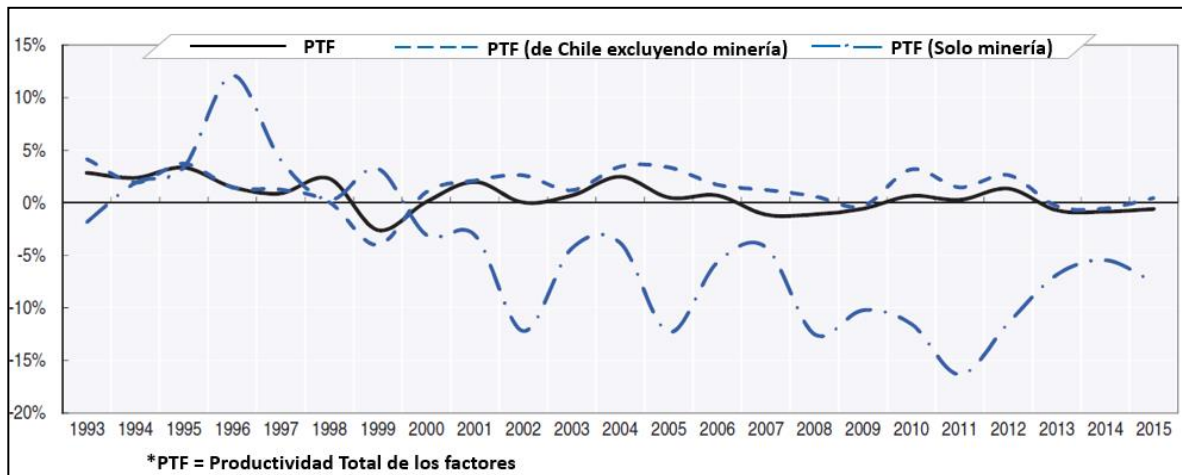


Figura 6 [Evolución de la PTF en Chile]

Lo anterior es muy preocupante ya que la minería representa más de un 55% del total de las exportaciones en Chile y un aporte de al menos un 10% al PIB. Si bien la minería ha aportado al crecimiento de la economía aún existe potencial para mejorar la productividad y eficiencia en los plazos y los costos de proyectos de inversión

Uno de los de los principales componentes en la productividad de las empresas mineras son las empresas colaboradoras. Como hemos visto corresponden hoy a un 70% de la dotación de las empresas mineras y desde ahí nace la importancia de contar con una guía específica de control de planificación y costos para empresa contratistas de proyectos de ejecución.

La baja productividad de cualquier industria frena "el potencial de crecimiento" de cualquier economía en el mundo y en el caso de Chile, esta se ve afectada por la mala eficiencia de la minería.

## 6. GESTION DE PROYECTOS VICEPRESIDENCIA PROYECTOS CODELCO.

Codelco gestiona y ejecuta su cartera de proyectos de inversión a través de la Vicepresidencia de Proyectos (VP). El principio de esto lo constituye la gestión de proyectos lo que supone velar por la integridad de la compañía y establecer las mejores prácticas en los procesos de construcción, planificación y control de costos, operación y mantención.

En la etapa de Ejecución Inversional, se busca capturar la promesa ofrecida privilegiando siempre el alcance, el plazo, el costo, calidad y sustentabilidad, con un estándar de gestión de proyectos de alto nivel y maximizar el valor económico para Codelco.

Las metodologías de planificación y control de costos con los que gestiona sus proyectos Codelco VP deben quedar en el ADN de cada una de las empresas contratistas que prestan servicios a Codelco VP. El origen de este trabajo pretende ser el nexo entre la metodología de planificación y control usada en proyectos de gran minería y empresas colaboradoras externas.

Los objetivos principales que se buscan son:

- a) Cumplir el alcance.
- b) *Ajustar sus costos de acuerdo al presupuesto (CAPEX) o un monto menor.***
- c) *Cumplir con los plazos programados.***
- d) Obtener resultados y rentabilidad de acuerdo a lo proyectado.
- e) Gestionar la seguridad, sustentabilidad y calidad de los proyectos.
- f) Lograr los objetivos de negocios comprometidos.

Centraremos la investigación en las letras b) y c) que es la contención de costos acorde al presupuesto y que se cumpla o mejore el plazo de ejecución establecido.

## 7. PRINCIPALES BRECHAS DE GESTION DE PLANIFICACION Y COSTOS EN CRONOGRAMAS DE PROYECTOS DE EJECUCION

### 7.1. PLANIFICACION Y COSTOS

La falta de planificación y control de costos es la principal causa del fracaso en los proyectos de ejecución. Si bien existen distintos métodos para controlar la planificación y programación de las actividades, el manejo de los recursos materiales y humanos considerados, las interferencias con otros proyectos en ejecución y/u operación, la programación de los periodos de puesta en marcha, la obtención de los permisos, etc. deben ser monitoreados con la mayor frecuencia posible.

En la mayoría de los proyectos de ejecución y principalmente en las empresas contratistas que prestan servicios a la minería, se planifican con antelación todos los objetivos y fechas propuestas y se detalla un plan de acción y seguimiento de estos objetivos y fechas. La experiencia nos ha demostrado que esto no garantiza el éxito del proyecto como en otra época, sino más bien es el punto de partida para desarrollar las medidas de control y gestión de la planificación.

Para las empresas contratistas el desarrollo del programa maestro considera la programación de las diversas actividades con el fin de obtener un plan de trabajo que considere la estrategia de ejecución de las diversas especialidades del proyecto en su fase de ejecución.

Los contratistas presentan, la mayoría de las veces 2 niveles de programa:

- a) **Nivel I Programa Gerencial:** resume el alcance del programa maestro con el objetivo de dar una visión global, precisa y de fácil lectura al nivel gerencial y externos.
- b) **Nivel III Programa de Control:** corresponde al programa maestro el cual contiene la integración completa del plan de ejecución del proyecto.

El programa considera como elementos principales:

- Hitos de control y puntos de decisión.
- Recursos asociados a las actividades del plan de ejecución presentado.
- Curvas de control de avance.
- Visualización de la ruta crítica del proyecto (CPM).

Al inicio del proyecto, las empresas contratistas establecen la línea base, la cual permite informar los avances y proyecciones.

Para la medición de la productividad de la mayoría de las empresas contratistas se consideran 2 métodos que establece el PMI a través del Pmbok.

### **7.2. INDICE DE DESEMPEÑO DEL CRONOGRAMA.**

El índice de desempeño del cronograma SPI (Schedule Performance Index) es una medida de eficiencia del cronograma que se expresa como la razón entre el valor ganado y el valor planificado. En el caso particular de los proyectos de ejecución en minería, la unidad común utilizada para la medición del trabajo es la HH (Hora Hombre). Un valor de SPI inferior a 1,0 indica que la cantidad de trabajo llevada a cabo es menor que la prevista. Un valor de SPI superior a 1,0 indica que la cantidad de trabajo efectuada es mayor a la prevista. Puesto que el SPI mide todo el trabajo del proyecto, se debe analizar asimismo el desempeño en la ruta crítica, para así determinar si el proyecto terminará antes o después de la fecha de finalización programada. El SPI es igual a la razón entre el EV (valor ganado) y el PV (valor planificado)  $SPI = EV/PV$

### **7.3. INDICE DE DESEMPEÑO DEL COSTO**

El índice de desempeño del costo CPI (Cost Performance Index) es una medida de eficiencia del costo de los recursos presupuestados, expresado como la razón entre el valor ganado y el costo real. En el caso particular de los proyectos de ejecución en minería, la unidad común utilizada para la medición del trabajo es la HH (Hora Hombre). Se utiliza un CPI\* que es el inverso del calculo que utiliza el PMI para denotar el gasto real sobre lo ganado. Un valor de CPI superior a 1,0 indica un costo superior al planificado con respecto al trabajo completado. Un valor de CPI inferior a 1,0 indica un costo inferior con respecto al desempeño hasta la fecha. El CPI\* utilizado es igual a la razón entre el EV (valor ganado) y el AC (costo real) del proyecto.  $CPI^* = AC/EV$

Como ejemplo de lo anteriormente escrito analizaremos un proyecto de ejecución de 23 semanas real de ejecución como lo muestra el siguiente gráfico:



Figura 7 (Curva S - Elaboración propia)

A la gráfica anterior se le denomina “Curva S” por la forma en que es presentada y que es reflejo la planificación de los proyectos de ejecución. Esta se crea a partir del cronograma vigente y el presupuesto inicial en HH. Todas las mediciones con respecto a costos e ingresos se realizarán con esta medida común ya que ejemplifica mejor el gasto y el pago al contratista.

Posteriormente se puede actualizar conforme se crean las nuevas versiones por desviaciones a la planificación original, impactos o redistribución de los recursos. El objetivo es detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas.

Para el proyecto ejemplificado, (como lo realizan la mayoría de las empresas contratistas que prestan servicios a la minería) se tienen los siguientes índices de desempeño a las 10 semanas de haber iniciado el contrato

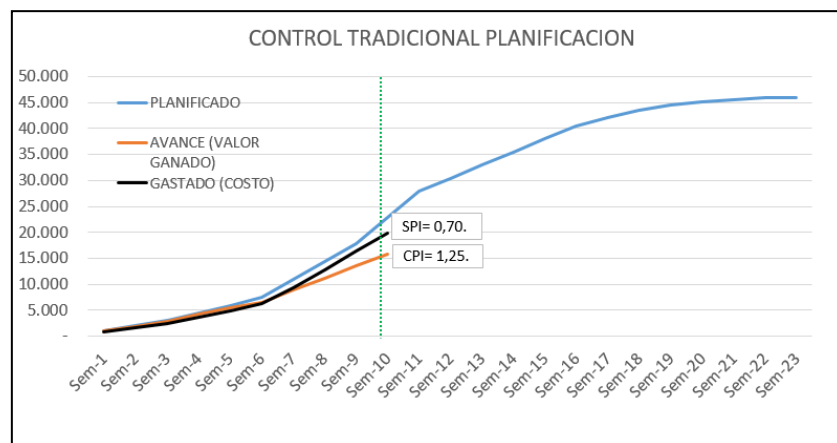


Figura 8 (Elaboración propia, metodología PMBOOK)

En el ejemplo, y como en la mayoría de las empresas contratistas de minería el proyecto con los índices muy buenos. Luego en la semana 6 empieza la desviación con respecto a la programación inicial. Al cabo de 4 semanas desde que se detecta la desviación inicial el SPI indica un cumplimiento del programa de CPI presenta un sobre costo de un 25%. Si bien el contratista aún debe aumentar sus recursos para cumplir con la programación, ambos índices nos indican que la productividad de la empresa contratista ha ido disminuyendo en el tiempo.

