

Índice

• Introducción.....	3
• Descripción general de la empresa.....	4
• Estructura organizacional del Proyecto..	5
• Bitácora de trabajo diario .	7
• Moldaje industrializado metálico Thyssen Hünnebeck..	11
• Patio de Moldajes	16
• Punch List.	18
• Programa de Hormigones..	19
• Programa de Terminaciones y remates de Hormigón...	20
• Conclusiones	23

1. Introducción

Las prácticas profesionales forman parte del currículum obligatorio que todo alumno debe cumplir para obtener su título profesional de Ingeniero Civil con la mención que haya elegido. Por lo tanto, son tan importantes como cualquier otra asignatura de la Carrera.

El objetivo fundamental de esta actividad es involucrar al estudiante en la dinámica del trabajo en una empresa, en donde no sólo se participa aprendiendo sino aportando conocimientos que permitan resolver problemas que ellas tengan. Al mismo tiempo los alumnos se involucran con las formalidades habituales de un ambiente de trabajo como organización, disciplina laboral, contacto con otros profesionales de otras especialidades, etc., aspectos que son de fundamental importancia para la formación integral de un profesional.

2. Descripción General de la Empresa

El estudiante en práctica perteneció a un consorcio formado por las Empresas de Ingeniería y Construcción. Bechtel Chile Ltda. y Sigdo Koppers, denominado **BSK**, para la construcción del Proyecto La Escondida Fase IV, con la cual se ha formado una sociedad de conocimientos, políticas, experiencia y compromiso para ejecutar los trabajos de acuerdo a las normas y estándares de ambas empresas.

El proyecto está dividido en cuatro áreas y gerencias de construcción: Mina, Off-Site, Concentrador, Puerto Coloso e Infraestructura. El estudiante en práctica participó en el área Concentrador, el cual reúne el 40% del volumen de obra total del proyecto.

En la siguiente figura se muestra el edificio concentrador el cual recibe el material directamente desde las instalaciones de la Mina.

• Estructura organizacional del proyecto.

El proyecto de expansión de Minera Escondida (Fase IV), está subdividida en tres mini proyectos a ejecutar: Edificio planta concentradora, Instalaciones Mina y Off Site, la cual incluye todas las tareas de construcción que unen la Concentradora con la Mina, como correas y trabajos de Piping.

Se pasa a detallar la estructura organizacional del proyecto completo en su forma general y a detallar el área específica en donde el estudiante en práctica se desempeñó.

El estudiante en práctica se desempeñó en el Área Concentradora, la cual se pasa a detallar su estructura

organizacional, la cual es similar a la estructura de las otras Áreas de Mina y Off Site.

La siguiente es la estructura organizacional del Área Concentradora.

El Concentrador Central está dividido en dos grandes áreas de trabajo: Molienda y Flotación. El estudiante en práctica participa en el Área de Diseño y control de Moldajes y además presta apoyo al área de Hormigones de la Concentradora.

- **Bitácora de trabajo diario**

Viernes 4 de Enero

El estudiante en práctica recibe una charla de inducción junto a todos los trabajadores de la empresa que subían por primera vez a la faena minera. Dicha charla de inducción estaba orientada a conocer las medidas de seguridad que Minera Escondida toma en todas sus instalaciones.

Sábado 5 de Enero

El estudiante en Práctica recibe sus implementos de seguridad en la bodega central de la faena, además de ser asignado a su respectiva área. Realiza una inspección visual a toda la obra, por primera vez.

Domingo 6 de Enero

El estudiante en práctica recibe el material de apoyo para el conocimiento del moldaje metálico Thyssen Hünnebeck y empieza su exhaustivo estudio para la colaboración en el Área de Diseño y Moldajes.

Lunes 7 de Enero

El estudiante en práctica continúa su estudio del moldaje metálico Thyssen Hünnebeck.

Martes 8 de Enero

El estudiante en práctica continúa su estudio del moldaje metálico Thyssen Hünnebeck. Además realiza visita a terreno para conocer las obras en ejecución.

