



Indicadores de Costo Para Cierre de Proyectos Mineros

Stalin Karl

17 de Noviembre 2017

AGENDA

- Presentación
- Introducción
- Antecedentes
- Definición del Costo
- Centro de Costo
- Base de Estudio
- Variables de Estudio
- Recopilación de Datos
- Resultados
- Análisis Estadístico

PRESENTACIÓN

Este estudio se enfoca en las mejores prácticas para la entrega de información de ingeniería de sistemas de proyectos de capital, utilizando los estándares de información utilizados generalmente en proyectos mineros. Esta actividad de traspaso es vital para tener una planta industrial dentro del tiempo y el presupuesto, ya que impulsa la compilación y validación de los registros necesarios para aprobar y apoyar la vida operativa de la planta, junto con la transferencia de propiedad del equipo del proyecto y la aceptación del propietario de la planta o cliente.

INTRODUCCION

El traspaso preciso de la información de la planta industrial en proyectos mineros es vital para la rentabilidad de la empresa minera. La información de la planta industrial debe ser tratada como un activo valioso tan importante como la propia planta física. Después del traspaso, la información se mantendrá precisa y accesible durante toda la vida útil de la instalación. La información inexacta o faltante causa la pérdida de ingresos debido a:

- ❖ Retraso en conseguir información específica.
- ❖ Compras innecesarias de materiales.
- ❖ Reprocesos de diseño.
- ❖ Retrasos en la puesta en marcha.
- ❖ Recortes de producción.
- ❖ Paradas no planificadas.

INTRODUCCION

La información sobre la estructura de ingeniería según diseño de la planta industrial minera con los parámetros operativos requeridos y la configuración as built de los activos serializados (TAG) instalados, son esenciales para poner en producción una planta y permitir su operación y mantenimiento óptimo.

Sin embargo, las necesidades de información específica de los contratistas de ingeniería, adquisición y construcción (EPC) y los propietarios / operadores de la planta son bastante diferentes. El EPC se centra en el diseño del proyecto de capital y la fase de construcción, mientras que O&M está preocupada por las necesidades a largo plazo para la vida útil de la instalación.

ANTECEDENTES

Los estudios de **FIATECH** (*Fully Integrated and Automated Asosociaton Technology Service*) estiman que la ejecución tradicional, entrega y cierre de un proyecto EPC normalmente se cuantifica como menos del 0,3% del costo del proyecto, pero que la operación requiere entre un 2-4% adicional del costo del proyecto para corregir la información requerida en sistemas operacionales y de mantenimiento (Datos Ocultos).

Ademas estos estudios han demostrado que los intercambios de información automatizados periódicos y estructurados desde sistemas EPC a sistemas O & M ahorran el 60% de este costo oculto, lo que resulta en un ahorro para el capex del proyecto.

DEFINICION DEL COSTO

El costo de cierre del proyecto, implica la valorización de todas las actividades necesarias para establecer la implementación, verificación y recopilación de los entregables (Garantías de Fabricación, Construcción, Funcionamiento y Operatividad) del proyecto de acuerdo a lo establecido contractualmente en el primer contrato. El costo de cierre del proyecto, atraviesa transversalmente las etapas de la fase de ejecución del proyecto. El costo de cierre quedara definido por:

- ❖ Costo del Cierre Operacional (Transferencia y Entrega del Proyecto).
- ❖ Costo del Cierre Contractual de Proveedores y Contratistas.
- ❖ Costo del Cierre Contractual del Primer Contrato (EPCM / EPC).

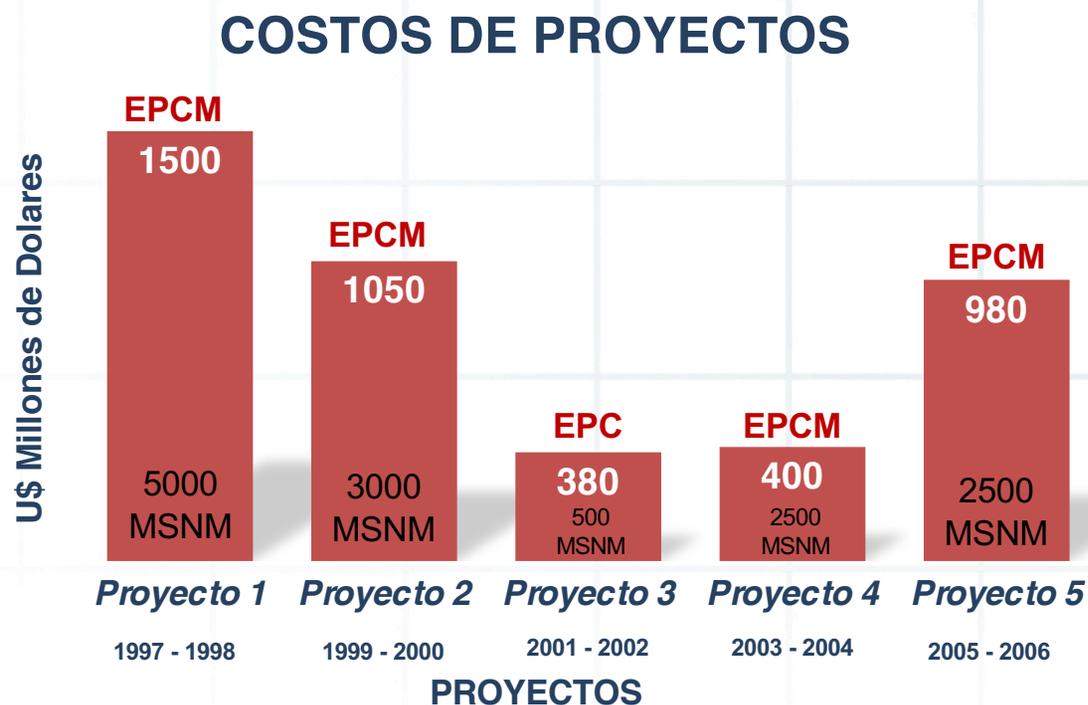
CENTRO DE COSTO

Desde la perspectiva contable del proyecto, por lo general no existe un centro de costo específico asignado a esta fase o proceso. Por este motivo generalmente estos costos son cargados a la gerencia de comisionamiento en un centro de costo único, lo que evidentemente no permite controlar eficientemente el proceso.