El contratista aumentara su personal para cumplir con la promesa del programa, no obstante su baja productividad lo llevara en menos de 3 periodos al punto que se conoce como “freno de mano” de la producción lo que queda ejemplificado en el siguiente gráfico.

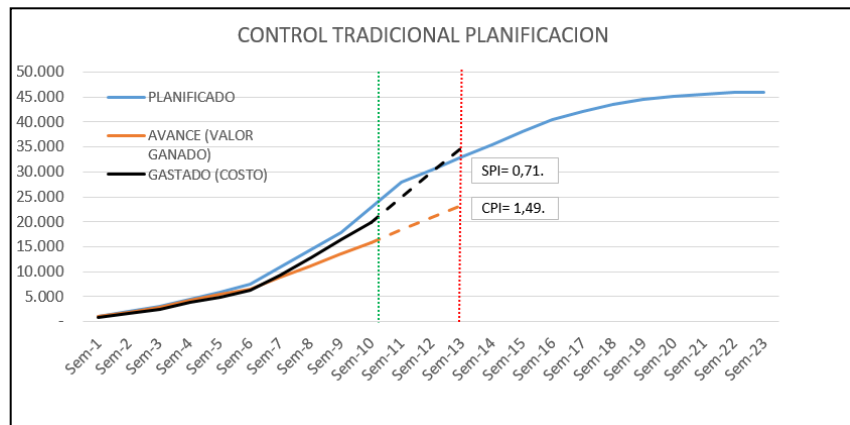


Figura 9 (Elaboración propia, metodología PMBOOK)

La empresa contratista ha pasado de un sobre costo de un 25% a un 49%. La curva de color negro punteado corresponde al costo de producción y que al llegar a la línea de lo presupuestado producirá una contracción en gasto. Por regla general las empresas contratistas llegan a este punto máximo de inyección de recursos para no ver afectado en mayor medida su CPI.

Al proyectar el performance del contratista en el tiempo podemos notar lo siguiente:

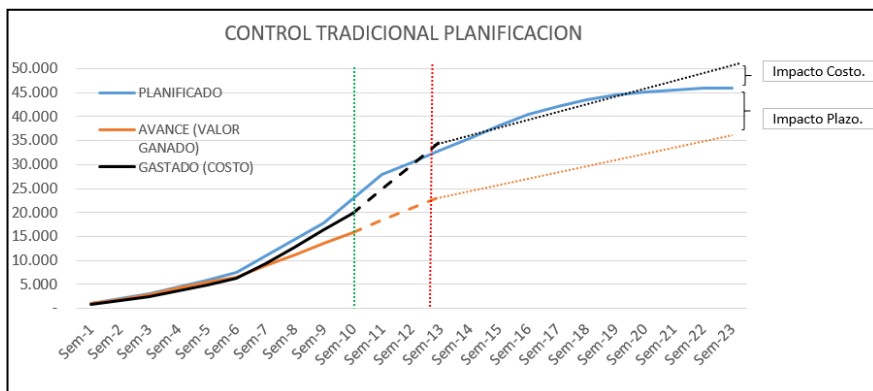


Figura 10 (Elaboración propia, metodología PMBOOK)

Al final de la semana 23 como lo muestra la gráfica habrá un delta de impacto en el costo y un delta de impacto en el plazo. Ambos afectarán tanto a la empresa contratista como a la empresa minera. Por una parte, existen contratos que establecen multas entre las partes, un atraso en la puesta en marcha de cualquier proyecto de inversión en etapa de ejecución es dañino para cualquier compañía ya que afectará los compromisos de producción anuales, el Forecast de ventas y las proyecciones de crecimiento y decisiones futuras.

Las lecciones aprendidas de múltiples proyectos de ejecución nos indican que los principales factores que afectan los índices de cumplimiento de programa y de costos son:

- El estudio de las condiciones particulares de cada proyecto debe ser incluido en los análisis de las partidas. En la gran minera en Chile existen proyectos a rajo abierto, proyectos subterráneos, proyectos de infraestructura, puertos y obras marítimas, proyectos de alta montaña, etc. en donde los rendimientos difieren de una condición a otra. La información y comunicación es un valor primordial.
- La especialización de la mano de obra por cada una de las disciplinas. Los recursos planeados día a día deben ser los correctos.
- La falta de supervisión (personal indirecto) que conozca las actividades del programa y dirija los trabajos de manera clara. Esto se debe planificar semanal y diariamente.

- Las condiciones físicas y ambientales del proyecto no son consideradas por las empresas contratistas (aunque se hacen explícitas en las etapas de evaluación).
- No existe una interacción Mandante – Contratista que promuevan iniciativas de carácter WIN-WIN o las lecciones aprendidas para mejorar los rendimientos en partidas futuras.

## 8. HERRAMIENTAS LEAN QUE PERMITIRAN EL CIERRE DE BRECHAS EN LA PLANIFICACION DE LAS ACTIVIDADES

En la mayoría de proyectos de minería que interactúan las empresas contratistas, se han detectado 6 factores que nos pueden ayudar a mejorar la productividad en los dos incides antes mencionados, a saber:

- **Comunicación:** Mejora de la comunicación entre pares y con jefaturas. Eliminación de silos de trabajo y mejor ambiente laboral.
- **Coordinación:** Perfecta coordinación entre áreas y equipo de trabajo armónico y entendimiento de objetivo común y espíritu de colaboración entre minera y empresa contratistas.
- **Disminución de re-trabajos:** Menor variabilidad en los procesos y tender a trabajos de mayor calidad (bien a la primera).
- **Aprendizaje:** Expansión de conocimiento debido a interacciones entre disciplinas, implementación de cultura de mejora en los procesos.
- **Solución de Problemas:** Definición de problemas y soluciones asertivas y rápidas.
- **Gestión de Cambios:** Definición de potenciales cambios en la ejecución.

Cada uno de los factores antes descritos tiene el potencial de mejorar el proceso de productividad en relación a los cumplimientos de costo y plazo tanto para la empresa contratista como la compañía minera, a saber:

- **Comunicación:** Mayor productividad de la mano de obra disponible (se hace mejor o igual de lo que se planifica).
- **Coordinación:** Menores costos por uso eficiente y eficaz de los recursos destinados por las empresas contratistas.
- **Disminución de re-trabajos:** Mejor calidad y menores costos por re-trabajos (bien a la primera).
- **Aprendizaje:** Mayor sabiduría para afrontar procesos consecutivos en el proyecto y que pueden replicarse.
- **Solución de Problemas:** Definición y resolución de problemas en el menor tiempo posible.
- **Gestión de Cambios:** Identificación de potenciales cambios y revisión.

## **8.1. DEFINICION DE ACCIONES PARA CIERRE DE BRECHAS DE CUMPLIMIENTO DE PLAZO Y COSTO DEL CRONOGRAMA**

Ya detectados los factores principales definiremos herramientas que permitan aumentar la productividad de los recursos y cumplir con el cronograma proyectado se definirán, para cada factor, determinadas acciones basadas principalmente en metodología Lean Management (*La Máquina que cambio al mundo, J.P Womac y otros, 2017*): que estén enfocadas al aumento de valor en el proyecto, cumpliendo el plazo y los costos tanto de la empresa contratista como la empresa minera que desarrolla el proyecto.

### **8.1.1. COMUNICACIÓN y COORDINACION**

#### **PULL PLANING (táctico).**

En la mayoría de las planificaciones de los contratistas que prestan servicios a la minería y como indicamos en el punto de planificación, las empresas contratistas realizan un planeamiento tradicional o push. Este sistema se realiza para terminar el trabajo establecido sin contar con las medidas de control y productividad específica que lo contengan. El trabajo se realiza para terminar en el tiempo establecido. El flujo de entregas parciales no es confiable, la generación de trabajo no es continua, las fechas y duraciones son determinadas por muy pocos, etc.

Debido a lo anterior es que se busca desarrollar con las empresas contratistas el método LEAN denominado Pull Planning. Es un sistema de planificación de todas las actividades e hitos constructivos desde la última actividad hasta el primer paso, permitiendo garantizar el correcto orden de la secuencia constructiva. El objetivo principal del Pull Planning es mejorar el rendimiento del proyecto en términos de tiempo, costo y calidad a raves del control y gestión de la planificación

La característica principal de este método es la planificación desde la última actividad (principal) hacia atrás de forma de garantizar que los hitos sean programados correctamente donde se espera.

