

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA LAST PLANNER EN
LA CONSTRUCCIÓN DE UNA SUBESTACIÓN
ELÉCTRICA DE 138/22,9/10 kv**

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRESISTA**

ELABORADO POR:

ROGERS WILLIAMS FABIAN SOBERANIS

PROMOCIÓN 2006-II

LIMA – PERÚ

2014

Dedicatoria:

Dedico este informe a mis padres Lizardo y Esther por el apoyo incondicional que siempre me brindan.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	i
ÍNDICE DE GRÁFICOS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
PRÓLOGO.....	1
CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivos	4
1.1.1 Objetivos generales.....	4
1.1.2 Objetivo específico.....	4
1.2 Justificación.....	4
1.3 Alcances	5
1.4 Limitaciones	6
CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Filosofía Lean.....	8
2.1.1 Reseña histórica.....	8
2.1.2 Triángulo Lean	10
2.1.3 Toyota Production System.....	12
2.1.3.1 Método Just in Time	16
2.1.3.2 Método Jidoka (Autonomía).....	17

2.1.4 Nueva filosofía de producción: Lean Production	18
2.1.5 Lean Thinking.....	24
2.1.6 Lean Construction.....	26
2.1.7 Lean Project Delivery System	27
2.2 Last Planner Sytem.....	30
2.2.1 Introducción.....	30
2.2.2 Definición.....	34
2.2.3 Control de las unidades de producción.....	38
2.2.4 Control del flujo de trabajo.....	39
2.2.4.1 Planificación intermedia (Lookahead Planning).....	39
2.2.4.2 Sistema de arrastre (Pull system).....	41
2.2.4.3 Equilibrio entre carga y capacidad.....	42
2.2.5 Estructuración del Last Planner System	43
2.2.5.1 Cronograma Maestro (Master Schedule).....	43
2.2.5.2 Planificación por fases (Phase Scheduling).....	44
2.2.5.3 Planificación intermedia: Lookahead Planning	47
2.2.5.3.1 Conceptos.....	48
2.2.5.3.2 Intervalo de tiempo – Lookahead Window	49
2.2.5.3.3 Funciones del proceso lookahead.....	51
2.2.5.3.4 Definición de actividades	53

2.2.5.3.5 Análisis de Restricciones (Constraints Analysis).....	55
2.2.5.4 Reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog).....	59
2.2.5.5 Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan)	60
2.2.5.5.1 Asignaciones de Calidad (Quality Assignments).....	60
2.2.5.5.2 Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC)	62
2.2.5.5.3 Razones de No Cumplimiento (Reasons for Non - Conformances)	63
2.2.6 Visión global del Last Planner System.....	63
 CAPÍTULO 3: ALCANCE DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA 138/22,9/10 kV	
3.1 Construcción de la Subestación Eléctrica Principal 138/22,9/10 kV.....	66
3.1.1 Descripción de las actividades ejecutadas	67
3.1.1.1 Obras civiles.....	67
3.1.1.2 Obras electromecánicas	68
3.1.1.3 Obras instrumentación, control y comunicación	70
3.1.2 Descripción de la secuencia constructiva	70
3.1.2.1 Actividades preliminares	70
3.1.2.2 Movilización de personal.....	72
3.1.2.3 Movilización de equipos.....	73
3.1.2.4 Movilización de materiales.....	74
3.1.2.5 Facilidades temporales.....	75

3.1.2.6 Topografía general en obra	75
3.1.2.7 Excavación masiva.....	76
3.1.2.8 Excavación manual	78
3.1.2.9 Concreto.....	79
3.1.2.10 Encofrado.....	83
3.1.2.11 Acero de refuerzo $f_y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$	84
3.1.2.12 Relleno y compactación.....	84
3.1.2.13 Estructuras metálicas (Soportes de equipos eléctricos, pórtico principal de llegada y modificación de torre de llegada).....	86
3.1.2.14 Montaje de equipos.....	89
3.1.2.15 Instalación del sistema puesta a tierra.....	106
3.1.2.16 Montaje de canalizaciones.....	108
3.1.2.17 Tendido y conexionado de cables.....	109
3.1.2.18 Instalación de alumbrado y pararrayos	110
3.1.2.19 Montaje de cerco perimétrico	111
3.1.2.20 Señalización	112
3.1.3 Plazo de ejecución del proyecto	112
3.1.4 Costo de ejecución del proyecto.....	113
CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM.....	114
4.1 Metodología de implementación.....	114

4.2 Fase I Capacitación	115
4.3 Fase II Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación.....	116
4.4 III Análisis del Cronograma Maestro.....	120
4.5 Fase IV Planificación Lookahead (Intermedia)	125
4.6 Fase V Plan de trabajo semanal (Weekly work plan)	126
4.7 Fase VI Análisis de resultados y conclusiones de implementación.....	127
CAPÍTULO 5: ANÁLISIS DE DATOS.....	129
5.1 Análisis de las restricciones en la construcción de la subestación eléctrica ..	129
5.2 Análisis de los porcentajes de actividades completadas	132
5.3 Análisis de las causas de no cumplimiento	135
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
Conclusiones	138
Recomendaciones.....	140
GLOSARIO DE TÉRMINOS.....	141
BIBLIOGRAFIA	146
PLANOS	146
ANEXOS	151

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Figura 2.1: Triángulo lean.....	11
Figura 2.2: Toyota Production Sytem, las columnas bases son el Just in Time y a Autonomation (Max T. Rossi, 2008).....	15
Figura 2.3: Modelo de conversión usado en el siglo XIX (Koskela, 1992).....	19
Figura 2.4: Nuevo modelo de producción (Koskela, 1992).....	21
Figura 2.5: Comparación de modelos de producción (Koskela, 1992).....	22
Figura 2.6: Lean Project Delivery System (Ballard 2006)	29
Figura 2.7: La formación de asignaciones en el proceso de planificación del Last Planner (Ballard, 2000).....	37
Figura 2.8: Proceso Lookahead, alistar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling) (Ballard, 2000).....	40
Figura 2.9: Sistema tradicional de planificación Push (Ballard, 2000)	41
Figura 2.10: Last Planner, un sistema Pull (Ballard, 2000).....	42
Figura 2.11: Ejemplo de una planificación por fases y el detalle de la fase en análisis (Fuente propia – basado en Ballard, 2000).....	45
Figura 2.12: Ejemplo de Lookahead Schedule, periodo de 3 semanas (Fuente propia)	50
Figura 2.13: Ejemplo desglose de actividades (Fuente propia)	54
Figura 2.14: Last Planner System con el proceso Lookahead en destaque (Ballard, 2000)	65

Figura 2.15: Last Planner System como un componente adicional al Sistema Tradicional (Ballard, 2000).....	65
Figura 4.1: Fases de una estrategia de implementación del <i>Last Planner Sytem</i>	115
Figura 4.2: Algunos factores que pueden afectar la implementación.....	118
Figura 4.3: Tipos de iniciativas existentes dentro de las empresas.....	119
Figura 4.4: Elaboración del cronograma mediante técnica jalar y planeamiento en equipo (Fuente propia).....	123
Figura 4.5: Jerarquía de los cronogramas	128
Figura 5.1: Gráfica del porcentaje de actividades completadas del proyecto construcción de subestación eléctrica principal.....	132
Figura 5.2 Gráfica de la frecuencia acumulada de causas de no cumplimiento	133
Figura 5.3 Gráfica de la frecuencia semana a semana de las causas de no cumplimiento con mayor ocurrencia.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Comparación de práctica tradicional versus phase scheduling (Ballard, 2009)	47
Tabla 4.1: Acciones detalladas de capacitación.....	116
Tabla 5.1: Porcentaje de actividades completadas del proyecto construcción de subestación eléctrica principal	133
Tabla 5.2: Frecuencia acumulada de causas de no cumplimiento	133
Tabla 5.3: Posibles acciones para evitar las causas de no cumplimiento identificadas en el proyecto (Fuente propia).....	135

PRÓLOGO

En la actualidad el sector construcción en el Perú continúa registrando de manera sostenida una expansión significativa, esto gracias al dinamismo de la actividad inmobiliaria y la implementación de proyectos mineros.

Ante este desarrollo, las empresas contratistas de construcción vienen manifestando cambios significativos enfocados en la gestión de proyectos, dejando obsoleto el sistema tradicional de gestión y en su reemplazo implementando la filosofía *Lean Construction* (Construcción sin pérdidas).

Una de las metodologías más usadas en los proyectos de construcción es el *Last Planner System* (Sistema del último planificador), la cual está fundamentada en la filosofía *Lean Construction*, y la cual servirá como referencia para el presente informe, en la cual se describe la implementación de esta metodología en un proyecto de construcción de una subestación eléctrica 138/22,9/10 kV en las instalaciones de una minera ubicada en el sur del país (en adelante, UMS).

El desarrollo del presente informe está conformado de 5 capítulos, conclusiones y recomendaciones, bibliografía, planos de referencia y la sección de anexos, las cuales serán abarcadas tal como se describe a continuación:

Capítulo 1 Introducción

Esta es la sección inicial del informe en la cual se indica los objetivos a lograr, enfoque del alcance y la justificación para la elaboración del presente informe.

Capítulo 2 Marco teórico

En esta sección se realiza un resumen de la nueva visión de la construcción bajo la filosofía *Lean Construction*, así como de la metodología del *Last Planner System*.

Capítulo 3 Alcance de la construcción

Se describe las características de los equipos instalados, descripción de las actividades de construcción, descripción del proceso constructivo y el costo involucrado para la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV.

Capítulo 4 Implementación del Last Planner System

Se describe el procedimiento para la implementación del *Last Planner System* en la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV, la cual consiste en crear planificaciones intermedias y semanales, enmarcadas dentro de la programación inicial o plan maestro del proyecto, gestionando las restricciones que impiden el normal desarrollo de las actividades de construcción.

Capítulo 5 Análisis de datos

En este capítulo se realiza el análisis de las principales restricciones que se encontraron en el transcurso de la ejecución de la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV, análisis de los porcentajes del plan cumplido (en adelante, PPC) o porcentaje de actividades completadas (en adelante, PAC) semanalmente y las principales causas de no cumplimiento de las actividades programadas semanalmente.

Conclusiones y recomendaciones

Emisión de conclusiones de la implementación del *Last Planner System* en la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV y las recomendaciones para la mejora de la dirección de proyectos de construcción.

Glosario de términos

En esta sección se define los términos que no son muy comunes, utilizados en el presente informe.

Bibliografía

Se lista en detalle cada una de las referencias bibliográficas utilizadas como soporte para el presente informe.

Planos

Se adjunta los planos de referencia para la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV.

Anexos

Soporte a puntos tratados en el informe o para información.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivos generales

Conocer los principios que fundamentan la filosofía *Lean Construction*.

Conocer las principales herramientas del *Last Planner System*, implementarlo y aplicarlo en una obra de construcción.

1.1.2 Objetivo específico

Asegurar el cumplimiento del plazo y costo en la construcción de una subestación eléctrica de 138/22,9/10 kV mediante la implementación y aplicación del *Last Planner System*.

1.2 Justificación

En el rubro de construcción, es de conocimiento que muchas empresas encargadas de la ejecución de proyectos, tienen dificultades en las diferentes etapas de la misma, ya sea en la etapa de diseño o ejecución. En la etapa de construcción, se ha podido comprobar que el problema más frecuente es el incumplimiento en el plazo de construcción, debido a que la programación general de obra no se cumple por falta de una planificación efectiva por parte de los responsables del proyecto, lo cual repercute indefectiblemente en el costo del proyecto.

Estos problemas en la planificación se deben en muchos casos por la falta de experiencia de los responsables del proyecto, uso del sistema tradicional para la planificación, falta de integración y comunicación entre los miembros del equipo de proyecto, entre otros. Es aquí que nos hacemos la siguiente pregunta ¿Cómo podemos mejorar la gestión de los proyectos? Mediante la nueva filosofía de planificación de proyectos denominada *Lean Construction* donde encontramos la metodología del *Last Planner System*. Mediante este sistema no sólo se ejecuta el proyecto en base al cronograma general de obra, sino que se va a un nivel más detallado, como es la planificación intermedia y semanal, identificando las restricciones y designando responsables de gestionar los planes de acción para eliminar las restricciones, y verificando el cumplimiento de lo programado semanalmente.

Este informe presenta la implementación del *Last Planner System* específicamente en el proyecto de construcción de una subestación eléctrica 138/22,9/10 kV, justificando su desarrollo para ser considerada como una herramienta fundamental para la gestión y dirección de proyectos de construcción.

1.3 Alcances

Actualmente, UMS explota sus reservas mineras constituidas por sulfuros secundarios provenientes de dos tajos abiertos, y uno de los procesos de obtención de cobre es mediante la tecnología de lixiviación en pilas.

La finalidad del proyecto de construcción de la plataforma de lixiviación, denominado PAD 4B Fase I, es dar la continuidad al proceso de obtención de cobre mediante el proceso de lixiviación, la cual tendrá un tiempo de operación de 11 años para una capacidad de 150 000 000 t, teniendo la configuración para procesar parte de las reservas de mineral de acuerdo al plan de minado del año 2010.

A su vez el proyecto PAD 4B Fase I, contempla la construcción de los siguientes sistemas: Construcción de la subestación eléctrica principal 138/22,9/10 kV, líneas eléctricas en 22,9 kV, líneas de fibra óptica, plataforma de lixiviación cubierta con geosintéticos, poza de procesos, sistema de impulsión, sistema de aireación, sistema de manejo de materiales y el sistema inalámbrico para comunicación de las fajas portables.

El alcance del presente informe contempla la implementación del *Last Planner System* en la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV, la cual forma parte del proyecto PAD 4B Fase I. La construcción de esta subestación eléctrica contempla obras de movimiento de tierras, obras de concreto, instalación de estructuras metálicas, instalación de equipos eléctricos y sala de control.

1.4 Limitaciones

Una de las limitaciones para el desarrollo del presente informe, es haber participado del lado del cliente y no del lado del contratista encargado de la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV. La diferencia en participar del lado del cliente y del lado del contratista, es que ambos tienen diferentes ópticas para observar el

síntoma del proyecto, las actividades a ejecutar por los miembros del equipo de proyecto son diferentes, el análisis de costos es diferente, los resultados en costos son diferentes, las restricciones que se presentan para ambos en el proyecto tienen sus particularidades, así como las deficiencias de cada organización son diferentes. Una apreciación personal, es que el objetivo común tanto del cliente como del contratista es concluir el proyecto en el plazo establecido.

Por tanto, las conclusiones y recomendaciones que se obtienen luego de la implementación de la metodología, pueden diferir desde la óptica de participación como miembro del equipo de proyecto de la contratista.

Además se indica que el presente informe no abarca la metodología del *Last Planner System* en la instalación del banco de capacitores, como parte de la construcción de la subestación eléctrica 138/22,9/10 kV, debido a que este equipo eléctrico fue instalado posteriormente.

CAPÍTULO 2

MARCO TEÓRICO

2.1 Filosofía Lean

2.1.1 Reseña histórica

Para conocer los inicios de *Lean* nos remontamos a los primeros pasos de la fábrica japonesa de automóviles Toyota.

Toyota Motor fue fundada en 1918 por Sakichi Toyoda para su hijo Hiichiro. El mercado japonés estaba dominado en ese momento por las filiales locales de las grandes fábricas estadounidenses Ford y General Motors. Desde sus inicios Toyota tuvo dificultades, pero consigue afianzarse con la producción de camiones y automóviles hasta que se para la producción en la segunda Guerra Mundial. En 1950 el director general de la empresa estudia en EEUU los métodos de fabricación de las principales marcas de la competencia, una práctica que era habitual en el sector: por ejemplo una delegación de la Toyota visitó el avión Focke-Wulff, en Alemania, la *Produktionstack*, concepto que se convirtió en *takt time* (Holweg, 2006).

Quien desarrolló definitivamente Toyota fue Taiichi Ohno, quien no tenía conocimientos previos de fabricación de automóviles cuando entró a trabajar a Toyota, y “el enfoque de sentido común”, sin ideas preconcebidas fue el

instrumento fundamental de desarrollo de la filosofía *Just in Time* (Cosumano, 1985).

Los argumentos desarrollados por Ohno fueron los siguientes:

- La producción en grandes lotes genera inventarios excesivos, gran inversión de capital y número elevado de defectos.
- No da cabida a las preferencias del consumidor (producción a la carta).
- Deben reducirse costos mediante la eliminación de residuos: por ejemplo, apagar una máquina automáticamente en el momento que falla, para no desperdiciar materiales. (Ohno visita EEUU e incorpora “*kanban*”, es decir, supermercado, para controlar los materiales de reposición).

Una frase notable de Kiichiro (primer dueño de Toyota): “En una amplia industria, tal como es la de los automóviles, la mejor manera para trabajar sería tener todas las piezas de montaje en el lado de la línea, justo a tiempo para el usuario” (Ohno, 1988).

Así es como esta nueva filosofía de producción surgió en Japón por los años 50 gracias en gran medida al ingeniero Taiichi Ohno. La aplicación de esta nueva filosofía se inició con la Toyota, en el sistema de producción de esta industria automovilística, pero hasta los años 80's la información de este nuevo pensamiento aún era limitado en el mundo occidental, a pesar de que aproximadamente en 1975 se iniciara la difusión de estas ideas en Europa y Norteamérica debido al cambio que se fue dando en las empresas automotrices.

La nueva filosofía que aparece con el ingeniero Taiichi Ohno, fue denominado de muchas formas por los años 90's, como la fabricación de clase mundial, producción flexible y nuevo sistema de producción. Pero las más usadas y conocidas son la de *Lean Production* o *Toyota Production System* (en adelante, TPS).

En esa misma época en Finlandia el profesor universitario Lauri Koskela usa de modelo el *Lean Production* y sistematiza los conceptos del mejoramiento continuo, *just in time*, *waste reduction*, *pull system*, entre otros. Creando así una nueva filosofía de planificación de proyectos en la construcción, reformulando los conceptos tradicionales de planificación y control de obras. Esto es propuesto en su tesis de doctorado "*Application of the New Production Philosophy to Construction*", 1992. Estudio que fue realizado durante su permanencia en CIFE (*Center for Integrated Facility Engineering*) y financiado por el *Technical Research Centre of Finland*, la *Federation of the Finnish Building Industry* y la fundación *Wihuri*.

Así es como se inicia esta nueva filosofía en la construcción denominada *Lean Construction*, gracias a Lauri Koskela y su tesis de doctorado, que dieron el inicio para más estudios y la posterior creación del *Lean Construction Institute* en agosto de 1997.

2.1.2 Triángulo Lean

El pensamiento *Lean* es principalmente añadir valor y eliminar pérdidas. Si lo vemos como un triángulo, en cada uno de sus vértices encontramos los siguientes:

- La filosofía, dado que *Lean* no es un método de control más, puesto que en sus fundamentos aparecen una serie de principios y se redefinen conceptos como valor, pérdidas o cliente.
- La cultura, ya que la aplicación de *Lean* es continua, los agentes se comprometen y es adaptable a los proyectos.
- La tecnología, dado que es a través de herramientas es como se aplica *Lean*.

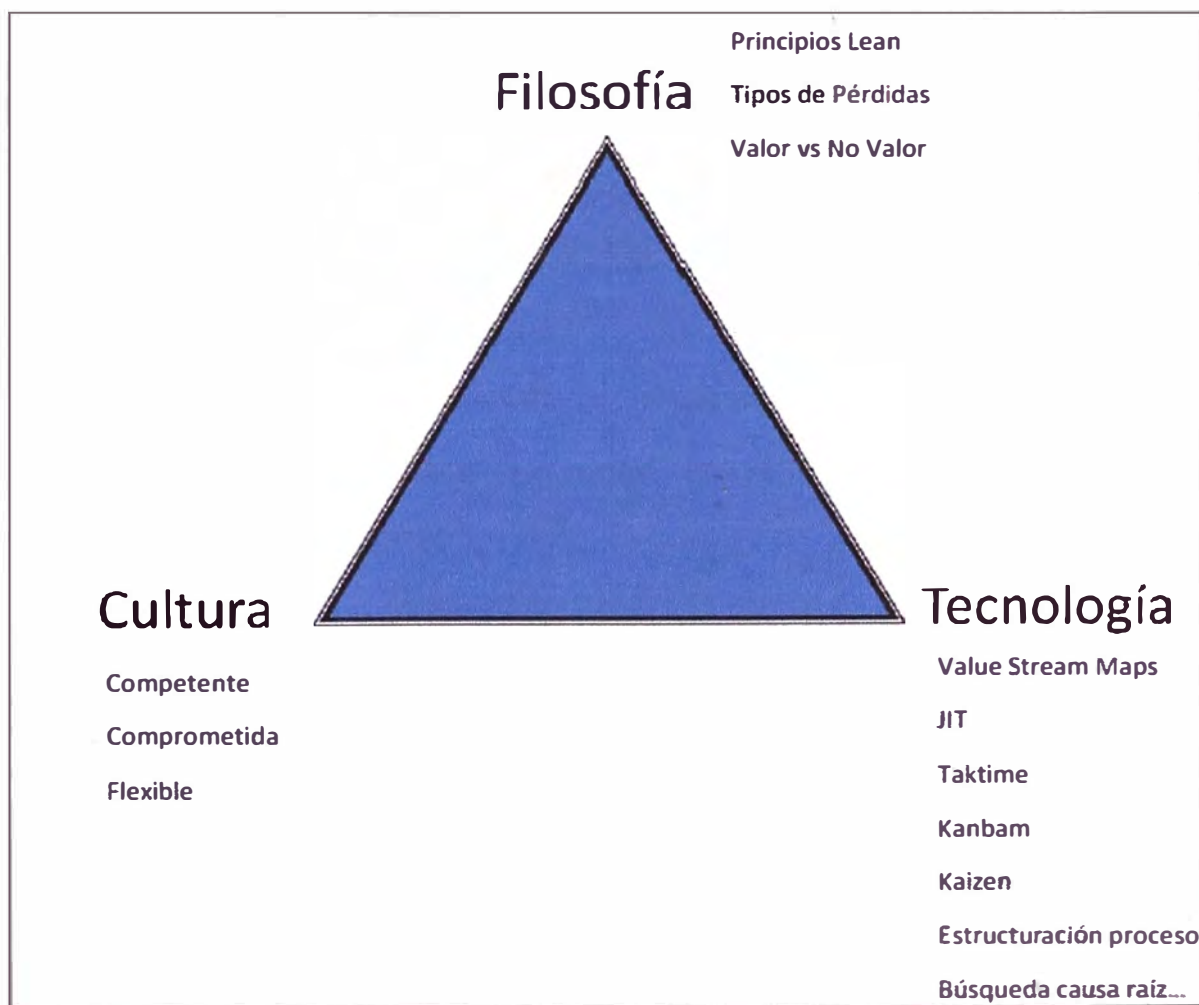


Figura 2.1: Triángulo lean

2.1.3 Toyota Production System

Tal como se indicó en la reseña histórica, el inicio para la nueva filosofía de producción se dio con la *Toyota Production System* (TPS), al cual se le denominó una filosofía de excelencia y que se basa en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- La mejora consistente de la calidad y de la productividad.
- El respeto por el trabajador.

Los procesos que no agregan valor se denominan pérdidas y pueden ser clasificadas en tres tipos (Sayer y Williams, 2007):

- *Mura* (Desigualdad): Es cualquier pérdida causada por una variación en la calidad, el coste o la entrega; para reducirla se aplican técnicas de reducción de la variabilidad.
- *Muri* (Exceso): Es la sobrecarga innecesaria o irrazonable sobre el personal, los materiales o a los equipos que sobrepasan la capacidad del sistema; el *muri* incluye movimientos peligrosos o innecesarios.
- *Muda* (Desperdicio): Es cualquier actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente; hay dos tipos de muda:
 - Tipo 1: Incluye acciones que no añaden valor al producto, pero que son absolutamente necesarias para la organización.
 - Tipo 2: Acciones que ni añaden valor ni son necesarias para obtener el producto o servicio.

Se diferencia 7 tipos de pérdidas *muda*:

- Sobreproducción: Es la mayor fuente de pérdidas.
- Transporte de materiales: Nunca genera valor añadido en el producto.
- Procesamiento innecesario y reprocesamiento.
- Acopios, almacenamiento y reservas.
- Re-trabajo por defectos.
- Movimiento (del operador o de la máquina).
- Espera (del operador o de la máquina).

En sus fundamentos, *Lean* reúne una serie de principios. Los 14 principios del modelo Toyota (James M. Morgan, 2006):

- Basar las decisiones de gestión en una filosofía de largo plazo, aún a costa de las metas financieras de corto plazo.
- Convertir los flujos de procesos en flujos continuos para hacer que los problemas salgan a la superficie.
- Utilizar sistemas *pull*, programación tensa para evitar tareas que no añadan valor.
- Nivelar la carga de trabajo (*Heijunka*).
- Crear una cultura de gestión a fin de resolver los problemas anticipadamente, para lograr calidad de ejecución a la primera.

- Las tareas estandarizadas son el fundamento de la mejora continua y de la autonomía del empleado.
- Usar el control visual de modo que no se oculten los problemas.
- Utilizar tecnología fiable y absolutamente probada que dé servicio a la gente y los procesos.
- Hacer crecer a líderes que comprendan perfectamente el trabajo, vivan la filosofía y la enseñen a otros (*Kata*).
- Diseñar personas y equipos excepcionales que sigan la filosofía de su empresa.
- Respetar a la red de socios y proveedores, desafiándoles y ayudándoles a mejorar.
- Ir a verlo por uno mismo para comprender a fondo la situación.
- Tomar decisiones por consenso lentamente, considerando concienzudamente todas las opciones e implementarlas rápidamente.
- Convertirse en una organización que aprende mediante la reflexión constante (*Hansei*) y la mejora continua (*Kaizen*).

Las ideas básicas del sistema de producción Toyota fueron (Max T. Rossi, 2008):

- La eliminación del inventario y pérdidas.
- La disminución del desperdicio presente en los procesos.
- La cooperación con los diferentes proveedores.
- El respeto por el trabajador.
- Limitación de la producción a pequeñas partes.

- Reducir o simplificar su estructura de producción.