Miércoles 9 de Enero

El estudiante en práctica es destinado al Patio de Moldajes (dependiente del Área de Diseño de Moldajes) para conocer la parte técnica o de ejecución que realiza el Área de Diseño y Moldajes.

Jueves 10 de Enero

El estudiante en práctica realiza un análisis de las funciones del patio de Moldajes, en donde se detallan las actividades que allí se realizan, además de analizar las herramientas con las que cuentan en dicho departamento.

Viernes 11 de Enero

El estudiante en práctica continúa su análisis en el patio de moldajes de la obra.

Sábado 12 de Enero

El estudiante en práctica es asignado al Área de Hormigones en donde comienza a interiorizarse en las tareas de dicha área. Realiza visita a terreno para interiorizarse en las tareas de Hormigonado.

Domingo 13 de Enero

El estudiante en práctica realiza el control de las terminaciones finales de Obras Civiles en el Área 950 (Sub Estación eléctrica), llamado Punch List.

Lunes 14 de Enero

El estudiante en práctica realiza el Punch List del Área 330 (Salas de lubricación Molinos).

Martes 15 de Enero

El estudiante en práctica colabora con el seguimiento del programa de hormigones para la semana del 12 de Enero al 19 de Enero.

Miércoles 16 de Enero

El estudiante en práctica colabora con el seguimiento del programa de hormigones para la semana del 12 de Enero al 19 de Enero. Además realiza un seguimiento en terreno de los elementos pertenecientes al programa que han cumplido su ejecución.

Jueves 17 de Enero

El estudiante en práctica realiza el informe diario de hormigones. Continúa con el seguimiento al programa de Hormigones.

Viernes 18 de Enero

El estudiante en práctica realiza el programa de terminaciones y remates de hormigones con Microsoft Project además realiza el informe diario de Hormigones.

Sábado 19 de Enero

El estudiante en práctica continua con el programa de terminaciones y remates, además, realiza el informe diario de hormigones.

Domingo 20 de Enero

El estudiante en práctica colabora con el jefe de disciplina de enfierradura en las cubicaciones de machones de cañerías del Área 920 (Red de Aguas de proceso).

Realiza además el seguimiento diario del programa de hormigones y el informe diario de Hormigones.

Lunes 21 de Enero

El estudiante en práctica realiza el informe diario de hormigones, además del seguimiento diario en terreno a los elementos hormigonados que pertenecen a dicho programa.

Martes 22 de Enero

El estudiante en práctica realiza el informe diario de hormigones, además del seguimiento diario en terreno a los elementos hormigonados que pertenecen a dicho programa.

Miércoles 23 de Enero

El estudiante en práctica realiza el informe diario de hormigones, además del seguimiento diario en terreno a los elementos hormigonados que pertenecen a dicho programa.

• **Moldaje industrializado metálico Thyssen Hünnebeck**

Tras los antiguos tiempos en que los Moldajes en obras eran de madera, en donde se utilizaba métodos de muy poca prolijidad, maderas, cuarterones, gran cantidad de lienzos para apuntalar el moldaje. Dicha técnica la mayoría de las veces resultaba segura, o sea, los Moldajes no se abrían, con el hormigón era inseguro si la superficie quedaría con una buena terminación. Estos métodos disminuyeron considerablemente los rendimientos de ejecución de colocación y descimbre. Dichos rendimientos llegaron a ser de más o menos 7 HH/m², lo cual era demasiado bajos para una obra industrial y para una empresa tan competitiva como Sigdo Koppers. La medida tomada para ello fue la implementación de un moldaje metálico el cual con una buena capacitación ayudarían a aumentar considerablemente los rendimientos y por ende bajar los costos. Se cambió la tecnología antigua de Moldajes Ghetal (Brasileño), por uno de mayor tecnología, respaldo y asistencia en obra. Además había que ponerse al mismo nivel de empresas como Salfa, Texas; las cuales ya habían incorporado el moldaje industrializado.

Las alternativas de la empresa eran los Moldajes PERI, EFCO y Thyssen Hünnebeck. Ganando esta última tras un estudio técnico económico realizado por Sigdo Koppers, lo que llevó a la empresa a hacer una inversión de US\$ 3.000.000. (2 en compra y 1 en arriendo para Fase IV).