Las características principales de este método serán:

- Planificación con visión de largo plazo, aún a expensas de metas financieras de corto plazo.
- “Exhibición” de problemas: alertas tempranas
- Visión de problemas como oportunidades
- Calidad como premisa, cultura de “paro al defecto” para corrección de fallas
- Involucramiento de todos los responsables del proyecto, desde el nivel más bajo
- Generación de plan de trabajo con responsables y fechas claras
- Administración visual y liderazgo visible

La metodología para garantizar el desarrollo del Pull Planning en la etapa de desarrollo consta de 2 etapas:

**a) Planificación y preparación:**

Para las empresas contratistas esta planificación debe ser colaborativa donde se defina en conjunto con el cliente la planificación macro de la secuencia de actividades y flujos que se requieren en el proyecto. Las etapas detalladas deben ser:

- Inclusión de todas las especialidades y actores involucrados en el logro de un hito
- Definición de responsabilidades por área
- Definición de la última actividad que se debe llevar a cabo
- Indicación en línea de tiempo de hitos inamovibles o contractuales

- Los hitos intermedios corresponden a los términos de sectores y áreas relevantes
- Identificación de fechas de término de las tareas más relevantes entre cada hito y secuencia
- Identificación de restricciones inamovibles
- Orden de secuencia cronológica para actividades que pueden adelantarse
- Ordenamiento de secuencia cronológica completa para el cumplimiento del Pull Planning, desde la última hasta la primera actividad

#### **b) Evaluación y seguimiento**

El punto principal es hacer la evaluación de las actividades realizadas y la gestión de la producción fortaleciendo la comunicación y el intercambio de información dentro del proyecto y la empresa, logrando alinear el equipo con los objetivos y contribuir a la transparencia de los procesos. Las etapas detalladas deben ser:

- Plan de trabajo semanal
- Indicadores de confiabilidad: PPC y PCR de las últimas 4 semanas
- CNC semanal y acumulado
- Matriz de responsabilidades
- Estructura de reuniones semanales y calendario de reuniones
- Indicador (semáforo) sobre la percepción y evaluación de efectividad de las reuniones y/o nivel de implementación
- Participación de diferentes actores

## OBEYA ROOM (táctico).

La gestión visual es un método que enfoca a la organización hacia la consecución de los objetivos, ayudado por el despliegue de diferentes soportes y elementos visuales en los que se muestra el estatus de los proyectos. Una de las herramientas Lean para la gestión visual es la sala OBEYA ROOM (sala de guerra, en japonés). Un espacio físico donde la información está expuesta de forma gráfica y se gestiona con la participación del equipo involucrado en el proyecto a través de reuniones cortas y periódicas. De esta manera se consiguen detectar las deficiencias de forma más inmediata para una toma de decisiones ágil y aumentar la productividad.

Las Salas Obeya deben ubicarse a distintos niveles de una organización, ajustándose a las necesidades particulares como lo muestra la siguiente tabla:

	Participantes	Foros	Frecuencia
<b>Obeya Estratégico (Nivel 1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gerentes</li> <li>• Directores construcción</li> <li>• Directores funcionales con apoyo a construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Control de avance nivel proyecto</b></li> <li>• <b>KPI del Contrato: ~15KPI's</b></li> <li>• Staff / Abastecimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mensual</li> </ul>
<b>Obeya Táctico (Nivel 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Directores operativos</li> <li>• Jefes de construcción</li> <li>• Planificación</li> <li>• Jefe contrato (C)</li> <li>• Jefes de mina (C)</li> <li>• Planificación (C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Control de avance semanal de áreas operativas</b></li> <li>• <b>KPI por áreas</b></li> <li>• Revisión del Acumulado de Causas de No Cumplimiento</li> <li>• Revisión de planificación semanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semanal</li> </ul>
<b>Obeya Operacional (POD o POT) (Nivel 3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Jefes de turno</li> <li>• Jefes de mina (C)</li> <li>• Jefes de terreno (C)</li> <li>• Jefes de turno (C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Coordinación diaria</b></li> <li>• <b>Planificación de POD</b></li> <li>• Comunicación de POD</li> <li>• Revisión Causas de No Cumplimiento del Programa Diario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Por turno</li> </ul>

Figura 11 (Niveles Obeya a contratistas – Elaboración propia)

Para el caso de las empresas contratistas detallaremos el Obeya Táctico que debe realizar de forma semanal por las empresas contratistas y monitoreadas por la empresa minera para conocer desviaciones y aportar a levantar las posibles causas de no cumplimiento.

Se define Un Obeya Táctico es una reunión de revisión y planificación semanal para cumplir el plan mensual que se comprometió en el plan maestro de ejecución. Las principales actividades son:

- Se analiza el resultado semanal del avance del proyecto tomando acuerdo y compromisos a las causas de no cumplimiento del cronograma.
- Se revisa a detalle el plan de trabajo de avance, servicios y trabajos especiales de la semana para cumplir con el plan.
- Se identifican restricciones para las semanas futuras para actuar con anticipación a estas contingencias.
- Se revisan servicios, el estado de calidad del proceso constructivo y la condición de los equipos claves para identificar oportunidades de mejora.
- Se promueve un ambiente de mejora continua por medio del uso de herramientas que analicen la recurrencia a desviaciones.

Los Obeya Tácticos están enfocadas en la revisión de las Causas de No Cumplimiento (CNC) y plan semanal. Los principales objetivos deben ser:

#### **Revisión semanal de performance de la empresa contratista**

- Revisar performance semana anterior (foco desvíos)
- Asumir y monitorear soluciones y/o compromisos de mejora

#### **Revisión y validación de nuevo plan semanal**

- Revisar objetivos, prioridades y supuestos
- Levantar interferencias y restricciones
- Alinear prioridades y objetivos de la semana

Para el cumplimiento de estos objetivos planteados es necesario crear una agenda de trabajo esquematizada de la siguiente forma:

**a) SEMANA ANTERIOR (tiempo estimado 30 min)**

- Revisión de Seguridad
- Revisión de avance real vs. plan
- Revisión de disponibilidad de equipos
- Revisión de estado de servicios
- Revisión de productividad (tiempos de ciclo e interferencia)
- Toma de compromisos para solucionar desvíos a lo largo de cada revisión

**b) SEMANA ACTUAL (tiempo estimado 20 min)**

- Revisión del nuevo programa semanal
- Revisión de avances esperado
- Revisión de supuestos de programa y proyección
- Identificación de interferencias y restricciones
- Definición de prioridades de la semana

**c) ACTIVIDADES FUTURAS (tiempo estimado 10 min)**

- Está presente el plan a 3 semanas
- Se verifican las principales actividades para las próximas 3 semanas
- Se establecen los recursos críticos requerido para cumplimiento de objetivos.

El diseño de una sala de reuniones genérico para las empresas contratistas debe deberá seguir la siguiente distribución donde se denotan de 1 a 10 la agenda que se debe desarrollar. Cada uno de los puntos corresponde a una pizarra en donde se debe representar la magnitud completa del proyecto y la visibilidad de la empresa contratista como también de los invitados.

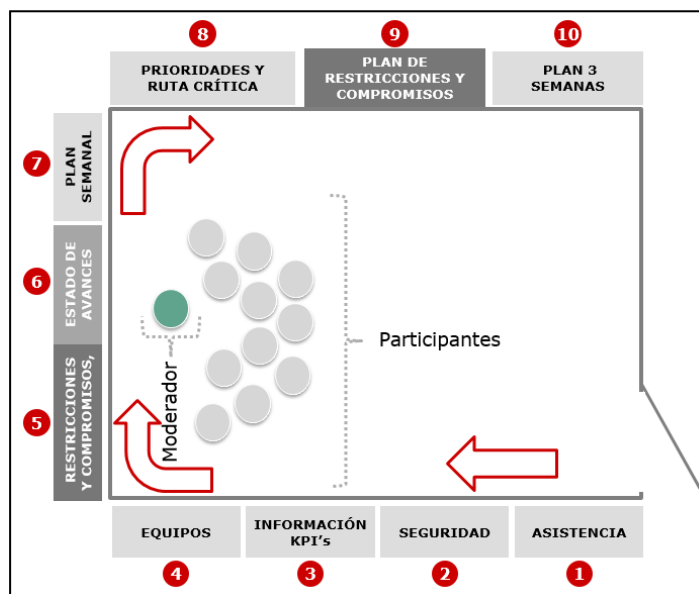


Figura 12 (Organización Obeya Táctico - Elaboración propia)

**Paso 1:** Pasar la Asistencia y validar que se encuentren las personas definidas para la realización del Obeya Táctico. El rol lo debe tomar el administrador de la empresa contratista para generar el liderazgo visible.

**Paso 2:** Reflexión de seguridad, presenta resultados de seguridad y proyecta necesidades para la semana y programar.

**Paso 3:** Revisión de KPI's y causas de desvío de la programación y el cronograma.

**Paso 4:** Informe del estado de mantenimiento de los equipos, planes de mantenimiento, planes de contingencia.

**Paso 5:** Revisión de restricciones por área, causas de no cumplimiento, liberación de interferencias con planes futuros.

**Pasos 6 y 7:** Revisión del estado de avance real vs plan de actividades por disciplina (excavaciones, obras civiles, montaje estructura, etc.), toma de compromisos para cumplimiento del programa.

**Pasos 8 y 9:** Informe de las prioridades y la estrategia a aplicar en la ruta crítica en los planes del próximo periodo. Registro de compromisos para liberación de nuevas restricciones

**Paso 10:** Presentación de la visión de las siguientes 3 semanas.

Luego de cada paso es importante evaluar la calidad y aporte que presenta la reunión. Se evalúa a nivel directivo el cumplimiento de los objetivos del Obeya Táctico y el cumplimiento de los horarios establecidos mediante cartillas que asignará una nota de 1 a 5 donde la nota 1 supone no cumplir con objetivos y horarios y la nota 5 supone el cumplimiento a cabalidad de los objetivos y el horario como lo muestran las siguientes tablas.

Para el caso del cumplimiento de los objetivos las acciones a realizar deben ser:

Entre 50 y 41	Cumple con el objetivo.
Entre 40 y 31	Panel de expertos para identificar las mejoras en Obeya Táctico.
Menor a 30	Se debe reorganizar Obeya Táctico (preparación, participantes, mantención)

	Cumplimiento Objetivos Obeya					Puntaje
	1	2	3	4	5	
Paso 1				4		4
Paso 2				4		4
Paso 3					5	5
Paso 4					5	5
Paso 5					5	5
Paso 6			3			3
Paso 7				4		4
Paso 8					5	5
Paso 9					5	5
Paso 10		2				2
					<b>TOTAL</b>	<b>42</b>

Figura 13 (Cumplimiento Objetivos Obeya - Elaboración propia)

En este caso el puntaje final es 42 por lo que el Obeya Táctico cumple su objetivo.