El sistema de producción Toyota se conceptualiza con una estructura con dos columnas que sostienen a la edificación, las cuales son la producción *Just in Time* y *Jidoka* (Automatización con un toque humano), tal como se visualiza en el siguiente esquema:

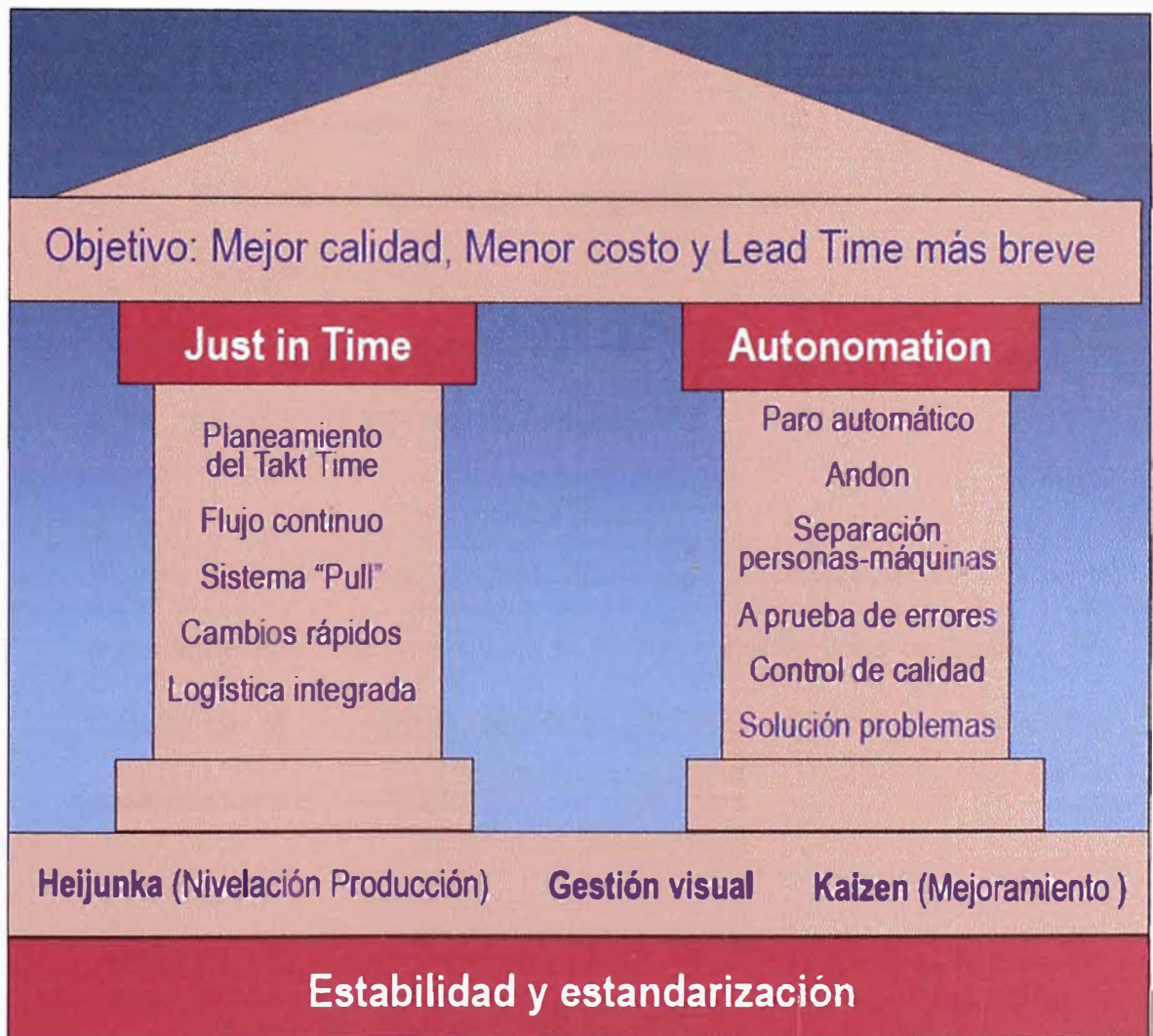


Figura 2.2: Toyota Production Sytem, las columnas bases son el Just in Time y a Autonomation (Max T. Rossi, 2008)

2.1.3.1 Método Just in Time

El *Just in Time* lo que busca es la reducción o eliminación de los desperdicios. Desperdicios lo podemos definir como cualquier actividad que no aporta valor añadido para el cliente, es decir el uso de recursos de forma excesiva, estos recursos pueden ser mano de obra, equipos, tiempo, espacio, energía, entre otros. Algunos de los desperdicios pueden ser:

- El exceso de inventario.
- Los plazos de preparación.
- Las inspecciones excesivas.
- El transporte de materiales en grandes distancias.
- Tiempos muertos.
- Procesamiento excesivo.
- La superproducción, entre otros.

El *just in time* es un proceso que ayuda a establecer un orden de prioridades en lo que se hace en la empresa. Por lo tanto la finalidad del método es el mejorar la capacidad de una empresa para responder económicamente al cambio.

Los cuatro objetivos esenciales del *just in time* son:

- Atacar los problemas fundamentales.
- Eliminar desperdicios.
- Buscar la simplicidad.

- Diseñar sistemas para identificar problemas.

2.1.3.2 Método Jidoka (Autonomía)

El término japonés para este método es *Jidoka*, nombre con el cual se conoce en el sistema de producción Toyota. El objetivo de este método es obtener un sistema productivo con cero errores y 100% de calidad para lo cual se debe evitar que cualquier pieza o producto defectuoso continúe en su recorrido en un proceso productivo.

Para evitar que este producto continúe en el proceso productivo lo que se busca es que se pueda detectar a tiempo y tomar las medidas correctivas o depurar en el momento en el que se identifican y no al final del proceso con controles de calidad, ya que lo único que logran es identificar productos terminados deficientes o desechables pero gastando tiempo y materia en todo el proceso.

Por ello este método hace referencia a las personas, ya que el sistema de producción Toyota lo describe como “automatización con un toque humano”. Lo que significa que los empleados en general de cualquier empresa y teniendo cualquier rango, se sienta totalmente comprometidos en asegurar que la tecnología para los procesos que se esté usando en la empresa funcionen adecuadamente para producir un resultado siempre bueno. Y que tengan la autonomía suficiente de parar una línea de producción si es necesario para solucionar o depurar el error, logrando así mantener una alta calidad durante el proceso de producción, de esta

manera se logra que el empleado se sienta involucrado con su trabajo y con la labor que desempeña dentro de la línea de producción.

Por ello lo que se obtiene básicamente del sistema de producción Toyota es la eliminación de desperdicios mediante el método *just in time* y que en la producción de un producto se logre tener cero errores y un alto estándar de calidad mediante la *Autonomation*.

2.1.4 Nueva filosofía de producción: Lean Production

Para hablar de una nueva filosofía primero debemos conocer cuál fue la filosofía que se seguía básicamente en las empresas manufactureras en el siglo XIX, cuando las empresas se concentraban en solo un producto y no en la variedad y flexibilidad tal como lo hizo el *Toyota Production System*.

El modelo base para una línea de producción es el de conversión, y es este modelo el que se vino utilizando en el siglo XIX. En este modelo las características de producción fueron las siguientes:

- El proceso de producción es la conversión de un *input* en un *output*, es decir que el material base que entra en un proceso sale de este convertido en un producto que es para venta a cliente.
- El proceso de conversión puede ser subdividido en subprocesos, los cuales son también procesos de conversión.
- El costo global del proceso puede ser disminuido si se minimiza el costo de cada subproceso.

- El valor del producto final (*output*) está asociado con el valor de la materia que ingresa (*input*) a este proceso de conversión.

Este proceso de conversión lo podemos visualizar en la figura 2.3.

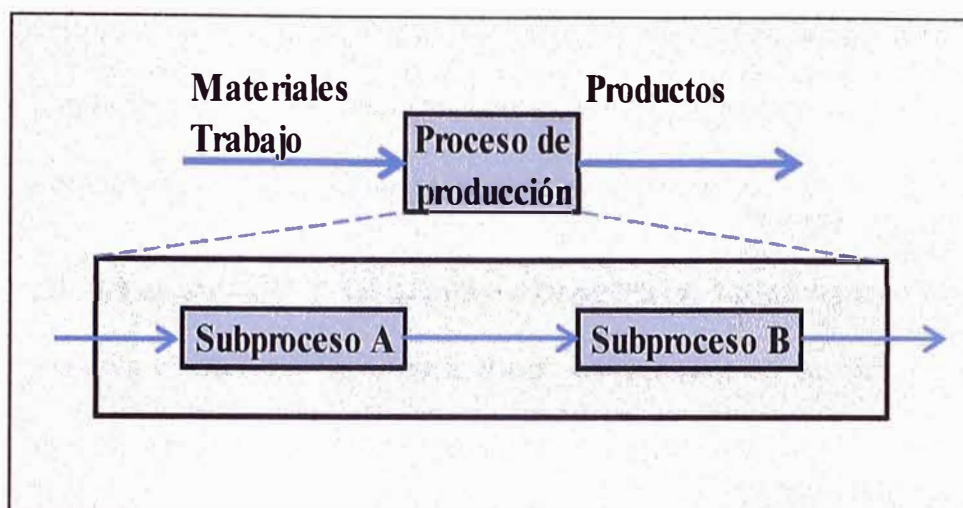


Figura 2.3: Modelo de conversión usado en el siglo XIX (Koskela, 1992)

Sin embargo este modelo tiene errores y fallas las cuales fueron señaladas mediante el *Just in Time* y el *Total Quality Management*, las cuales se mencionan a continuación:

- Observaciones del *Just in Time*: Al considerar todo como un ingreso y salida de materia que se transforma, no se está considerando el flujo entre las conversiones. Este flujo es referido a movimientos, esperas, inspecciones, entre otros.

Estas actividades son aquellas que no aportan valor al producto final desde el punto de vista del cliente o consumidor, y por lo tanto el modelo de conversión según su concepción, no las está considerando o si se

supone que las está considerando, sería como actividades de conversión, con lo que se indicaría que tienen valor, lo cual no es así.

También dentro del modelo de conversión consideran que para minimizar el costo total de la producción, se debe aminorar los costos en los subprocesos que generalmente se hacen con la implementación de nuevas tecnologías, pero con esto lo único que se está logrando es invertir en las actividades que al final no generan valor al producto que llega al cliente.

- Observaciones del *Total Quality Management*: En este punto lo que se observa es que usando el modelo de conversión, no se toma en cuenta que los resultados de los subprocesos en su gran mayoría son variables, y se llega al momento en que uno de los subprocesos no tiene las especificaciones necesarias o está fallado, por lo que es necesario corregirlo o desecharlo. Por lo que “casi un tercio de lo que hacemos consiste en rehacer el trabajo previamente hecho” (Juran, 1988). Por ello en este punto se tiene desviaciones en la calidad que causan desperdicios y también producen interrupción del flujo.

De estas observaciones, se deduce que el método de conversión no se notaba estas fallas cuando la producción se basaba en un solo producto, además que los procesos eran más sencillos y cortos. Mientras que con el correr de los años y al aplicarlo a industrias más complejas empezaron a notarse estas fallas.

Por lo tanto para obtener una mejora en la producción se debe seguir los siguientes parámetros:

- Las actividades de flujo (Inspecciones, movimientos, esperas, etc.) deben ser reducidas o eliminadas.
- Las actividades de conversión deben ser realizadas más eficientemente.

La comparación de los modelos de producción se puede visualizar en la **figura 2.5**.

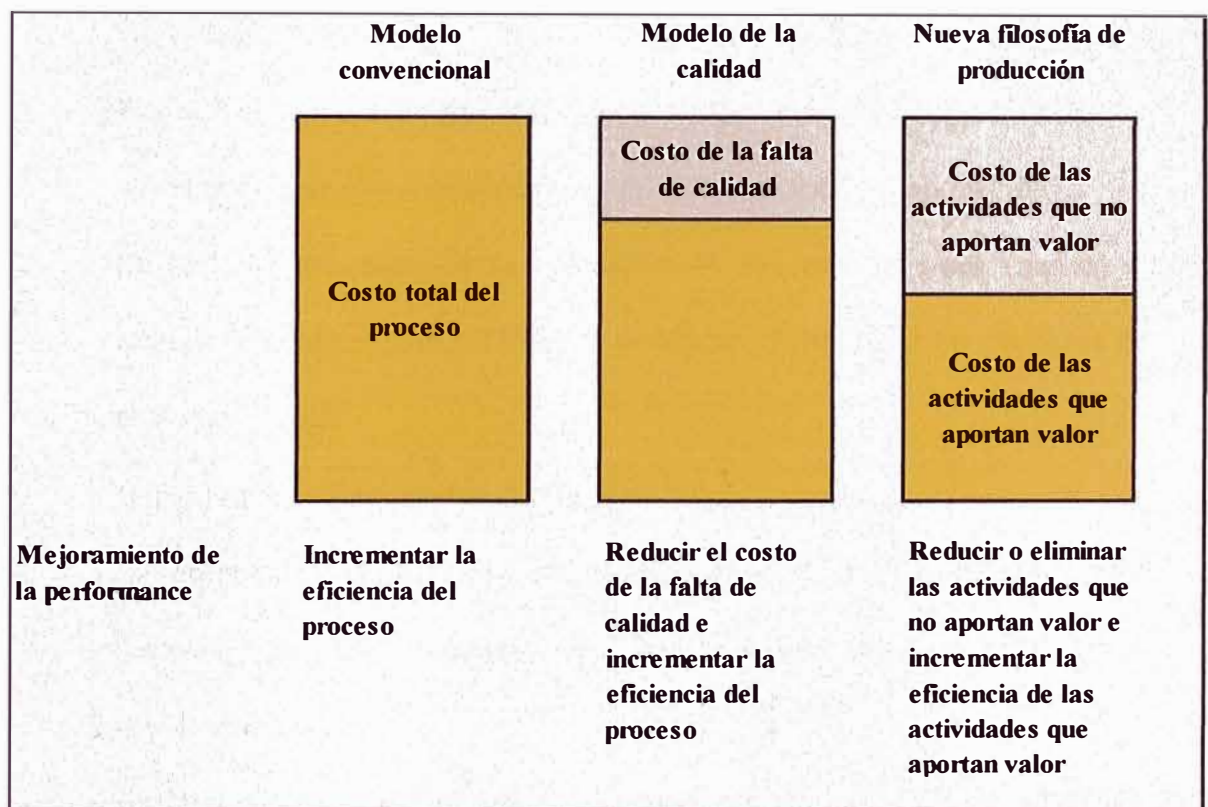


Figura 2.5: Comparación de modelos de producción (Koskela, 1992)

De esta manera para llegar a controlar los procesos en una industria, se tiene las siguientes bases de esta nueva filosofía denominada *Lean Production* (Max T. Rossi, 2008):

- Reducir la porción de actividades que no aportan valor (valor: se refiere a la satisfacción de los requerimientos del cliente).

Incrementar el valor del *output* (*output*: es el producto final o producto resultante entre una fase y otra dentro del flujo de producción) a través de consideraciones sistemáticas de los requerimientos del consumidor.

Reducir la variabilidad.

Reducir el tiempo del ciclo (tiempo de ciclo: suma de tiempos de flujo y conversión que son necesarios para producir un lote de producción).

Simplificar procesos, es la reducción de los componentes (partes) o números de pasos para realizar un producto. Simplificar los procesos es mejorar el flujo.

Incrementar la flexibilidad del *output*.

Incrementar la transparencia del proceso. Procesos más simples son más simples, son más transparentes, lo cual facilita el control y el mejoramiento.

Enfocar el control en la totalidad del proceso.

Aplicar un mejoramiento continuo en el proceso (principio basado en *kaisen*).

Balancear el mejoramiento del flujo con el mejoramiento de la conversión.

Benchmarking.

Por todo lo expuesto esta nueva filosofía lleva el nombre de *Lean* que quiere decir o dar a entender esbeltez y flexibilidad. Es decir una producción esbelta, que se enfoca en crear actividades de valor agregado para el cliente, la identificación y eliminación del desperdicio y la mejora continua para aumentar la productividad.

2.1.5 Lean Thinking

Como se mencionó anteriormente el concepto *Lean* es un proceso de eliminar desperdicios con el fin de generar valor, y el valor viene a ser definido por el cliente.

Esta tendencia tiene sus orígenes como *Lean Thinking* en el año 1995, y tal como hemos estado revisando en puntos anteriores la base para la formación de esta tendencia es el sistema de producción Toyota, del cual extrajeron distintas herramientas.

Para conocer y entender este pensamiento, se debe aprender algunos términos japoneses que vienen del sistema de producción Toyota y son muy usados en el

Lean Thinking:

- *Muda* (無駄) – desperdicio, despilfarro, pérdida.
- *Kaizen* (改善) – Mejoramiento incremental continuo.
- *Kanban* (看板) – Tarjeta, señal.
- *Heijunka* (平準化) – Nivelación de la producción

El *Lean Thinking* tiene 5 principios básicos, los que definimos a continuación:

- Definir el valor: El valor es una información o un producto **que está** hecho de manera tal que el cliente está dispuesto a pagar por él. De esta manera podemos decir que el valor es definido por el cliente y creado por el productor.

Para que una empresa sea *Lean*, entonces deberá definir el valor desde la perspectiva del cliente y para lograr esto deberá identificar aquellas actividades que generan valor ya que cualquier actividad que no incremente el precio que pagaría el cliente, sólo agrega costo al proyecto

Identificar el flujo del valor: El flujo del valor son todos los procesos, actividades y funciones necesarias para generar el producto desde que es concebido hasta que es entregado al cliente. En todo este proceso se debe identificar y eliminar todo el desperdicio que hubiese.

Para poder identificar el flujo de valor se utiliza la técnica del *Value Stream Map*, que viene a ser la visualización gráfica del camino del producto desde el pedido hasta la entrega.

Al utilizar el *Value Stream Map*, se identificará dos tipos de desperdicio:

- Desperdicio tipo 1: Actividades parcialmente sin valor agregado, pero necesariamente para completar las tareas. Sólo agregan costo al proyecto.
- Desperdicio tipo 2: Actividades que carecen de valor agregado, es decir a eliminar.

- Hacer fluir el proceso: Debemos reducir los tiempos de demoras en el flujo de valor, esto lo logramos eliminando desperdicios.
- *Pull* (Jalar): Para darle un mayor valor al producto o servicio debemos extraerlo también y sobre todo del cliente, ya que en torno a él es que se genera el producto. Por ello se debe buscar integrar al cliente en el proceso que nos lleva a obtener el producto.
- Mejora continua: Todo proyecto *Lean* debe tener un seguimiento constante y siempre en búsqueda de la mejora continua. Teniendo como prioridad la eliminación de más desperdicios en cada mejora.

2.1.6 Lean Construction

Esta nueva filosofía es respuesta ante la necesidad de suplir las carencias que se tienen en la construcción en cuanto a productividad, seguridad y calidad. Esto debido a que si comparamos la productividad de la construcción con la de una industria, la diferencia es notable ya que la última es superior porque los procesos que se manejan en las industrias son optimizados mientras que en la construcción poco o nada se analiza para ser optimizado. En cuanto a la seguridad en la construcción, es conocido que es muy baja ya que generalmente no se considera como un punto importante al ejecutar en muchas de las obras que se ve a diario, por el simple hecho que se cree que se está generando mayores gastos y uso de recursos en cuanto a los implementos y sistemas de seguridad. Y finalmente respecto a la calidad, obviamente que se podría mejorar mucho más de lo que se hace hoy en día, sobretodo porque aparecen nuevas exigencias que se tienen que cumplir con un buen estándar de calidad. La teoría

de *Lean Construction* ayuda a mejorar el flujo de trabajo, reduciendo la variabilidad y la dependencia entre actividades.

Lean Construction como tal se logra concretizar en base al *Last Planner System*, logrando así tomar todos los nuevos conocimientos y pensamientos de las empresas manufactureras a las de construcción, esto gracias a los iniciadores de esta nueva filosofía en la construcción: Lauri Koskela y Glend Ballard.

2.1.7 Lean Project Delivery System

Lean Construction fue basada desde un inicio en la ejecución de los proyectos de construcción, es decir en la etapa esencialmente operativa, con el fin de obtener mejoras en cuanto a productividad y como indica la filosofía Lean, en la reducción de pérdidas. La aplicación de este enfoque se ve claramente en la implementación del *Last Planner System*, siendo esta una de las prácticas más divulgadas en cuanto a la aplicación de la nueva filosofía en la construcción.

Debido a este enfoque y ante la necesidad de mejorar en la gestión de los proyectos, evoluciona el *Lean Project Delivery System* (en adelante, LPDS) a partir del *Lean Construction*, ya que la misión del *Lean Construction Institute* (en adelante, LCI) es desarrollar una nueva y mejor manera de diseñar y construir bienes de capital.

Así al irse implementando las prácticas y enfoques de la nueva filosofía en la construcción, se fue extendiendo más allá de la etapa constructiva para apuntar a las áreas de diseño, abastecimiento, contratación de proyectos, etc., logrando así un cambio en las relaciones de los interesados (*stakeholders*) del proyecto.

Por ello podemos dar como un concepto general del LPDS como “un enfoque basado en el *management* de la producción para diseñar y construir bienes de capital, en el cual, el proyecto viene estructurado y manejado como un proceso de generación de valor” (Conferencia Max T. Rossi, 2008).

Uno de los aspectos principales del LPDS es la estructuración del trabajo (*Work Structuring*), este término *Work Structuring* fue creado por el LCI (*Lean Construction Institute*), concepto que aparece en respuesta ante el planeamiento de proyectos que se planteaba en el sistema tradicional utilizado en la construcción, el cual se basaba principalmente en una estructuración organizativa siendo denominada como *Work Breakdown Structure* (en adelante, WBS).

La WBS dividía el trabajo a ejecutar en elementos y lo relacionaba a una *Organizational Breakdown Structure* (en adelante, OBS), para asignar así la responsabilidad de la entrega de estos elementos, pero esto es incorrecto pues todos los elementos del proyecto son interdependientes. Y si entendemos que el valor viene producido porque “el todo es más que la suma de las partes”, entonces concluiremos que el valor surge de la interdependencia de los elementos que conforman el proyecto.

Por ello para asegurar las interdependencias entre los elementos del proyecto, se necesita el concepto del *Work Structuring*, cuyo término fue creado “para indicar el desarrollo de las operaciones y del proceso de diseño, en alineación con el diseño del producto, la estructura de las cadenas de suministro, la asignación de los recursos y el diseño de la instalación.” (LPDS por Glenn Ballard)

Siendo el propósito del *Work Structuring* “el hacer más seguro y rápido el flujo de trabajo mientras que aporta valor para el consumidor.” (LPDS por Glenn Ballard)

A continuación se muestra como se estructura el modelo de la LPDS:

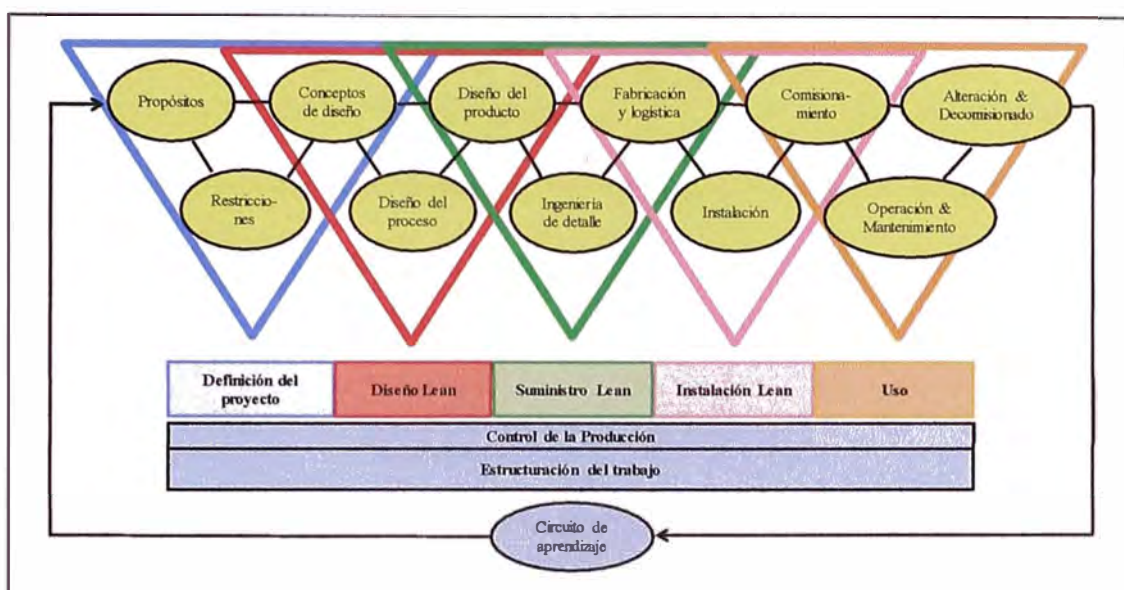


Figura 2.6: Lean Project Delivery System (Ballard 2006)

De acuerdo al modelo del LPDS, podemos observar que la estructuración del trabajo es durante todo el tiempo del proyecto, a medida que los participantes definen y redefinen los planes. Por ello todas las decisiones concernientes a la estructuración del trabajo serán tomadas en todas las fases del proyecto.

Así como la estructuración de trabajo define el plan a lo largo del proyecto, de igual modo el control de la producción asegura que el plan sea ejecutado de

acuerdo a lo planeado, y el nombre que el *Lean Construction Institute* da al control de la producción es el de *Last Planner*.

2.2 Last Planner Sytem

2.2.1 Introducción

En la estructura del modelo de la LPDS, como pudimos ver se tiene una fase que se lleva a cabo a todo lo largo del proyecto, siendo uno de ellos el de control de la producción, con el cual aseguramos que lo que se planifica se llegue a ejecutar teniendo la menor desviación de la planificación inicial. El *Last Planner System*, es un sistema de control de producción, pero para entender mejor este último concepto, daremos a entender que es control y producción.

La producción es sinónimo de “hacer”, y se puede entender como el conjunto de operaciones necesarias para modificar las características de las materias primas, con la finalidad de obtener un producto que es destinado a un cliente. Esta concepción de producción es estudiada mucho por la ingeniería industrial, y clasificada dentro del tipo de manufactura (en el sentido de “hacer”). Dentro de esta concepción, “diseño e ingeniería han sido pocas veces concebidas como procesos de producción, el enfoque casi por completo se coloca en hacer las cosas en lugar de diseñarlas” (Ballard, 2000).

La bibliografía respecto a la gestión de la producción en manufactura es extensa, pero siempre abordándose desde el punto de vista industrial, y otro tanto menor respecto al aspecto psicológico/sociológico. A inicios del siglo XX comenzó la

producción en masa en las industrias manufactureras, especialmente en la automotriz, teniendo en su haber muchos aportes teóricos a lo largo del tiempo, pero a mediados del siglo XX fue apareciendo en Japón un nuevo sistema de producción en la fábrica Toyota, a partir del cual se inicia la *Lean Production* llamada así en contraposición de la producción en masa.

En base a esta nueva filosofía de producción, Ballard en su tesis de doctorado involucra el diseño y fabricación dentro de la concepción de producción, indicando: “la definición de la producción como el diseño y fabricación de artefactos nos permite entender cómo la construcción es un tipo de producción y también que el diseño es un componente esencial en la producción en general y específicamente en la construcción” (Ballard, 2000). Desde este punto de vista, el más destacado teórico de la producción en la construcción, es Lauri Koskela. De esta manera podemos entender a la producción como el proceso que involucra el diseño y fabricación de artefactos.

El concepto control, es muy amplio y puede ser utilizado en el contexto organizacional, con el cual evaluamos el desempeño frente a un plan predeterminado. Dentro de varios planteamientos de diversos autores estudiosos de este tema (Henry Farol, Robert B. Buchele, Buró K. Scanlan, etc.), podemos identificar que definen al control como un mecanismo de comprobación o verificación, como un proceso de medición de resultados, o como la regulación de actividades. Todo esto relacionado siempre a una planificación o un estándar, mediante el cual se busca lograr un objetivo particular. Y como resultado del control se obtiene correcciones, diagnósticos, acciones correctivas,

identificación de debilidades, etc. De esta manera podemos entender el control en forma general como “Una función administrativa, ya que conforma parte del proceso de administración, que permite verificar, constatar, palpar, medir, si la actividad, proceso, unidad, elemento o sistema seleccionado está cumpliendo y/o alcanzando o no los resultados que se esperan” (Cabrera Elibeth, 2003).

En base a la filosofía *Lean* control significa “causar un futuro deseado” en lugar de identificar variaciones entre lo planeado y lo real (en oposición a los principios del Project Management). Por ello Howell (1999) argumenta que el control se redefine a partir de “monitorear resultados” hacia “hacer que las cosas sucedan” o como indicamos “causar un futuro deseado”.

Por control de producción se entiende como el proceso que gobierna la ejecución de los planes y se extiende desde el comienzo hasta el fin del proyecto. Por ello el control de la producción, concibe la producción como un flujo de materiales e información entre especialistas que cooperan, para generar valor para el cliente.

Decimos que el *Last Planner System* es un sistema de control de producción debido a que con este sistema se rediseña los sistemas de planificación ordinarios y se incorpora a un mayor nivel de participantes como a maestros, subcontratistas, ingenieros, etc. Todo ello con la finalidad de lograr los compromisos en la planificación.