Las características de dicho moldaje que el estudiante en práctica estudió, las pasamos a detallar a continuación.

Objetivos de la implementación de un nuevo moldaje

La incorporación del moldaje Thyssen Hünnebeck en la obra tiene por objetivo principal aumentar los rendimientos en la colocación del mismo y por consiguiente disminuir los costos.

Características principales del Moldaje

El sistema Thyssen Hünnebeck nos ofrece una amplia gama de Moldajes para diferentes aplicaciones entre los que se encuentran: Takko, Rasto, Manto, Ronda, R24 y Variomax.

Las ventajas que más se pueden destacar son:

- Posee una alta rigidez e indeformabilidad.
- Alta hermeticidad.
- Es de rápida conexión.
- Reducido número de piezas.
- No se compone de piezas pequeñas lo que reduce notablemente el extravío de ellas.
- Amplia variedad de paneles en ancho y alto.
- Sencillez de armado y descimbre.
- Se puede utilizar vertical u horizontal.
- Se obtiene un excelente acabado superficial.

Este sistema de Moldajes consiste en paneles formados por bastidores de acero galvanizado en caliente y

placa contrachapada con recubrimiento fenólico. Los paneles vienen provistos de las perforaciones para las barras de anclaje.

La sujeción de las caras de los Moldajes de un elemento se realiza mediante las barras de anclaje que se pasan por las perforaciones de los paneles con sus respectivas tuercas. Cada barra de anclaje afirma y sujeta dos paneles contiguos. Además, se deben considerar una vaina y dos conos de pvc por cada anclaje.

Moldajes más utilizados

Moldaje Rasto (Semi manual)

Ideal para la aplicación en muros y columnas, de diseño robusto, liviano para ser instalado a mano y resistente para ser manipulado con grúa.

En la figura se muestra el moldaje Rasto, que es el más usado en faenas como en la que el estudiante en práctica participó.

Los paneles rasto por sus características es el más cómodo para su uso, pues cuenta con alturas desde 150 a 300 cm y anchos que van desde los 30 a 90 cm.

La presión admisible de Hormigonado de estos Moldajes es de 60 KN/m², cuenta con espesores de 12 y 14 cm y una placa contrachapada de 14 mm de espesor con recubrimiento plástico. Estas características lo hacen liviano y fácil de manipular. Uniones fuertes y alineadas, larga vida útil y compatibilidad con el resto de modelos Thyssen Hünnebeck lo hacen ser el más útil de todos.

Moldaje Manto

Encofrados de paneles gigantes. Ideales para su aplicación en muros y columnas, siendo un sistema extremadamente rápido, posee una alta rigidez a la flexión y su manipulación requiere de grúa.

En la fotografía se muestra el izamiento de Moldajes manto que fueron prearmados en sitio para ser posteriormente colocados con grúa.

Su disponibilidad de altura es de 1.2 a 3.3 m y presentan anchos desde 45 hasta 1.2 m. Existen además paneles gigantes con una superficie de 6.48 m² y 7.92 m².

Una de las grandes características del moldaje Manto es que ocupa menos piezas totales por metro cuadrado por lo cual se obtiene mayores rendimientos en su aplicación. El espesor de estos paneles es de 14 cm garantiza una alta resistencia (80 KN/m²) de modo que los encofrados de 2.70 y 3.30 m (sin extensiones de altura) la presión del hormigón y la altura de vaciado no son factores a tener en cuenta.

Moldaje Takko

Alta adaptabilidad de usos, ideal para superficies pequeñas y complicadas, aplicaciones en cimientos y fundaciones, prácticos y ligero de uso manual que no requiere de grúa.

Por su versatilidad lo hacen el moldaje especial para pequeñas fundaciones.

• Patio de Moldajes

El proceso de instalación del moldaje en terreno debe ser una actividad programada, eficiente y conocida por todo el personal involucrado. Para lograr lo anterior, el proyecto considera la incorporación de un equipo de

Diseñadores de Moldajes que utilizando un software de diseño. Tiene misión de generar Planos de Diseño de Moldaje el que también incluirá un listado de piezas.