Para el caso del cumplimiento de los objetivos las acciones a realizar deben ser:

Entre 50 y 41	Cumple con el tiempo establecido.
Entre 40 y 31	Revisar las causas de extensión del plazo.
Menor a 30	Se debe reorganizar Obeya Táctico (preparación, participantes, mantención)

	Cumplimiento Horarios por paso					Puntaje
	1	2	3	4	5	
Paso 1				4		4
Paso 2				4		4
Paso 3				4		4
Paso 4			3	4		7
Paso 5			3			3
Paso 6		2				2
Paso 7		2				2
Paso 8			3			3
Paso 9		2				2
Paso 10				4		4
					<b>TOTAL</b>	<b>35</b>

Figura 14 (Cumplimiento Horarios Obeya - Elaboración propia)

Los principales beneficios que nos entrega en términos de productividad tanto al contratista como la empresa minera es que permite la revisión a detalle del plan de trabajo para la semana aumentando el grado de cumplimiento del programa y la optimización de recursos. También promueve la mejora continua, elevando el desempeño del trabajo conectando el plan mensual con el plan semanal. Acorta la duración de las reuniones que suelen ser mayores a 2 horas dependiendo de la complejidad del proyecto y genera un liderazgo visible en la organización.

## 8.1.2. DISMINUCION RETRABAJOS Y APRENDIZAJE

### POD (plan of the day)

El POD o plan del día adoptado a las empresas contratistas debe corresponder corresponde a una reunión de planificación diaria realizada al inicio de cada jornada, alienada al plan semanal y adaptada para cubrir contingencias que planifica el día de manera colaborativa promoviendo el involucramiento de todo el equipo del contratista. Esta se transforma en la piedra angular para el seguimiento y control de la planificación.

	Participantes	Foros	Frecuencia
<b>Obeya Estratégico (Nivel 1)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Gerentes</li> <li>Directores construcción</li> <li>Directores funcionales con apoyo a construcción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Control de avance nivel proyecto</b></li> <li><b>KPI del Contrato:</b> ~15KPI's</li> <li>Staff / Abastecimiento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mensual</li> </ul>
<b>Obeya Táctico (Nivel 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Directores operativos</li> <li>Jefes de construcción</li> <li>Planificación</li> <li>Jefe contrato (C)</li> <li>Jefes de mina (C)</li> <li>Planificación (C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Control de avance semanal de áreas operativas</b></li> <li><b>KPI por áreas</b></li> <li>Revisión del Acumulado de Causas de No Cumplimiento</li> <li>Revisión de planificación semanal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Semanal</li> </ul>
<b>Obeya Operacional (POD o POT) (Nivel 3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Jefes de turno</li> <li>Jefes de mina (C)</li> <li>Jefes de terreno (C)</li> <li>Jefes de turno (C)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Coordinación diaria</b></li> <li><b>Planificación de POD</b></li> <li>Comunicación de POD</li> <li>Revisión Causas de No Cumplimiento del Programa Diario</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Por turno</li> </ul>

Figura 15 (Niveles Obeya a contratistas - Elaboración propia)

Para el caso de las empresas contratistas detallaremos el Obeya Operacional o POD que debe realizar de forma diaria por las empresas contratistas y monitoreadas por la empresa minera.

Un POD (plan of the day) es una reunión de revisión y planificación diaria que busca de manera colaborativa el cumplimiento del plan semanal. Sus principales actividades son: Las principales actividades son:

- Se utiliza la gestión visual para transparentar la información al equipo de trabajo y estandarizar la información para las diferentes áreas
- Se identifican restricciones que en otras instancias no se previeron y se generan compromisos para removerlas
- Se monitorea el cumplimiento de los compromisos para promover la generación de compromisos confiables y nivelar la carga de tareas
- Se revisa lo planificado en reuniones anteriores para identificar causas de no cumplimiento de lo programado, tomando medidas correctivas para aprender de los errores
- Se identifica restricciones que afecten el programa del turno entrante

Los POD tienen una visión netamente de terreno y sus principales objetivos deben ser:

#### **Revisión diaria.**

- Revisar performance al cumplimiento de la planificación diaria (foco desvíos).
- Asumir y monitorear soluciones y/o compromisos de mejora
- Levantar interferencias y restricciones
- Alinear prioridades y objetivos para el día

Para el cumplimiento de estos objetivos planteados es necesario crear una agenda de trabajo esquematizada de la siguiente forma:

#### **a) DIA ANTERIOR (tiempo estimado 10 min)**

- Revisar Asistencia
- Seguridad (Cruz de Seguridad y Reflexión)
- Revisión del día anterior por Frente ( kpi de Avances)

- Revisión de % PPC y Generación de CNC compromisos)
- Estatus de Equipos Crítico

**b) DIA ACTUAL (tiempo estimado 15 min)**

- Pauta para el día (programación base a Plan Semanal)
- Identificación de Restricciones e Interferencias
- Levantamiento interferencias inmediatas

**c) SOLICITUDES FUTURAS (tiempo estimado 5 min)**

- Identificación de necesidades y restricciones para dos días a una semana

El diseño de una sala de reuniones POD genérico para las empresas contratistas debe deberá seguir la siguiente distribución donde se denotan de 1 a 7 la agenda que se debe desarrollar. Cada uno de los puntos corresponde a una pizarra en donde se debe representar la magnitud completa del proyecto y la visibilidad de la empresa contratista como también de los invitados.

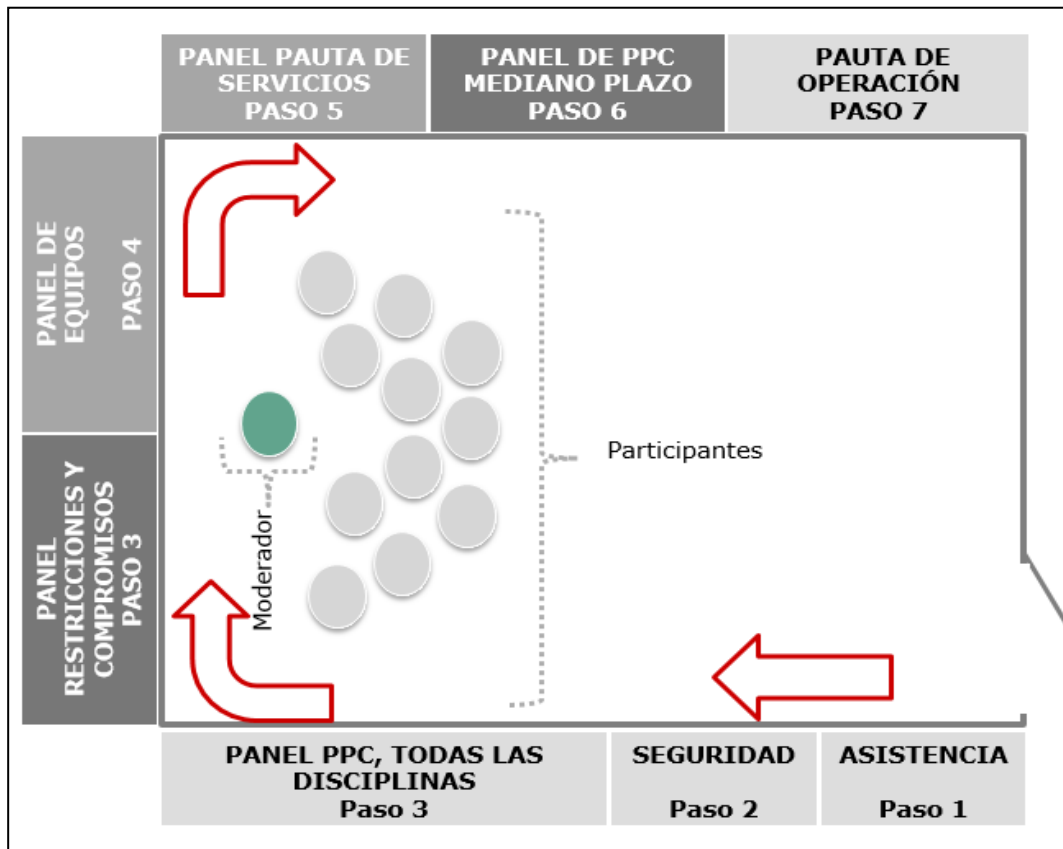


Figura 16 (Organización POD, Elaboración propia)

**Paso 1:** Pasar la Asistencia y validar que se encuentren las personas definidas para la realización del POD. El rol lo debe tomar el jefe de turno o jefe de terreno de la empresa contratista para generar el liderazgo visible.

**Paso 2:** Se informa si hubo incidente, accidente o día normal y se pinta de color en base a la seguridad del día (el pintado de cada día de acuerdo al color lo debe hacer el jefe de seguridad antes de que inicie el POD).

**Paso 3:** Revisar tabla de PPC del día y anotar el valor planeado y real de cada uno de ellos, así como el porcentaje de PPC (% del plan cumplido)

**Paso 4:** Informe del estado de equipos, ubicación en frentes de trabajo, petróleo remanente, etc.

**Paso 5:** Se informan las actividades de trabajo por disciplinas.

**Pasos 6 y 7:** Revisar la adherencia del POD con el Plan semanal por medio de los % PPC definidos por la operación, anotando el valor planeado y real de cada uno de Se presentan restricciones identificadas en el proceso de planificación para la toma de acción de mitigación durante el POD.

Luego de determinar los pasos, lo más importante es determinar los comportamientos que se esperan de los involucrados en las reuniones de POD.

**Paso 1:** Asegurar la asistencia de los involucrados de los trabajos en terreno.

**Paso 2:** Hacer la reflexión de seguridad e informar de novedades de trabajos no rutinarios.

**Paso 3:** Cuestionarse el avance promedio diario, ¿Cuáles son las causas de las desviaciones?

**Paso 4:** Discutir acciones para levantar restricciones, revisar cantidad de equipos presentes, ofrecer acciones de mitigación de CNC.

**Paso 5:** Planificación clara de los equipos por la supervisión de la empresa contratistas.

**Pasos 6 y 7:** Colocar fechas de compromiso, revisar los compromisos y clasificar CNC y restricciones para el cumplimiento de los compromisos.