Por este motivo, se realizó este estudio estadístico simple que permite parametrizar indicadores de costo a partir del costo del proyecto. Los indicadores se han formulado a partir de resultados obtenidos de una muestra de cinco proyectos realizados en Chile. Los indicadores poseen una confiabilidad alta y son fácilmente deducibles por lo que pueden ser utilizados referencialmente en proyectos mineros.

BASE DE ESTUDIO

El estudio se realizó sobre una muestra de cinco proyectos de la industria minera con un costo promedio de U\$ 862 Millones de Dólares, durante el periodo del año 1997 al 2006.



VARIABLES DE ESTUDIO

Es importante establecer como una variable de extrema importancia que este estudio se basa en proyectos en los cuales se utiliza la metodología Turn Over Package (TOP) se realizó de forma manual, sin uso de herramientas informáticas de administración. Se establecen como **costos directos** del proceso:

- ❖ Recursos Técnicos (Recurso HH).
- ❖ Recurso Contratistas (Recurso HH).
- ❖ Capacitación (Recurso HH).
- ❖ Infraestructura (Recurso Material).
- ❖ Materiales Librería (Recurso Material).
- ❖ Recursos Computacionales (Recurso Material).

VARIABLES DE ESTUDIO

Se establecen como **costos indirectos**:

- ❖ HH retraso en la transferencia y entrega.
- ❖ HH retraso por falta información para toma de decisiones.
- ❖ HH retraso por documentación incompleta.
- ❖ HH retraso por tardía detección de problemas.
- ❖ HH retraso por reordenamiento de documentación.
- ❖ HH retraso por revisiones y compleción documentación.
- ❖ HH retraso por mala emisión de información y documentación.

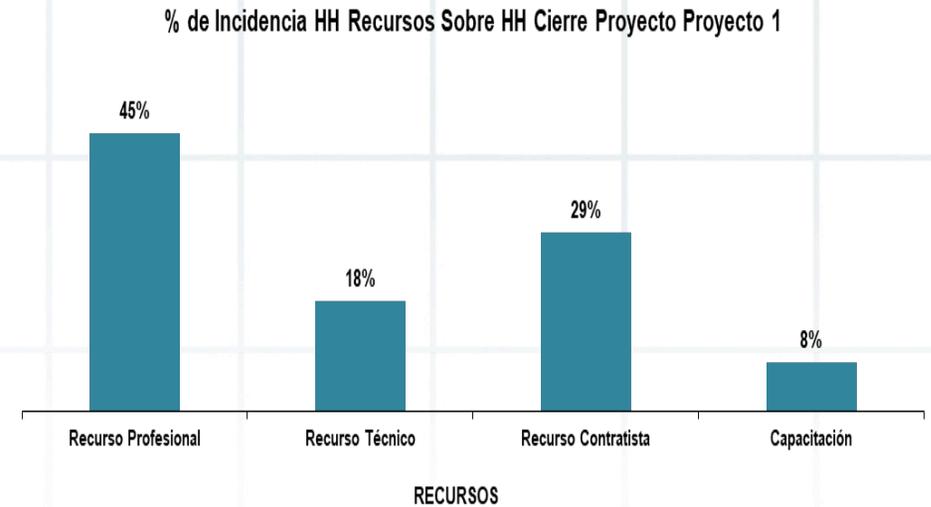
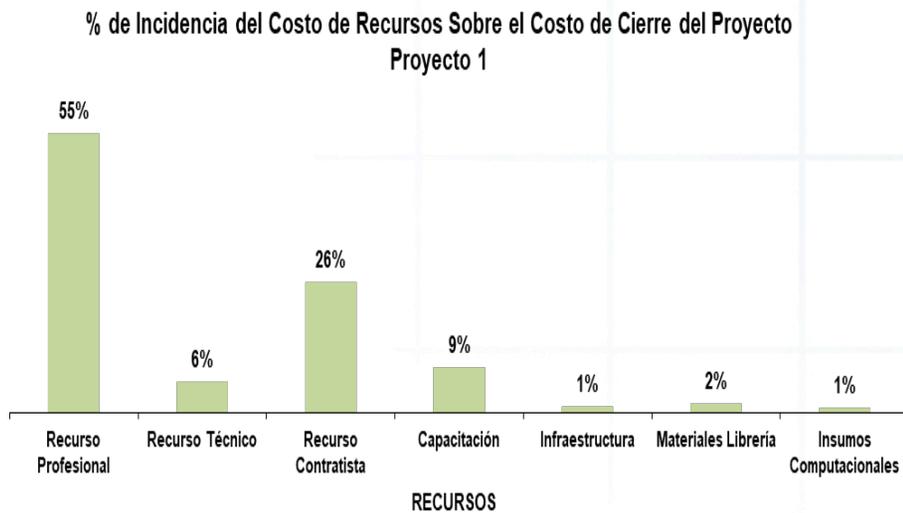
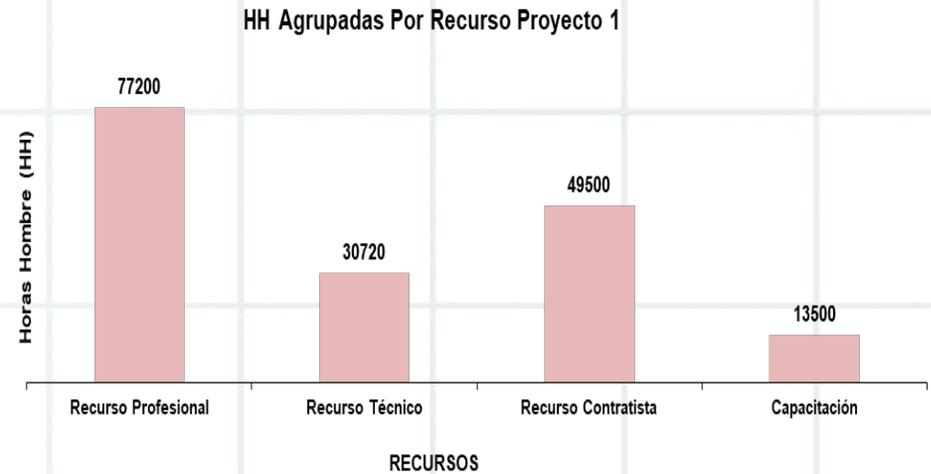
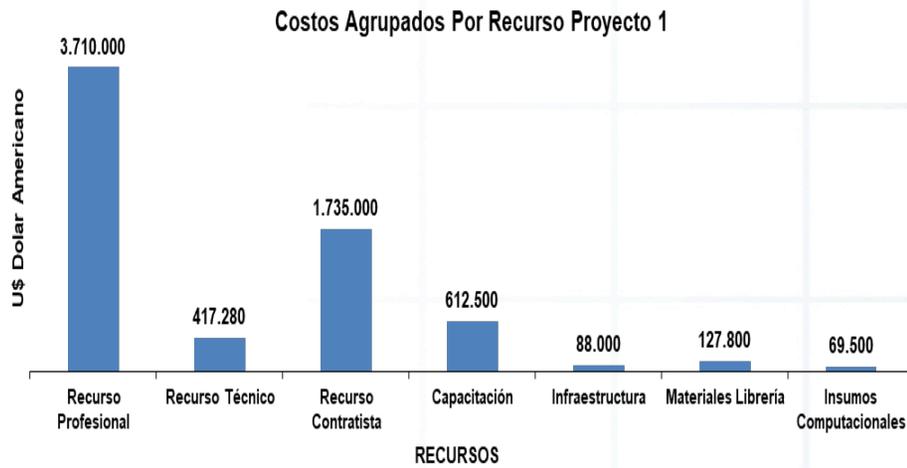
Una de las observaciones más comunes fue la del tiempo improductivo o tiempo muerto producido por deficiencias del sistema. La cuantificación de esta improductividad solo se refleja a nivel de HH gastadas, quedando oculto su impacto económico general, ya que su medición requiere de un estudio de costo específico.