Dentro de la tradicional secuencia de construcción de un muro o estructura nos enfocamos a mejorar y controlar el traslado, uso y destino del moldaje dentro de una faena.

Toda la confección del moldaje de una estructura será ejecutada en forma estricta de acuerdo al diseño de Moldajes, además se señala claramente cuales son los tramos en que se dividirá la estructura para sus etapas de hormigonados y se indicará si una vez descimbra se reutilizará en la etapa siguiente, en otra estructura o se devolverá al patio de moldaje.

Ciclo de Moldaje

Una forma de mejorar los rendimientos y optimizar el uso de recursos es lograr que las tareas se realicen en forma cíclica, es decir con una cierta frecuencia, en forma repetitiva y con cuadrillas especializadas.

Para determinar el número de ciclo de ejecución del Moldaje, el diseñador realizará un análisis detallado de la programación donde se define la secuencia constructiva de la estructura, analiza la repetitiva de elementos y ve la disponibilidad de recursos (mano de obra y Moldajes). Con el resultado de este análisis, el diseñador define una programación diaria que determina el número de usos y le da una continuidad a las cuadrillas de colocación.

El patio de Moldajes realiza la tarea en la faena minera de guardar, agrupar, organizar y dar un buen mantenimiento al moldaje con el que se cuenta en la obra. Este patio de moldaje cuenta con alrededor de 1000 m² para sus instalaciones que cuentan con los siguientes departamentos:

- **Patio central de acopio:** Se clasifica, ordena y agrupa por marca, modelo, propietario. El patio central cuenta con 2 grúas orquillas, 2 camiones con izaje y una camioneta ¾.
- **Área de mantenimiento y reparaciones:** Existen tableros de encofrados que desde terreno llegan en mal estado, hormigón endurecido en las placas, bastidores abollados, y lo más perjudicial para los Moldajes es que el personal de terreno realiza perforaciones extras, que no están contempladas en los planos de diseño, las cuales hacen perder la vida útil de colocación a la placa fenólica.
- **Área misceláneos:** En esta área se realizan trabajos de soldadura al oxígeno para realizar piezas que se necesitan en terreno para cualquier proceso constructivo.

• Punch List

En la siguiente página se ve el informe que el estudiante en práctica debió llenar haciendo una inspección visual al área 950 (Subestación Eléctrica). El Punch List es una serie de ítems que son catalogados como culmines del área, son remates de los distintos elementos. Como colocación de pisos de baldosas, terminaciones de pintura, retiro de materiales excedentes.

Después de inspeccionar el área completa y colocar el porcentaje de avance respectivo, el estudiante en práctica solicita la firma de este documento por parte del supervisor del área. El supervisor modifica porcentajes en los que difiere con el estudiante en práctica. (Sólo 2 ítems en el área 950).

Estos porcentajes de avance fueron corroborados por Ingeniería de Terreno más tarde, llegándose a los mismos resultados del estudiante en práctica y el supervisor del área.

• Programa de Hormigones.

La siguiente página nos muestra el programa de hormigones en el cual el estudiante en práctica ayuda a su

realización.

El programa de hormigones representa para el proyecto de Escondida Fase IV un compromiso de los jefes de área, con el cumplimiento de m3 vaciados en una semana, (La semana comienza el viernes para esta faena temporal en donde se trabajan 10 horas diarias y 70 a la semana). Los cumplimientos de estos programas son relativos, ya que es sería muy difícil saber si existe la cancha suficiente entregada por movimiento de tierras o el área de enfierradura para su ejecución.

El estudiante en práctica realiza un seguimiento al programa de hormigones, realizando el informe diario de hormigones el cual se realiza con los protocolos de hormigón que se realizan el día anterior al informe. El las siguientes hojas se muestra un informe diario confeccionado por el estudiante en práctica y además el informe acumulado semanal.

Además para llevar un exhaustivo control de los elementos hormigonados a diario el estudiante en práctica colorea un set de planos como el que se ve en las páginas siguientes, para saber todas las partes restantes y las ejecutadas.