Los principales beneficios que nos entrega en términos de productividad tanto al contratista como la empresa minera son principalmente:

- Ordena el trabajo a realizar y prioriza trabajos críticos
- Aumenta el cumplimiento del programa
- Asegura trabajo continuo, detectando cuellos de botellas y pérdidas
- Disminuye variabilidad
- Acorta duración de reuniones

- Genera liderazgo visible
- Promueve la mejora continua

Como hemos enunciado, el POD representa la piedra angular para hacer el mantenimiento y aseguramiento de la planificación del proyecto a través de mejoras de la productividad por la metodología LEAN. Para lograr la implementación de la metodología Lean por la empresa contratista, se deben hacer pilotos con un coach de POD, liderado por la empresa minera y el departamento de productividad y control de proyectos. En este sentido se hará un acompañamiento en la implementación de la metodología, donde el coach juega un rol crítico en el inicio de los pilotos, pero que debe paulatinamente disminuir en forma gradual el tiempo de participación. Con ello, se espera que dentro de 1 mes los proyectos logren tener sus POD organizados y alineados mediante la metodología antes descrita. El siguiente cuadro que muestra la Fig. 17 indica el ámbito de acción y el enfoque del coach.


	Semanas 1 - 2	Semanas 2 - 4	Semanas 5 Adelante
Objetivo y rutina	Modera reunión	Apoyo puntual a moderador	Asiste de oyente y da <i>feedback</i> después de reunión
KPIs	Apoyo en diseño de KPI y capacitación en mejores prácticas en gestión visual	Seguimiento cercano y apoyo a mejoras en KPIs	Monitorea cumplimiento de actualización de KPIs
Conducta y mejora continua	Capacita a cada participante en las normas de conducta	Realiza intervenciones puntuales ante desvíos en mejores prácticas	Asiste de oyente y da <i>feedback</i> después de reunión
Nivel de involucramiento	Alto  Bajo		

Figura 17 Cuadro que muestra el ámbito de acción y el enfoque del coach. (Elaboración propia)

El POD debe ser una sesión de trabajo y no una reunión contractual entre las partes. La empresa contratista es la que dirige el POD y no la empresa minera ni la supervisión de ella. Solo se debe velar por el cumplimiento de los acuerdos para alcanzar los valores programados. El objetivo principal del POD es gestionar restricciones en conjunto para poder alcanzar la planificación en todo momento. Es muy importante en el desarrollo del POD no ser agresivos ya que es necesario cuestionar y no “cobrar” los resultados entre los involucrados ya que cada actividad y cumplimiento tiene sus propias particularidades.

Una lista de las prácticas del POD que debe adoptar la empresa contratista son:

- La reunión se prepara con anticipación (no es al improvisada).
- Se comienza y termina puntualmente.
- Los participantes están de pie durante las reuniones.
- Se siguen rutinas estándar y se respetan los tiempos.
- Se escucha atentamente hasta que expositor cierra la idea.
- Se levantan temas sólo si son relevantes para la reunión.
- Se proponen soluciones cuando se levantan temas.
- Se anotan compromisos y quedan visibles en la sala.
- Se avanza en compromisos adquiridos previamente.
- Se mantiene siempre un espíritu de aprendizaje y mejora.

### 8.1.3. SOLUCION DE PROBLEMAS

La solución de problemas que deben aprender y administrar las empresas contratistas es la que tiene relación con como estructuramos y abordamos problemas complejos. Los problemas complejos suelen abrumar a las empresas contratistas y en cierto sentido tratan de traspasar esa solución a las empresas mineras y con ello la demora en las soluciones, pérdida de recursos ineficaces y retraso en las actividades planificadas.

Podemos entonces entregar al contratista una metodología de resolución de problemas como lo muestra el siguiente diagrama



Figura 18 (Elaboración propia)

- **Estructuración de problemas:** Busca dividir un problema complejo en partes menores y fáciles de resolver, definiendo las preguntas críticas
- **Desarrollo de hipótesis:** Consiste en buscar la respuesta a las preguntas críticas de manera objetiva y con menor re-trabajo partiendo de la hipótesis.
- **Planificación y entrega:** Planificar el trabajo de buscar las respuestas y animar a las personas a que entreguen resultados

Para la empresa contratista lo más importante es centrarse en los 2 primeros puntos ya que una vez visto un problema las empresas contratistas suelen tomar un rumbo de acción como solución efectiva

Una forma de estructurar la solución de problemas con la estructuración y desarrollo de la hipótesis se define en el siguiente diagrama:

<b>Situación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Background</i> del problema</li> </ul>
<b>Complicación</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temas que causan cambios en la situación o traen preguntas importantes</li> </ul>
<b>Preguntas críticas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preguntas primarias a ser respondidas en el trabajo</li> </ul>
<b>Hipótesis/respuesta</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Respuestas para las preguntas críticas que:             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Resuelven el problema</li> <li>- Se enfocan en las acciones que creemos que se deben tomar</li> </ul> </li> </ul>
<b>Afirmaciones primarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Afirmaciones que son "mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivas" (MECE).</li> </ul>
<b>Afirmaciones secundarias</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Segundo nivel de datos o afirmaciones que pueden ser fácilmente transformadas en láminas</li> </ul>

Figura 19 (Estructuración de Problema - Elaboración propia)

Esta metodología de solución de problemas nos ayuda a transformar problemas complejos en problemas sencillos. Estructurar el marco para conectarse con todos los participantes de la situación simplificando el trabajo y ayudando a enfocarnos y principalmente lidiar con problemas complejos y diversos participantes del día a día (reportes directos, supervisores, proveedores, etc.).

#### 8.1.4. GESTION DEL CAMBIO EN EMPRESA CONTRATISTAS

La cultura de las empresas contratistas que han acompañado a los contratos de ejecución en empresas mineras en Chile y en particular en Codelco no tienen internalizado la metodología de control de cambios. Es indispensable que el mismo contratista pueda hacer gestión sobre los potenciales cambios detectados e informar de los cambios que no pueda gestionar para ser revisados por la supervisión de la empresa minera.

El objetivo es entregar a las empresas contratistas una metodología simple para capturar, evaluar y analizar las desviaciones y oportunidades respecto de la línea base presupuestada, indicando los responsables y actividades a realizar para realizar una gestión del cambio eficaz.

La gestión del cambio debe constar de 5 etapas:



Figura 20 (Elaboración propia)

##### a) Identificación

Cada miembro del equipo de proyecto, podrá notificar y entregar información de una potencial desviación al área de control de proyecto u oficina técnica, mediante cualquier medio que facilite la oportuna entrega de la información, pudiendo ser éste un correo electrónico, el que reduce la burocracia en la detección e inicio del proceso de gestión del cambio, sin dejar de tener una adecuada trazabilidad, este debe ser enviado al especialista de control de proyecto u oficina técnica para su registro.

Una vez que la oficina técnica tiene noción de la desviación, se debe clasificar el cambio y la acción a realizar como lo muestra el siguiente cuadro:

	IDENTIFICACION	ACCION
1	Cambio significativo	Aviso inmediato a empresa minera.
2	Desviacion a los costos	Aviso a administrador de contrato.
3	Desviacion a los plazo	Aviso a departamento planificación y adm. contrato.
4	Tendencia de subcontratistas	Aviso a administrador y subcontratista.

*Figura 21 (Clasificación de desviación - Elaboración propia)*

### **b) Priorización**

Se deben priorizar en relación al orden de magnitud inicial (costo o plazo) y luego agrupar de acuerdo a su causa-raíz los que puedes ser entre otros:

1. Factores externos al proyecto
2. Errores en la ejecución u omisiones de la ingeniería.
3. Cambio al plan de ejecución inicial
4. Cambios en el diseño por el cliente
5. Cambio de los recursos y distribución

### **c) Evaluación e impacto:**

Para cada uno de los casos se debe realizar una reunión para determinar si existen acciones para mitigar la desviación. Es importante que la información sea conocida por todos los involucrados en esta reunión de revisión.

Para el caso de las empresas contratistas la reunión se deberá hacer al menos de forma quincenal. El área de oficina técnica y/o control de proyectos citará a esta reunión con la participación del administrador de contrato y de todas las jefaturas involucradas. Se debe realizar también esta reunión con personal de la empresa minera si en el proceso de identificación del cambio se estima que el cambio es significativo.

En esta instancia se informarán las estadísticas de las desviaciones cerradas y en desarrollo, su evolución y estatus de las medidas para disminución de impacto. Se asignará un responsable para revisar las medidas de mitigación de la desviación, reduciendo o en lo posible, eliminando su impacto.

De no ser posible la eliminación del impacto se debe hacer la planificación de las medidas de acción. Una vez determinada la acción, el o la responsable coordinará con la jefatura de área correspondiente, la estrategia y planificación de la implementación de esta acción.

Reconocida y efectuada la acción frente a la desviación, el especialista de control de proyecto u oficina técnica, efectuará una estimación detallada para el impacto residual de la desviación, considerando los impactos tanto directos como indirectos en costos y plazos como, por ejemplo:

1. Horas Hombres (HH) ingeniería
2. HH de Construcción-Montaje
3. Organización de los recursos
4. Suministro de materiales
5. Equipos para montaje
6. Etc.

El administrador del contrato será el encargado de la revisión y la aprobación del cambio para ser informado a la gerencia general del contratista y de aplicar para ser entregado como Orden de Cambio a la empresa minera como cotización formal para la modificación del contrato. Se debe asegurar que los cambios contengan todos los impactos asociados, tanto en costo como en plazo, evitando subdividirlos.

#### **d) Implementación**

##### **Responsables de implementación**

El responsable de las acciones coordinará con la jefatura de área correspondiente, la implementación del cambio con las instrucciones claras particularmente al personal de terreno de la empresa contratista para que inicie la ejecución de las obras.

#### **e) Seguimiento**

Una vez implementado el cambio, se debe hacer seguimiento a las acciones que han sido definidas, coordinadas y planificadas en los puntos anteriores. El seguimiento de dicha implementación será efectuado por el responsable asignado a la acción para dar cuenta de ello en la reunión quincenal de proyecto

#### **f) Evaluación de la implementación**

Terminada la implementación de las acciones, el área de Control de Proyecto efectuará verificaciones spot para evaluar la efectividad de ésta, corroborar si los supuestos asumidos durante la planificación y coordinación de esta medida fueron los adecuados o requieren ajustes para ser aplicado en futuras situaciones de características similares.

## 9. ANALISIS ECONOMICO, SIMULACION DE GESTION DE HERRAMIENTAS LEAN EN EMPRESAS CONTRATISTAS.

Como visualizamos en el capítulo anterior las metodologías LEAN con respecto a la planificación y control de costos en los cronogramas de ejecución de construcción deben tender a aumentar la productividad y disminuir los costos asociados a la planificación y completitud de los proyectos.