RECOPIACION DE DATOS

Los datos más representativos para el estudio son las HH gastadas y su costo. Se establecen 2 categorías o clases (Horas Hombre HH – Insumos) y se define una tabla para registrar los datos de terreno.

| ANALISIS BASICO DE COSTOS | | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|------------------------|----------------------|
| Recursos Profesionales (HH Ingenieros) | <i>Nº Ingenieros Promedio</i> | <i>Horas Mes Promedio</i> | <i>Total Horas Mes</i> | <i>Meses Proceso</i> |
| Horas Normales Area Ingeniería | | | | |
| Horas Normales Area QA/QC | | | | |
| Horas Extras Area Ingeniería | | | | |
| Horas Extras Area QA/QC | | | | |
| Horas Normales Coordinador T.O.Ps | | | | |
| Horas Extras Coordinador T.O.Ps | | | | |
| Recursos Técnicos (HH Secre/Técnico) | <i>Nº Sec. Técnicos Prom.</i> | <i>Horas Mes Promedio</i> | <i>Total Horas Mes</i> | <i>Meses Proceso</i> |
| Horas Normales Secretario Técnico | | | | |
| Horas Extras Secretario Técnico | | | | |
| Recursos Contratista (HH Asistentes) | <i>Nº Sec. Técnicos Prom.</i> | <i>Horas Mes Promedio</i> | <i>Total Horas Mes</i> | <i>Meses Proceso</i> |
| Horas Normales Coordinador T.O.Ps | | | | |
| Horas Extras Coordinador T.O.Ps | | | | |
| Horas Normales Asistentes (Subcontratistas) | | | | |
| Horas Extras Asistentes (Subcontratistas) | | | | |
| Recursos Capacitación | <i>Personal</i> | <i>Horas Mes Promedio</i> | <i>Total Horas Mes</i> | <i>Meses Proceso</i> |
| Capacitación QA/QC | | | | |
| Capacitación Ingeniería | | | | |
| Capacitación Asistentes | | | | |
| Recursos Materiales | | | | |
| Artículos Librería | | | | |
| Suministros Computacionales | | | | |
| Muebles de Oficina | | | | |
| Transporte | | | | |