Lauri Koskela, propuso unos criterios o principios para diseñar un adecuado sistema de control de la producción (Koskela, 1999). Estos principios son (Ballard, 2000):

- Primer principio: “Las asignaciones deben ser razonables en relación a sus condiciones previas”, esto hace referencia a que no deberíamos comenzar un tarea o labor hasta que no estén a disponibilidad todos los suministros o herramientas necesarios para completar dicha tarea, llamado “*complete kit*” en inglés por Ronen en 1992. “Este principio procura minimizar el trabajo en condiciones sub-óptimas”. (Ballard, 2000, 2-14)
- Segundo principio: “El cumplimiento de las asignaciones es medido y monitoreado”, la forma de medir este cumplimiento es el porcentaje de plan cumplido (PPC), el cual será explicado a detalle más adelante. Este enfoque hace que reduzcamos el riesgo de variabilidad en tareas o flujos que vienen después de la actividad que evaluamos.
- Tercer principio: “Se investigan las causas de no cumplimiento (*non-realization*) y esas causas son eliminadas”. Las causas de no cumplimiento son las razones porque no se concluyeron las actividades programadas.
- Cuarto principio: “Sugiere mantener un paquete de tareas de amortiguación (*buffers*) razonables para cada equipo de trabajo”, esto hace referencia a que en caso no se pueda realizar un tarea programada, se debe tener tareas que estén libres de restricciones para ser ejecutadas en su lugar, para evitar así pérdida de producción o reducción de la productividad.
- Quinto principio: “En la planificación *lookahead* (con un horizonte temporal de 3 a 4 semanas), los requisitos previos de asignaciones

inminentes deben ser liberados de forma activa”, lo cual hace referencia claramente a un sistema “pull”, donde se busca asegurar que todos los requisitos previos estén disponibles para la ejecución de las asignaciones.

Estos cinco principios son aplicados en el *Last Planner System*. Para ello pasaremos a definir a quienes se llama *Last Planner* y todo lo que involucra el seguir este novedoso sistema.

2.2.2 Definición

El *Last Planner System* fue desarrollado por Herman Glenn Ballard y Gregory A. Howell, basándose en los principios de la *Lean Construction*. El sistema desarrollado es una herramienta para controlar las interdependencias existentes entre los procesos y reducir la variabilidad entre estos, y por lo tanto asegurar el cumplimiento de la mayor cantidad de actividades de la planificación dentro de la filosofía *Lean Construction*, este aseguramiento es posible ya que la ausencia de variabilidad significa producción confiable (Tommelein, 1998). La variabilidad sólo la podemos controlar teniendo funcionamientos fiables y usando procedimientos simples y estándares para pronosticar fácilmente el desempeño.

En cuanto al término *Last Planner*, Glenn Ballard en su tesis de doctorado enuncia lo siguiente: “En última instancia, alguien (un individuo o un grupo) decide qué trabajo físico, específico será realizado mañana. Este tipo de planes han sido llamados asignaciones” (Ballard, 2000). Son únicos porque controlan el trabajo directo en vez de la producción de otros planes. La persona o el grupo que producen las asignaciones son llamados el “*Last Planner*”. Por ello la

traducción al castellano de *Last Planner* es de “Último Planificador” ya que esta persona o grupo de personas son las últimas encargadas de definir las asignaciones para el día a día de la obra.

Dentro del glosario de términos del *Lean Construction Institute*, *Last Planner* se define como: “La persona o grupo de personas que producen las asignaciones para los trabajadores directos”.

Debemos entender que la planificación no es simplemente el desglose de actividades que se preceden unas a otras, con la finalidad de poder obtener el presupuesto para la cuantificación de costo y lograr una programación con un inicio y fin del proyecto. Con la planificación debemos ser capaces de poder definir qué se debe hacer, que es lo que se puede hacer, que es lo que se hará, que acciones se debe tomar para que se cumpla la planificación e indicar los responsables de dicha planificación. Por ello con esta necesidad de cubrir estos puntos mencionados, es que el *Last Planner System* apunta fundamentalmente a aumentar la fiabilidad de la planificación y con ello mejorar los desempeños.

El incremento de fiabilidad se lleva a cabo mediante la planificación intermedia (*Lookahead Planning*) y mediante el plan de trabajo semanal (*Weekly Work Plan*).

La concepción que Ballard da respecto al *Last Planner System* es lo siguiente: “El Last Planner System de control de producción es una filosofía, reglas y procedimientos, y una serie de herramientas que facilitan la implementación de esos procedimientos. En relación a los procedimientos, el sistema tiene dos

componentes: control de las unidades de producción y control del flujo de trabajo” (Ballard, 2000). Como unidades de producción en la construcción se entiende como una cuadrilla de obreros o grupo de ellas que se especializan en un tipo de labor, el término en inglés es “*Production unit – PU*”.

Estos dos componentes van relacionados con la división de la fase de control de producción, ya que el “control de flujo de trabajo” se lleva a cabo mediante planificación intermedia (*Lookahead planning*), mientras que el “control de las unidades de producción” se realiza mediante el plan de trabajo semanal (*Weekly work plan*), mediante las cuales se puede incrementar la fiabilidad como ya se indicó.

De ambos componentes podemos decir que el control de flujo de trabajo, como su nombre lo dice, se refiere a que se debe hacer que fluya el trabajo activamente a través de las unidades de producción (*production unit*) para lograr objetivos más alcanzables. Por ello el control de flujo de trabajo, “coordina el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción” (Ballard, 2000). Mientras que el trabajo del control de las unidades de producción es hacer que las asignaciones realizadas a las unidades de producción (trabajadores o cuadrillas) sean mejores mediante el aprendizaje y acciones correctivas a su debido momento, de esta manera este componente “coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard, 2000).

Como se indicó con anterioridad, el *Last Planner* es el que determina las “asignaciones” para el día a día, pero estas son producto de una adecuada

planificación, en donde vemos intervenir los conceptos de Debería (*Should*), Puede (*Can*), Hará (*Will*) e hizo (*Did*). Esto es así ya que el *Last Planner* indica lo que se Hará (*Will*), siendo esto ajustado por lo que se Debería (*Should*), y además considerando las restricciones que presenta el Puede (*Can*). De esta manera Ballard, presenta un esquema para entender la relación entre estas concepciones durante la planificación de asignaciones.

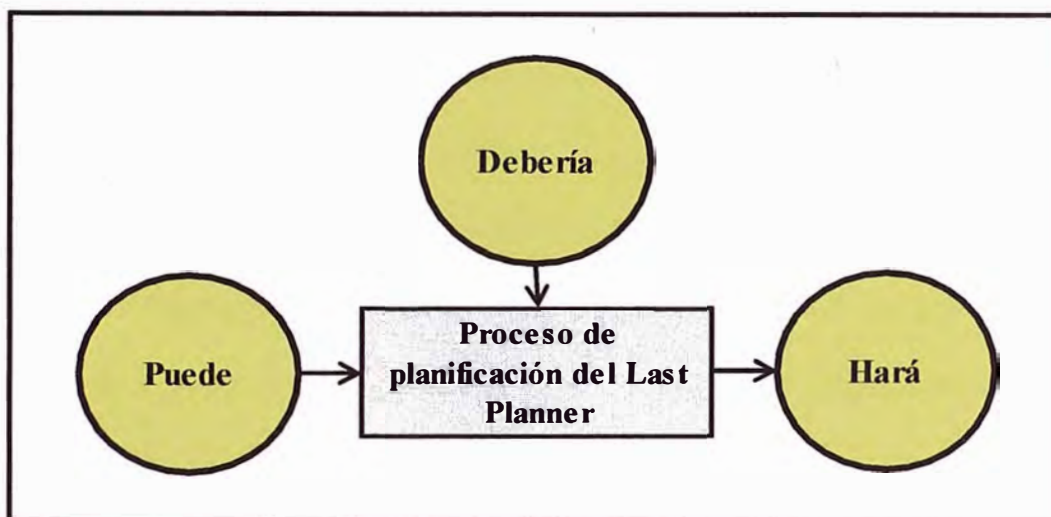


Figura 2.7: La formación de asignaciones en el proceso de planificación del Last Planner (Ballard, 2000)

Los elementos que conforman o que estructuran el *Last Planner System* se indican a continuación pero serán desarrollados en el punto 2.2.5:

- Cronograma maestro (*Master Schedule*).
- Planificación por fases (*Phase Schedule*).
- Planificación intermedia (*Lookahead Planning*).
 - Análisis de restricciones (*Constraints Analysis*).

- Reserva de trabajo ejecutable (*Workable Backlog*).
- Plan de trabajo semanal (*Weekly Work Plan*).
 - Porcentaje de plan cumplido (*Percent Plan Complete – PPC*).
 - Razones de no cumplimiento (*Reasons for Non-conformances*).

2.2.3 Control de las unidades de producción

Recordemos que “el control de las unidades de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de unidades de trabajo tales como los equipos de construcción y los de diseño” (Ballard 2000), y uno de los puntos importantes para el funcionamiento de un sistema de planificación a nivel de las unidades de producción es la calidad de su producción, esto se refiere a la calidad de los planes producidos por el último planificador o *Last Planner*. Esta planificación del *Last Planner* se refleja en lo que se denomina plan de trabajo semanal (*Weekly Works Plan*). Los criterios de calidad para una asignación de una tarea en el *Weekly Work Plan* son:

- Definición: La acción este bien definida.
- Viabilidad: El trabajo escogido es práctico o razonable, es decir, puede ser realizado.
- Secuencia: Se escoge la secuencia de trabajo correcta.
- Tamaño: Se escoge la cantidad de trabajo correcta.
- Aprendizaje.

El detalle de estos criterios de calidad se encuentra ubicado en el punto “2.2.5.5.1 Asignaciones de calidad (*Quality Assignments*)” dentro del ítem de planificación semanal.

La manera que podemos medir la calidad de lo planificado, es mediante el porcentaje de plan cumplido (*Percent Plan Complete – PPC*). Este indicador PPC “se vuelve el estándar en relación al cual se ejerce control a nivel de unidades de producción... un PPC mayor corresponde a realizar más trabajo debido con los recursos dados, es decir, corresponde a mayor productividad y avance.” (Ballard 2000).

Por lo tanto el PPC mide el grado en que el compromiso del planificador (*Hará – Will*) fue materializado. Y en caso haya tareas que no se lograsen ejecutar, es necesario una retroalimentación de las fallas para que esto ocurriese, por ello se realiza un análisis de no conformidad o razones de no cumplimiento (*Reasons for Non-Conformances*). Mediante este análisis se puede mejorar el PPC de las siguientes semanas y en consecuencia mejorar el rendimiento del proyecto.

2.2.4 Control del flujo de trabajo

El otro componente del sistema de planificación, es el control de flujo de trabajo que consiste en “hacer que el trabajo se mueva entre las unidades de producción en una secuencia y a un ritmo deseados” (Ballard, 2000). Además también el control del flujo de trabajo coordina la ejecución del trabajo (flujo del diseño, abastecimiento, e instalación) a través de las unidades de producción.

2.2.4.1 Planificación intermedia (Lookahead Planning)

Como se mencionó con anterioridad, el control de flujo de trabajo dentro del sistema de planificación se lleva mediante la planificación intermedia o *Lookahead Planning*.

En el proceso de *Lookahead Planning*, se propone una visión de 4 a 6 semanas, según se determine por el equipo de la obra, al cual se llama *Lookahead Window*. Dentro de esta ventana es que se desglosa todas las actividades colocadas en el cronograma maestro (*Master Schedule*) y se procede con el análisis de restricciones (*Constraints Analysis*) para que luego de este análisis podamos obtener una reserva de trabajo ejecutable (*Workable Backlog*). Finalmente luego de la ejecución de los trabajos se procede con las razones de no cumplimiento (*Reasons for Non - conformance*).

El proceso de *lookahead* se lleva a cabo mediante el análisis de restricciones, el cual conlleva los procesos de alistar (*Make ready*) tareas mediante la revisión (*Screening*) y el arrastre (*Pulling*). A continuación se presenta el proceso de planificación *lookahead* en la figura 2.8.

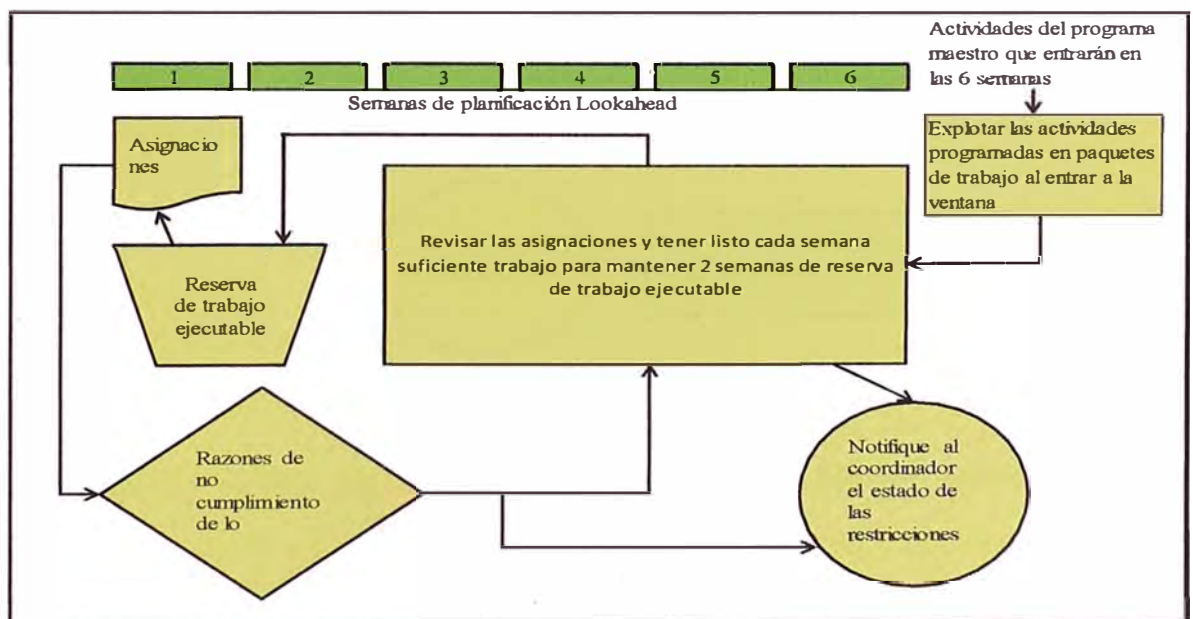


Figura 2.8: Proceso Lookahead, alistar (Make Ready) mediante revisión (Screening) y arrastre (Pulling) (Ballard, 2000)

2.2.4.2 Sistema de arrastre (Pull system)

El método que se utiliza para introducir materiales o información en el proceso de producción se denomina sistema de arrastre o *Pull System*. En cambio se tiene en contraposición el sistema de empuje o *Push System*, que consiste en empujar las entradas hacia un proceso basado en metas de entregas o fechas límites.

Tradicionalmente la construcción ha sido un sistema *push*, ya que lo que se busca con sus cronogramas es lograr intersecciones en el futuro de tareas interdependientes según esquema mostrado en la figura 2.9.

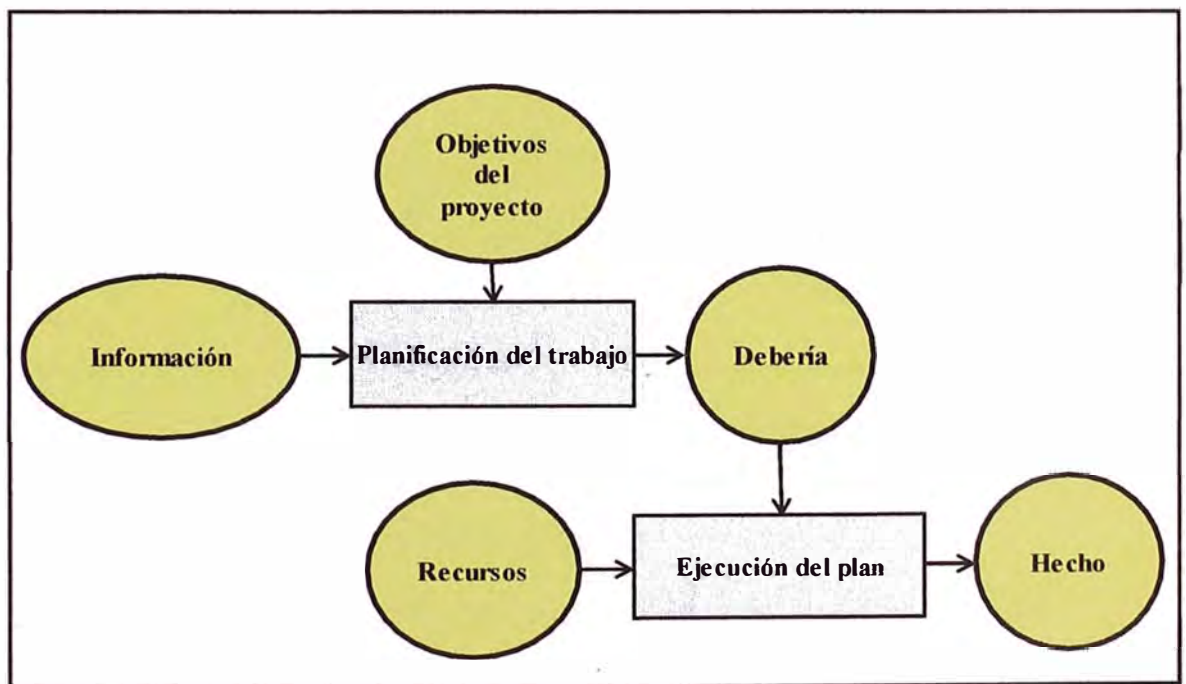


Figura 2.9: Sistema tradicional de planificación Push (Ballard, 2000)

A diferencia del *Push System*, el *Pulling* solo permite que los recursos e información puedan ingresar al proceso de producción si el proceso es capaz de realizar dicho trabajo. Como veremos más adelante en el proceso *lookahead* se alista (*Make ready*) las tareas previamente antes que ingresen a la programación propiamente dicha, y esto viene a ser el uso de técnicas *Pull*. Así podemos concluir que el *Last Planner* es un sistema *Pull*, según se muestra en la figura 2.10.

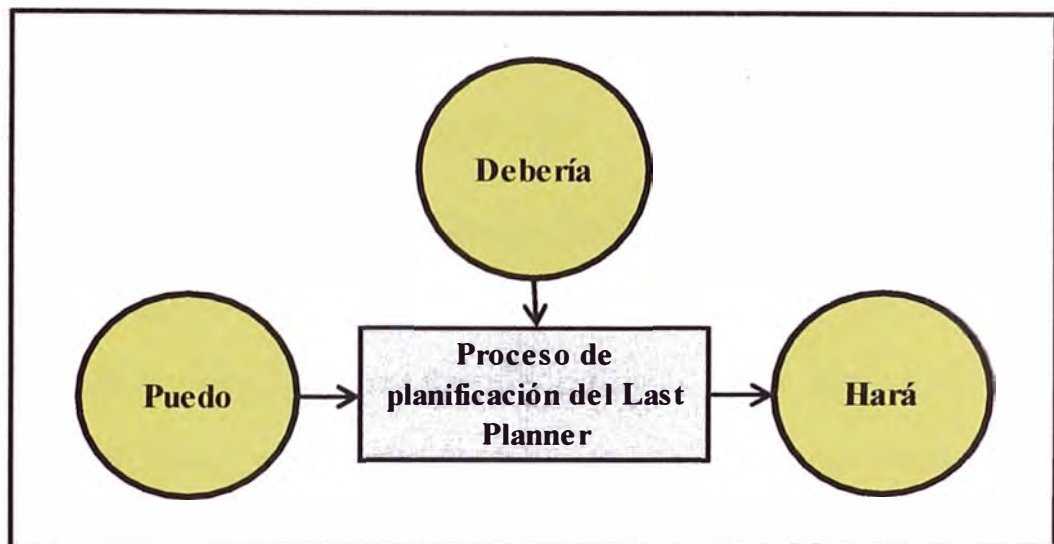


Figura 2.10: Last Planner, un sistema Pull (Ballard, 2000)

2.2.4.3 Equilibrio entre carga y capacidad

Para un sistema de producción es muy importante poder equilibrar la carga y capacidad para las unidades de producción, ya que esto repercute directamente en la productividad que tendrán. En el proceso de *lookahead*, que será explicado más adelante, es necesario el tener siempre una cantidad de tareas disponibles para su ejecución para cada unidad de producción, a esto se llama reserva de trabajo ejecutable (*Workable*

Backlog). Para esto es necesario poder estimar la carga de cada tarea que será encargada a una unidad de producción y así mismo debemos calcular la capacidad de todas las unidades de producción. Si bien es cierto que se debe estimar tanto la carga y capacidad, pero para poder lograr un equilibrio entre ambas, el planificador puede hacer algunos ajustes como:

- Cambiar la carga para que concuerde con la capacidad.
- Cambiar la capacidad para que concuerde con la carga.
- O se procede a una combinación de ambos, lo cual es lo más usual.

2.2.5 Estructuración del Last Planner System

2.2.5.1 Cronograma Maestro (Master Schedule)

Todo proyecto de construcción suele tener una planificación general, sobre la cual se plasman todos los objetivos generales que se plantearon en el programa inicial. A esta planificación inicial se denomina cronograma maestro (*Master Schedule*). Mediante este cronograma lo que se busca es trazar las metas generales del proyecto mediante fechas definidas, las fechas de cumplimiento de cada meta se puede definir como hitos para el proyecto. Consecuentemente podemos decir que el cronograma maestro sirve para identificar los hitos de control del proyecto.

El cronograma maestro debe ser elaborado con información fidedigna, es decir que represente el verdadero desempeño que tiene nuestra empresa para el tipo de proyecto que se ejecutará. Solo así podremos dar validez al

Last Planner System, ya que se estará controlando tareas que representan la forma y desempeño real de la empresa.

Es usual que para la elaboración del cronograma maestro se utilice diferentes programas de computación, como Ms Project, Primavera P6, etc. Lo esencial en la elaboración de este cronograma en el software que fuese desarrollado, es poder identificar los hitos del proyecto y además de ello poder elaborar el presupuesto del proyecto.

2.2.5.2 Planificación por fases (Phase Scheduling)

Según Ballard, una planificación por fases o *Phase Scheduling*, tiene como propósito el elaborar un plan para completar una fase del trabajo (Ballard, 2000):

- Que maximiza la generación de valor.
- Que todos los involucrados entiendan y apoyen.
- Que especifica la transferencia entre grupos de trabajo.
- En donde las actividades programadas se elaboren en base al proceso *lookahead* para ser explotada en los detalles operativos y sea preparado para la asignación de los planes de trabajos semanales.

Los participantes en el *phase scheduling* están representados por aquellas personas que tienen trabajo por hacer en la fase en análisis. Ballard da como ejemplo respecto a esto, que un equipo de trabajo para programar una fase de construcción debería involucrar a la contratista, la

subcontratista y tal vez a las partes interesadas (*stakeholders*), como los diseñadores, clientes y agencias reguladoras. Además indica que los participantes deben traer los cronogramas y planos relevantes, y tal vez incluso el contrato de cada uno de ellos.

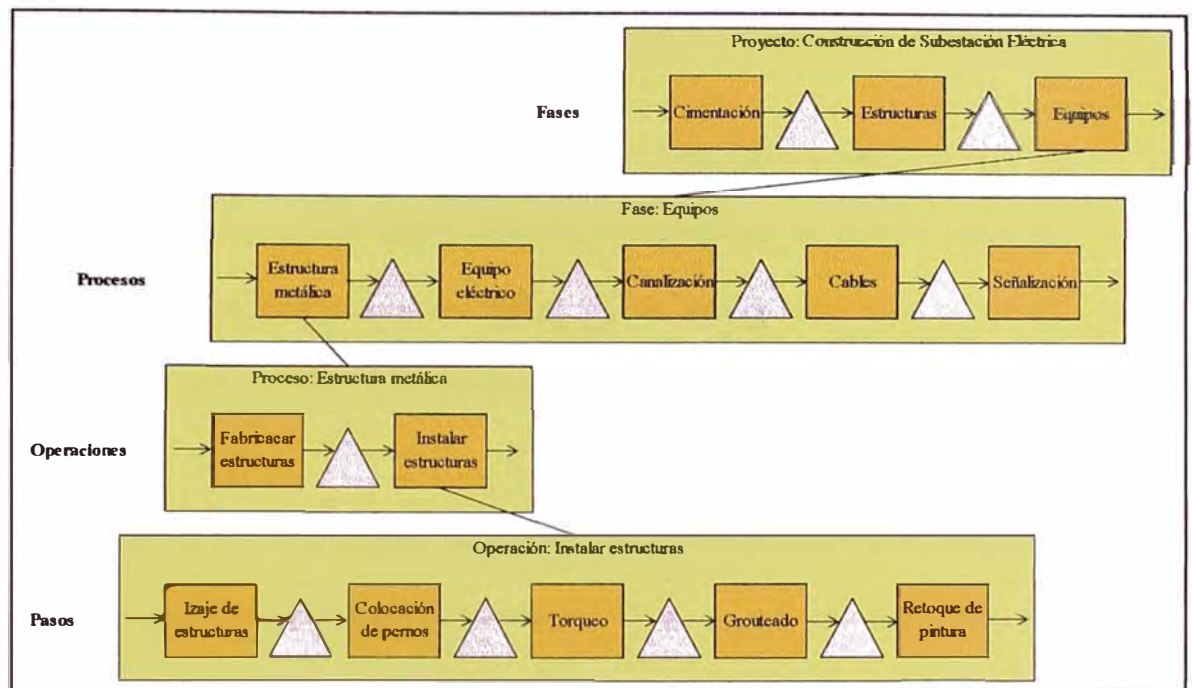


Figura 2.11: Ejemplo de una planificación por fases y el detalle de la fase en análisis (Fuente propia – basado en Ballard, 2000)

El proceso del *phase scheduling* involucra (Ballard, 2000):

- Definir el trabajo que será incluido en la fase.
- Determinar la fecha de finalización de la fase.
- Utilizar *Team Planning* (Planificación en equipo) y etiquetas, estas etiquetas serán pegadas en la pared para desarrollar la secuencia constructiva, requerida para completar la fase, trabajando al revés,

desde la fecha de terminación e incorporar cualquier hito intermedio.

- Determinar las duraciones de las actividades sin ninguna contingencia.
- Re-examinar la lógica para ver si es posible abreviar la duración de la fase.
- Determinar la fecha de inicio más temprana para la fase.
- Si hay tiempo de sobra después de comparar el tiempo entre el inicio y la finalización de la duración de las actividades en la pared, se debe decidir qué actividades *buffer* habrán para el tiempo adicional.
- ¿El equipo está seguro que los buffers son suficientes para asegurar la finalización dentro de los hitos? Si no es así, entonces, bien se replantean o cambian los hitos según sea necesario y posible.
- Si hay exceso de tiempo disponible más allá de lo necesario para amortiguar las tareas individuales, se debe decidir si se desea acelerar el calendario o utilizar el exceso para aumentar la probabilidad de terminar a tiempo.
- Eventual tiempo no asignado puede ser utilizado como un *buffer* de contingencia para la fase.

La aplicación de todos estos puntos conlleva el tener grandes cambios de la práctica de planeamiento tradicional, lo cual se encuentra descrito en la siguiente tabla:

Práctica Tradicional	<i>Phase Scheduling</i>
La práctica tradicional es que el líder del proyecto desarrolla un programa, y luego lo distribuya a otros miembros del equipo con una solicitud de comentarios. Con menos frecuencia, los miembros del equipo se ponen en las reuniones cara a cara para discutir el programa.	Los miembros del equipo producen realmente el plan de trabajo, no sólo comentan sobre la viabilidad de un plan presentado por alguien más. Ellos están planeando en conjunto, y utilizando una técnica <i>pull</i> para promover la comunicación y entendimiento compartido entre clientes y proveedores inmediatos sobre lo que realmente se necesita.
El líder de proyecto diseña su propio cronograma y decide cómo usarlo.	El equipo genera ambos, el soporte en la forma de una estructura de “red de compromisos” y decidir colectivamente cómo hacer para amortiguar las tareas variables.

Tabla 2.1: Comparación de práctica tradicional versus phase scheduling (Ballard, 2009)

2.2.5.3 Planificación intermedia: Lookahead Planning

El tercer nivel en la jerarquía del sistema de planificación, viene a ser la planificación intermedia o *Lookahead Planning*, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Planificación intermedia la podemos entender de forma general y sencilla, como un intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas, para lo cual se debe coordinar y levantar todos los obstáculos o restricciones que puedan existir para que dichas actividades puedan ser realizadas.