En la vicepresidencia de proyectos de Codelco VP se ha iniciado un programa piloto estableciendo con los contratistas del proyecto Chuquicamata Subterráneo por ejemplo el Obeya Tácito. Los resultados son elocuentes y se muestran en la siguiente gráfica de la Fig. 22:

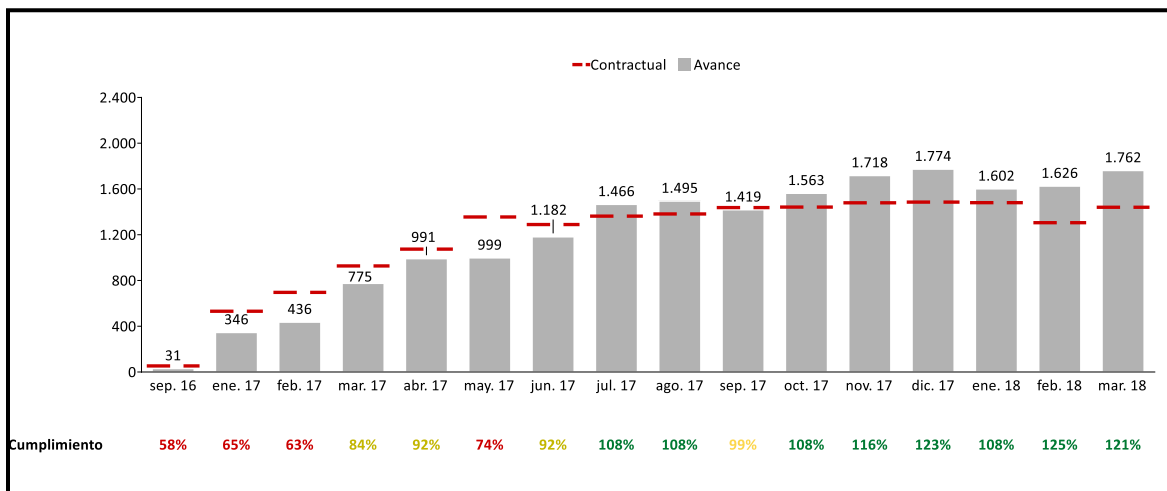


Figura 22 (Lean Construction [Chuquicamata Subterráneo]).

El cumplimiento solo incorporando un aspecto como el Obeya tácito incide en gran medida en el cumplimiento de las producciones planificadas. Realizaremos un ejercicio con datos y proyecciones de un contratista para verificar económicamente que valor entregará a la empresa contratista y por consiguiente a la empresa minera.

Para la evaluación económica consideraremos el gasto e ingresos con relación a las HH gastadas y las HH ganadas y veremos como el efecto de las tarifas de cada una de ellas afecta en el resultado económico de los proyectos.

Tomaremos como modelo el promedio de comportamiento de las empresas contratistas en minería vs el mismo escenario, pero con las metodologías LEAN antes descritas y que permitan visualizar tanto a la empresa contratistas como a la empresa minera los beneficios reales de la implementación de esta metodología.

Si simulamos un desarrollo normal del proyecto con la metodología de seguimiento tradicional del cronograma tendremos el siguiente estado del proyecto.

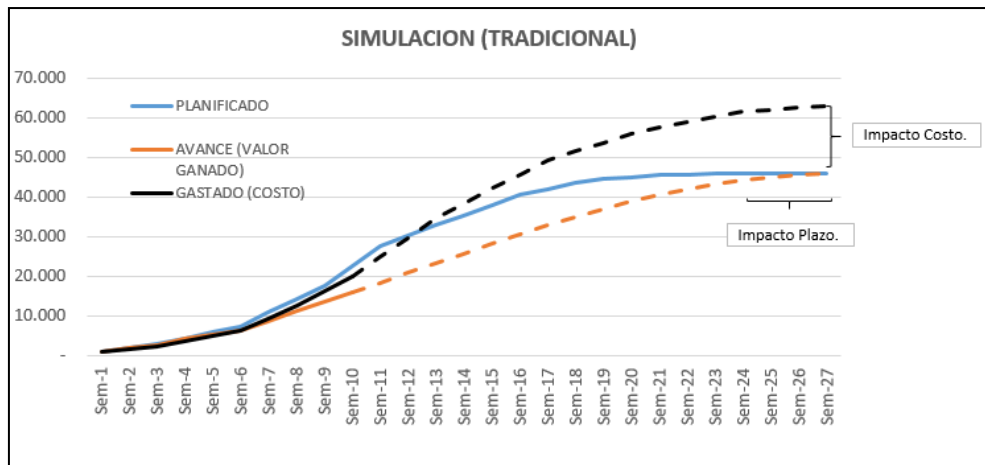


Figura 23 (Elaboración propia)

Podemos notar que el gasto en HH es mayor al planificado. También el plazo total del contrato de encuentra impactado en 3 meses. Esto sin duda constituye una desviación a la planificación original lo que conlleva a presentación de impactos de la empresa contratista a la empresa minera.

En minería la estadística indica que los reclamos son pagamos en más del 95% de las veces entre el 50% y el 60% del valor presentado por otra parte los proyectos suelen retrasarse entre un 10% y un 15% lo que resta valor a la compañía y a la promesa de tener los activos en el tiempo y el plazo estimados. Los indicadores de costos y plazo por periodo se reflejan en la siguiente gráfica:

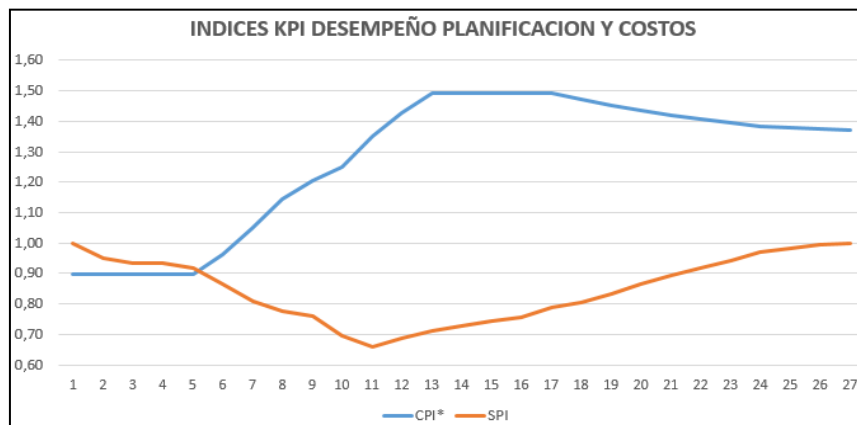


Figura 24 (Indicadores CPI\* y SPI - Elaboración propia)

Ambos indicadores deben tender a 1. Mientras más se aleja uno del otro implica un peor desempeño entre los costos asociados al cumplimiento del cronograma y a los plazos estimados. La pregunta entonces es ¿cómo las empresas contratistas hoy en día logran mantenerse en el mercado? La respuesta es que las tarifas de costos real vs ingreso real difieren una de otra entre un 30% y un 40% un ejemplo simple de esto sería:

Costo				Ingreso			
N°	Unidades	Tarifa	Total	N°	Unidades	Tarifa	Total
1	3	20	60	1	2	27	54
2	4	20	80	2	3	27	81
3	5	20	100	3	4	27	108
4	7	20	140	4	6	27	162
5	8	20	160	5	7	27	189
6	9	20	180	6	7	27	189
	<b>36</b>		<b>720</b>		<b>29</b>		<b>783</b>

Figura 25 (Elaboración propia)

En la figura anterior se tiene en términos de unidades un costo mayor a de los ingresos (36 v/s 29) pero en término económico un ingreso mayor al costo (783 v/s 702) que se explica por la diferencia de tarifa entre el costo real pagado v/s el costo percibido como ingresos con cada uno de los estados de pago mensuales.

Dado esto es que para el mismo escenario mostrado anteriormente y donde los índices de desempeño y costo son malos podemos tener el siguiente escenario en una evaluación económica como la sigue.

La tasa de descuento utilizada en los proyectos de la Vicepresidencia de Codelco para el año 2019-2020 es de un 11,6%. Esta tasa refleja la rentabilidad que el dueño le exige a su capital. Considerando el costo de la deuda y la estructura de financiamiento de Codelco se estima un WACC del 8% anual.

Los datos de entrada para la evaluación económica serán:

### ***Datos Generales***

- a) Tasa Descuento Anual 8%
- b) Tasa Descuento Mensual 0,643%
- c) Periodos: 27 meses [3 meses de impacto en plazo]
- d) Costo HH Directa: U\$D 32 (promedio costo directo de la industria).
- e) Ingreso HH Directa: U\$D 40 (promedio ingresos directos de la industria).
- f) Inversión Inicial 5% costo directo en HH.

### ***Supuestos de Costos***

- g) Costos Indirecto: 10% del costo directo promedio en la industria
- h) Gastos Generales: 30% del costo directo promedio en la industria
- i) G. G Of. Central: 5% del costo directo promedio en la industria

### ***Supuestos de Ingresos***

- j) Costos Indirecto: 18% del costo directo promedio en la industria
- k) Gastos Generales: 40% del costo directo promedio en la industria
- l) G. G Of. Central: 5% del costo directo promedio en la industria
- m) Utilidades: 10% del costo directo promedio en la industria
- n) Pago de HH por sobre costo en el mes 13 y el mes 27
- o) Pago de Gastos Generales por aumento de plazo de 3 meses

Con esto datos se tiene los siguientes resultados:

VAN: \$315.470 Dólares

TIR: 13,36%

		TARIFA COSTO CONTRATISTA						
\$315.470		26	28	30	32	34	36	38
TARIFA INGRESO CONTRATISTA	34	98.076	-66.807	-231.689	-396.572	-561.454	-726.337	-891.219
	36	230.296	65.413	-99.469	-264.352	-429.235	-594.117	-759.000
	38	362.515	197.633	32.750	-132.132	-297.015	-461.897	-626.780
	40	494.735	329.853	164.970	88	-164.795	-329.678	-494.560
	42	626.955	462.072	297.190	132.307	-32.575	-197.458	-362.340
	44	759.175	594.292	429.410	264.527	99.644	-65.238	-230.121
	46	891.394	726.512	561.629	396.747	231.864	66.982	-97.901

Figura 26 (Análisis de sensibilidad - Elaboración propia)

El proyecto tiene un VAN positivo y una TIR > a la tasa de descuento por lo que el proyecto es económicamente rentable.