DATOS PROYECTO 1

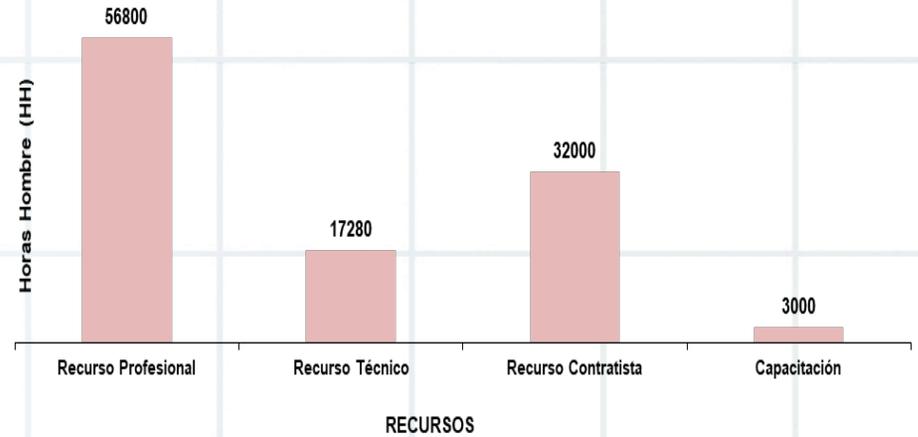


DATOS PROYECTO 2

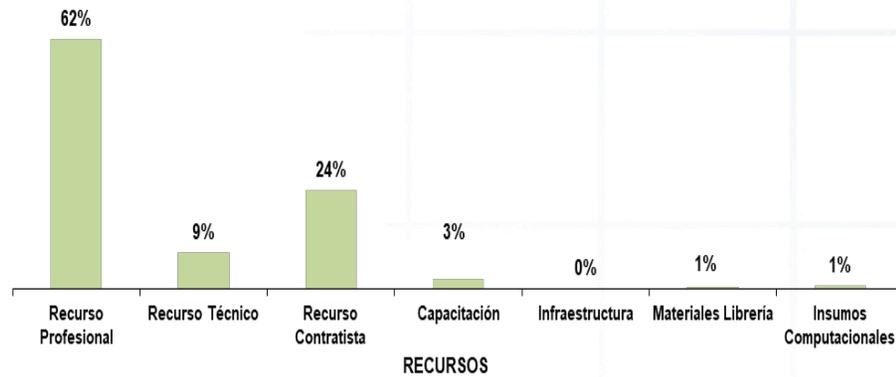
Costos Agrupados Por Recurso Proyecto 2



HH Agrupadas Por Recurso Proyecto 2



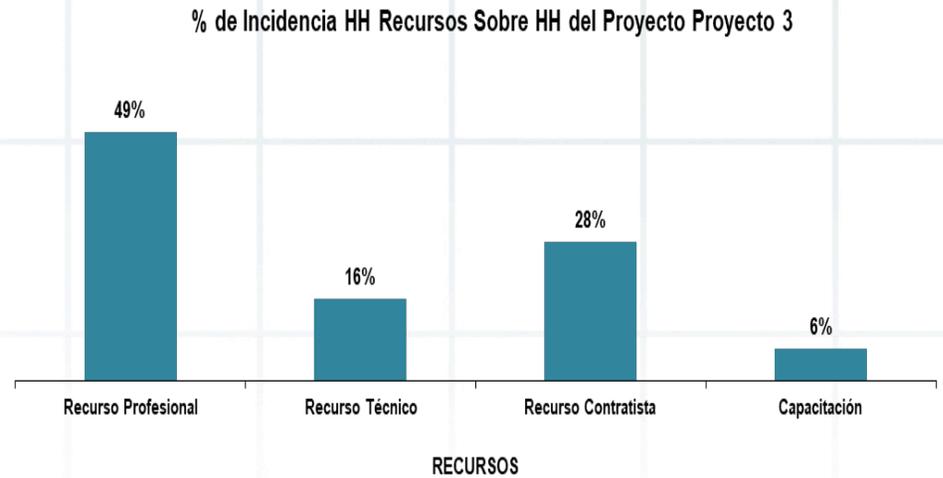
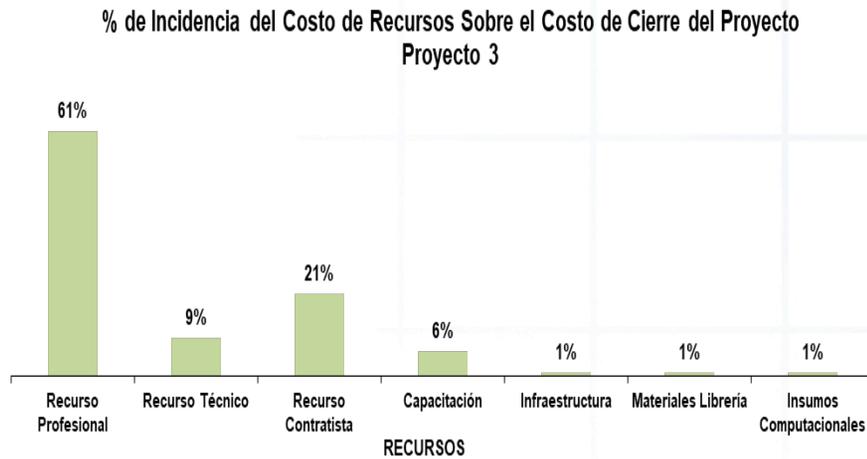
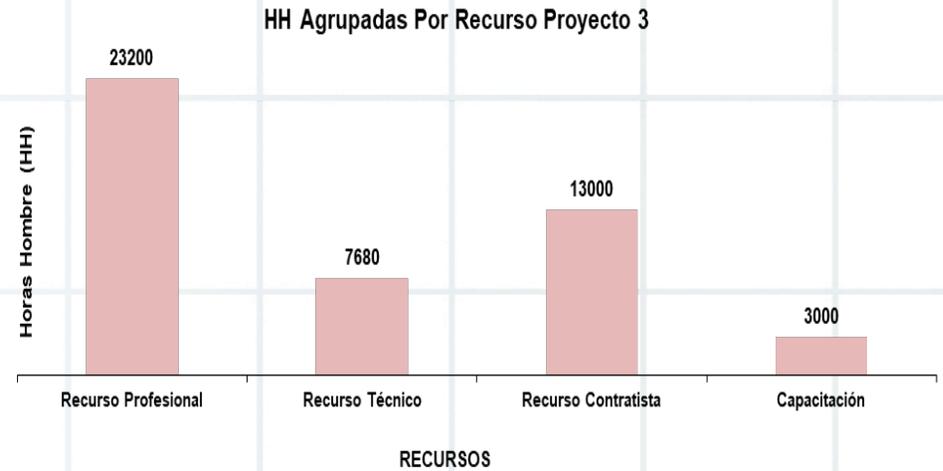
% de Incidencia del Costo de Recursos Sobre el Costos de Cierre del Proyecto Proyecto 2