Recordemos que control de flujo de trabajo (*Work flow control*) es hacer que el trabajo (Información o materiales) se muevan entre las unidades de producción en una secuencia y a una velocidad deseada. Además coordina

el flujo del diseño, abastecimiento, e instalación a través de las unidades de producción.

2.2.5.3.1 Conceptos

Para aclarar el significado del término en inglés “*lookahead*”, se puede interpretar como una vista hacia adelante o anticipada dentro del cronograma maestro. Por ello como resultado del *Lookahead Planning* se obtiene el cronograma de *lookahead (Lookahead Schedule)*, en el cual están todas las actividades programadas para un período de tiempo o ventana de tiempo, que se denomina *Lookahead Window*. A continuación presentamos los conceptos extraídos del glosario de términos del *Lean Construction Institute*:

- *Lookahead Schedule* (cronograma intermedio o anticipatorio): Es el producto de la planificación intermedia (*Lookahead planning*) que resulta al detallar las actividades del cronograma maestro a través del modelo de definición de actividades, revisando (*Screening*) las tareas resultantes antes de permitir que entren en la ventana intermedia (*Lookahead window*) o que avancen dentro de esa ventana. Incluye la ejecución de acciones necesarias para alistar las tareas (*Make tasks ready*) para su asignación (*Assignment*) una vez que sean programadas. Los cronogramas intermedios o *Lookahead Schedule* pueden ser presentados en forma de lista o de gráficos de barras.

- *Lookahead Window* (ventana intermedia o anticipatoria): Es la ventana o intervalo de tiempo, antes del inicio programado, en que las actividades del cronograma maestro son detalladas, revisadas (*Screening*) o alistadas (*Make ready*). Lo normal es que una ventana intermedia abarque un período futuro de entre 3 y 12 semanas.

2.2.5.3.2 Intervalo de tiempo – Lookahead Window

Como ya se comentó, el proceso de planeamiento *lookahead* es el desglose de las actividades del cronograma maestro, siendo estas las asignaciones potenciales dentro del intervalo de tiempo a planificar. El período del *lookahead window* puede ser entre 3 a 12 semanas, y esto "...es decidido en base a las características del proyecto, la confiabilidad del sistema de planificación, y los plazos para adquirir información, materiales, mano de obra, y equipos" (Ballard, 2000).

De esta manera vemos que el intervalo de tiempo para el *lookahead window* es particular de acuerdo a cada proyecto y en base al criterio del encargado de la planificación. Se debe tomar en cuenta sobre todo que hay actividades que tienen tiempos largos para generar el abastecimiento requerido, con lo cual este período de respuesta no solo debe ser considerado para el *Lookahead Window*, sino también dentro del cronograma maestro (*Master Schedule*). Por ejemplo si se tiene una obra en un lugar de difícil acceso en donde los materiales demoran en llegar 4 semanas aproximadamente, no podremos considerar un *lookahead window*

de 2 o 3 semanas ya que no tendremos mapeado si es que los materiales llegarán o no. En cambio el período de tiempo tendría que ser de 4 o 5 semanas, de acuerdo al criterio del responsable de la planificación intermedia o *lookahead planning*.

Se presenta a continuación un ejemplo de cronograma *lookahead* (*Lookahead Schedule*), donde podemos observar un intervalo de tiempo de 3 semanas (*Lookahead window*) y observamos a su vez el desglose de las actividades del cronograma maestro en las tareas que están programadas y que serán revisadas (*Screening*) para posteriormente ser asignadas para su ejecución por las unidades de producción (cuadrillas de obreros) dentro del plan de trabajo semanal (*Weekly Work Plan*).

ACTIVIDADES	UND	CANT	SEMANA PRESENTE							SIGUIENTE SEMANA							SUB SIGUIENTE SEMANA									
			L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D			
			22-mar	23-mar	24-mar	25-mar	26-mar	27-mar	28-mar	29-mar	30-mar	31-mar	01-abr	02-abr	03-abr	04-abr	05-abr	06-abr	07-abr	08-abr	09-abr	10-abr	11-abr			
CÁMARA DE COAGULACIÓN																										
<i>Losa de fondo</i>																										
Soldado	m ³	4.5	4.5																							
Acero	Kg	360		180	180																					
Encofrado	m ²	7.2			7.2																					
Concreto	m ³	9				9																				
<i>Muros</i>																										
Acero	Kg	2,414					241.4		241.4	241.4	241.4	241.4	241.4	241.4			241.4	241.4	241.4							
Encofrado	m ²	516								87.5	87.5			87.5	87.5		83.00	83.00								
Concreto	m ³	60.35										21.9					21.9								16.6	
<i>Losa de techo</i>																										
Acero	Kg	180																								90
Encofrado	m ²	5.4																								
Concreto	m ³	4.5																								

Figura 2.12: Ejemplo de Lookahead Schedule, periodo de 3 semanas

(Fuente propia)

2.2.5.3.3 Funciones del proceso lookahead

Las funciones del *lookahead planning* según Ballard, son:

- a) Formar la secuencia y el ritmo del flujo de trabajo:

Como ya se explicó, el *Lookahead Planning* tiene como objetivo principal el control del flujo de trabajo. Por ello una de las funciones es de controlar el traspaso de los trabajos de una unidad de producción a otra (de una cuadrilla a otra), para ello es necesario establecer la secuencia de los trabajos de acuerdo al proceso constructivo, es decir que actividades son predecesoras de otras y además establecer el ritmo o tiempos en que se manejarán los entregables entre cada unidad de producción.

- b) Equilibrar correctamente la carga y capacidad de trabajo:

Primero definamos carga y capacidad, carga se entiende como la cantidad trabajo que se asigna a una unidad de producción y capacidad viene a ser la cantidad de trabajo que una unidad de producción puede realizar en un tiempo dado. Para entender mejor veamos el siguiente ejemplo: en un día de trabajo se le asigna a una cuadrilla de 4 obreros (unidad de producción) la excavación manual de 10 m^3 en terreno de material suelto, la carga de trabajo para ese día serán los 10 m^3 de excavación; pero ¿qué podemos decir de la capacidad de esta cuadrilla para realizar la actividad de excavación en un día de trabajo?, pues que en promedio puede

realizar aproximadamente 6 m³ de excavación al día, siendo esta su capacidad de trabajo. Por lo tanto podemos ver que no existe equilibrio en la carga de trabajo que se planificó versus la capacidad de la unidad de producción.

De esta manera lo ideal es lograr el equilibrio entre la carga que se asigna a una unidad de producción versus la capacidad que tiene dicha unidad.

- c) Descomponer las actividades del *Master Schedule* en paquetes de trabajo y operaciones:

Durante el *Lookahead Planning* se establece el *Lookahead Schedule*, que está comprendido por todas aquellas asignaciones que se detallaron del *Master Schedule* hasta ser las asignaciones que serán ejecutadas directamente por las unidades de producción y las cuales pasaran por el levantamiento de restricciones.

- d) Desarrollar métodos detallados para ejecutar el trabajo:

Es necesario que se realice un alto nivel de detalle en el método o proceso constructivo mediante el cual se ejecutará una actividad, ya que de esta manera se podrá identificar la mayor cantidad de dificultades para su ejecución. Siendo estas dificultades las restricciones que se deben liberar o levantar, para que dicha actividad se considere que es factible de ejecutar al 100%.

e) Mantener una reserva de trabajo listo:

Como parte del proceso *lookahead* está la liberación de restricciones de todas las actividades que fueron desglosadas del *Master Schedule*. De esta forma se obtiene un inventario de trabajo ejecutable (*Workable Backlog*) para el período de tiempo establecido para el *Lookahead Window*. De esta manera en caso que una actividad programada no pueda ser ejecutada, la unidad de producción no quedará ociosa ya que habrá otra actividad liberada lista para ser asignada a esta unidad de producción. Y de esta forma podremos estabilizar el flujo de trabajo.

f) Actualizar y revisar programas de mayor nivel según requerido:

A medida que se va avanzando en la ejecución de un proyecto y la *lookahead window* se mueve, se irá identificando actividades que están siendo reprogramadas por falta de liberación o porque se adelantaron para no dejar unidades de producción ociosas. En ambos casos se debe revisar los hitos definidos en el *Master Schedule* o en el *Phase Scheduling* para verificar que estos se puedan cumplir en el plazo propuesto o en caso contrario replantear la fecha para dichos hitos.

2.2.5.3.4 Definición de actividades

En cuanto a la definición de las actividades que irán en el *Lookahead Schedule*, Ballard detalla claramente cómo es que se debe proceder, por

además que de esta manera podremos llevar el control del cumplimiento de las tareas programadas, lo cual se realiza mediante el porcentaje de plan cumplido (PPC) que se revisará más adelante.

2.2.5.3.5 Análisis de Restricciones (Constraints Analysis)

Luego que se definen las tareas o asignaciones en el *Lookahead Schedule*, se procede a realizar el análisis de restricciones de estas asignaciones. Lo cual no es más que identificar los factores que impiden que una asignación pueda ser ejecutada en la fecha y plazo programado. Por ello es importante que el nivel del desglose del *Master Schedule* sea lo más detallado posible, ya que de esta manera será más fácil realizar este análisis. El objetivo de realizar este análisis de restricciones es el de obtener una reserva de tareas ejecutables (*Workable Backlog*), que estén liberadas y listas para ser programadas.

Ballard, al respecto indica: “La regla general es permitir dentro de la ventana *lookahead (Lookahead Window)*, o permitir avanzar de una semana a la siguiente dentro de la ventana *lookahead*, solamente aquellas actividades que puedan ser alistadas para ser completadas puntualmente. Si el planificador no está seguro de poder eliminar las restricciones, las asignaciones potenciales son postergadas a una fecha posterior” (Ballard 2000).

Por lo tanto para lograr el control de flujo de trabajo, que es la **finalidad del Lookahead Planning**, se debe coordinar todo lo necesario para que una tarea pueda ser ejecutada. Por ello a esta coordinación para la **ejecución**

futura de una tarea se denomina “liberación de restricciones”, que puede involucrar la liberación de los diseños, los proveedores, la mano de obra, la información, el suministro de maquinaria, etc.

En el ejemplo presentado por Ballard en su tesis de doctorado considera algunas restricciones como: contrato, diseño, entregas, materiales, trabajo preliminar requerido, espacio, equipos, mano de obra y otros (permisos, inspecciones, etc.). A continuación procederemos a detallar las restricciones que se pueden considerar usuales en la construcción:

- **Diseño:** Se hace referencia con esta restricción a las variaciones que puede tener una tarea en cuanto a compatibilización entre planos del proyecto, de especificaciones técnicas o por omisiones en el proyecto.
- **Prerrequisitos:** Se refiere a dar frente de trabajo a la unidad de producción que realizará la tarea que se está analizando. Es decir se deben terminar las tareas previas, como por ejemplo: para la tarea de encofrado de placas se tiene como prerrequisito que se haya cumplido con la tarea de habilitación e instalación de acero, que es el paso previo.
- **Materiales:** Los materiales necesarios para cada tarea **deben estar** en obra antes de la fecha de inicio de dicha actividad.
- **Mano de obra:** Al momento que se genera el *Lookahead Schedule* se procede a identificar la cantidad de mano de obra para cada tarea (equilibrio entre carga y capacidad), de tal manera que se tenga

mapeado las fechas en que se necesita incrementar o disminuir la mano de obra. De esa manera tendremos que liberar esta restricción haciendo el pedido a recursos humanos para la contratación de más personal para la fecha de ejecución de la tarea en análisis, o sino también en redistribuir el personal que ya se cuenta en obra.

- Equipos: Debemos tomar en cuenta el tiempo que toma en alquilar, comprar, movilizar o reparar una maquinaria para la tarea que estamos analizando, de tal manera que se pueda tener la maquinaria en óptimas condiciones en la fecha de inicio de la tarea.
- Calidad: En muchas de las tareas en una obra se tiene controles de calidad ya sea por parte de la empresa constructora o por un supervisor externo, para ello se debe tomar en cuenta los tiempos de convocar a los responsables del control de calidad, tener listos los formatos de calidad, etc. De tal manera que se pueda cumplir antes y después de con todos los protocolos preestablecidos.
- Otras: En esta categoría podemos colocar todas aquellas restricciones especiales que puedan haber para cada tarea, como permisos, inspecciones, procedimientos de seguridad, inducciones de seguridad específicas, etc.

Hay algunas consideraciones que deben ser tomadas y llenadas **en los** formatos para el análisis de restricciones, como son: el tener en claro la fecha de inicio de la tarea a evaluar, identificar y detallar las restricciones para luego ubicarlas dentro de los grupos (Diseño, prerrequisitos,

materiales, etc.), designar a un responsable del levantamiento y seguimiento de restricciones, definir una fecha límite para la cual debe estar liberada la asignación (esta fecha tiene que ser antes de la fecha de inicio).

Además existen dos procesos claves para poder liberar restricciones, estos son la revisión (*Screening*) y preparación o alistar (*Make ready*) las restricciones.

La revisión (*Screening*) consiste en determinar el estado de las tareas dentro del *Lookahead Window* en relación a sus restricciones y a la probabilidad de levantar las restricciones, en base de lo cual se decide adelantar o atrasar las tareas con respecto a lo planteado en el cronograma maestro (*Master Schedule*). Mediante la revisión se tiene la última oportunidad de poder decidir si la tarea ingresa o no al *Lookahead Window* ya que si vemos de antemano que las restricciones no podrán ser liberadas para el plazo definido, la tarea debe ser retirada para evitar una falsa expectativa de cumplimiento. Como se puede observar esta es la primera oportunidad que se presenta en el *Last Planner System* para comenzar a estabilizar el flujo de trabajo.

Debemos tomar en cuenta que la revisión se realiza basado en los tiempos de respuesta de los proveedores de cada una de las restricciones, repitiendo así este análisis en cada ciclo de planificación al actualizar el *Lookahead Window* al añadir la siguiente semana a evaluar.

La preparación o alistar (*Make ready*) restricciones hace referencia a **tomar** todas las acciones necesarias para levantar las restricciones de las **tareas de** tal forma que estas sean viables para su ejecución en la fecha **programada**.

Una vez realizado estos procesos, podemos contar con todas las **tareas que** se encuentran liberadas de restricciones. A este grupo de **tareas sin** restricciones y que tienen alta probabilidad de ser ejecutadas **según lo** programado se conoce como reserva de tareas ejecutables (*Workable Backlog*).

2.2.5.4 Reserva de trabajo ejecutable (Workable Backlog)

Como ya mencionamos, la reserva de tareas ejecutables (*Workable Backlog*) viene a ser la lista de tareas que tiene liberadas todas sus restricciones, por lo que tendrán una alta probabilidad de cumplimiento. Esta lista puede contener diferentes tipos de tareas (Rojas R. Vera):

- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen al *Workable Backlog* de la semana en curso que no pudieron ser ejecutadas.
- Actividades con restricciones liberadas que pertenecen a la primera semana futura que se desea planificar.
- Actividades con restricciones liberadas con dos o más **semanas** futuras (situación ideal de todo planificador).

La finalidad de contar con una reserva de tareas ejecutables, es el de **evitar** tener unidades de producción ociosas en caso que apareciese algún problema con una tarea que estaba dentro del plan de trabajo semanal

(Weekly Work Plan) y ya no pudiese ser ejecutada. Si esto ocurriese pues se tomaría otra actividad de *Workable Backlog* para que fuera ejecutado por esta unidad de producción evitando así tiempos muertos. Claro que siempre debemos tomar en cuenta que la nueva tarea que se asignará a esta unidad de producción debe ser compatible con sus habilidades.

2.2.5.5 Plan de Trabajo Semanal (Weekly Work Plan)

Hasta el momento se ha detallado tres niveles dentro de la jerarquía del *Last Planner System*, los cuales son: el cronograma maestro (*Master Schedule*), la programación por fases (*Phase Scheduling*) y la planificación intermedia (*Lookahead Schedule*). El último nivel dentro de esta jerarquía es el plan de trabajo semanal (*Weekly Work Plan*) siendo este el de mayor nivel de detalle previo a la ejecución de una tarea y que tiene como objetivo el control de las unidades de producción. Lo que se busca es lograr progresivamente asignaciones de mayor calidad en base al aprendizaje continuo y con acciones correctiva . El responsable de realizar esta etapa es el denominado último planificador (*Last Planner*), que puede ser un ingeniero de campo, un maestro de obra, supervisores, etc. Es decir puede ser todas aquellas personas que están como responsables directamente en campo y están en contacto con las unidades de producción.

2.2.5.5.1 Asignaciones de Calidad (Quality Assignments)

El *Weekly Work Plan* se elabora en base a la selección de tareas que tenemos de la lista de reserva de trabajo ejecutable (*Workable Backlog*).

Por ello “asignaciones de calidad” (*Quality Assignments*) se denomina a la acción de escoger que tareas serán ejecutadas en la siguiente semana desde lo que sabemos que tiene alta probabilidad de ser cumplido (*Workable Backlog*).

Entonces, si tenemos como premisa que solo asignaciones de calidad pueden ser ejecutadas en el *Weekly Work Plan*, con esto estamos dando una protección al flujo de producción de las incertidumbres, aportando así un flujo confiable de trabajo para las unidades de producción. Algunos criterios de calidad fueron establecidos, los cuales se detallan a continuación (Ballard, 2000):

- Definición (*Definition*): Las tareas deben ser bien definidas y específicas para que no haya dudas al momento de su ejecución, además debemos poder medirlo para saber si la tarea se completó al 100% al término de la semana.
- Viabilidad (*Soundness*): Todas las tareas programadas deben contar con todo lo necesario para que puedan ser ejecutadas en la semana, no solo se trata de contar con los materiales sino también de las tareas previas que deberían estar culminadas.
- Secuencia (*Sequence*): La secuencia de trabajo debe ser lógica, en base a un orden de prioridad y constructabilidad.
- Tamaño (*Size*): La cantidad de trabajo debe ser equilibrado con la capacidad que tengan las unidades de producción y además debemos tomar en cuenta que la tarea produce un trabajo para la

siguiente unidad de producción según el tamaño y formatos requeridos.

- Aprendizaje (*Learning*): Se debe tomar nota de **aquellas** actividades que no llegaron a ser ejecutadas al 100% e identificar las razones de no cumplimiento, para de esta manera tener una retroalimentación y evitar repetir los mismos errores u omisiones.

2.2.5.5.2 Porcentaje de Plan Cumplido (Percent Plan Complete - PPC)

La forma de medir el desempeño del *Weekly Work Plan* para poder estimar su calidad en cuanto a cumplimiento, se realiza a través del porcentaje de plan cumplido (*Percent Plan Complete - PPC*). Este paso es importante ya que nos sirve de retroalimentación para poder luego implementar mejoras y aprender de las fallas al momento de asignar una tarea.

El PPC compara lo que se planeó ejecutar versus lo que realmente fue ejecutado, tomando en cuenta que una tarea se considera terminada si es que se concluyó según se especificaba en el *Weekly Work Plan*. Por ejemplo, si se tiene la tarea de encofrado de placas y se planeó encofrar 262,5 m² de placas en esa semana, se considerará culminada la tarea solo si se ejecutaron los 262,5 m², si se ejecutó 180 m², consideraremos que no fue concluida ya que no logramos cumplir con lo que especificamos inicialmente, de esta manera podremos evaluar por ejemplo el equilibrio entre carga y capacidad para esa unidad de producción.

La manera de obtener el PPC viene de la división del número de tareas completadas que fueron programadas dividido por el total de las tareas

programadas para la misma semana, y todo esto lo expresamos como porcentaje.

2.2.5.5.3 Razones de No Cumplimiento (Reasons for Non - Conformance)

Las razones de no cumplimiento son todas aquellas causas que llevaron a no culminar la tarea programada para la semana. Recordemos que la tarea se considera culminada si es que se concluyó totalmente y no parcialmente. El identificar estas causas nos llevará a una retroalimentación para futuro, ya que podremos ir haciendo una recopilación de las causas más recurrentes y en las que debemos tener más cuidado para las siguientes semanas o para próximos proyectos. Algunas razones de no cumplimiento puede ser las fallas en mano de obra, materiales, causas externas, etc.

Pero sobre todo debemos evaluar si es que son referidas a una mala programación, o un exceso de carga para la unidad de producción, falta de procesos claros o quizá funciones no definidas para los ejecutores de la tarea. En conclusión, la importancia de las razones de no cumplimiento es el aprendizaje para no volver a repetir estos errores en el futuro.

2.2.6 Visión global del Last Planner System

En base a la estructuración del sistema que se ha detallado en los ítems anteriores, ahora pasamos a presentar un diagrama de flujo en el cual se puede visualizar todos los niveles jerárquicos de planificación en el sistema así como sus procesos principales.

Lo interesante de este diagrama es que se puede visualizar toda la concepción del sistema y cada etapa que se tiene que recorrer desde el cronograma maestro hasta la revisión final del PPC y razones de no cumplimiento de las tareas que fueron ejecutadas según el plan de trabajo semanal. Así podemos guiarnos y entender la secuencia de análisis que se describió en el ítem 2.2.5 de estructuración del *Last Planner System* (ver figura 2.14).

Además Ballard también indica que el *Last Planner System* agrega un componente de control al sistema tradicional de gestión de proyectos. Si recordamos el diagrama para un sistema tradicional (ver figura 2.9) y lo comparamos con el que se presenta en la figura 2.15 podemos ver que se añade el componente del *Last Planner*. El cual, según palabras de Ballard, es un mecanismo para transformar lo que se debería (Should) hacer en lo que se puede (Can) hacer, de esta manera obtenemos la reserva de trabajo ejecutable (*Workable Backlog*) disponible a partir del cual se seleccionan las tareas que ingresarán en los planes de trabajos semanales (*Weekly Works Plans*). Y estos planes de trabajos semanales son los compromisos que asumen los últimos planificadores o *Last Planner* sobre lo que realmente se hará (Will) (Ballard, 2000). Por ello uno de los pilares de este sistema se basa en el compromiso del equipo para con las metas que se proponen en el proyecto.

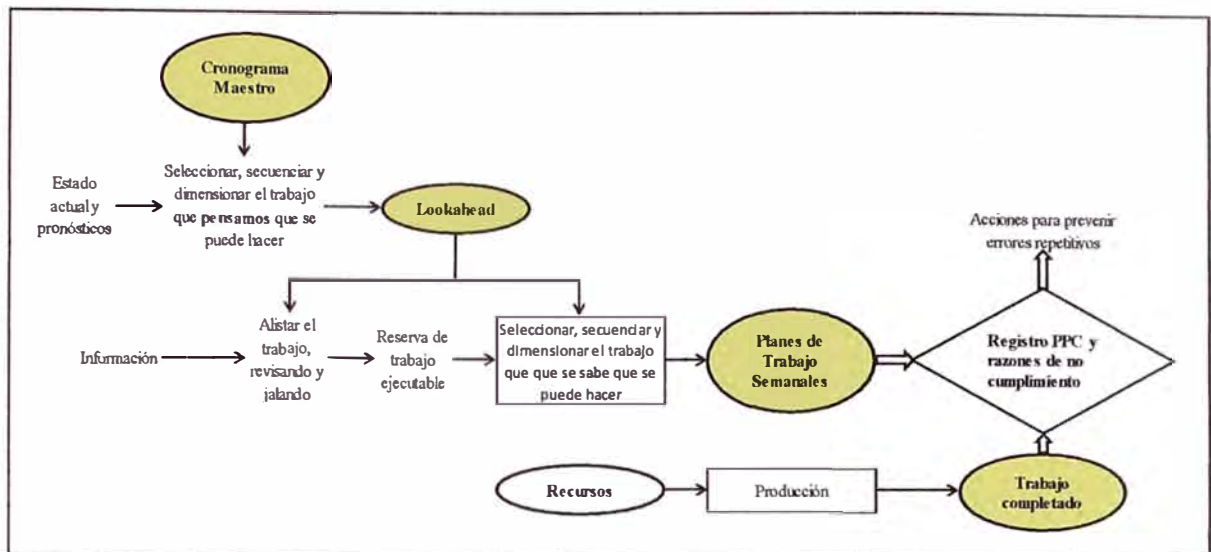


Figura 2.14: Last Planner System con el proceso Lookahead en destaque
(Ballard, 2000)

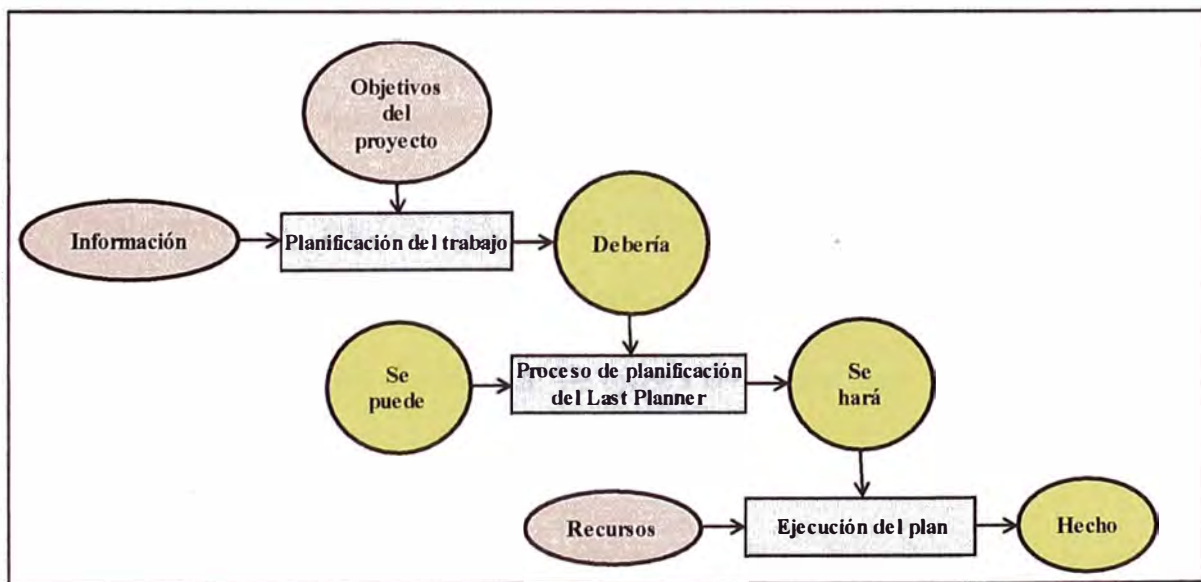


Figura 2.15: Last Planner System como un componente adicional al Sistema Tradicional (Ballard, 2000)

CAPÍTULO 3

ALCANCE DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA

138/22,9/10 kVA

3.1 Construcción de la Subestación Eléctrica Principal 138/22,9/10 kV

En el presente capítulo se describen las actividades y la secuencia constructiva que se desarrollaron para la ejecución de todo el trabajo requerido para la construcción de la subestación eléctrica, de acuerdo a las condiciones indicadas por el cliente, planos y especificaciones del proyecto.

Así mismo, se indicará el plazo e hitos establecidos por el cliente, para la ejecución de la construcción de la subestación eléctrica.

Finalmente se indicará los costos establecidos para la ejecución de la construcción de la subestación eléctrica: Costo del proyecto como CAPEX (*Capital Expenditure* – Inversión en bienes de capital) del cliente y el costo del proyecto como venta del contratista de construcción.

Para mayor entendimiento del contexto en el cual se desarrolla el presente informe, a continuación se describirá información que es relevante:

Proyecto global: PAD 4 B Fase I. Debido a la magnitud del proyecto global, para la elaboración del presente informe sólo se considera un sub proyecto, el cual es la construcción de la subestación eléctrica principal

138/22,9/10 kV (Tener en cuenta que en varios puntos del presente informe se le está denominando a éste como proyecto).

- CAPEX del proyecto global: US\$ 153 061 590. El CAPEX del sub proyecto construcción de la subestación eléctrica principal 138/22,9/10 kV será revisado en el acápite 3.1.4.
- Etapas que comprendió el proyecto global: Ingeniería, procura, construcción, pre comisionado, comisionado y puesta en marcha.
- Plazo de ejecución: Del 2010 al 2012.
- Lugar de ejecución: Arequipa.
- Contratista de la construcción de la subestación eléctrica principal 138/22,9/10 kV: Abengoa Perú.
- Tipo de contrato de la construcción de la subestación eléctrica principal 138/22,9/10 kV: Precios unitarios.