También en el análisis de sensibilidad con las variables de las tarifas de costo e ingreso podemos notar que si la tarifa de ingreso se acerca a las tarifas de costo del contratista (hoy la industria minera requiere cada vez de más ajustes con respecto a los costos de producción) el VAN tiende a ser menor y si el costo del contratista es mayor a los que indica la industria el VAN es negativo y el negocio no se hace rentable. Para la variabilidad considerada se tiene un 51% de escenarios con VAN positivo y un 49% de escenarios con VAN negativo por lo que la tarifa es la que sustenta la falta de productividad de las empresas contratistas.

Pero si el proyecto es rentable y hemos visto que las tarifas promedio de costo e ingreso se han mantenido en la última década ¿en que nos ayudaría la utilización de las herramientas LEAN antes propuestas? Como vimos en el ejemplo del proyecto Chuquicamata Subterráneo, las herramientas LEAN si ayudan a las empresas contratistas a mejorar sus performances permitiendo el cumplimiento de la planificación en el cronograma con un uso más eficiente de sus recursos y mejorando la seguridad y la calidad y seguridad en los proyectos (menores re-trabajos).

Simularemos entonces el mismo proyecto anterior, pero simularemos el uso de las herramientas LEAN en los procesos de las empresas contratistas.

Al simular el desarrollo del proyecto con metodologías LEAN podemos esperar un aumento en los indicadores de plazo y costo de los cronogramas de los contratistas. La figura muestra el estado del proyecto utilizando las herramientas LEAN consideradas.

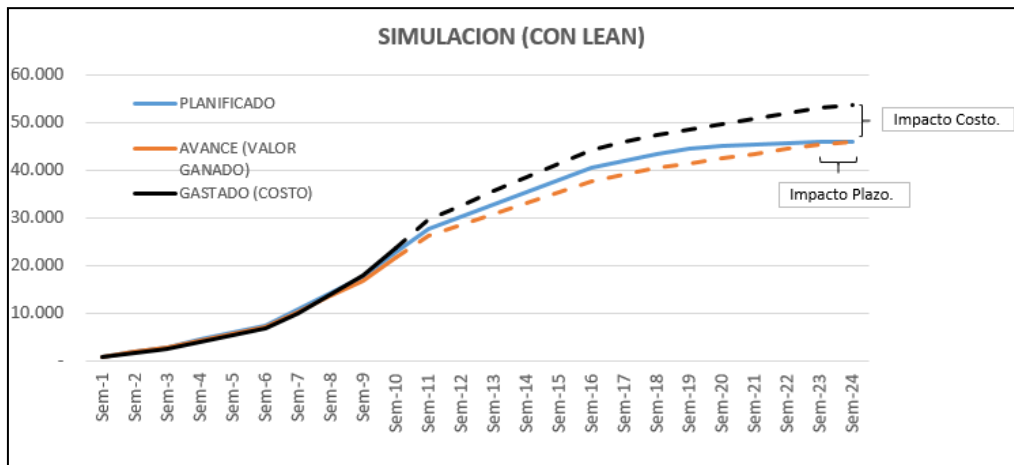


Figura 27 (Elaboración propia)

Podemos notar que si bien el gasto en HH es mayor al planificado la diferencia con respecto al caso anterior es gravitante. También el plazo total del contrato de encuentra solamente impactado en 1 mes lo que generalmente se encuentra salvaguardado en las reservas de programa.

Los indicadores de costos y plazo por periodo se reflejan en la siguiente gráfica:

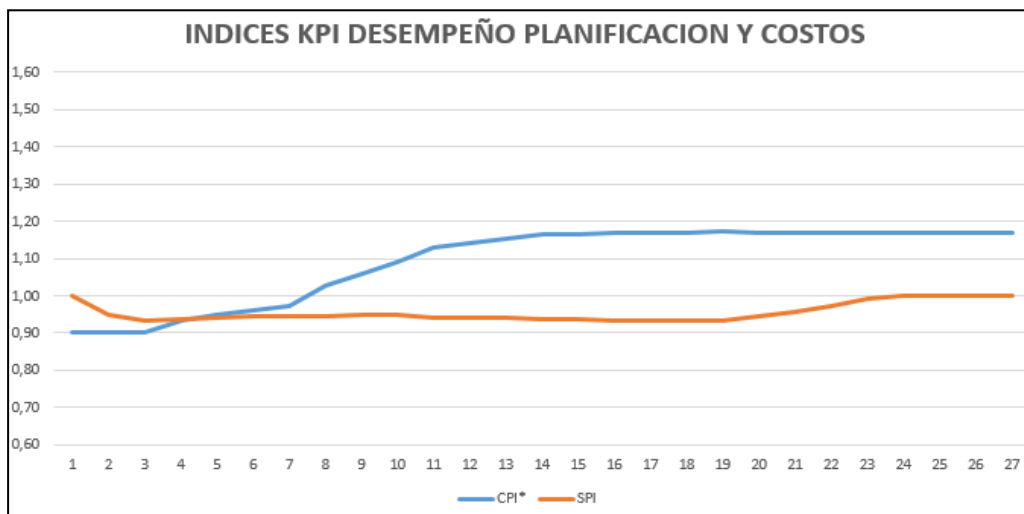


Figura 28 ((Indicadores CPI\* y SPI - Elaboración propia)

Ambos indicadores deben tender a 1. Mientras más se aleja uno del otro implica un peor desempeño entre los costos asociados al cumplimiento del cronograma y a los plazos estimados. En este caso los índices si bien no son iguales a 1 si tiendes a juntarse cerca del 1 por lo que el desempeño es mejor.

Los datos de entrada para la evaluación económica con este nuevo escenario son:

### **Datos Generales**

- a) Tasa Descuento Anual 8%
- b) Tasa Descuento Mensual 0,643%
- c) Periodos: 24 meses [un mes de impacto en plazo].
- d) Costo HH Directa: U\$D 32 (promedio costo directo de la industria).
- e) Ingreso HH Directa: U\$D 40 (promedio ingresos directos de la industria).
- f) Inversión Inicial 5% costo directo en HH.

### **Supuestos de Costos**

- g) Costos Indirecto: 10% del costo directo promedio en la industria
- h) Gastos Generales: 30% del costo directo promedio en la industria
- i) G. G Of. Central: 5% del costo directo promedio en la industria

### **Supuestos de Ingresos**

- j) Costos Indirecto: 18% del costo directo promedio en la industria
- k) Gastos Generales: 40% del costo directo promedio en la industria
- l) G. G Of. Central: 5% del costo directo promedio en la industria
- m) Utilidades: 10% del costo directo promedio en la industria
- n) Pago de Gastos Generales por aumento de plazo de 3 meses

Con esto datos se tiene los siguientes resultados:

VAN: \$542.323 Dólares

TIR: 29,08%

	\$542.323	TARIFA COSTO CONTRATISTA						
		26	28	30	32	34	36	38
TARIFA INGRESO CONTRATISTA	34	530.901	388.784	246.667	104.550	-37.567	-179.684	-321.800
	36	671.255	529.139	387.022	244.905	102.788	-39.329	-181.446
	38	811.610	669.493	527.377	385.260	243.143	101.026	-41.091
	40	951.965	809.848	667.731	525.614	383.498	241.381	99.264
	42	1.092.320	950.203	808.086	665.969	523.852	381.736	239.619
	44	1.232.675	1.090.558	948.441	806.324	664.207	522.090	379.974
	46	1.373.029	1.230.912	1.088.796	946.679	804.562	662.445	520.328

Figura 29 (Análisis de sensibilidad - Elaboración propia)

El proyecto tiene un VAN positivo y una TIR  $>$  a la tasa de descuento por lo que el proyecto es económicamente rentable. Podemos notar que al integrar las herramientas de la metodología LEAN antes desarrolladas, el VAN aumenta en casi el doble de su valor (considerando las mismas tarifas)

Si analizamos la misma variabilidad de las tarifas de costo e ingreso podemos notar que la variabilidad es menor a la anterior. De hecho, el para la variabilidad considerada se tiene un 88% de escenarios con VAN positivo y un 12% de escenarios con VAN negativo. En este caso si bien las tarifas son incidentes, la probabilidad de que el proyecto sea rentable aumenta.

## 10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los proyectos de ejecución en minería han crecido exponencialmente en las últimas décadas. También lo han hecho las empresas contratistas que prestan servicios a la minería y también la cantidad de personal externo a la minera.

Mientras que las empresas contratistas han aumentado en forma constante, la evolución de las empresas mandantes muestra más bien un desarrollo constante.

Si bien las empresas mandantes de minera utilizan para sus procesos modelos de gestión basados en la metodología PMI y las mejores prácticas LEAN, es importante también encontrar las herramientas de gestión que contribuyan a aumentar la productividad de los proyectos de ejecución y hacer simulaciones en términos económicos donde el uso de estas herramientas mejora los indicadores.

Hoy unos de los principales componentes en la productividad de las empresas mineras son las empresas colaboradoras. La ODCE ha señalado que la productividad de la minería chilena ha estado disminuyendo desde los últimos 25 años un 4,7% anual.

La falta de planificación y control de costos es la principal causa del fracaso en los proyectos de ejecución. Si bien existen distintos métodos para controlar la planificación y programación de las actividades, el manejo de los recursos materiales y humanos considerados, las interferencias con otros proyectos en ejecución y/u operación, la programación de los periodos de puesta en marcha, la obtención de los permisos, etc. deben ser monitoreados con la mayor frecuencia posible.

La metodología LEAN nos ayuda a establecer y cerrar las brechas de gestión en planificación y gestión de costos de cronogramas de proyectos de ejecución por lo que harán más efectiva la productividad de la empresa contratista y por consiguiente la de la empresa minera.