% de Incidencia HH Recursos Sobre HH del Proyecto Proyecto 2

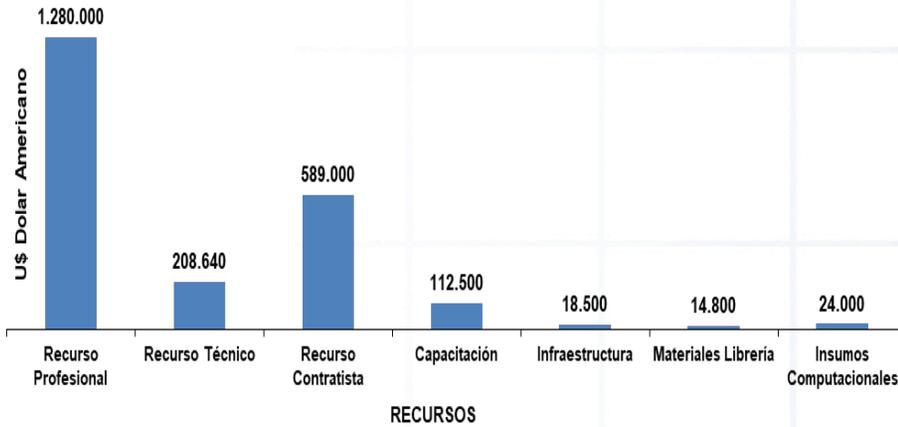


DATOS PROYECTO 3

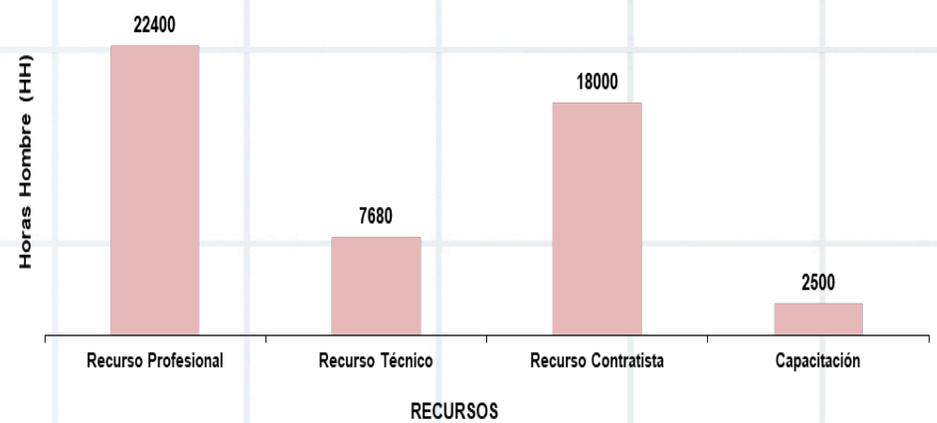


DATOS PROYECTO 4

Costos Agrupados Por Recurso Proyecto 4



HH Agrupadas Por Recurso Proyecto 4



% de Incidencia del Costo de Recursos Sobre el Costo de Cierre del Proyecto Proyecto 4

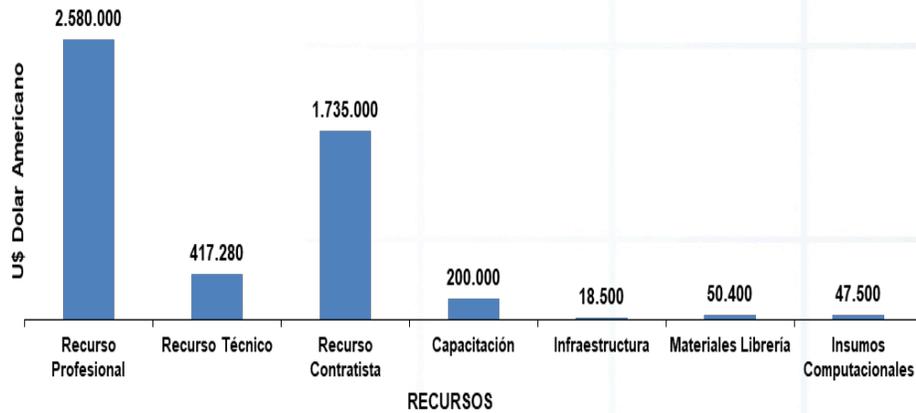


% de Incidencia HH Recursos Sobre HH del Proyecto Proyecto 4



DATOS PROYECTO 5

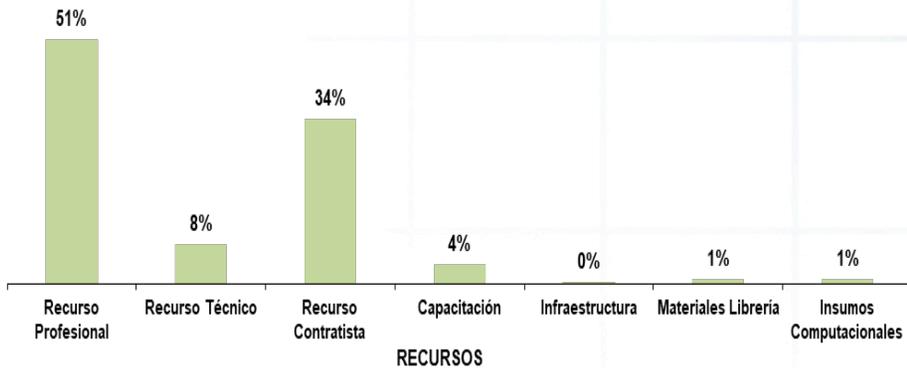
Costos Agrupados Por Recurso Proyecto 5



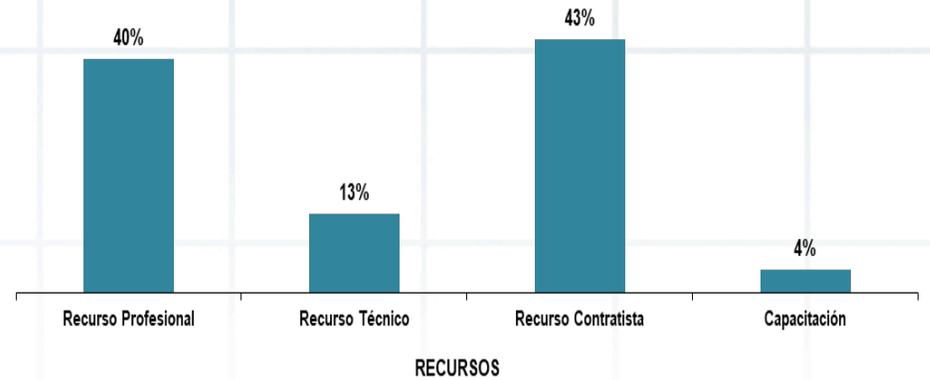
HH Agrupadas Por Recurso Proyecto 5



% de Incidencia del Costo de Recursos Sobre el Costo de Cierre del Proyecto Proyecto 5



% de Incidencia HH Recursos Sobre HH del Proyecto Proyecto 5



RESULTADOS

Los resultados totales agrupados por proyecto son:

Variable Costo:

Proyecto 1 = U\$ 6.760.080

Proyecto 2 = U\$ 5.120.540

Proyecto 3 = U\$ 2.198.640

Proyecto 4 = U\$ 2.247.440

Proyecto 5 = U\$ 5.048.680



RESULTADOS

Los resultados totales agrupados por proyecto son:

Variable HH:

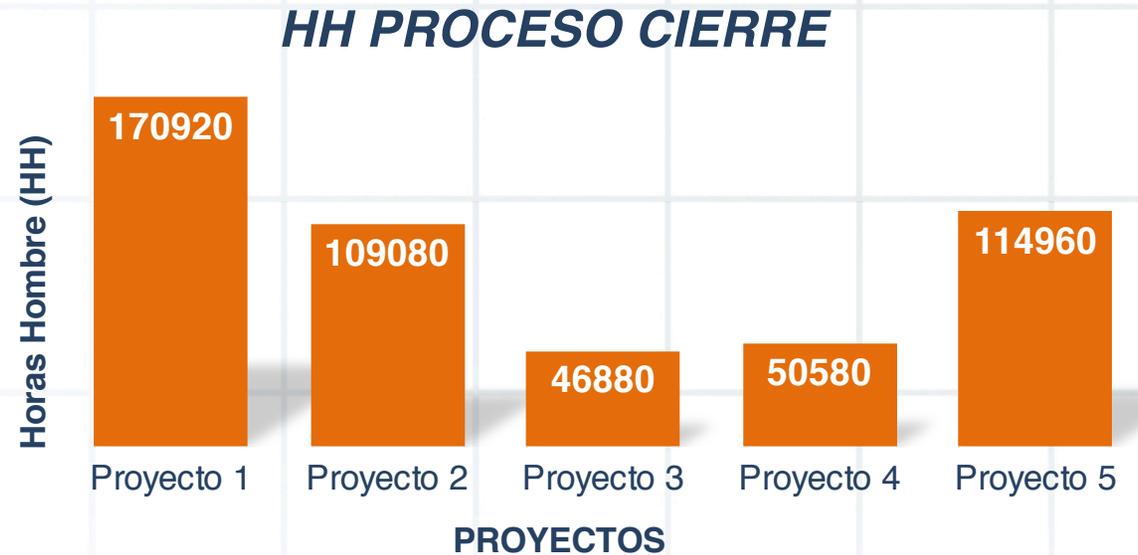
Proyecto 1 = 170.920 HH

Proyecto 2 = 109.080 HH

Proyecto 3 = 46.880 HH

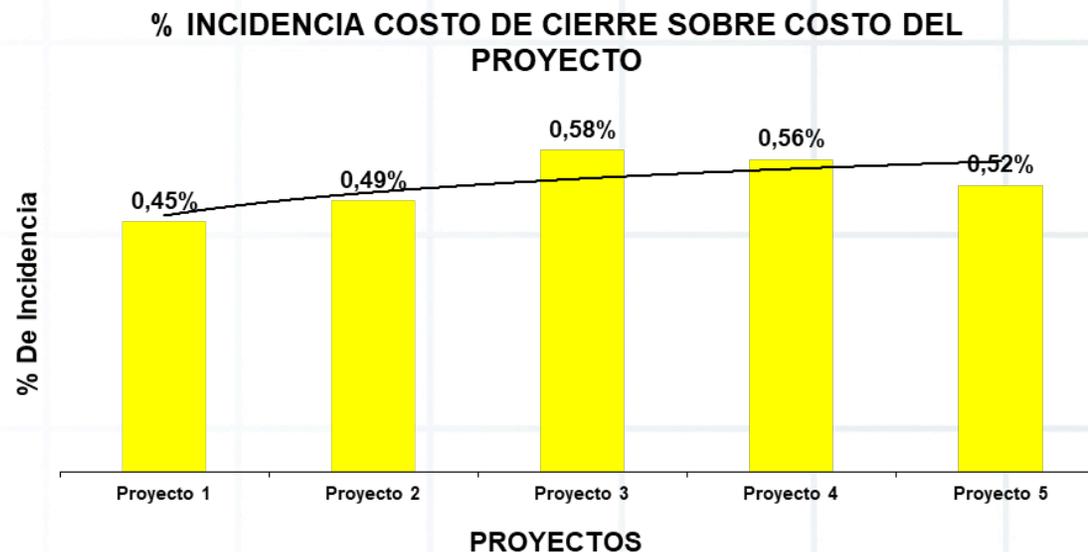
Proyecto 4 = 50.580 HH

Proyecto 5 = 114.960 HH



ANALISIS ESTADISTICO BASICO

Una de las primeras inferencias estadísticas fue el de establecer un parámetro promedio del costo del proceso respecto del costo del Proyecto.



Los resultados finales obtenidos nos indican que el costo directo referencial para el proceso de cierre del proyecto representa el 0,5 % del costo total del proyecto EPCM/EPC.

DESVIACION ESTANDAR

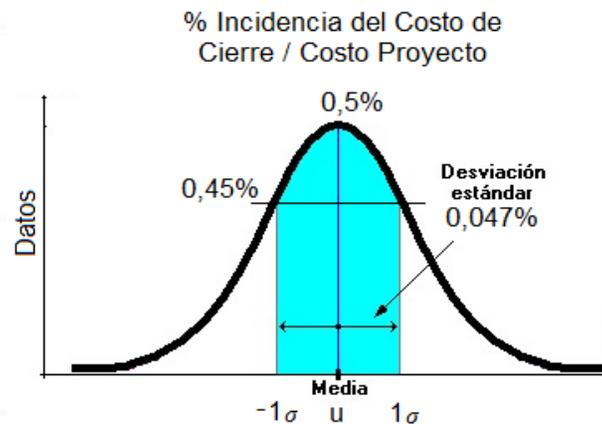
Es importante establecer el intervalo de valores donde se puede mover este parámetro de 0,5% obtenido por medio de la media aritmética. Para esto necesitamos calcular la desviación estándar de los datos, de acuerdo a la siguiente tabla:

| Universo | % Incidencia (Xi) | $\mu - Xi$ | $(\mu - Xi)^2$ | $\Sigma(\mu - Xi)^2$ | σ^2 (Varianza) | σ (Desviación) |
|--------------------|-------------------|------------|----------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Proyecto 1 | 0,45% | 0,068% | 0,000046% | 0,00005% | | |
| Proyecto 2 | 0,49% | 0,031% | 0,000010% | 0,00006% | | |
| Proyecto 3 | 0,58% | -0,060% | 0,000036% | 0,00009% | | |
| Proyecto 4 | 0,56% | -0,043% | 0,000019% | 0,00011% | | |
| Proyecto 5 | 0,52% | 0,004% | 0,000000% | 0,00011% | 0,000022% | 0,047% |
| Promedio (μ) | 0,5% | | | | | |