• Programa de Terminaciones y remates de Hormigón.

La sujeción de las caras de los Moldajes de un elemento se realiza mediante las barras de anclaje que se pasan por las perforaciones de los paneles con sus respectivas tuercas. Cada barra de anclaje afirma y sujeta dos paneles contiguos. Además, se deben considerar una vaina y dos conos de pvc por cada anclaje.

Estas barras de anclajes deben ser sacadas del interior de esta vaina (camisa), para después rellenar este hueco dejado con hormigón (chivoles). Estos remates se realizarán en condiciones muy adversas ya que hay barras de anclajes que fueron colocadas sin vainas las cuales hay que cortar con galletera.

El estudiante en práctica junto con el supervisor de terminaciones, el cual entrega la cantidad de hombres con los cuales el desea contar, además de los plazos estimativos para cada área específica en la cual se trabajará en este programa de remates, se calculan los plazos y la cantidad de albañiles para terminar el programa. Se muestra a continuación el programa realizado por el estudiante en práctica.

Los rendimientos entregados por el supervisor están de acuerdo a experiencias anteriores, ya que después de descimbrar se dejaron las barras de anclajes embebidas en el hormigón y existe ahora personal de otras disciplinas trabajando en ese sector por lo cual, en algunos sectores los rendimientos del personal son menores que en otros donde existen mejores condiciones de trabajo.

Los ítems de programación fueron entregados por el superintendente de Obras Civiles, además de la fecha de termino tentativa de está programación.

Área	Actividad	Días	Albañiles
230	Fundaciones F1	4	2
240	Túnel de recuperación	15	10
240	Túnel de Emergencia	5	5
240	Cajón Bolas del SAG	7	6
310	Molino SAG interior	4	5
310	Molino SAG exterior	4	5
310	Molino Bolas 3 Interior	4	5
310	Molino Bolas 3 Exterior	4	5
310	Molino Bolas 2 Interior	4	5

310	Molino Bolas 2 Exterior	4	5
310	Molino Bolas 1 Interior	4	3
310	Molino Bolas 1 Exterior	4	3
310	Sala de Lubricación Bolas 3 interior	6	5
310	Sala de Lubricación Bolas 3 exterior	6	5
310	Sala de Lubricación Bolas 2 interior	6	5
310	Sala de Lubricación Bolas 2 exterior	6	5
310	Sala de Lubricación Bolas 1 interior	6	5
310	Sala de Lubricación Bolas 1 exterior	6	5
310	Ciclón 103 exterior	3	4
310	Ciclón 103 interior	3	4
310	Ciclón 102 exterior	3	4
310	Ciclón 102 interior	3	4
310	Ciclón 101 exterior	3	4
310	Ciclón 101 interior	4	4
310	Cajón Bolas de Bolas	4	4
320	Celdas convencionales	5	4
320	Caldas Columnas	5	2
320	Muestreador de relave	5	2
320	Muro eje T	10	5
320	Molinos verticales	5	5
330	Tolva Pebble interior	3	4
330	Tolva Pebble exterior	2	2
330	Chancador Pebble interior	2	2
330	Chancador Pebble exterior	2	2

La programación se realizó basada en la fecha de cierre del programa de terminaciones y remates. La finalidad del programa era saber la cantidad de albañiles aproximada que se necesitarían diariamente para cumplir dicho programa. La Carta Gantt pasa a detallar el programa y la tabla muestra la cantidad de albañiles necesarios.

Cantidad Necesaria de Albañiles para completar el programa

Fecha	Albañiles
16-Ene	20
17-Ene	25
18-Ene	25
19-Ene	25
20-Ene	26
21-Ene	28
22-Ene	28
23-Ene	25
24-Ene	26
25-Ene	24

26-Ene	25
27-Ene	22
28-Ene	22
29-Ene	22
30-Ene	22
31-Ene	22
01-Feb	21
02-Feb	21
03-Feb	22
04-Feb	20
05-Feb	21
06-Feb	19
07-Feb	20
08-Feb	19
09-Feb	19
10-Feb	19
11-Feb	20
12-Feb	19
13-Feb	14
14-Feb	14

10. Conclusiones

A continuación se entregan las conclusiones que el estudiante recogió en su práctica pre-profesional referente a los temas vistos en ella como lo son: Moldajes industrializados, Programación de faenas de Hormigonado y programación en general.