3.1.1 Descripción de las actividades ejecutadas

3.1.1.1 Obras civiles

Las obras civiles para la construcción de la subestación eléctrica comprendieron de las siguientes actividades:

- Demolición de estructuras existentes de concreto armado, concreto simple, asfalto y retiro de cercos metálicos.
- Excavación masiva para llegar al fondo de nivel de las principales cimentaciones para los equipos eléctricos.

- Excavaciones estructurales para la construcción de bases para equipos menores, trincheras eléctricas, buzones eléctricos, banco ductos y sardineles.
- Cimentaciones para los equipos eléctricos, muros cortafuegos, trincheras eléctricas, buzones eléctricos, banco ductos y sardineles. Dentro de esta cimentación se incluye las actividades de vaciado de concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ (Solado), habilitación e instalación de acero de refuerzo $f'y = 4\ 200 \text{ kg/cm}^2$, encofrado y vaciado de concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ piedra mediana, concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$, concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ y concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Fabricación y montaje de soportes para los equipos eléctricos, de acero estructural.
- Fabricación y montaje de cerco metálico.
- Relleno y compactación con material de préstamo.
- Colocación de grava de 1 ½".

3.1.1.2 Obras electromecánicas

Las obras electromecánicas para la construcción de la subestación eléctrica comprendieron de las siguientes actividades:

- Instalación de sistema puesta a tierra.
- Montaje de sala eléctrica.

- Montaje y armado de transformador de potencia ONAN/ONAF, con regulación automática 138/22,9/10 kV de 40-50 MVA. Incluye la instalación de su resistencia puesta a tierra.
- Montaje y armado de transformador de potencia de 10-12 MVA, 22,9/10 kV. Incluye la instalación de su resistencia puesta a tierra.
- Instalación de tres transformadores de tensión tipo capacitivo de 145/0,12 kV.
- Instalación de un seccionador de potencia tripolar clase 170 kV.
- Instalación de un interruptor de potencia de tanque muerto clase 170 kV, con cámaras de extinción de arco en gas SF₆.
- Instalación de un transformador de distribución de 120 kVA, 22,9/0,23 kV.
- Instalación de un banco de condensadores con filtros de armónicos, conectado a la barra de 22.9 kV.
- Modificación de una torre metálica (existente) para la acometida de 138 kV hacia la nueva bahía eléctrica.
- Instalación de canalizaciones (bandejas y tuberías *conduit*).
- Tendido y conexionado de cables.
- Instalación de sistema de iluminación.
- Instalación de tomacorrientes.
- Instalación de señalización.

3.1.1.3 Obras instrumentación, control y comunicación

Las obras instrumentación, control y comunicación para la construcción de la subestación eléctrica comprendieron de las siguientes actividades:

- Instalación de un gabinete de comunicaciones en la sala eléctrica.
- Tendido y conexionado de cables de comunicaciones desde los tableros de control, protección y medición hasta el gabinete de comunicaciones.
- Tendido y conexionado de cables de comunicación desde el gabinete de comunicaciones hasta el gabinete de comunicaciones de la sala de control de planta industrial (existente).

3.1.2 Descripción de la secuencia constructiva

En esta sección se describe la secuencia constructiva para la ejecución del proyecto. La secuencia constructiva obedece al plan de ejecución (elaborado por el contratista y revisado conjuntamente con el cliente) en base a la información del proyecto (planos, memorias de cálculo, especificaciones técnicas, etc.), plazos (plazo establecido en el contrato, fecha de llegada de los equipos, etc.) e hitos del proyecto (hitos establecidos en el contrato, fechas programadas de corte de energía, etc.).

3.1.2.1 Actividades preliminares

Es de suma importancia para la secuencia de los trabajos y cumplimiento de los plazos, la liberación de las áreas en que serán construidas cada una de las partes de la obra, en las fechas indicadas en el cronograma de construcción.

Antes de iniciar las excavaciones, previa ejecución del replanteo topográfico de las cimentaciones, se dio una atención especial a la identificación de las interferencias como fueron obras de concreto existente (taller eléctrico), canalización con cables de energía eléctrica, cerco metálico y sistema de drenaje. Estas interferencias fueron retiradas por el cliente antes del ingreso del contratista principal (estrategia de construcción para entrega del área al contratista libre de interferencias); se reubicó el taller eléctrico y se realizó la demolición de la estructura existente; la canalización con cables de energía eléctrica fue retirado, ya que se comprobó que estaban en desuso y desenergizados; se realizó el retiro del cerco metálico que se encontró como interferencia en la zona de construcción y se instaló paneles de madera para evitar la intrusión de personas a la zona contigua en la cual se encuentra una subestación eléctrica existente; finalmente se realizó la demolición de canales de drenaje y retiro de tuberías HDPE (*High density polyethylene* – Polietileno de alta densidad) que se encontraban enterradas, las cuales servían de conducción para agua de lluvia hacia una quebrada contigua a la subestación eléctrica existente.

Se debe tener en cuenta que no todas las interferencias se encuentran descritas en los expedientes técnicos o plasmados en los planos de construcción, ya que existen muchas obras antiguas (que no pertenecen al presente proyecto) que no se encuentran plasmadas en planos *as built* (tal y como ha sido construido) o también se puede dar el caso que algunas obras

pueden haberse ejecutado posterior a la elaboración del expediente técnico del proyecto. Sólo con la identificación en campo se evitará daños a la propiedad y se garantizará la seguridad del personal que ejecutará actividades en el área involucrada.

3.1.2.2 Movilización de personal

La mano de obra directa no calificada que se empleó para la ejecución de la construcción fue en su totalidad de la zona de influencia de la mina, lo cual permitió satisfacer las expectativas de empleo, que normalmente se ponen de manifiesto en las zonas donde se desarrollan proyectos de magnitud significativa.

La mano de obra directa calificada que se empleó para la ejecución de la construcción generalmente fue de Lima y de otros lugares del país, los cuáles contaron con un programa de salidas, este programa de salidas fue muy importante para tener la cuantificación de las unidades de producción en el tiempo y su disponibilidad para la programación de las actividades de construcción.

El equipo de proyecto encargado de la supervisión (personal indirecto) por parte del contratista fue de diversas partes del país, así como personal local (Arequipa).

El ingreso del personal directo e indirecto se realizó de acuerdo a un plan de requerimiento de personal el cual obedeció al plan de ejecución del proyecto y el cronograma de obra.

Así mismo se consideró los plazos para el ingreso del personal a las instalaciones de la mina, el cual considera los días para charla de inducción en cumplimiento del DS – 055 – MEM y examen médico de acuerdo al perfil del trabajador (categoría en la cual desempeñará sus actividades). La consideración de este plazo también fue de importancia para la programación de actividades de construcción por las unidades de producción.

3.1.2.3 Movilización de equipos

La movilización de equipos para la ejecución de la obra obedeció al plan de ejecución del proyecto, según el cronograma de obra, y en función de la disponibilidad en la zona u otros lugares del país.

Los principales equipos que se movilizaron fueron: Camión grúa, retroexcavadora, camión volquete, mezcladora de concreto y winche.

Los equipos mayores para izaje de la sala eléctrica y transformadores (Grúa de 200 t, grúa de 100 t y cama baja) fueron proporcionados por el cliente, ya que se encontraban disponibles en las operaciones de la mina.

Así mismo se consideró los plazos para el ingreso de los equipos a las instalaciones de la mina, el cual considera los días para la movilización desde la zona donde se encontraban los equipos, días para gestionar certificado de operatividad y la inspección por parte del área de equipo liviano del cliente, según los procedimientos establecidos en la mina. La

consideración de este plazo también fue de importancia para la programación de actividades de construcción.

3.1.2.4 Movilización de materiales

Los equipos y materiales permanentes en su mayoría fueron de responsabilidad del cliente, ya que la gestión de compra fue realizada de acuerdo a un proyecto EPCM (*Engineering, Procurement, Construction Management* – Ingeniería, Adquisiciones, Gestión de Construcción). La entrega de los equipos y materiales permanentes hacia el contratista para la instalación de las mismas, se realizó de acuerdo a un cronograma de entregas, las fechas de entrega obedecieron al plan de compras del cliente.

Algunos materiales permanentes y los materiales consumibles (en su totalidad) fueron de responsabilidad del contratista, las fechas en las que se requerían en obra obedecían a un plan de compras del cliente, este plan va de acorde al cronograma de obra.

El contratista contaba con un almacén permanente en las instalaciones de la mina. Los equipos y materiales del proyecto que se encontraba en los almacenes del cliente fueron trasladados paulatinamente al almacén del contratista de acuerdo a requerimiento de avance de obra. La recepción de estos equipos y materiales por parte del contratista se realizó con la respectiva inspección y evaluación de control de calidad, generándose así los registros de inspección de material (RIM).

Todo material que se ingresaba a mina contó con su respectiva certificación de calidad de producto, así como todo producto químico contó con su hoja de seguridad (MSDS). Para el caso de los agregados, en general se realizó la utilización de concreto premezclado de la empresa Cementos Yura, división concretos (Actualmente Supermix).

3.1.2.5 Facilidades temporales

Se instalaron oficinas, talleres y almacenes en obra, desde donde se dio un eficiente apoyo logístico a la obra en lo que respecta a los servicios de mantenimiento de equipos, almacenaje y distribución de materiales, administración de recursos humanos, seguridad, etc.

Las instalaciones de oficinas en obra fueron las necesarias y suficientes para atender la organización para la obra (equipo de proyecto), permitiendo el normal desarrollo de los trabajos. La distribución de las facilidades se apreciará en el plano “Croquis campamento principal”, la cual fue aprobada previamente por el cliente antes de su habilitación.

3.1.2.6 Topografía general en obra

Iniciado la obra se realizó el levantamiento topográfico de la superficie existente en el área donde se construyó la subestación eléctrica, esta superficie fue conciliada con la supervisión del cliente, esto a efecto de tener una línea base para luego hacer referencia a la cantidad de movimiento de tierra realizada en el área.

Se realizó el replanteo topográfico del terreno basado en los hitos y BM (*Bench Mark* – Banco de nivel de precisión) existentes proporcionados por el cliente. Este replanteo se realizó siguiendo la geometría, alineamiento y niveles especificados en los planos del proyecto y siempre en coordinación con la supervisión del cliente.

Se instaló estacas y marcadores, los cuales son necesarios para la verificación de los trabajos, así como para controlar el avance progresivo de los mismos y cuantificar las partidas de pago.

Durante el desarrollo de la obra se realizaron los replanteos topográficos necesarios para una correcta ejecución de los trabajos, garantizando así que los niveles y alineamientos de los trabajos ejecutados sean los especificados en el proyecto.

El equipo utilizado fue una estación total con su respectiva certificación de calibración.

3.1.2.7 Excavación masiva

Previo al inicio de la excavación se contó con la aprobación del replanteo topográfico por parte de la supervisión del cliente.

La excavación masiva se realizó a diferentes profundidades, esto **según las** cotas de fondo de las cimentaciones. La estrategia de ejecución de excavación masiva se dio a modo de evitar espacios confinados y el empleo de entibados (debido a la profundidad pronunciada, sobre todo en la zona del transformador de potencia 40-50 MVA).

Luego de llegar al fondo de cimentación en la zona de transformador de potencia 40-50 MVA y sala eléctrica, se tuvo la indicación por parte de la supervisión del cliente de realizar un mejoramiento de terreno, debido a que en el fondo de cimentación no se encontró material competente. En este caso existía dos soluciones: La primera realizar una sobre excavación, luego rellenar y compactar con material de préstamo y la segunda realizar una sobre excavación, luego realizar el vaciado de concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30 \% \text{ piedra mediana (concreto ciclópeo)}$. Se optó por la segunda opción debido a que la primera demandaría mayor tiempo, lo cual impactaría en el plazo del proyecto por estar en la ruta crítica. El no haberse previsto la ejecución del mejoramiento de terreno se debió a que no se realizó las pruebas geológicas del terreno en la etapa de ingeniería de detalle.

El material producto de la excavación era acumulado en un sector del área de construcción, para luego ser eliminado hacia un botadero autorizado.

Para la protección del personal que se encontraba laborando en el área se instaló barreras rígidas con madera, así como se realizó la señalización y demarcación de áreas según los estándares de la ley vigente y los estándares de la mina.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

Retroexcavadora con su respectivo operador.

Volquete con su respectivo operador.

- 01 oficial guía (Cuadrador).
- 01 vigía

3.1.2.8 Excavación manual

Las excavaciones manuales fueron realizadas para la construcción de buzones eléctricos, banco ductos, drenajes, sardineles, bases para equipos menores y para la instalación del sistema de puesta a tierra profunda. Todas estas excavaciones se realizaron de acuerdo a rasantes y alineamientos indicados en los planos del proyecto.

Para excavaciones con profundidad mayor a 1,2 m, se debió contar con su respectivo vigía de espacio confinado.

El material producto de la excavación era acumulado en un sector del área de construcción, para luego ser eliminado hacia un botadero autorizado.

Para la protección del personal que se encontraba laborando en el área se instaló barreras rígidas con madera, así como se realizó la señalización y demarcación de áreas según los estándares de la ley vigente y los estándares de la mina.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz civil.
- 01 operario civil.
- 04 peones.
- 01 vigía.
- Lampas, picos y buguis.

- 01 Volquete.

3.1.2.9 Concreto

Antes de la iniciar cualquier actividad de vaciado de concreto se presentará para aprobación por el cliente, el diseño de mezcla de concreto el cual incluirá análisis granulométrico, y análisis físico químico del agregado y agua. La calidad de los materiales y el diseño de mezclas de concreto por peso o volumen; se diseñan y ejecutan para cumplir con los requisitos de resistencia señalados en las especificaciones técnicas del proyecto.

En el proyecto existió la preparación de concreto en sitio mediante mezcladora y suministro de concreto premezclado de la planta de concretos de la empresa Yura. La utilización de concreto premezclado fue en cimentaciones importantes y el concreto preparado en sitio fue para estructuras menores.

Para el vaciado de concreto se tuvo las siguientes consideraciones básicas:

- El vaciado de concreto de cada cimentación fue efectuado en forma continua hasta la terminación del mismo, esto para evitar juntas frías.
- El concreto recién vaciado fue protegido, para evitar un secado prematuro, temperatura excesivamente caliente o fría.
- Todos los vaciados de concreto fueron compactados en su lugar por medio de vibradores de inmersión portátiles.

La determinación de la resistencia a la compresión en kg/cm^2 se efectuó en cilindros de prueba de 6" x 12" (probetas), de acuerdo con el método estándar de pruebas para resistencia a compresión de cilindros moldeados de concreto.

El tipo de concreto utilizado para cada cimentación fue el siguiente:

- Concreto $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$: Para solados.
- Concreto $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ piedra median: Para sub zapatas.
- Concreto $f'c = 175 \text{ kg/cm}^2$: Para banco ductos, cimentación de postes y sardineles de cerco.
- Concreto $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$: Para canaletas eléctricas y buzones eléctricos.
- Concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$: Para cimentación de los equipos eléctricos, cimentación de sala eléctrica, muros cortafuegos y losas de piso.

En la construcción de la sub estación eléctrica la ejecución de cimentaciones fue en la siguiente secuencia:

- Cimentación de sala eléctrica, plataforma y losa para banco de baterías: Esta construcción se realizó en cuatro etapas la cual estaba compuesto de zapatas y pedestales para sala, losa y pedestales para plataforma.

- Cimentación de transformador de potencia principal de 40-50 MVA: Esta construcción se realizó en tres etapas la cual estaba compuesto de fundación de fondo, base central y muro perimetral.
- Cimentación de muro cortafuego 1: Esta construcción se realizó en tres etapas la cual estaba compuesto de zapata, muro parte 1 y muro parte 2. Antes de ejecutar la etapa muro parte 2 se realizó el montaje de la sala eléctrico, esto debido a no interferir con la altura de izaje de la sala.
- Cimentación de transformador de tensión 138 kV: Esta construcción se realizó en dos etapas la cual estaba compuesta de zapatas y pedestales.
- Cimentación de seccionador de línea 170 kV: Esta construcción se realizó en dos etapas la cual estaba compuesta de zapatas y pedestales.
- Cimentación de interruptor de potencia 170 kV: Esta construcción se realizó en dos etapas la cual estaba compuesta de zapatas y pedestales.
- Cimentación de pórtico de línea 138 kV: Esta construcción se realizó en dos etapas la cual estaba compuesta de zapatas y columnas.
- Cimentación de transformador de servicios auxiliares 200 kVA: Esta construcción se realizó en tres etapas la cual estaba compuesto de fundación de fondo, base central y muro perimetral.
- Canaletas eléctricas: Esta construcción se realizó por tramos.

- Reforzamiento de cimentación de torre eléctrica.
- Cimentación de transformador de respaldo 10-12 MVA: Esta construcción se realizó en tres etapas la cual estaba compuesto de fundación de fondo, base central y muro perimetral.
- Cimentación de muro cortafuego 2: Esta construcción se realizó en dos etapas la cual estaba compuesto de zapata y muro.
- Buzones eléctricos y banco ductos.
- Cimentación de losa de aproximación: En esta losa se instaló rieles guía como facilidad para el mantenimiento del transformador de potencia 40-50 MVA.
- Bases para soportes de bandejas.
- Sardineles para cerco perimetral.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 02 capataces civiles.
- 04 operarios albañiles.
- 04 oficiales albañiles.
- 10 peones.
- 01 vigía.
- 01 mezcladora de 9 p3.
- 08 buguis.
- 03 vibradores de concreto.
- 04 cubos de recipiente de agua de 500 gln.

3.1.2.11 Acero de refuerzo $f'y = 4\ 200\ \text{kg/cm}^2$

Se elaboró y presentó una planilla de habilitado de acero de refuerzo de acuerdo a los planos del proyecto, para revisión y aprobación por parte de la supervisión del cliente.

El suministro del acero de refuerzo fue por parte del contratista. La habilitación se realizó en un área especialmente habilitada para tales trabajos.

La instalación del acero de refuerzo fue realizada de acuerdo a la secuencia descrita para las estructuras de concreto armado.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz civil.
- 03 operarios fierros.
- 03 oficiales fierros.
- 03 peones.
- 01 cizalla de corte de acero.
- 01 trozadora con disco de corte de 16".
- 02 esmeriles eléctricos de mano.
- Alambre N°16, arcos de sierra.

3.1.2.12 Relleno y compactación

Antes de dar inicio a la actividad se presentó a la supervisión del cliente, el proctor modificado del material a usar, esto en función de verificar el cumplimiento de los parámetros de diseño.

El material utilizado fue seleccionado de una cantera aprobada por el cliente, este material seleccionado fue colocado en capas de 0,3 m (de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto) y compactado con equipo tipo compactador de columna.

Para el relleno y compactación con material de préstamo, se tuvo las siguientes consideraciones:

- Todas las superficies sobre las cuales vaya a colocarse material de relleno, deberán de nivelarse y compactarse, escarificando hasta una profundidad de 0,1 m debiéndose compactar esta parte con una capa de material de relleno como si fuera parte de la misma.
- Las superficies sobre las cuales vaya a colocarse material de relleno, deberán estar libres de agua estancada o corrientes de agua, y se humedecerán o se secarán de acuerdo al estado de la misma.
- Se debe verificar que el material seleccionado deberá estar exenta de materia orgánica o cualquier material extraño.
- Se debe controlar el grado de humedad existente en el material seleccionado.

Finalmente para la verificación del compactado se realizó pruebas de densidad de campo.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz civil.
- 03 operadores de vibro apisonadores.

- 04 peones.
- 03 vibro apisonadores (canguros).
- 01 volquete.
- 01 retroexcavadora.
- 03 buguis, palas.

3.1.2.13 Estructuras metálicas (Soportes de equipos eléctricos, pórtico principal de llegada y modificación de torre de llegada)

Se realizó la fabricación de estructuras metálicas tal como se detalla a continuación:

- Soporte de transformador de tensión capacitivo 138 kV.
- Soporte de seccionador de cuchilla 170 kV.
- Soporte de resistencia de puesta a tierra del transformador 40-50 MVA.
- Soporte de resistencia de puesta a tierra del transformador 10-12 MVA.
- Pórtico principal de llegada.
- Modificación de torre de llegada.

La fabricación de estructuras metálicas se realizó con material de acero calidad ASTM A36, el proceso de soldadura fue según AWS D1.1, los ensayos no destructivos realizados fue mediante tintes penetrantes,

finalmente la protección de las estructuras fue mediante galvanizado en caliente.

Una vez trasladadas las estructuras a la obra, estas fueron colocadas en apoyos de madera, para mantenerlas libres de suciedad, barro o cualquier otro material extraño que pudiera haberse adherido a las estructuras y ocasionado daños en el galvanizado.

El ensamble de las estructuras fue realizado de acuerdo a los planos de montaje.

El izaje de las estructuras ensambladas fue realizado en la siguiente secuencia:

- Soporte de transformador de tensión capacitivo 138 kV.
- Soporte de seccionador de cuchilla 170 kV.
- Soporte de interruptor tripolar 170 kV (Este soporte fue suministrado con el equipo eléctrico).
- Pórtico principal de llegada.
- Soporte de resistencia de puesta a tierra del transformador 40-50 MVA.
- Soporte de resistencia de puesta a tierra del transformador 10-12 MVA.
- Modificación de torre de llegada (Esta labor se realizó en parada de planta del 24/11/11).

Luego de verificado el alineamiento y verticalidad de las estructuras, se procedió al torqueo de pernos de acuerdo a las tablas de diseño y posteriormente el resane de pintura de las estructuras con galvanox. De esta manera las estructuras de soporte quedaron liberadas para proceder con el montaje de los equipos sobre las mismas.

Adicionalmente se instalaron estructuras metálicas como soportes de bandejas porta cables, la fabricación de las mismas fue responsabilidad del contratista, previa presentación de los planos de taller para la aprobación por parte de la supervisión del cliente, también se fabricaron e instalaron estructuras metálicas como gratings (parrillas) para las pozas de derrame de aceite de los transformadores y tapas metálicas para canaletas eléctricas y buzones eléctricos.

Los recursos utilizados para la instalación de estructuras fueron:

- 01 capataz mecánico.
- 03 operarios montajistas.
- 02 oficiales montajistas.
- 01 soldador 3G.
- 01 ayudante.
- 01 moto soldadora.
- 01 camión grúa 15 t.

3.1.2.14 Montaje de equipos

Previo al montaje de los equipos se tuvo que realizar las inspecciones correspondientes en aras de verificar que los elementos que componen cada equipo se encuentren completos, que no presenten daños que hayan sido ocasionados a la entrega por los proveedores, en el transporte o en la manipulación de las mismas, y cumplan la funcionalidad o maniobrabilidad. Esta verificación se documenta en registros denominados RIM (Reporte de inspección de material) el cual forma parte del dossier de calidad del proyecto.

A continuación se detallará el proceso de montaje para cada equipo, de acuerdo a la secuencia cronológica de ejecución de las mismas:

a) Montaje de Sala eléctrica

El montaje de la sala eléctrica fue una de las actividades más crítica en el proyecto debido a que su ejecución fue en una parada de planta de 10 h, debido a que se requería desenergizar las líneas eléctricas 1A4 y 1A5 por encontrarse cercanos a la maniobra de izaje de la sala eléctrica.

Las actividades preliminares al izaje de la sala fueron las siguientes:

- Elaboración del plan de izaje; actividad en el cual se selecciona la capacidad de grúa y los elementos de izaje, teniendo en cuenta el peso de la sala, el centro de gravedad de la carga y el peso del balancín.

- Elaboración del procedimiento operacional estándar; documento en el cual se plasman los pasos que se seguirá en la ejecución del izaje, las consideraciones de seguridad que se tendrán y las responsabilidades de los involucrados en la actividad. Este documento fue presentado para aprobación de la supervisión del cliente.
- Gestión para ingreso de los equipos para el izaje; como se trató de una actividad puntual (dimensión de la carga y en fecha de parada de planta) se tuvo que hacer seguimiento a la logística para la disponibilidad de la grúa de 300 t con sus contrapesos y elementos de izaje, así como la disponibilidad de 4 cama bajas (3 para el traslado de los contrapesos y 1 para el traslado de la sala eléctrica al punto de izaje).
- Verificación de la nivelación del terreno sobre el cual estará posicionado la grúa de 300 t con sus respectivos contrapesos.
- Liberación de la cimentación sobre la cual se izó la sala eléctrica.
- Trazo en los pedestales sobre el cual descansará la sala eléctrica.
- Armado de andamios al pie de los pedestales, esto para brindar la facilidad de acceso para verificar el posicionamiento de la sala sobre los pedestales al momento de realizar la descarga de la sala en su posición final.

- Difusión del procedimiento operacional estándar al personal involucrado en la actividad.
- Un día antes de la parada de planta se realizó el posicionamiento de la grúa de 300 t, posicionamiento de las cama bajas con los contrapesos de la grúa, así como posicionamiento de las sala eléctrica que se encuentra sobre un cama baja.

Las actividades desarrolladas en la parada de planta fueron las siguientes:

- Aplicación del procedimiento de bloqueo LOTOTO (*Lock out, tag out, try out*) por parte del personal del área de potencia y transmisión del cliente.
- Charla de 5 minutos por parte del contratista.
- Firma de PTS (Permiso de trabajo seguro).
- Elaboración del ARO (Análisis de riesgo operacional).
- Bloqueo en la caja grupal por parte de los involucrados en la tarea.
- Señalización y delimitación del área donde se desarrolló la maniobra.
- Testeo de las líneas eléctricas, esto para verificar que las líneas eléctricas 1A4 y 1A5 se encuentren desenergizados.

- Colocación de puesta a tierra temporal en las líneas eléctricas, esto con la finalidad de drenar la energía residual que se pueda encontrar en las líneas eléctricas.
- Colocación de los contrapesos sobre la grúa de 300 t.
- Colocación de los elementos de izajes entre la grúa de 300 t, balancín y sala eléctrica.
- Maniobra de izaje de la sala eléctrica sobre los pedestales.
- Una vez que la sala eléctrica se encontró descargada sobre su posición final, se procedió a retirar los elementos de izaje, los contrapesos de la grúa y se procedió a la desmovilización de la grúa.
- Retiro de la puesta a tierra temporal de las líneas eléctricas 1A4 y 1A5.
- Retiro de los candados de bloqueo de la caja grupal por parte de los involucrados en la maniobra.
- Energización de las líneas eléctricas 1A4 y 1A5.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 06 operadores de equipo.
- 01 rigger.
- 04 ayudantes.
- 01 grúa de 300 t con sus contrapesos.
- 04 camas bajas.
- 01 camión grúa de 15 t.

- 01 balancín.
- Elementos de izaje (Estrobos, grilletes, tecles y sogas).
- 02 radios portátiles.

b) Montaje de Equipos periféricos de la Sala Eléctrica

Posterior al izaje de la sala eléctrica, se procedió con el montaje de la plataforma de acceso hacia la sala eléctrica.

Así como la instalación de los siguientes equipos periféricos:

- Aire acondicionado.
- Presurizador.
- Banco de baterías.
- Ducha lavaojos.
- Luminarias exteriores.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz electricista.
- 01 operario electricista.
- 02 operarios montajistas.
- 02 ayudantes.
- 01 operadores de equipo.
- 01 rigger.
- 01 camión grúa de 15 t.

c) **Montaje de Transformador de potencia principal 40-50 MVA**

En el caso de este equipo el izaje de la cuba del transformador fue ejecutado por el contratista y el montaje de accesorios fue **bajo** la supervisión del vendor.

Las actividades preliminares al izaje de la cuba del transformador fueron las siguientes:

- Elaboración del plan de izaje; actividad en el cual se selecciona la capacidad de grúa y los elementos de izaje, teniendo en cuenta el peso de la cuba y el centro de gravedad de la misma.
- Elaboración del procedimiento operacional estándar; documento en el cual se plasman los pasos que se seguirá en la ejecución del izaje, las consideraciones de seguridad que se tendrán y las responsabilidades de los involucrados en la actividad. Este documento fue presentado para aprobación de la supervisión del cliente.
- Gestión para ingreso de los equipos para el izaje; como se trató de una actividad puntual (por el peso de la carga) se tuvo que hacer seguimiento logístico para la disponibilidad de **la grúa de 200 t** con sus contrapesos y elementos de izaje, así **como la** disponibilidad de **1 cama baja** para el traslado de la cuba.
- Verificación de la nivelación del terreno sobre el **cual estará** posicionado la grúa de 200 t con sus respectivos **contrapesos**.
- Liberación de la cimentación sobre la cual va el **transformador**.