Los principales beneficios que nos entregan en términos de productividad las herramientas LEAN al contratista y consecuentemente a la empresa minera es que permite la revisión a detalle del plan de trabajo (mensual, semanal y diario), aumentando el grado de cumplimiento del programa y la optimización de recursos.

También promueve la mejora continua elevando el desempeño del trabajo conectando el plan mensual con el plan semanal y el plan diario. Acorta la duración de las reuniones que suelen ser mayores a 2 horas dependiendo de la complejidad del proyecto y genera un liderazgo visible en la organización.

Al analizar la incorporación de las metodologías LEAN a procesos de planificación y control de cronogramas podemos ver que existe una relación entre las productividades y el aumento del VAN de los proyectos de los contratistas aumentando el valor para el proyecto y para ellos ya que disminuyen los re-trabajos, aumenta el uso eficiente de los recursos y entrega seguridad a las empresas mineras mandantes.

Hoy en día las empresas contratistas están ciegas producto del valor de las tarifas de costos real efectivo que tienen en sus proyectos y las tarifas reales de ingresos pagadas por las empresas de minería. Es claro que las metodologías LEAN que hemos detallado aseguran un mayor éxito del proyecto.

El costo de implementación de esta metodología es despreciable frente a los múltiples beneficios que traerá tanto para la empresa contratista, como para la empresa minera aumentando la productividad total y haciendo más competitiva la industria minera.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- Corporación Chilena del Cobre Cochilco (2009), “Desarrollo minero en Chile, Análisis y desafíos”.
- Sandra Leiva Gomez (2009) “La subcontratación minera en Chile, desafíos y desarrollo”.
- J.P Womac y otros (2017), “La máquina que cambio al mundo”.
- Vicepresidencia de Proyectos Codelco (2018). “Manual de gestión de proyectos, Codelco VP, 2018”.
- PMI Project Management Institute (5° Edición), “PMBook”.
- Hernán de Solminiac y Otros (2018), “Análisis de la productividad de Codelco 2000 a 2016”.
- Vicepresidencia de Proyectos Codelco (2018). “Manual de gestión de proyectos”.
- Gustavo Castillo (2013), “LEAN en desarrollo minero”.







Tabla Datos Figura 26 y 28

	PLANIFICADO			AVANCE (VALOR GANADO)				GASTADO (COSTO)					INDICES		
	HH Parcial	HH Acum	Dotación Plan	Parcial	Parcial (Proy)	Acum	Acum (Proy)	Parcial	Parcial (Proy)	Acum	Acum (Proy)	Dotación Real	Delta (Δ) Dotación	CPI*	SPI
Sem-1	1.000	1.000	22	1.000		1.000		900		900		20	-2	0,90	1,00
Sem-2	1.000	2.000	22	900		1.900		810		1.710		18	-4	0,90	0,95
Sem-3	1.000	3.000	22	900		2.800		810		2.520		18	-4	0,90	0,93
Sem-4	1.500	4.500	33	1.425		4.225		1.425		3.945		32	-2	0,93	0,94
Sem-5	1.500	6.000	33	1.425		5.650		1.425		5.370		32	-2	0,95	0,94
Sem-6	1.500	7.500	33	1.425		7.075		1.425		6.795		32	-2	0,96	0,94
Sem-7	3.450	10.950	77	3.278		10.353		3.278		10.073		73	-4	0,97	0,95
Sem-8	3.450	14.400	77	3.278		13.630		3.933		14.006		87	11	1,03	0,95
Sem-9	3.450	17.850	77	3.278		16.908		3.933		17.939		87	11	1,06	0,95
Sem-10	5.010	22.860	111	4.760	4.760	21.667	21.667	5.711	5.711	23.650	23.650	127	16	1,09	0,95
Sem-11	5.010	27.870	111		4.609		26.276		5.992	29.642	29.642	133	22	1,13	0,94
Sem-12	2.540	30.410	56		2.337		28.613		3.038	32.680	32.680	68	11	1,14	0,94
Sem-13	2.540	32.950	56		2.337		30.950		3.038	35.718	35.718	68	11	1,15	0,94
Sem-14	2.540	35.490	56		2.337		33.287		3.038		38.755	68	11	1,16	0,94
Sem-15	2.540	38.030	56		2.337		35.623		2.804		41.560	62	6	1,17	0,94
Sem-16	2.540	40.570	56		2.286		37.909		2.743		44.303	61	5	1,17	0,93
Sem-17	1.500	42.070	33		1.350		39.259		1.620		45.923	36	3	1,17	0,93
Sem-18	1.500	43.570	33		1.350		40.609		1.620		47.543	36	3	1,17	0,93
Sem-19	1.000	44.570	22		1.000		41.609		1.200		48.743	27	4	1,17	0,93
Sem-20	550	45.120	12		1.000		42.609		1.150		49.893	26	13	1,17	0,94
Sem-21	500	45.620	11		1.000		43.609		1.150		51.043	26	14	1,17	0,96
Sem-22	250	45.870	6		1.000		44.609		1.150		52.193	26	20	1,17	0,97
Sem-23	100	45.970	2		1.000		45.609		1.150		53.343	26	23	1,17	0,99
Sem-24	-	45.970	-		361		45.970		415		53.758	9	9	1,17	1,00
Sem-25	-	45.970	-				45.970		-		53.758	-	-	1,17	1,00
Sem-26	-	45.970	-				45.970		-		53.758	-	-	1,17	1,00
Sem-27	-	45.970	-				45.970		-		53.758	-	-	1,17	1,00
				45.970				53.758							1,17

## Flujo de Caja sin herramientas LEAN (análisis sensibilidad figura 29).

CASO BASE SIN PROYECTO (Inc / Tarifas Promedio)							I. Inicial	110.109			Costo U\$	32	Venta U\$	40												
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
<b>COSTOS</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Costo Directo	0	28.743	25.869	25.869	45.509	45.509	45.509	104.672	125.606	125.606	182.402	191.362	97.018	97.018	97.018	89.555	87.608	51.737	51.737	38.324	36.727	36.727	36.727	36.727	13.258	
Costo Indirecto	-	2.874	2.587	2.587	4.551	4.551	4.551	10.467	12.561	12.561	18.240	19.136	9.702	9.702	9.702	8.955	8.761	5.174	5.174	3.832	3.673	3.673	3.673	3.673	1.326	
Gastos Generales	-	8.623	7.761	7.761	13.653	13.653	13.653	31.402	37.682	37.682	54.721	57.409	29.105	29.105	29.105	26.866	26.282	15.521	15.521	11.497	11.018	11.018	11.018	11.018	3.978	
Gastos Of. Central	-	1.437	1.293	1.293	2.275	2.275	2.275	5.234	6.280	6.280	9.120	9.568	4.851	4.851	4.851	4.478	4.380	2.587	2.587	1.916	1.836	1.836	1.836	1.836	663	
<b>2.489.414</b>	<b>110.109</b>	<b>41.677</b>	<b>37.509</b>	<b>37.509</b>	<b>65.989</b>	<b>65.989</b>	<b>65.989</b>	<b>151.774</b>	<b>182.129</b>	<b>182.129</b>	<b>264.483</b>	<b>277.475</b>	<b>140.676</b>	<b>140.676</b>	<b>140.676</b>	<b>129.855</b>	<b>127.032</b>	<b>75.019</b>	<b>75.019</b>	<b>55.569</b>	<b>53.254</b>	<b>53.254</b>	<b>53.254</b>	<b>53.254</b>	<b>19.225</b>	
<b>INGRESOS</b>	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Costo Directo	-	39.921	35.929	35.929	56.887	56.887	56.887	130.840	130.840	130.840	190.002	184.002	93.286	93.286	93.286	93.286	91.258	53.893	53.893	39.921	39.921	39.921	39.921	39.921	14.411	
Costo Indirecto	-	7.186	6.467	6.467	10.240	10.240	10.240	23.551	23.551	23.551	34.200	33.120	16.792	16.792	16.792	16.792	16.427	9.701	9.701	7.186	7.186	7.186	7.186	7.186	2.594	
Gastos Generales	-	15.968	14.371	14.371	22.755	22.755	22.755	52.336	52.336	52.336	76.001	73.601	37.315	37.315	37.315	37.315	36.503	21.557	21.557	15.968	15.968	15.968	15.968	15.968	5.765	
Gastos Of. Central	-	1.996	1.796	1.796	2.844	2.844	2.844	6.542	6.542	6.542	9.500	9.200	4.664	4.664	4.664	4.664	4.563	2.695	2.695	1.996	1.996	1.996	1.996	1.996	721	
Utilidades	-	3.992	3.593	3.593	5.689	5.689	5.689	13.084	13.084	13.084	19.000	18.400	9.329	9.329	9.329	9.329	9.126	5.389	5.389	3.992	3.992	3.992	3.992	3.992	1.441	
Adicional Costo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.976	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Adicional Plazo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<b>3.186.812</b>	<b>-</b>	<b>69.063</b>	<b>62.156</b>	<b>62.156</b>	<b>98.414</b>	<b>98.414</b>	<b>98.414</b>	<b>226.353</b>	<b>226.353</b>	<b>226.353</b>	<b>328.704</b>	<b>318.323</b>	<b>161.386</b>	<b>173.362</b>	<b>161.386</b>	<b>161.386</b>	<b>157.877</b>	<b>93.235</b>	<b>93.235</b>	<b>69.063</b>	<b>69.063</b>	<b>69.063</b>	<b>69.063</b>	<b>69.063</b>	<b>24.932</b>	
<b>Flujos</b>	<b>-110.109</b>	<b>27.386</b>	<b>24.647</b>	<b>24.647</b>	<b>32.425</b>	<b>32.425</b>	<b>32.425</b>	<b>74.579</b>	<b>44.224</b>	<b>44.224</b>	<b>64.221</b>	<b>40.848</b>	<b>20.710</b>	<b>32.686</b>	<b>20.710</b>	<b>31.531</b>	<b>30.845</b>	<b>18.216</b>	<b>18.216</b>	<b>13.493</b>	<b>15.809</b>	<b>15.809</b>	<b>15.809</b>	<b>15.809</b>	<b>5.707</b>	