- La inversión en tecnología es uno de los aspectos más relevantes en cualquier ámbito productivo, sobre todo en el campo de la Construcción. El consorcio BSK para la construcción de la Escondida Fase IV, después de realizar estudios Técnicos y Económicos, se integra una nueva tecnología en Moldajes industrializados y un sistema de diseño de los ciclos de colocación. Esta medida apunta a mejorar los rendimientos en obra y por consiguiente disminuir los costos. Además de innovar en sistemas de encofrados, la empresa se pone a la vanguardia junto a otras empresas en los sistemas constructivos de éste tipo, esperando que rápidamente los frutos de la inversión se vean reflejados en rendimientos y en disminución de costos, además de también un notorio aumento de la calidad. Esto se vio perfectamente reflejado en Escondida Fase IV.
- La planificación de los proyectos es una forma de ordenar la información en las faenas. Los programas de hormigones realizados por la empresa en la faena apuntan a un cumplimiento de metas impuestas por los administradores de la obra. Es demasiado difícil, de acuerdo a las secuencias de construcción en terreno, cumplir este programa. No la cantidad de m3 programados, sino, los elementos programados para ser hormigonados esta semana. El área de Obras civiles en muchas oportunidades tiene atrasos en sus tareas generalmente por culpa de otras disciplinas tales como, movimiento de Tierras y Mecánicos. Pero si existe terreno para trabajar se reacomodan las tareas programadas, para mantener una actividad continua en el personal y en la maquinaria.
- Por último, el estudiante en práctica logra darse cuenta la real diferencia que existe entre una obra Industrial y una obra Habitacional o de Edificio. En una obra industrial deben interactuar diferentes

disciplinas y atender a un macro programa de Obras y realizar sus propios programas, con una estrecha relación entre ambos, además de los inmensos volúmenes de obra que se manejan en una obra industrial, aparte de la experiencia que requieren los profesionales que interactúan entre si. Las obras de Edificación a diferencia, es dirigida por un profesional que debe interactuar solo con sus sub-contratistas y el mandante. Maneja mucho mejor sus partidas y puede tener un control más riguroso.

Ver ítem Moldaje industrializado metálico Thyssen Hünnebeck

Ver ítem Patio de Moldajes.

Ver ítem Punch List.

Ver ítem Programa de Hormigones.

Ver ítem Programa de Terminaciones y remates de Hormigón.

Ver ítem Cubicaciones.

Dicho informe acerca de la tecnología de Moldajes industrializados es un trabajo realizado por 2 estudiantes de ingeniería en práctica, uno de ellos Raúl Rojas. La mayor parte de los textos y características entregadas en este informe forman parte del trabajo realizado por el estudiante y no una transcritura de los manuales por los estudiantes analizados.

Se cuenta con moldajes arrendados, propios y perteneciente a DEYSU (División de equipos y suministros de BSK)

Protocolos de Hormigón: Se chequean por todas las disciplinas implicadas indirectamente en el Hormigonado de los elementos respectivos a cada disciplina. En la siguiente página se detalla un protocolo de hormigón y dichos elementos a revisar por cada una de ellas.

1

22

Gerente de Proyecto

Gerente de Construcción

Gerente Área Concentradora

Gerente Área Mina

Gerente Área Off Site

Gerente Área Concentradora

Ingeniería de Terreno

(Field Engineer, Civil-Estruc, Mec-Piping, Eléctricos)

Superintendentes de Especialidades

(Civil, Estructuras, Eléctrico, Piping, Mecánico)

Superintendente de Obras Civiles

Jefe de Área Flotación

Jefe de Área Molienda

Jefe de Disciplina de Hormigones

Jefe de Área de Diseño y Control de Moldajes y Afines

Estudiante en Práctica