- Difusión del procedimiento operacional estándar al **personal** involucrado en la actividad.

Las actividades desarrolladas en el izaje de la cuba fueron las siguientes:

- Charla de 5 minutos por parte del contratista.
- Firma de PTS (Permiso de trabajo seguro).
- Elaboración del ARO (Análisis de riesgo operacional).
- Señalización y delimitación del área donde se desarrolló la maniobra.
- Posicionamiento de la grúa de 200 t y la cama baja con **la cuba** del transformador.
- Colocación de los elementos de izaje entre la grúa de 200 t y la cuba del transformador.
- Maniobra de izaje de la cuba del transformador sobre tacos de madera, debido a que se requería colocar las ruedas al transformador para descansar sobre los rieles guía.
- Una vez que la cuba del transformador se encontró descargada sobre los tacos de madera en su posición final, se procedió a retirar los elementos de izaje y se procedió a la desmovilización de la grúa.
- Posteriormente se procedió con la colocación de las ruedas con el apoyo de gatas tipo pastilla, para asentar el transformador

sobre los rieles guía. Luego se procedió a retirar los tacos de madera.

Antes de proceder con el armado del transformador se realizaron las siguientes actividades:

- Se revisó el *packing list* (lista de envío) de cada una de las unidades en compañía del supervisor del *vendor* (proveedor), con la finalidad de verificar que el estado y las cantidades sean las correctas.
- Se verificó la presión positiva interna del tanque principal del transformador, esto con la finalidad de comprobar que no exista la posibilidad de ingreso de humedad.
- Se realizó la inspección visual del tanque principal del transformador en busca de posibles golpes recibidos durante el transporte e izaje, especialmente en las partes más vulnerables como los tableros de control y mando a motor del cambiador de tomas bajo carga.
- Se revisó el registrador de impacto, este se debe revisar cuando el equipo se encuentre en su posición final de montaje, el cual debe ser retirado por el *vendor* del equipo. El *vendor* analizará la información del registrador de impactos y emitirá la aprobación del correcto estado de la unidad, con esta aprobación se dará inicio al armado del transformador.

- Se realizó la medición del punto de rocío antes del armado, esta medición servirá para verificar el porcentaje de **humedad** del aislamiento sólido ($\leq 0,5\%$ de humedad en aislamiento sólido), con esta medición se garantizó que no ingresó humedad durante el transporte del equipo. El exceso de humedad en el equipo es un factor negativo que provoca ruptura dieléctrica y falla.

Las actividades desarrolladas en el montaje de accesorios fueron las siguientes:

- Montaje de radiadores, motoventiladores y cajuela.- Los radiadores fueron instalados el mismo día que fueron abiertos, para evitar cualquier tipo de contaminación.
- Se realizó el cambio de todas las empaquetaduras de transporte por nuevas.
- Durante los trabajos de montaje de radiadores se comprobó la hermeticidad del transformador retirando las bridas de las válvulas de los radiadores montados en el transformador.
- Los motoventiladores fueron acoplados a los radiadores correspondientes antes de ser montados al transformador.
- Montaje del tanque conservador.- Antes del montaje se realizó la inspección del tanque conservador, con la finalidad de verificar el buen estado de la bolsa y los indicadores de nivel de aceite.

- Montaje de *bushings* (bornes) - Antes de ser montado los bornes, se inspeccionó el estado de las mismas, se realizó la limpieza externa de los bornes y las bases donde se alojan las empaquetaduras.
- Se tomaron las precauciones especiales durante el montaje para evitar roturas y daños de la porcelana.
- Montaje de accesorios menores.- Se ejecutó al término del montaje de radiadores, tanque conservador y *bushings*. Entre los accesorios menores instalados se tiene: Tuberías de compensación, relé buchholz, relé de flujo del conmutador, indicadores de temperatura de los devanados y del aceite ductos para desecadores.

Finalizado el armado del transformador se realizó la prueba de hermeticidad, la cual consiste en la comprobación del correcto armado y torques de apriete de las partes / accesorios del transformador. Previo un proceso de presurización, inyectándole nitrógeno extra seco al interior del equipo completamente armado (5 psi), luego deberá mantenerse esta presión por un período de 3 horas mínimo, además debe tenerse en cuenta los cambios de presión debido a **variación de** temperatura ambiente.

Luego se procedió al proceso de vacío final, este proceso se **realizó** con el equipo completamente ensamblado. El proceso de vacío final

tiene un tiempo de 24 horas y se lleva el control del proceso el tiempo que dure.

Si existe *by pass* que interconectan la cuba principal y el conmutador, se debe verificar que estas se encuentran abiertas durante el proceso de vacío para evitar daños en los sellos del conmutador e incluso su destrucción.

Finalmente se procedió a realizar el llenado del aceite bajo vacío, para lo cual se realizó las siguientes actividades:

- Trasvasije de aceite a tanque cisterna.- El trasvasije de aceite desde los cilindros hacia el tanque cisterna se realizó con la finalidad de realizar el tratamiento de aceite en un solo recipiente y así garantizar los valores característicos del aceite dieléctrico antes del llenado al tanque principal. El trasvasije se realizó mediante electrobomba.
- Llenado del aceite bajo vacío.- El llenado del aceite del tanque cisterna al transformador se realizó bajo vacío y termovacío. El aceite debe ingresar por la parte inferior del tanque, la velocidad de entrada se ajustará de manera que se mantenga el vacío dentro del equipo. El llenado del conmutador se debe realizar de manera similar.

Antes de realizar el llenado de aceite al transformador, se deben cumplir los siguientes parámetros:

- El equipo ha cumplido el tiempo mínimo de **vacío (24 horas)** con presión residual dentro del tanque **< 1,3 mbar**.
- El aceite deberá tener una rigidez dieléctrica ≥ 50 kV, según norma ASTM – D1816 para electrodos semiredondos con separación de 2 mm.
- El aceite tiene una temperatura entre 40° y 60°C.
- Humedad del aceite < 10 ppm.

Una vez terminado el llenado del aceite, se deberá romper el vacío residual con nitrógeno seco, con el objeto de expulsar al exterior, a través de la bomba de vacío, las burbujas de agua o gas provocadas por el propio vacío obtenido durante el llenado.

Finalmente se montaron los desecadores del tanque principal del transformador y el conmutador.

- Circulación del aceite en la cuba principal del equipo.- Se realizó un termovacío de aceite dentro del equipo durante 24 horas, con el fin de eliminar la humedad residual y gases sueltos.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 supervisor de técnico del proveedor (*vendedor*).
- 02 operarios montajistas.
- 03 ayudantes.

- 04 operadores de equipos.
- 01 rigger.
- 01 grúa de 200 t.
- 01 grúa de 30 t.
- 01 camión grúa de 15 t.
- 01 cama baja.
- 01 grupo electrógeno 100 kW, 220 VAC, trifásico.
- 01 tablero de comando general para la conexión de equipos.
- 01 megómetro de 500 a 5000 VDC.
- 01 equipo para medición de punto de rocío marca Shaoug.
- 01 balón con nitrógeno con válvula reguladora.
- 01 máquina para realizar vacío, capacidad superior a 600 m³/día, mangueras para vacío.
- 01 máquina para tratamiento de aceite, mangueras reforzadas para el tratamiento de aceite.
- 01 tanque cisterna con indicador de nivel.
- 01 electrobomba marca *Flowserve*.
- 01 equipo para medición de la rigidez dieléctrica y humedad en campo.
- 01 escalera de fibra de vidrio.
- 02 bandejas para evitar derrame de aceite.
- 01 kit anti derrames.
- Llaves mixtas, palancas *rachet*, dados tubulares, torquímetro.

d) Montaje de Transformador de tensión capacitivo 138 kV

El montaje de los transformadores de tensión capacitivo se realizó luego de haber sido revisados, para lo cual se debió constatar que no hayan sufrido daños durante el transporte y su manipulación (Se revisó que no haya daño en los empaques, que no existieran filtraciones de aceite y que no haya daño en el aislador). Además antes del montaje de dichos transformadores se tuvo liberado el montaje de la estructuras de soporte de los mismos.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 operador de equipo.
- 01 rigger.
- 02 ayudantes.
- 01 camión grúa de 15 t.

e) Montaje de Transformador de servicios auxiliares 22,9 / 0,22 kV

En este caso el transformador de servicios auxiliares fue suministrado preparado para entrar en servicio, con el recipiente de expansión montado y lleno de aceite.

Se realizó la inspección respectiva para verificar que no exista rotura de aisladores o fuga de aceite.

Luego se realizó el montaje del transformador sobre su posición final, previo se liberó la cimentación de concreto.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 operador de equipo.

- 01 rigger.
- 01 ayudante.
- 01 camión grúa de 15 t.

f) Montaje de Seccionador 170 kV

El montaje del seccionador se realizó luego de haber realizado la liberación de la instalación de la estructura de soporte. Así mismo se realizó la inspección de los elementos del seccionador para verificar que no existían daños y revisar la funcionalidad realizando un pre armado previo.

El armado el seccionador en su posición final se realizó de acuerdo al manual de instalación del *vendor*, siguiendo las consideraciones mencionadas en el mismo.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz electricista.
- 02 operarios electricistas.
- 01 operador de equipo.
- 01 rigger.
- 02 ayudantes.
- 01 camión grúa de 15 t.
- Andamios.

g) Montaje de Interruptor de 170 kV

Previo al armado del interruptor se realizó la revisión de elementos de acuerdo al plano *vendor* y el *packing list*.

En este caso la estructura de soporte fue suministrado con el interruptor, para lo cual su instalación se realizó luego de realizar la liberación de la cimentación de concreto.

Luego se realizó el montaje del tanque del interruptor de acuerdo a la recomendación del *vendor*.

Posteriormente se realizó el armado de los *bushings* del interruptor de igual manera de acuerdo a la recomendación del *vendor*.

Finalmente luego de tener el visto bueno del armado del interruptor por parte del *vendor*, se realizó el llenado del interruptor con el gas SF₆.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz electricista.
- 02 operarios electricistas.
- 01 operador de equipo.
- 01 rigger.
- 02 ayudantes.
- 01 camión grúa de 15 t.
- Andamios.

h) Montaje de Transformador de emergencia 10-12 MVA

El izaje de la cuba del transformador de emergencia se realizó de acuerdo al *rigging plan* (plan de izaje) elaborado y presentado a la supervisión del cliente para su aprobación.

Luego se realizó la instalación de las ruedas del transformador y quedó ubicada en su posición final sobre los rieles guía.

Luego se procedió al armado del transformador, para lo cual se instaló los siguientes componentes: Radiadores, tanque expensor, relé bucholtz, motoventiladores, entre otros.

Posteriormente se realizó el llenado de aceite al transformador bajo vacío.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 supervisor técnico del proveedor (*vendor*).
- 02 operarios montajistas.
- 03 ayudantes.
- 02 operadores de equipos.
- 01 rigger.
- 01 grúa de 100 t.
- 01 camión grúa de 15 t.
- 01 cama baja.
- 01 grupo electrógeno 100 kW, 220 VAC, trifásico.
- 01 tablero de comando general para la conexión de equipos.
- 01 megómetro de 500 a 5000 VDC.
- 01 equipo para medición de punto de rocío marca Shaoug.

- 01 balón con nitrógeno con válvula reguladora.
- 01 máquina para realizar vacío, capacidad superior a 600 m³/día, mangueras para vacío.
- 01 máquina para tratamiento de aceite, mangueras reforzadas para el tratamiento de aceite.
- 01 tanque cisterna con indicador de nivel.
- 01 electrobomba marca *Flowserve*.
- 01 equipo para medición de la rigidez dieléctrica y humedad en campo.
- 01 escalera de fibra de vidrio.
- 02 bandejas para evitar derrame de aceite.
- 01 kit anti derrames.
- Llaves mixtas, palancas *ratchet*, dados tubulares, torquímetro.

3.1.2.15 Instalación del sistema puesta a tierra

Para la instalación del sistema puesta a tierra la cual está compuesta por la malla a tierra profunda y los pozos a tierra, se transportó la tierra de chacra libre de material orgánico, esta fue depositada en un área cercana a la sub estación.

Se realizó las excavaciones para la malla a tierra profunda y los pozos a tierra de acuerdo a lineamientos y rasantes indicados en los planos del proyecto.

Luego se realizó el tendido de cable de cobre desnudo 4/0 AWG a lo largo de las excavaciones para la malla a tierra profunda, así como la instalación de varillas de cobre en las excavaciones para los pozos a tierra, la unión entre los cables de cobre tanto 4/0 AWG y 2/0 AWG (Salida para el aterramiento de estructuras y equipos) se realizó mediante soldadura exotérmica.

Posterior a la instalación del cable de cobre y varillas, se realizó la colocación de cemento conductor, tierra de chacra y relleno con material de préstamo, de acuerdo a los lineamientos y rasantes del proyecto.

Luego se procedió a la medición del sistema puesta a tierra para verificar el cumplimiento de la resistividad de 1Ω , de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

01 capataz electricista.

02 operarios electricistas.

04 oficiales civiles

02 operadores de vibro apisonadores.

02 ayudantes.

02 vibro apisonadores.

Palas, picos, buguis.

3.1.2.16 Montaje de canalizaciones

La instalación de canalizaciones comprende la instalación de tuberías *conduit* y bandejas porta cables.

Se realizó el recorrido en campo de la ruta de las canalizaciones, para lo cual se tomó las medidas correspondientes de las rutas, para las curvas de canalizaciones requeridas se realizó una presentación en campo. De este recorrido de canalizaciones se establece las habilitaciones necesarias que se requieren en las canalizaciones.

Luego se procedió con la instalación de canalizaciones sobre los soportes previamente instalados, la unión y fijación de las canalizaciones se realizó con los elementos correspondientes, quedando así las canalizaciones firmemente instaladas.

Estas canalizaciones también fueron aterradas, a lo largo de las bandejas porta cables se instaló cable de cobre desnudo 2/0 AWG y para aterrizar las tuberías *conduit* se realiza la conexión del aterramiento hacia los *bushings*.

Finalmente se procedió al pintado y etiquetado de las canalizaciones (Pintado y etiquetado de acuerdo al nivel de tensión de los cables que fueron instalados sobre las canalizaciones) de acuerdo a las especificaciones del proyecto.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

01 capataz electricista.

- 02 operarios electricistas.
- 02 oficiales electricistas.
- 01 operador de equipo.
- 02 ayudantes.
- 01 camión grúa de 15 t.

3.1.2.17 Tendido y conexionado de cables

Se realizó las pruebas de megado y continuidad a las bobinas de cables a utilizar en el proyecto, con la finalidad de verificar que no haya daños en los mismos.

Se realizó el recorrido en campo de la ruta de cables, para lo cual se tomó las medidas correspondientes de las rutas, con la finalidad de verificar las medidas longitudinales de la planilla de cables, para luego realizar el corte de tramos de las bobinas correspondientes.

El tendido de cables se realizó en banco ductos, bandejas porta cables y tuberías *conduit*, según las rutas establecidas para el proyecto. Una vez tendidos los cables, se procedió a realizar el peinado de los mismos mediante cintillos de amarre.

Luego se procedió a realizar el conexionado de los cables previa instalación de las terminaciones correspondientes (termo contraíbles, *pfisterer*, terminal de comprensión, etc.), así mismo se realizó el etiquetado de los cables.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz electricista.
- 04 operarios electricistas.
- 04 operarios conexionistas.
- 01 operador de equipo.
- 02 ayudantes.
- 01 camión grúa de 15 t.

3.1.2.18 Instalación de alumbrado y pararrayos

Se realizó la inspección visual de los artefactos de iluminación y sus componentes, comprobando que no existan daños y que cumplan las especificaciones técnicas del proyecto.

Se realizó la excavación manual para la instalación de postes de concreto, luego se procedió a la instalación de las luminarias con el soporte estructural correspondiente. Luego se procedió con el conexionado de las luminarias hacia los circuitos correspondientes.

Para la instalación del pararrayos se procedió primero a liberar el pedestal de concreto sobre el cual se realizó la instalación del mástil y el pararrayos. Finalmente se realizó el aterramiento del pararrayos hacia el sistema de puesta a tierra.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 01 capataz electricista.

- 02 operarios electricistas.
- 02 oficiales electricistas.
- 01 operador de equipo.
- 01 ayudante.
- 01 camión grúa de 15 t.

3.1.2.19 Montaje de cerco perimétrico

La fabricación del cerco perimétrico galvanizado se desarrolló de acuerdo a los planos del proyecto.

Se realizó la excavación en el perímetro de la sub estación eléctrica para la construcción del sardinel con los postes del cerco perimétrico, el cual se encuentra embebido en el concreto.

Luego de tener ubicados los postes embebidos en el sardinel, se procedió a la colocación de las puertas metálicas, malla galvanizada y el alambre de púas en la parte superior del cerco perimétrico.

Finalmente se realizó el aterramiento del cerco perimétrico.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 02 operarios montajistas.
- 04 oficiales civiles
- 02 ayudantes.
- Palas, picos, buguis.

3.1.2.20 Señalización

La señalización correspondiente a los equipos eléctricos fue suministrada con los mismos, el cual consta de la etiqueta del equipo como “peligro riesgo eléctrico”.

La señalización en la sub estación eléctrica principal fue instalada de acuerdo al DS N°055. Entre la señalización instalada podemos mencionar: Identificación de la sub estación eléctrica, peligro riesgo eléctrico, acceso restringido, uso de equipo de protección personal, velocidad, etc.

Los recursos utilizados para esta labor fueron:

- 02 oficiales montajistas.
- 02 ayudantes.
- 01 escalera.

3.1.3 Plazo de ejecución del proyecto

Los hitos establecidos según alcance de construcción para el proyecto fueron los siguientes:

- Inicio del proyecto: 21/07/11.
- Fin de instalación de facilidades: 10/09/12 (51 días luego del inicio del proyecto).
- Fin de construcción sub estación eléctrica principal: 14/04/12 (268 días luego del inicio del proyecto).

- Desmovilización y cierre de proyecto: 03/05/12 (287 días luego del inicio del proyecto).

Las fechas comprometidas de entrega de equipos principales por parte del cliente hacia el contratista fue el siguiente:

- Transformador de tensión 138 kV: 21/07/11.
- Seccionador de potencia de 170 kV: 21/07/11.
- Interruptor de potencia de 170 kV: 21/07/11.
- Transformador de servicios auxiliares: 19/09/11.
- Transformador de potencia 40/50 MVA: 03/10/11.
- Transformador de potencia 10 - 12 MVA: 03/10/11.
- Sala eléctrica: 18/10/11.

En base a los hitos contractuales y las fechas comprometidas de entrega de equipos se elaboró el cronograma maestro de construcción, el cual fue presentado y aprobado por la supervisión del cliente. El cronograma es presentado en el anexo A.

3.1.4 Costo de ejecución del proyecto

El CAPEX (*Capital Expenditure*) para el sub proyecto construcción de la subestación principal 138/22,9/10 kV fue de S/. 4 244 232,02, para ver el detalle ir al anexo B.

El presupuesto contratado con la empresa de construcción fue de S/. 4 035 410,78, para ver el detalle ir al anexo C.

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN DEL LAST PLANNER SYSTEM

4.1 Metodología de implementación

La metodología que se usó para la implementación del *Last Planner* en la construcción de la subestación eléctrica principal, se basó en la información bibliográfica de Koskela, Ballard, Alarcón, entre otros autores relacionados con el *Lean Construction*, capacitación recibida por GEPUC (Centro de excelencia en gestión de la producción de la Universidad Católica de Chile), con los cuales se mejoraron los procedimientos y formatos con los cuales ya se contaba en la compañía.

La metodología de implementación fue escalonada y por fases, iniciando con la capacitación respecto a los conceptos *Lean* y *Last Planner System*, luego profundizando en el uso de las herramientas del *Last Planner System*, como son el cronograma maestro, planificación intermedia, planificación semanal, los análisis de resultados y razones de no cumplimiento.

En la figura 4.1 se muestra las fases de la estrategia de implementación del *Last Planner System*, muchos de los conceptos y las herramientas del *Last Planner* han sido abarcadas en el capítulo 2.

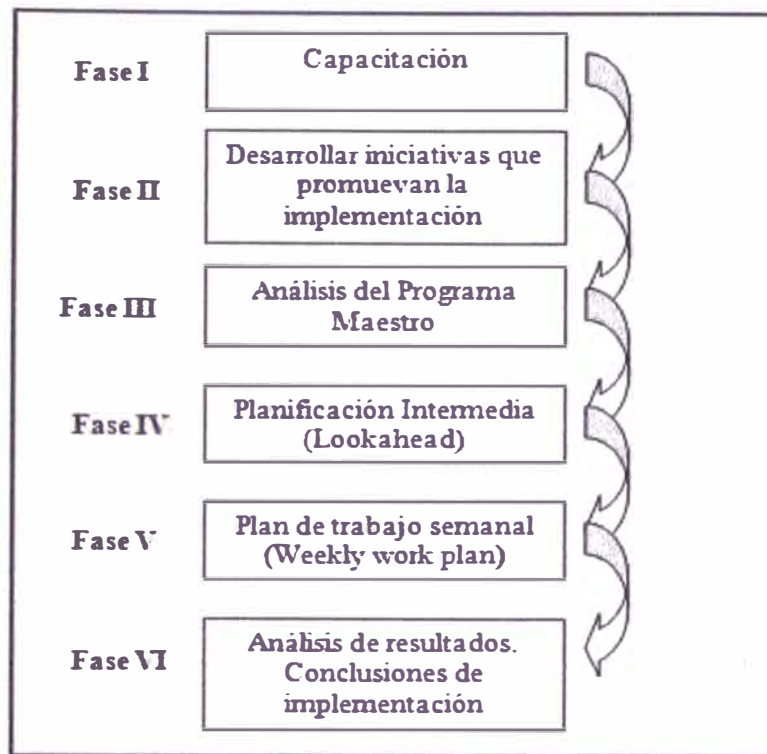


Figura 4.1: Fases de una estrategia de implementación del Last Planner Sytem

4.2 Fase I Capacitación

Uno de los factores críticos en la implementación del *Last Planner System* es la capacitación, sobre todo para cambiar la forma tradicional de pensar en cómo gestionar los proyectos, el objetivo fundamental es conseguir el cambio de actitud de los miembros del equipo de proyecto, brindándoles los conceptos y herramientas para mejorar la gestión.

La tabla 4.1 muestra los contenidos revisados en cada taller de entrenamiento y las acciones que fueron coordinadas por los miembros del equipo de proyecto y los encargados de la capacitación.

Taller N°	Contenidos	Tareas	Impactos	Semana N°
1 (4 h)	<ul style="list-style-type: none"> • Diferencias entre el foco tradicional y el <i>Last Planner</i>. • Impactos de la variabilidad • Descripción del sistema del Ultimo Planificador • Discusión acerca de barreras. • Medición del PAC. • Importancia de las reuniones semanales • Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo de reuniones • Consolidación del programa maestro • Medir el PAC • Registrar las causas de no cumplimiento • Seleccionar un indicador de desempeño 	<ul style="list-style-type: none"> • Cambios de visión • Incorporar nuevos actores en el proceso de planificación 	1
2 (3-4 h)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de la información recogida • Revisión de los conceptos • Discusión de las barreras 	<ul style="list-style-type: none"> • Consolidar las tareas iniciales • Inculcar procesos <i>Lookahead</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de la variabilidad • Mejor protección de la producción • Mas promesas confiables 	3 a 5
3 (3-4 h)	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de la reunión de planificación • Análisis de las causas de no cumplimiento 	<ul style="list-style-type: none"> • Correlacionar la información y los indicadores • Tomar acciones contra las razones de falla 	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar las practicas negativas del sistema • Eliminar casi todas las barreras • Comenzar el mejoramiento continuo • Incrementar la productividad 	6 a 8

Tabla 4.1: Acciones detalladas de capacitación

4.3 Fase II Desarrollar iniciativas que promuevan la implementación

La implementación de *Last Planner* dentro de la gerencia técnica, requiere de niveles de compromisos y participación por parte de los miembros del equipo de proyecto. Para obtener estos compromisos, es fundamental la investigación de

los motivos y factores que resultan críticos en la puesta en marcha de estrategias de implementación. Las etapas desarrolladas en esta metodología fueron las siguientes:

Etapas 1: Identificar un sistema de incentivos, como una estrategia que facilite su implementación:

- Los jefes del proyecto son claves para generar el **compromiso con el fin** de quitar barreras para promover la implementación.
- Es fundamental para los miembros del equipo de proyecto en el proceso tener un conocimiento suficiente de los conceptos *Lean*.
- Debe definirse las funciones de cada miembro del equipo, sus responsabilidades y niveles de autoridad.

Etapas 2: Provocar en las empresas un cambio en la forma de ver las cosas:

- La interacción directa entre los involucrados en la producción mediante reuniones periódicas de trabajo en donde se presenten todos los conceptos y experiencias relacionadas con el tema.

Etapas 3: Diagnóstico dentro de la empresa

- Básicamente se basa en la identificación y análisis de los factores que pueden afectar la implementación. Una vez identificados deben ser filtrados, pues no todos estos factores pueden contar con el tiempo necesario para su análisis o no son necesariamente críticos (Figura 4.2).



Figura 4.2: Algunos factores que pueden afectar la implementación

- La búsqueda de incentivos para el personal, en la necesidad de motivación para la puesta en práctica, deben ser buscado justamente dentro de la organización. Encuestas a los involucrados pueden ser de mucha utilidad para buscar el incentivo más indicado dentro de los recursos disponibles por la empresa. Algunas de los incentivos existentes dentro de las organizaciones pueden ser las mostradas en la figura 4.3.

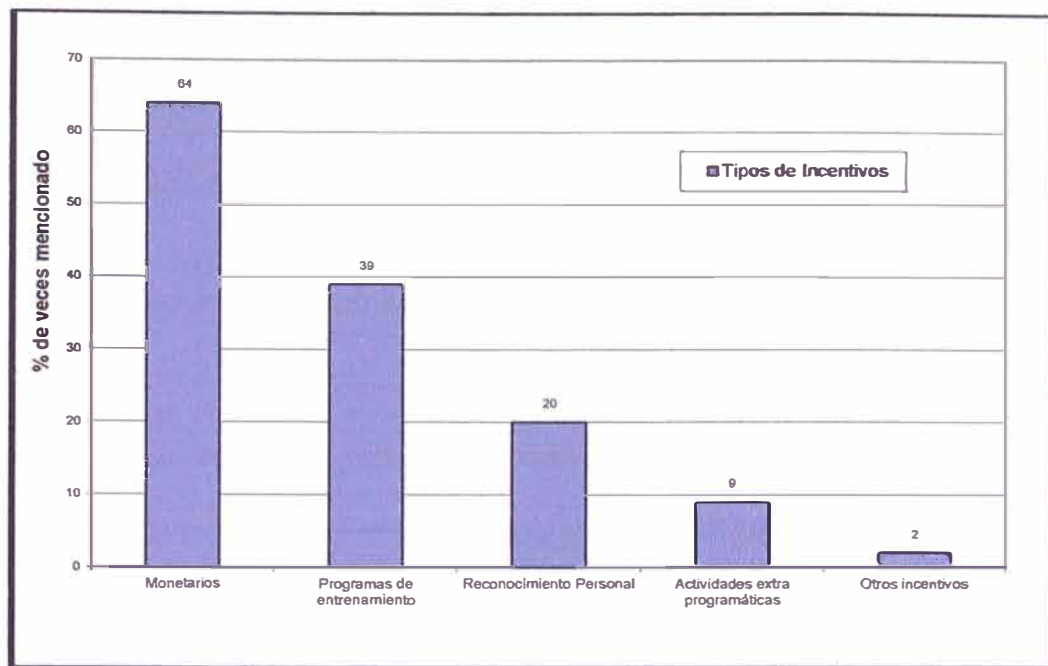


Figura 4.3: Tipos de iniciativas existentes dentro de las empresas

Etapa 4: Análisis de resultados

- Identificar los incentivos para alcanzar una alta motivación dentro de la organización. Mediante encuestas al personal involucrado, también se pueden obtener estos elementos que pueden ser: el reconocimiento del personal, una efectiva participación, el entrenamiento para mejorar el trabajo en progreso, premios económicos o estabilidad laboral.
- Por otra parte, si bien un compromiso de la gerencia puede ser observado en términos de la participación en el programa de mejoramiento así como la creación de condiciones para la participación del personal en ello, la existencia de una persona que conduzca el proyecto de mejoramiento claramente es fundamental. Los resultados en empresas constructoras muestran que hay un 40% de los involucrados en la **planificación**,

claramente no identifican al líder que debe motivar la puesta en práctica del proyecto (Alarcón & Seguel, 2002). Por ello es crucial que la gerencia identifique claramente al líder en este proceso de mejoramiento.