- ❖ Varianza = 0,000022%
- ❖ Desviación Estándar = 0,047%
- ❖ Error Estándar = 0,021%
- ❖ % Incidencia = $(0,5\% \pm 0,047\%) * \text{Costo del Contrato EPCM/EPC}$

DISTRIBUCION NORMAL

La distribución normal de la media $\mu = 0,5\%$ y desviación estándar $\sigma = 0,047\%$ se designa por $N(\mu, \sigma)$. Su gráfica es la campana de Gauss:



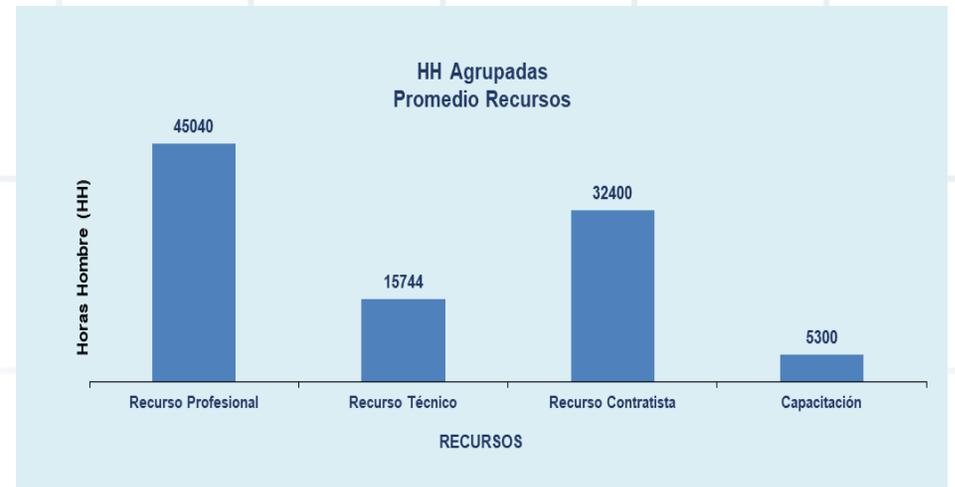
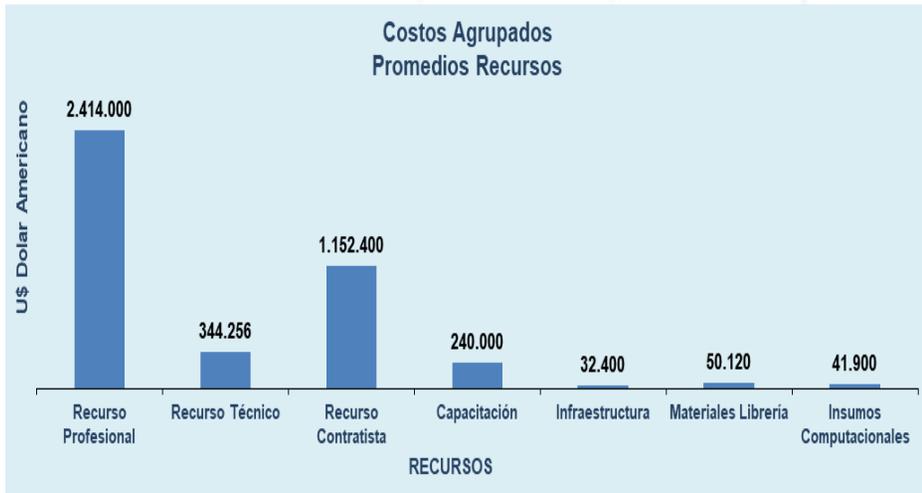
A partir de estos antecedentes se puede calcular la probabilidad de que un proyecto obtenga un % de incidencia distinto del valor medio aritmético.

PROYECTO REPRESENTATIVO

Se define un proyecto representativo (Media) tipo a partir del costo de cierre promedio de proyectos y el costo promedio de costos agrupados por recurso obteniendo los siguientes resultados:

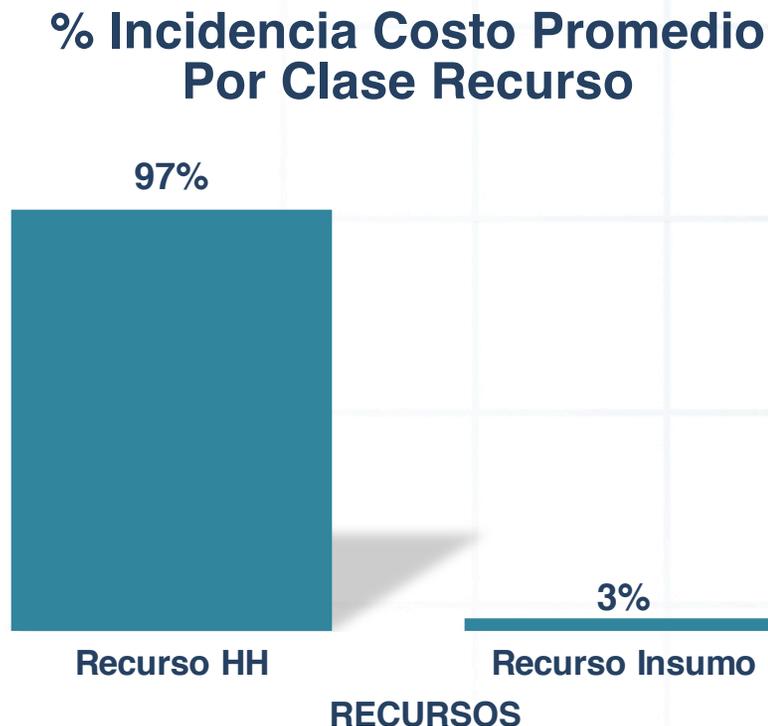
| PROYECTO PROMEDIO TIPO | | | | | |
|-------------------------|-----------|--------------------|-------|-----------------|--|
| Recursos | Costo U\$ | % Incidencia Costo | HH | % Incidencia HH | |
| Recurso Profesional | 2.414.000 | 56% | 45040 | 46% | |
| Recurso Técnico | 344.256 | 8% | 15744 | 16% | |
| Recurso Contratista | 1.152.400 | 27% | 32400 | 33% | |
| Capacitación | 240.000 | 6% | 5300 | 5% | |
| Infraestructura | 32.400 | 1% | 0 | 0% | |
| Materiales Librería | 50.120 | 1% | 0 | 0% | |
| Insumos Computacionales | 41.900 | 1% | 0 | 0% | |
| | 4.275.076 | 100% | 98484 | 100% | |