- El nivel de información que se maneja en lo que concierne al **progreso** del proyecto de mejoramiento (conocimientos, **dificultades**) **también** tiene una influencia significativa sobre el comportamiento y la **actitud** de las personas que pertenecen a la organización. Sin embargo, en empresas constructoras, el 55 % de los involucrados se declara inconsciente del progreso del proyecto para la empresa, y además, el 33% no había recibido ningún tipo de información antes de su puesta en marcha en cuanto al proyecto, metodología y alcance (Alarcón y Seguel. 2002).

Etapas 5: Cambios y futuras acciones

- Tomar las acciones de mejoramiento basado en el diagnóstico realizado en las fases anteriores.
- Junto con la activa participación de la gerencia de la empresa y los líderes de implementación, monitorear y controlar las acciones y sus impactos.

4.4 Fase III Análisis del Cronograma Maestro

El objetivo del cronograma maestro es lograr los siguientes fines específicos:

- Demostrar la factibilidad de la finalización del proyecto en términos de fechas. Es decir, determinar si el proyecto puede ser completado en un plazo específico.
- Desarrollar y presentar las estrategias de construcción.
- Evidenciar las actividades que requieren de tiempos de entrega considerable (tiempo para adquirir información y recursos).
- Identificar hitos que son importantes para el cliente o los interesados del proyecto.

Las consideraciones que se debe tener para la elaboración de un cronograma maestro en general son las siguientes:

- El cronograma maestro no requiere un nivel muy alto de detalle.
- El cronograma maestro contiene hitos, los cuales identifican actividades importantes en el proyecto.
- El cronograma maestro viene realizando utilizando el método del camino crítico (CPM).

La elaboración del cronograma maestro para la construcción de la subestación principal fue elaborada entre la supervisión del cliente y el contratista, para la cual se tomó en cuenta el cronograma referencial utilizado en la etapa de licitación, la cual fue preparada sólo por la supervisión del cliente.

Al elaborar en conjunto el cronograma maestro se tuvo en cuenta la recomendación del *Lean Construction Institute*, ya que se utilizó la técnica jalar (*Pull techniques*) y el planeamiento en equipo (*Team planning*).

La técnica jalar consiste en trabajar al revés desde la fecha objetivo de culminación del proyecto, así que las actividades vengan definidas y secuenciadas de manera que su culminación entregue trabajo a la otra **unidad de producción**, es decir lograr entregas.

Los beneficios de la utilización de la técnica jalar son las siguientes:

- Permite reducir el desperdicio de exceso de producción, uno de los siete tipos de desperdicios definido por Ohno.
- El trabajo al revés desde una fecha objetivo de culminación elimina trabajo, que es habitualmente hecho pero sin aportar valor.

El planeamiento en equipo involucra a los representantes de todas las organizaciones y/o áreas que hacen el trabajo dentro del proyecto.

Los pasos para la elaboración del cronograma maestro mediante la técnica jalar fueron los siguientes:

- Se definió el trabajo incluido en el cronograma en base a la información del proyecto, para lo cual se contó con toda la información necesaria para tener en cuenta todo el alcance del proyecto: Alcance de construcción, planos, especificaciones técnicas, manuales, entre otros.

- Se contó con la fecha de culminación del proyecto y los hitos intermedios, los cuales ya se encontraban establecidos por el cliente.
- En la preparación del cronograma, los miembros del equipo de proyecto tanto de la supervisión y el cliente escribieron en hojas de papel adhesivo una simple descripción del trabajo que deben hacer para entregar el trabajo a otros. Por ejemplo el encargado de la cimentación del transformador entregará el trabajo al encargado del armado del transformador, así como este deberá hacer entrega del trabajo al encargado del tendido de cables y conexión del transformador.
- Estas hojas de papel adhesivo fueron pegados en unos paneles según la secuencia planeada. La figura 4.4 ilustra la manera en la cual se realizó esta actividad.



Figura 4.4: Elaboración del cronograma mediante técnica jalar y planeamiento en equipo (Fuente propia)

- De esta forma, los miembros del equipo de proyecto empezaron a interactuar, discutiendo los métodos de construcción, negociando secuencias y cantidades, tan pronto veían el resultado de sus actividades y los efectos entre ellas.
- El primer paso para formalizar el planeamiento fue el desarrollo de una secuencia lógica, moviendo y colocando las hojas de papel adhesivo.
- El paso sucesivo consistió en determinar las duraciones y ver si existía algún espacio de tiempo entre la fecha de inicio calculada y la posible fecha de inicio. En este paso, fue importante considerar que las duraciones no vengán sobredimensionadas, ya que lo que se busca es un cronograma ideal, que se basa en estimaciones promedias de duración.
- Sucesivamente, el equipo de proyecto reexaminó la secuencia lógica y la intensidad (aplicación de recursos y métodos) de la programación para generar un mayor espacio de tiempo.
- Después se decidió como emplear este espacio de tiempo:
 - Asignándolo a las duraciones de actividades más inciertas y potencialmente variables.
 - Atrasando el comienzo para invertir más tiempo en trabajo anterior o permitir que ulteriores informaciones puedan emerger.
 - Acelerando la fecha de culminación de los entregables.
- Luego de los pasos anteriores se determinó las fechas de inicio y fin de los trabajos que se encontraban descritos en las hojas de papel adhesivo.

- Finalmente, esta planificación fue volcado en el software de programación Primavera P6, para su respectiva difusión al equipo de proyecto. Para visualizar el cronograma maestro ir al anexo A.

Por tanto, con el cronograma maestro se define lo que debería hacerse para cumplir satisfactoriamente el alcance del proyecto.

4.5 Fase IV Planificación Lookahead (Intermedia)

La planificación *lookahead* fue desarrollada a lo largo del proyecto de construcción. Esta herramienta fue de mucha utilidad para el contratista ya que mediante esta se lograba identificar las actividades de flujo y su relación con las actividades de transformación, así como las restricciones que debían ser gestionadas y liberadas a tiempo, a esta acción se conoce como alistar actividades para que sean incluidas en el listado de trabajo ejecutable.

Los pasos para elaborar el *lookahead* fueron los siguientes:

- Se definió la ventana de tiempo, la cual fue de tres semanas.
- Se selecciona las actividades del cronograma maestro que se encuentran dentro de la ventana de tiempo de tres semanas. Como ejemplo tenemos la selección de la semanas que van desde el 12/09/11 al 02/10/11. Para ver a detalle la selección en el cronograma ir al anexo D.
- Las actividades seleccionadas de la ventana de tiempo eran volcadas en el formato de *lookahead*, y si de requerirse o ser necesario se detallaban mucho más. Continuando con el ejemplo tenemos entonces que las actividades que se encuentran desde el 12/09/11 al 02/10/11 son las

siguientes: Base para sala eléctrica, base para plataforma y escalera acceso a la sala eléctrica, zapata de muro cortafuego I, zapata y base principal de transformador de potencia 40-50 MVA.

- En las reuniones semanales de planificación, el equipo de proyecto identificaba las restricciones y eran asociadas a las actividades, así mismo se determinaba los responsables de gestionar las restricciones y se asumía compromisos. Para ver a detalle en el formato de *lookahead* ir al anexo E.
- En el proceso de elaboración del *lookahead* también se revisaba si era necesario la modificación de la secuencia lógica de construcción, ya que el estado de cualquier proyecto es dinámico.
- Una vez culminado la elaboración del *lookahead* este era difundido a todos los miembros del equipo.

Por tanto, con el programa intermedio o *lookahead* se define lo que se puede hacer, dependiendo de la liberación de restricciones, ósea alistando actividades.

4.6 Fase V Plan de trabajo semanal (Weekly work plan)

Una vez elaborado el programa intermedio se pasa a elaborar el plan semanal, para lo cual las actividades a incluir en este plan serán las que se encuentran libres de restricciones. Por tanto se definen las actividades que se harán.

Además en las reuniones semanales de planificación se analiza lo que se logró ejecutar la semana anterior, por tanto se analiza lo hecho, en que magnitud se cumplió lo comprometido, cuáles fueron las causas de no cumplimiento y se

toma las acciones en las razones de fracaso para no volver a caer en estos incumplimientos.

Continuando con el ejemplo anterior, de las actividades que corresponden para la programación de la presente semana se selecciona las actividades que realmente se harán, entre las cuáles se encuentran: Colocación de **acero de refuerzo** para zapatas y columnas de la base de la sala eléctrica y Colocación de **acero de refuerzo** en zapata del transformador de 40-50 MVA. En el plan semanal se detalla las actividades de tal forma de cuantificar correctamente las unidades de producción (cuadrillas), por tanto se debe estimar la cantidad de obra a ejecutar en dicha semana. Para visualizar el plan semanal correspondiente a la semana del 12/09/11 al 18/09/11 ir al anexo F.

Como bien se mencionó el plan de la semana anterior es revisado para la verificación del porcentaje de actividades completadas y las causas de no cumplimiento, de igual manera utilizaremos como ejemplo la evaluación de la semana del 12/09/11 al 18/09/11, para ver las causas de no cumplimiento y el porcentaje de actividades completadas (PAC) de la semana en referencia ir al anexo G.

4.7 Fase VI Análisis de resultados y conclusiones de implementación

Sin duda la implementación del *Last Planner* brindó un sistema de control de la producción adecuado para el buen desarrollo del proyecto, ya que se **tuvo en cuenta** la identificación de que trabajo debería ser ejecutado, que **trabajo podía** ser ejecutado, que trabajo sería ejecutado y cual trabajo fue realmente hecho. La

asociación de las herramientas con el análisis y evaluación de las actividades se muestran en la figura 4.5.

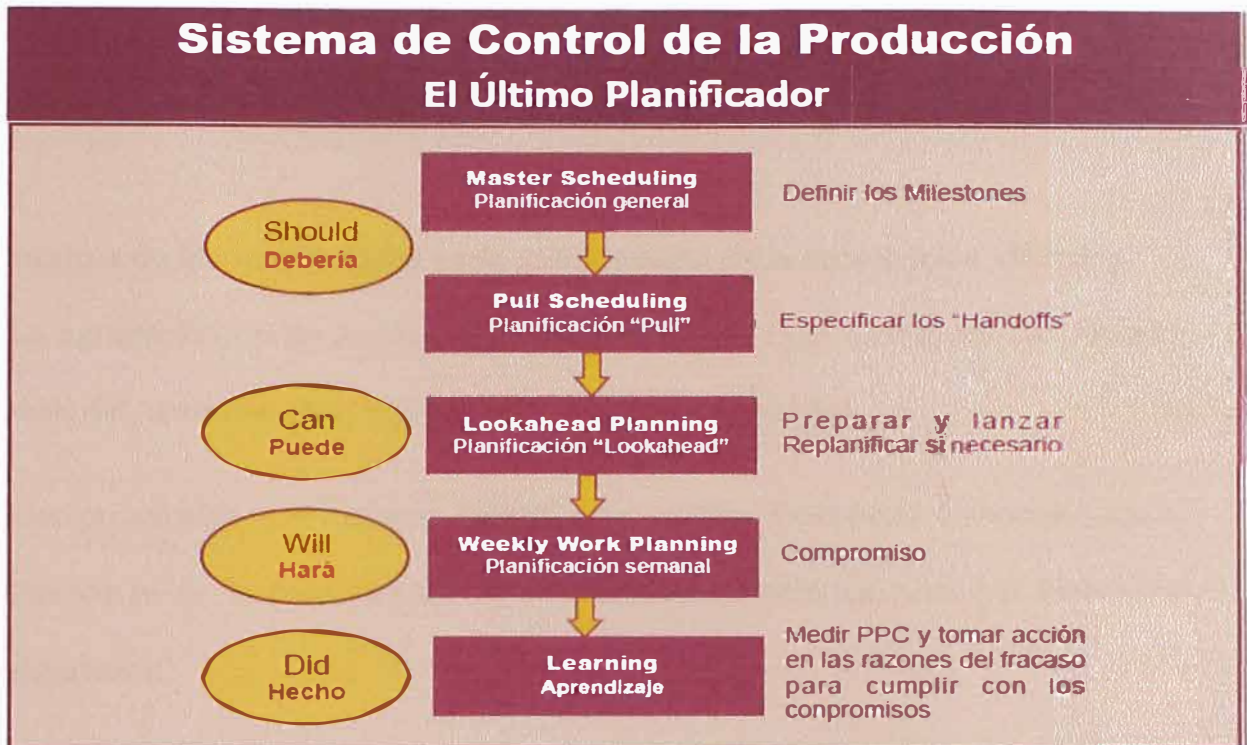


Figura 4.5: Jerarquía de los cronogramas

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE DATOS

5.1 Análisis de las restricciones en la construcción de la subestación eléctrica

La agrupación de las restricciones según el formato del *lookahead* fue: Diseño, material, mano de obra, equipos, pre requisito y seguridad.

Las principales restricciones identificadas en los *lookahead* elaborados en el transcurso de la construcción de la subestación eléctrica principal fueron las siguientes:

Diseño: Esta restricción era identificada generalmente cuando existía algún cambio en la ingeniería de detalle, los cuales fueron menores en la construcción de la subestación eléctrica principal. Por tanto se requería la elaboración de esquemas, los cuales fueron realizados por la oficina técnica del contratista y emitidos para la aprobación de la supervisión del cliente. Esta restricción se puede volver crítico en proyectos en dónde la ingeniería de detalle tiene muchos errores, por tanto se requerirá mayor labor por parte de la oficina técnica del contratista o en otro caso se requerirá un servicio de ingeniería en campo, para resolver situaciones de incompatibilidad en el transcurso del proyecto y así impactar en lo mínimo en la extensión del proyecto.

- Material en obra: El primer paso para identificar los materiales que faltaban comprar para el proyecto fue revisar el alcance del proyecto y los materiales que estaban siendo suministrados por el cliente, realizando así también la asociación con las actividades de construcción y verificar en qué momento se requerían.

La clave para contar con el material en el momento indicado en obra fue tener en cuenta los tiempos que demandaban los siguientes pasos: Requerimiento de material, gestión por parte del área de logística, entrega por el proveedor, y transporte a obra, entre otros.

- Ingreso de personal: La primera revisión de la cantidad de recursos a requerir en el proyecto estuvo de acorde al cronograma maestro, luego se tuvo en cuenta las planificaciones intermedias, ya que es en este proceso en la que se podía verificar si es que existía variación en la secuencia constructiva o si se requiere mayor recurso para revertir alguna situación de retraso del proyecto. La clave para contar con el personal en el momento indicado en obra fue tener en cuenta los tiempos que demandaban los siguientes pasos: requerimiento de personal, gestión por parte del área de recursos humanos, exámenes médicos, charlas de inducción y trámite de carnet, entre otros.
- Ingreso de equipos: De igual manera la primera revisión de la cantidad de recursos a requerir en el proyecto estuvo de acorde al cronograma

maestro, luego se tuvo en cuenta las planificaciones intermedias. La clave para contar con los equipos (sobre todo los equipos mayores) en el momento indicado en obra fue tener en cuenta los tiempos que demandaban los siguientes pasos: requerimiento de equipos, gestión por parte del área logística, inspección antes de su ingreso a mina.

Al identificar este tipo de restricción para ciertas actividades puntuales, sirvió para que el contratista cuente con el apoyo por parte de la gestión de la supervisión del cliente en conseguir ciertos equipos de construcción, como fue el caso de la grúa de 300 t. para el izaje de la sala eléctrica, ya que para el contratista fue complicado conseguir una grúa de esta capacidad para ejecutar una actividad que sólo demandó 2 días.

Pre requisito: Este tipo de restricción era identificada en actividades que requerían que se concluya otra actividad para que esta recién inicie, así que cualquier retraso en la actividad predecesora impactaba directamente en la actividad sucesora. Por ejemplo no se podía realizar el montaje de estructuras de soporte si antes no se encontraba liberada la cimentación de concreto correspondiente.

Aprobación de procedimientos operacionales estándares: Este era un requisito para iniciar cualquier actividad de construcción. El documento denominado procedimiento operacional estándar debía ser elaborado por el contratista indicando los pasos a seguir para ejecutar las actividades de construcción identificadas para el proyecto y las medidas de seguridad a

adoptar en cumplimiento de la normativa vigente, procedimientos y estándares de seguridad de la mina. Por lo tanto al ser identificada la cantidad de procedimientos operacionales estándares a presentar para la respectiva aprobación por parte de la supervisión del cliente, se tuvo en cuenta la cantidad de recursos a destinar para la elaboración de las mismas, ya que por lo general esta gestión es descuidada por los contratistas y recién le brindan la atención adecuada cuando ya se volvió crítico, así mismo en muchos otros proyectos se ha podido comprobar que muchas actividades no se podían ejecutar por no contar con el procedimiento aprobado, impactando esta situación en el plazo y costo del proyecto.

5.2 Análisis de los porcentajes de actividades completadas

La evaluación del porcentaje de actividades completadas se realizó a partir del 05/09/11 hasta el 06/05/12, para lo cual tenemos los resultados plasmados en la tabla 5.1 y la respectiva gráfica en la figura 5.1.

De los datos registrados para el proyecto se puede indicar que existió mucha variabilidad de los porcentajes de actividades completadas semana tras semana, en promedio se obtuvo 54,62%, con picos de 33,30% hasta 87,50%. Esto refleja una gestión que no fue la ideal a lo largo del proyecto, sin embargo, se puede mencionar que el impacto en el plazo del proyecto fue mínimo, ya que se tuvo sólo 19 días de retraso lo cual representa el 7% del plazo establecido para el proyecto, por lo cual se puede considerar como aceptable.

Además cabe indicar que si no se hubiera implementado las herramientas del *Last Planner* para el control de la producción en la construcción de la subestación eléctrica principal, los impactos hubieran sido mayores, ya que a lo largo del proyecto todas estas herramientas fueron de mucha utilidad para plantear y ejecutar acciones para revertir situaciones que se presentaban semana a semana.

N° de Informe	Fecha de la Semana	Porcentaje de actividades completadas (%)
4	05Set al 11set11	45,50
5	05Set al 11set11	57,10
6	12Set al 18set11	73,30
7	19Set al 25set11	33,30
8	26set11 al 02Oct11	52,38
9	03Oct al 10Oct11	43,48
10	11Oct al 16Oct11	43,48
11	17Oct al 22Oct11	40,00
12	24Oct al 30Oct11	36,59
13	31Oct al 06Nov2011	80,00
14	07Nov al 13Nov2011	54,17
15	14Nov al 20Nov2011	50,00
16	21Nov al 27Nov2011	50,00
17	28Nov al 03Nov2011	58,62
18	04Nov2011 al 11Nov2011	36,36
19	12Nov2011 al 18Nov2011	47,17
20	19Nov2011 al 25Nov2011	38,24
21	26Nov2011 al 01Ene2012	45,16
22	02Ene2012 al 08Ene2012	40,54
23	09Ene2012 al 15Ene2012	47,06
24	16Ene2012 al 22Ene2012	54,48
25	23Ene2012 al 29Ene2012	57,14
26	30Ene2012 al 05 Feb 2012	51,49
27	06 Feb 2012 al 12 Feb 2012	54,75
28	13 Feb 2012 al 19 Feb 2012	60,26
29	20 Feb 2012 al 26 Feb 2012	66,34
30	27 Feb 2012 al 04Mar 2012	59,09
31	05 Mar 2012 al 11 Mar 2012	42,11
32	12 Mar 2012 al 18 Mar 2012	50,00
33	19 Mar 2012 al 25 Mar 2012	80,95
34	26 Mar 2012 al 01 Abril 2012	73,68
35	02 Abril 2012 al 08 Abril 2012	56,25
36	09 Abril 2012 al 15 Abril 2012	78,57
37	16 Abril 2012 al 22 Abril 2012	63,64
38	23 Abril 2012 al 29 Abril 2012	57,14
39	30 Abril 2012 al 06 Mayo 2012	87,50

Tabla 5.1: Porcentaje de actividades completadas del proyecto construcción de subestación eléctrica principal

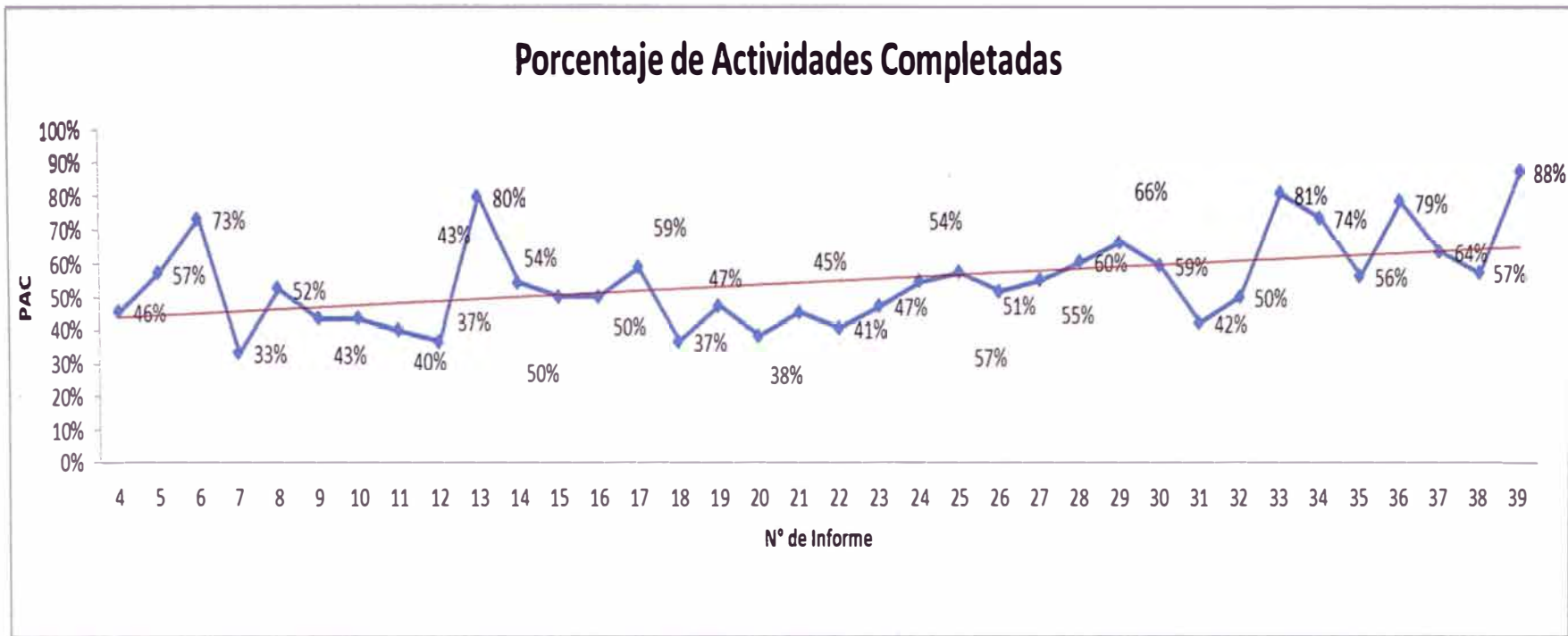


Figura 5.1: Gráfica del porcentaje de actividades completadas del proyecto construcción de subestación eléctrica principal

5.3 Análisis de las causas de no cumplimiento

El registro de las causas de no cumplimiento se realizó a partir del 05/09/11 hasta el 06/05/12, para lo cual tenemos los resultados plasmados en la tabla 5.2 y la respectiva gráfica en la figura 5.2.

Ítem	Actividad	Frecuencia Acumulada en el Proyecto
A	Disponibilidad mecánica	1
B	Derrumbe	-
C	Cambio de prioridades	85
D	Actividad predecesora	82
E	Mano de obra	98
F	Subestimación de actividad	28
G	Equipos	29
H	Seguridad	45
I	Trámites	11
J	Inspecciones	2
K	Materiales	22
L	Restricción técnica	13
M	Falta de coordinación	48

Tabla 5.2: Frecuencia acumulada de causas de no cumplimiento

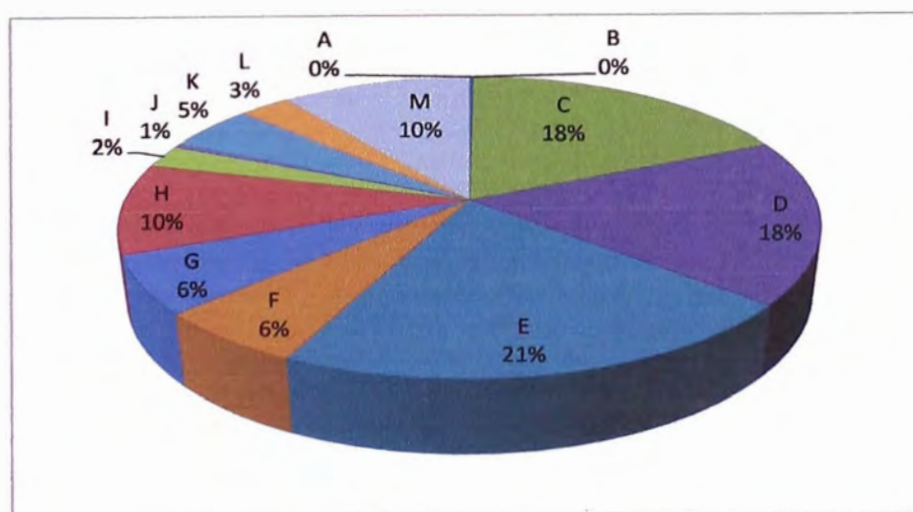


Figura 5.2 Gráfica de la frecuencia acumulada de causas de no cumplimiento

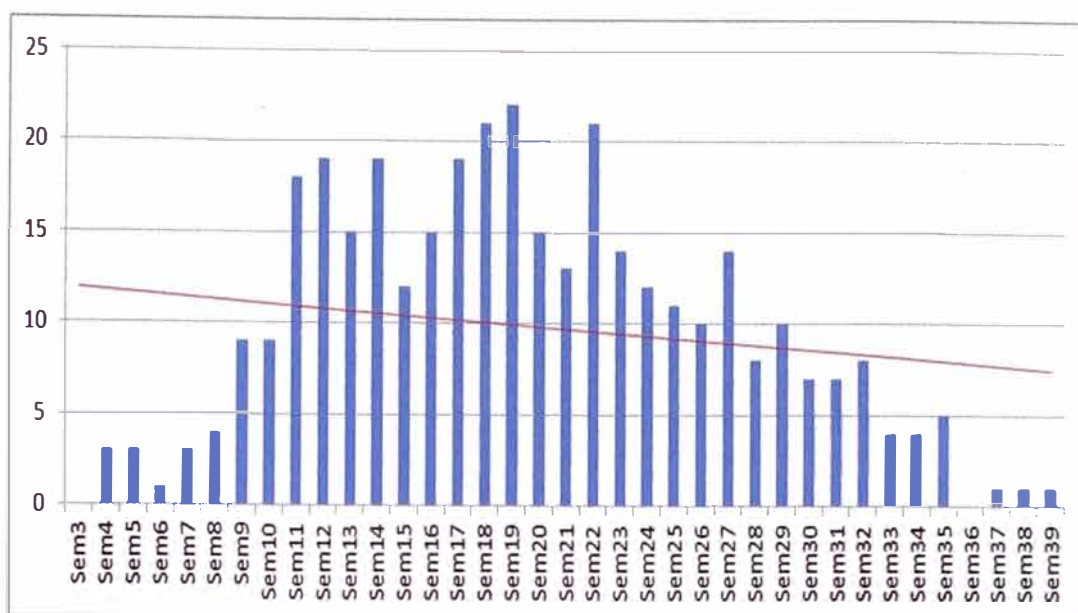


Figura 5.3 Gráfica de la frecuencia semana a semana de las causas de no cumplimiento con mayor ocurrencia

A continuación detallaremos en la tabla 5.3 como se suscitaron las causas de no cumplimiento de mayor ocurrencia, cuáles fueron sus impactos y las posibles acciones a considerar para revertir situaciones similares.