PROYECTO REPRESENTATIVO



INFERENCIA ESTADISTICA

A partir de los datos obtenidos del proyecto representativo se infiere el % de incidencia por clase de recurso:



Se concluye lo siguiente:

- *El proceso de cierre del proyecto, es un proceso intrínsecamente artesanal 97% del costo es de HH.*
- *El proceso no involucra gran costo de recursos materiales 3% del costo son insumos.*
- *La posibilidad de automatización del proceso (software) debería reducir los costos considerablemente.*

INFERENCIA ESTADISTICA

A partir del proyecto representativo tenemos un costo de cierre promedio y un total de horas hombre promedio. De la tabla podemos inferir que:

- ❖ Costo HH referencial = Costo Proyecto Promedio Recursos / Total HH Promedio Recursos
- ❖ Costo HH referencial = $\$4.150.656 / 98.484 = \$ 42,146$ (Dólares)

Reemplazando valores concluimos que:

Total HH Cierre Proyecto = $(0,5\% * \text{Costo Contrato}) * 97\% \text{ Incidencia HH} / 42.146 \text{ U\$}$

Total HH Cierre Proyecto = 0,000115 * Costo Contrato

DISMINUCION DEL COSTO

La incorporación de sistemas informáticos de gestión implica una gran disminución de HH. Se estima que la automatización del proceso mediante el uso de software especializado, podría generar una disminución del orden del 40% del costo. Sin embargo, la optimización en tiempos improductivos podría llegar a generar una disminución de costos equivalentes al 20% del costo. Por lo tanto, implementando herramientas informáticas en la gestión del cierre de proyecto, podría generar una instancia de optimización del costo del proceso en el orden del 60% de disminución del costo del proceso, respecto del método tradicional (Manual).

INDICADORES DE COSTO

Indicadores de costo referencial de cierre del proyecto:

- ❖ **Costo Proyecto (CP)** = Costo Contrato EPCM/EPC.
- ❖ **Costo Directo Cierre Proyecto** = 0.5% Costo Proyecto.
- ❖ **Costo Indirecto Cierre Proyecto** = 0.5% Costo Proyecto. (Empírico)
- ❖ **Costo Cierre Proyecto** = 1% Costo Proyecto.
- ❖ **Costo Recurso HH** = 97% Costo Directo Cierre Proy.
- ❖ **Costo Recurso Material** = 3% Costo Directo Cierre Proy.

INDICADORES DE HH

Indicadores de costo referencial de cierre del proyecto:

- ❖ **Costo Proyecto** = Costo Contrato EPCM /EPC.
- ❖ **HH Cierre Proyecto** = $0,000115 * \text{Costo Proyecto}$.
- ❖ **HH Personal Profesional** = 46% HH Cierre Proyecto.
- ❖ **HH Personal Técnico** = 16% HH Cierre Proyecto.
- ❖ **HH Personal Contratista** = 33% HH Cierre Proyecto.
- ❖ **HH Capacitación** = 5% HH Cierre Proyecto.

CONCLUSIONES

1. Si bien es cierto que la estadística utilizada en este estudio es básica, sus resultados son sorprendentes desde la perspectiva de coincidencia de parámetros medidos y permiten determinar con un buen grado de certeza (95%) las estimaciones necesarias para formular los costos de inversión del proceso de cierre del proyecto.
2. El costo directo del cierre del proyecto (0,5 % Costo EPCM / EPC) es el parámetro más importante obtenido del estudio.
3. El costo indirecto asumido empíricamente es equivalente al mismo valor del costo directo, teniendo en consideración los tiempos improductivos e ineficiencias normales del proceso.

CONCLUSIONES

4. Si el costo de cierre del proyecto (Directo + Indirecto) se escapa de la estimación realizada (1% Costo EPCM / EPC), implica que la desviación del costo se está produciendo en el costo indirecto del proceso, esto debido a la experiencia de la empresa en cierre de proyectos.
5. El hecho que el estudio se ha realizado en proyectos mineros en Chile implica que existe una componente de eficiencia y productividad propia de este país por lo que debería aplicarse un factor de corrección si se aplican los indicadores en otro país.

CONCLUSIONES

6. Los indicadores son aplicables a contratos EPCM/EPC de construcción específicos de mayor envergadura sobre un monto de U\$ 350 millones de dólares.

7. El poder contar con indicadores de costo permite al administrador del proyecto realizar:
 - Estimaciones Tempranas (Ingeniería de Prefactibilidad y Factibilidad).
 - Revisión de presupuestos.
 - Asignación de centros de costo.
 - Estimación y control de HH.
 - Preparación y licitación de contratos relacionados.
 - Reasignación de recursos.
 - Administración eficiente del proceso, disminuyendo al mínimo los tiempos improductivos.

CONCLUSIONES

8. Otra conclusión importante es el ahorro que se puede alcanzar (60%) en el costo total del proceso, con la incorporación de sistemas informáticos de gestión. Una referencia en este tipo de herramientas es el software EPIN 4.1 de desarrollo integro en Chile, utilizado en proyectos mineros nacionales e internacionales de cobre y níquel, con excelentes resultados.

PREGUNTAS Y CONSULTAS

***Muchas Gracias Por su
Asistencia***