Causa de no cumplimiento	Posible causa raíz	Impacto en el proyecto	Posibles acciones
Cambio de prioridades	<ul style="list-style-type: none"> Planificación deficiente ya que se planifica actividades que no se encuentran liberadas. 	<ul style="list-style-type: none"> Si las actividades que fueron reemplazadas pertenecen a la ruta crítica del proyecto, se tendrá impacto en el plazo del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> Poner mayor atención a las actividades que pertenecen a la ruta crítica del proyecto.
Actividad predecesora	<ul style="list-style-type: none"> Retraso en la actividad predecesora debido a una mala estimación de recursos. Retraso en la actividad predecesora debido a una paralización por temas de seguridad. No ejecución de la actividad predecesora por no encontrarse liberada. 	<ul style="list-style-type: none"> Retraso en el proyecto. Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. Sobrecostos por mayor permanencia de los recursos, ya que se estaría reprogramando actividades no ejecutadas en la semana prevista. 	<ul style="list-style-type: none"> Estimación adecuada de los recursos para las actividades, para conseguir la producción estimada. El equipo de proyecto debe mantener actividades liberadas en un rango de 2 semanas como mínimo, para no tener problemas entre actividades predecesoras.
Mano de obra	<ul style="list-style-type: none"> Falta de recursos 	<ul style="list-style-type: none"> Producción deficiente de 	<ul style="list-style-type: none"> Mayor involucramiento del

	<p>especializados.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ingreso tardío de la mano de obra. • Salida repentina de la mano de obra del proyecto. • Suspensión de la mano de obra por algún acto sub estándar de seguridad incurrido. • Deficiente gestión de las inducciones necesarias en la mano de obra para ejecutar actividades específicas. 	<p>las actividades al no contar con los recursos completos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Retraso en el proyecto. • Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. • Sobrecostos por mayor permanencia de equipos si es que en la actividad a ejecutar existe relación directa equipo – mano de obra. 	<p>área de recursos <u>humanos</u> para estar sincronizados con las requisiciones de mano de obra por parte del área de producción.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mayor involucramiento del área de seguridad para mantener capacitados al personal en los temas de seguridad. • Concientización e involucramiento de la mano de obra con los objetivos del proyecto.
Subestimación de actividades	<ul style="list-style-type: none"> • Deficiente estimación de los recursos para la ejecución de las actividades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso del proyecto. • Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación de los recursos con datos históricos de actividades similares. • Retroalimentación de la producción obtenida con los recursos realmente empleados.
Equipos	<ul style="list-style-type: none"> • No existe disponibilidad de equipos en el mercado. • Ingreso tardío de los equipos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso del proyecto. • Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación del plan de ingreso de equipos. • Mayor involucramiento del área de logística para estar sincronizados con las requisiciones por parte del área de producción.
Seguridad	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de presentación o aprobación de los procedimientos operacionales estándar. • Incumplimiento de los estándares de seguridad según DS-055 y/o de la mina. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso del proyecto. • Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. • Sobrecostos por mayor permanencia de los recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación del plan de entregables de gestión, en el cual se encuentra listado los procedimientos a presentar de acuerdo a las fechas requeridas por el cronograma del proyecto.
Falta de coordinación	<ul style="list-style-type: none"> • No se consideran la interrelación de actividades entre las diferentes disciplinas. • Gestión deficiente de la jefatura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Retraso del proyecto. • Impacto directo en el plazo del proyecto si es que las actividades pertenecen a la ruta crítica del proyecto. • Sobrecostos por mayor permanencia de los recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> • En las reuniones semanales de coordinación deben asistir todos los representantes de las áreas que conforman el equipo de proyecto, así como los responsables de cada disciplina involucrados con el desarrollo del proyecto e identificando su interrelación.

Tabla 5.3 (Continuación): Posibles acciones para evitar las causas de no cumplimiento identificadas en el proyecto (Fuente propia)

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Con la implementación y aplicación de las herramientas del *Last Planner* en la construcción de la subestación eléctrica se logró culminar el proyecto el 22 de mayo de 2012, tal como se puede apreciar en el cronograma real versus cronograma maestro, el cual se muestra en el Anexo H, 19 días después del hito de culminación contractual (03 de mayo de 2012), lo cual representa 7% del plazo establecido para la obra (287 días), sin embargo, este desfase puede ser considerado aceptable, ya que dentro de las estadísticas de los proyectos ejecutados en la unidad minera se dieron obras que se extendieron desde 30% a 50% del plazo. Cabe indicar que este desfase de 19 días no causó impacto en la ejecución global del proyecto PAD 4B.
- Con la implementación y aplicación de las herramientas del *Last Planner* en la construcción de la subestación eléctrica se logró culminar con un margen operativo de 5.44%, tal como se puede apreciar en el Anexo I Resultado Operativo. Este 5.44% representó una utilidad de S/. 214 941,00, S/. 275 954,00 menos que la utilidad presupuestada (S/. 490

895,00), pero se debe tener en cuenta que la venta de la obra fue menor que la venta original esperada, esto debido a la reducción de cantidades de obra en algunas partidas específicas. Por el margen positivo obtenido, este proyecto es considerado como exitoso.

- De la figura 5.1 Porcentaje de actividades completadas, se puede apreciar la tendencia positiva, esto debido a la curva de aprendizaje para el empleo de las herramientas del *Last Planner System*, ya que en el transcurso de la ejecución de la construcción se fueron implementando los planes de acción como los listados en la tabla 5.3, para evitar las causas de no incumplimiento identificadas semanalmente. Con esto, se concluye que mediante la aplicación del *Last Planner System* se fue mejorando el performance del cumplimiento de las actividades programadas.

- De la figura 5.3 Gráfica de la frecuencia semana a semana de las causas de no cumplimiento con mayor ocurrencia (Entre las cuales destacaron la falta de mano de obra, cambio de prioridades, actividades predecesoras, falta de coordinación y seguridad, que en total sumaron el 77% del total de ocurrencias), se puede apreciar la tendencia negativa, esto debido a la disminución de la ocurrencia de las causas de no cumplimiento de mayor incidencia, en el transcurso de la ejecución de la construcción, como resultado de la identificación de dichas causas y la gestión de planes de acción, a través de la implementación del *Last Planner System*.

Recomendaciones

- Se recomienda implementar el *Last Planner System* para la mejora en la gestión de proyectos de construcción, ya que de esta manera se obtendrá resultados satisfactorios tanto en costos como en cumplimiento de plazos, pero además se debe tener en cuenta que un factor importante para obtener buenos resultados, es el involucramiento y el compromiso por parte de los miembros del equipo de proyecto.
- Para obtener el verdadero valor de la implementación del *Last Planner System*, las empresas deberán aplicar y consolidar estas nuevas prácticas a nivel de toda su organización, creando así una cultura de mejora continua.

GLOSARIO DE TÉRMINOS

1. Buffers

Este término es utilizado en el *Last Planner*, la cual es asociada a las tareas de amortiguación, ósea tareas que se encuentran libres de restricciones, las cuales pueden ser ejecutadas en cualquier momento o en reemplazo de tareas que estuvieron programadas y por algún motivo no se puedan ejecutar.

2. Benchmarking

El *Benchmarking* es un anglicismo que, en las ciencias de la administración de empresas, puede definirse como un proceso sistemático y continuo para evaluar comparativamente los productos, servicios y procesos de trabajo en organizaciones. Consiste en tomar comparadores a aquellos productos, servicios y procesos de trabajo que pertenezcan a organizaciones que evidencien las mejores prácticas sobre el área de interés, con el propósito de transferir el conocimiento de las mejores prácticas y su aplicación.

3. CPM

Critical Path Method (Metodología de la Ruta Crítica) es frecuentemente utilizado en el desarrollo y control del proyecto. El objetivo principal es determinar la duración de un proyecto, entendiendo éste como una secuencia

de actividades relacionadas entre sí, donde cada una de las actividades tiene una duración estimada.

4. EPCM

Engineering, Procurement, Construction Management (Ingeniería, Procura, Gestión de Construcción) esta es una forma común de arreglo de contrato en el ámbito de la construcción. En un contrato EPCM, el constructor no es de hecho el contratador. El contratista EPCM diseña, gestiona la procura y gestiona el proceso de construcción como un agente del dueño del proyecto, en algunos casos el dueño del proyecto cuenta con un departamento encargado de realizar el EPCM.

5. Fast Track

Fast Track (Vía rápida) en construcción se refiere a un sistema de gestión de la construcción en el que el diseño del proyecto y la ejecución de la obra se realizan de manera traslapada, superponiendo actividades que normalmente se realizan en una secuencia rígida, produciéndose una considerable reducción del plazo total.

6. ITE

Inventario de Trabajo Ejecutable, viene a ser la lista de tareas que tienen liberadas todas sus restricciones, por lo tendrán una alta probabilidad de cumplimiento.

7. Just in Time

El método justo a tiempo (*Just in Time*) es un sistema de organización de la producción para las fábricas, de origen japonés. También conocido como método Toyota, permite aumentar la productividad. Permite reducir el costo de la gestión y por pérdidas en almacenes debido a acciones innecesarias. De esta forma, no se produce bajo suposiciones, sino sobre pedidos reales. Una definición del objetivo del justo a tiempo sería: Producir los elementos que se necesitan, en las cantidades que se necesitan, en el momento que se necesitan.

8. Last Planner

Last Planner (Último planificador) es un sistema de control que mejora sustancialmente el cumplimiento de actividades y la correcta utilización de recursos de los proyectos.

9. Lean Construction

Lean Construction (Construcción sin pérdidas) es una nueva filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es eliminar el desperdicio (actividades que no agregan valor).

10. Lookahead Planning

Es un término utilizado en el *Last Planner* el cual se refiere a la planificación intermedia, cuyo objetivo principal es controlar el flujo de trabajo. Es un

intervalo de tiempo en el futuro que permite tener una idea inicial de las actividades que serán ejecutadas.

11. MSDS

La hoja de datos de seguridad de materiales (En inglés **MSDS – Material Safety Data Sheet**) es un documento que contiene **información sobre los** compuestos químicos, el uso, el almacenaje, el manejo, los procedimientos de emergencia y los efectos potenciales a la salud relacionados con un material peligroso.

12. PAC

El Porcentaje de Actividades Completadas, permite comparar lo que se planeó ejecutar versus lo que realmente se ejecutó. También es conocido como Porcentaje del Plan Completado (PPC).

13. Pull Planning

Es la metodología para la elaboración de cronogramas, la cual consiste en trabajar al revés desde la fecha objetivo de terminación del proyecto, así que las actividades que vengan definidas y secuenciadas de manera que su terminación entregue trabajo a otras unidades de producción.

14. Takt time

El *takt time* es un número de referencia que entrega el ritmo del proceso (Tiempo disponible/Tasa de demanda del cliente en el tiempo disponible).

15. Tie in

Este término en construcción se refiere a una instalación nueva que será acoplada a una instalación existente, para lo cual, por lo general, para ejecutar el empalme final se requiere de una detención temporal y de corta duración de la operación de la instalación existente.

16. WBS

Work Breakdown Structure (Estructura de desglose del trabajo) es un concepto aplicable a todo proyecto, ya que como parte del planeamiento requiere descomponerlo en partes lógicas para poder finalmente armar el producto final del proyecto según el desarrollo de cada uno de los paquetes de trabajo. Esta descomposición se hace de arriba hacia abajo, es decir, del producto esperado del proyecto a sus partes componentes (paquetes de trabajo la cual es la unidad mínima).

BIBLIOGRAFIA

Herman Glenn Ballard, “The Last Planner System of Production Control”, 2000.

Lauri Koskela, “Application of the New Production Philosophy to Construction”, 1992.

Luis Alarcon, “Collaborative Implementation of Lean Planning System in Chilean Constructions Companies”. 10° Congreso de Lean Construction, Gramado – Brasil, 2002.

Taiichi Ohno, “Toyota Production System Productivity Press”, 1988.

Max T. Rossi, “El planeamiento mediante la Lookahead Schedule” – Seminario de especialización para la gestión de proyectos.

Project Management Institute, “Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos”, 4ta Edición, 2008

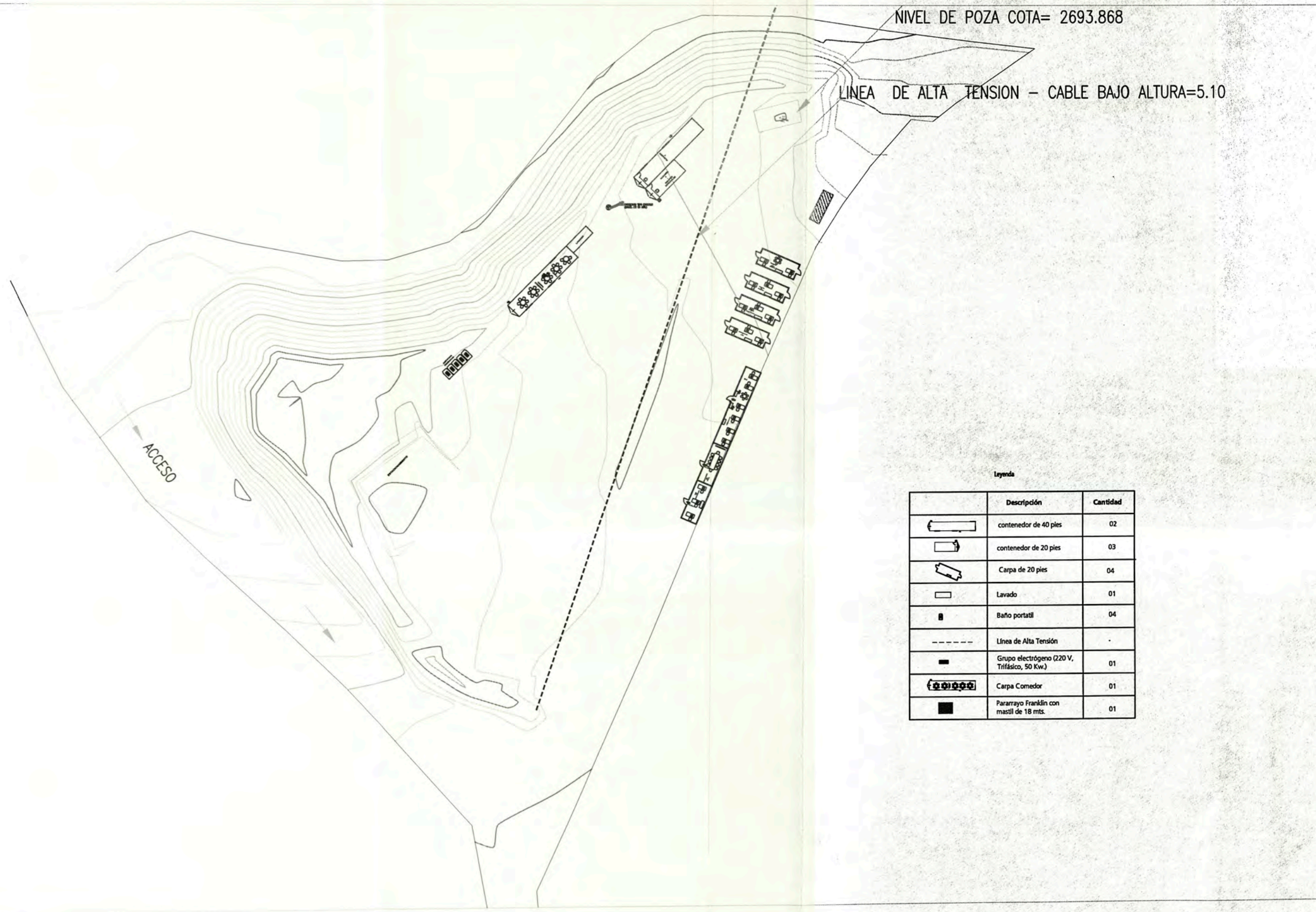
Lean Construction Enterprise, “Lean Construction – Last Planner System”,
www.leanconstructionenterprise.com

PLANOS

NIVEL DE POZA COTA= 2693.868

LINEA DE ALTA TENSION - CABLE BAJO ALTURA=5.10

ACCESO



Leyenda

	Descripción	Cantidad
	contenedor de 40 pies	02
	contenedor de 20 pies	03
	Carpa de 20 pies	04
	Lavado	01
	Baño portátil	04
	Linea de Alta Tensión	-
	Grupo electrógeno (220 V, Trifásico, 50 Kw.)	01
	Carpa Comedor	01
	Pararrayo Franklin con mastil de 18 mts.	01

ACTUALIZACION
 PLAN 43 - 1234567
 11/01/2011
 11/02/2011
 11/03/2011
 11/04/2011
 11/05/2011
 11/06/2011
 11/07/2011
 11/08/2011
 11/09/2011
 11/10/2011
 11/11/2011
 11/12/2011

FECHA	DESCRIPCION
11/01/2011	1
11/02/2011	2
11/03/2011	3
11/04/2011	4
11/05/2011	5
11/06/2011	6
11/07/2011	7
11/08/2011	8
11/09/2011	9
11/10/2011	10
11/11/2011	11
11/12/2011	12

NOTAS:
 1. VERIFICAR EL TERRENO
 2. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA
 3. VERIFICAR EL NIVEL DEL SUELO
 4. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA SUBTERRANEA
 5. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA SUPERFICIAL
 6. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA POZA
 7. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA LINEA DE ALTA TENSION
 8. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA CARPA COMEDOR
 9. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA CARPA DE 20 PIES
 10. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA CARPA DE 40 PIES
 11. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA LAVADO
 12. VERIFICAR EL NIVEL DEL AGUA DE LA BAÑO PORTATIL

NO.	FECHA	DESCRIPCION	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA	REVISADO POR	FECHA
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
11										
12										

DISEÑADO POR: _____ REVISADO POR: _____ APROBADO POR: _____ CLIENTE: _____	FECHA: _____ FECHA: _____ FECHA: _____ FECHA: _____	PLANO: CROQUIS CAMPAMENTO PRINCIPAL ESCALA: 3/4 NUMERO DE PLANO: Lamino 01 REV: 0
---	--	--

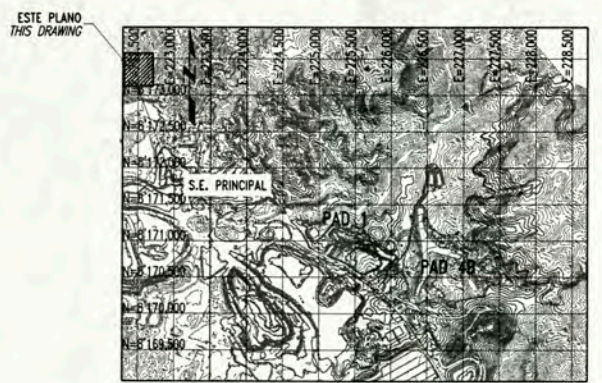
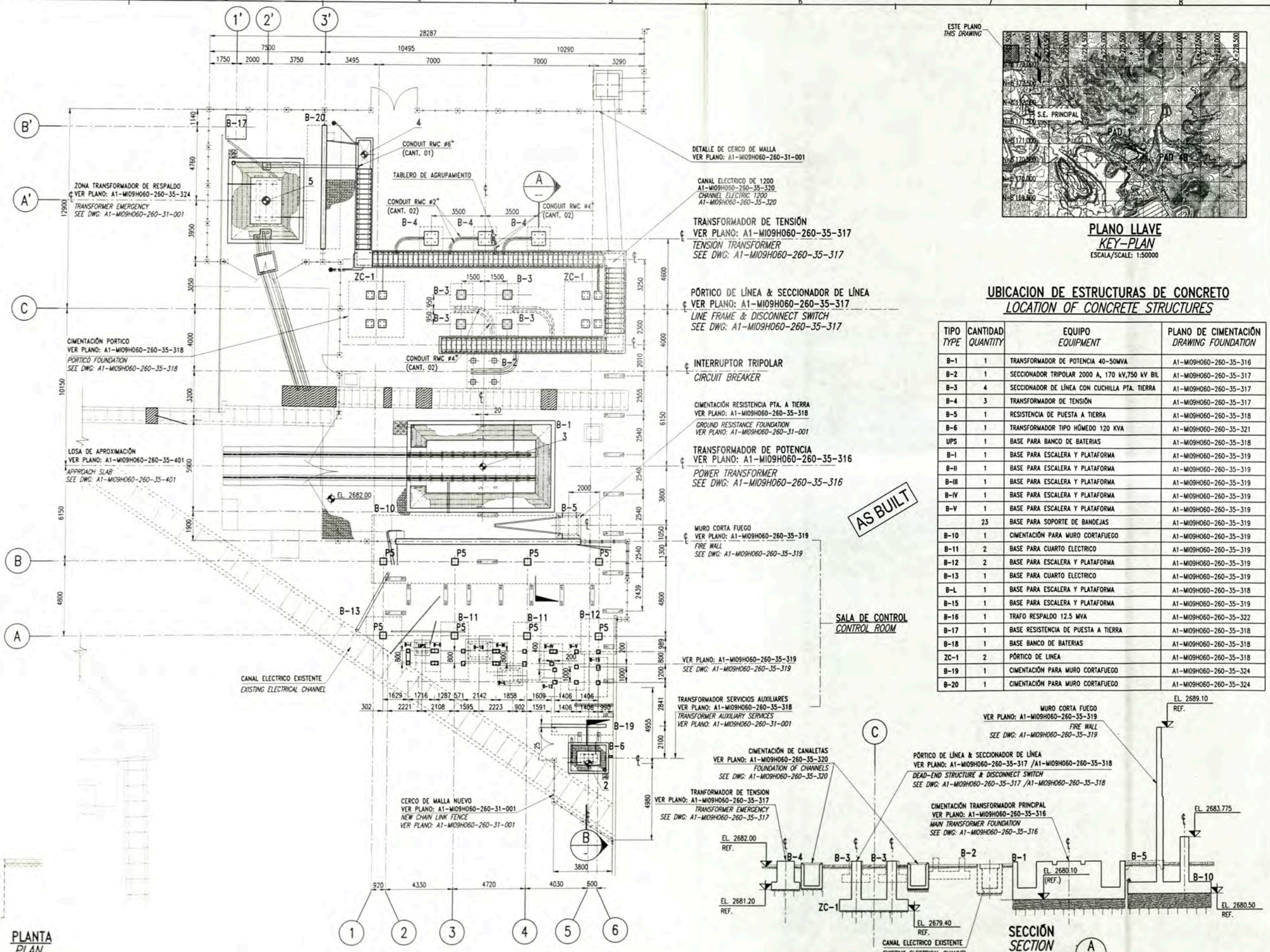


ACTUALIZACIÓN DEBIDO A INFORMACIÓN DEL VENDOR
PAD 4B - TRABAJOS COMPLEMENTARIOS DE INGENIERIA
PLANOS VENDOR:
 1LBC-460010-AQQ - TRANSFORMADOR 40/50 MVA
 SGE-F-DD-003/TR-2010-12046
 TRANSFORMADOR TP30 10/12 MVA
 SGE-F-DD-003/TR-2010-12051
 TRANSFORMADOR TD30 120 KVA
 DIM-09000060-N10313-260-65-XX
 SALA ELÉCTRICA (H-260-ER-001/10-28165)
 AREVA-15969-DT13/DT13 C1258
 INTERRUPTOR TANQUE MUERTO
 AREVA-DIN-28232
 SECCIONADOR TRIPOLAR 52DAT 170KV 2000A
 N6133A200-JMOABAO-MODOXAPRV1
 RESISTENCIA PUESTA A TIERRA

PUNTO POINT	NORTE NORTH	ESTE EAST
1	8°172.084.826	223.906.508
2	8°172.066.277	223.928.839
3	8°172.072.956	223.909.844
4	8°172.079.787	223.889.287
5	8°172.072.956	223.887.548

NOTAS:
 1. TODAS LAS ELEVACIONES ESTAN EN METROS (S.I.C.)
 2. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS (S.I.C.)
 3. VER NOTAS GENERALES PARA CONCRETO Y DETALLES ESTANDARES EN PLANOS: A1-MIO9H060-260-31-001 @ A1-MIO9H060-260-31-004

NOTES:
 1. ALL ELEVATIONS ARE IN METERS (U.N.O.)
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS (U.N.O.)
 3. SEE GENERAL NOTES FOR CONCRETE STANDARDS AND DETAILS IN DRAWINGS: A1-MIO9H060-260-31-001 @ A1-MIO9H060-260-31-004



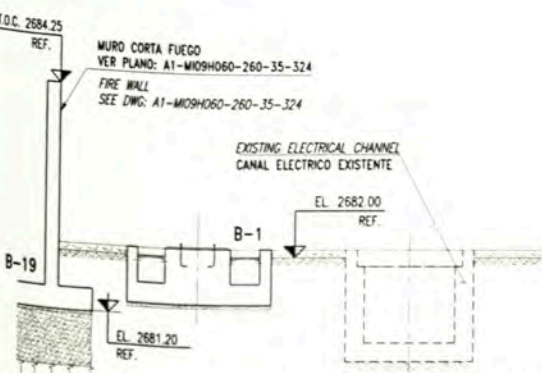
PLANO LLAVE
KEY-PLAN
 ESCALA/SCALE: 1:50000

UBICACION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO
LOCATION OF CONCRETE STRUCTURES

TIPO TYPE	CANTIDAD QUANTITY	EQUIPO EQUIPMENT	PLANO DE CIMENTACION DRAWING FOUNDATION
B-1	1	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 40-50MVA	A1-MIO9H060-260-35-316
B-2	1	SECCIONADOR TRIPOLAR 2000 A, 170 KV, 750 KV BIL	A1-MIO9H060-260-35-317
B-3	4	SECCIONADOR DE LINEA CON CUCHILLA PTA. TIERRA	A1-MIO9H060-260-35-317
B-4	3	TRANSFORMADOR DE TENSION	A1-MIO9H060-260-35-317
B-5	1	RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	A1-MIO9H060-260-35-318
B-6	1	TRANSFORMADOR TIPO HOMOEDO 120 KVA	A1-MIO9H060-260-35-321
UPS	1	BASE PARA BANCO DE BATERIAS	A1-MIO9H060-260-35-318
B-I	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-II	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-III	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-IV	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-V	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
	23	BASE PARA SOPORTE DE BANDEJAS	A1-MIO9H060-260-35-319
B-10	1	CIMENTACION PARA MURO CORTAFUEGO	A1-MIO9H060-260-35-319
B-11	2	BASE PARA CUARTO ELECTRICO	A1-MIO9H060-260-35-319
B-12	2	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-13	1	BASE PARA CUARTO ELECTRICO	A1-MIO9H060-260-35-319
B-L	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-318
B-15	1	BASE PARA ESCALERA Y PLATAFORMA	A1-MIO9H060-260-35-319
B-16	1	TRAFO RESPALDO 12.5 MVA	A1-MIO9H060-260-35-322
B-17	1	BASE RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA	A1-MIO9H060-260-35-318
B-18	1	BASE BANCO DE BATERIAS	A1-MIO9H060-260-35-318
ZC-1	2	PÓRTICO DE LINEA	A1-MIO9H060-260-35-318
B-19	1	CIMENTACION PARA MURO CORTAFUEGO	A1-MIO9H060-260-35-324
B-20	1	CIMENTACION PARA MURO CORTAFUEGO	A1-MIO9H060-260-35-324

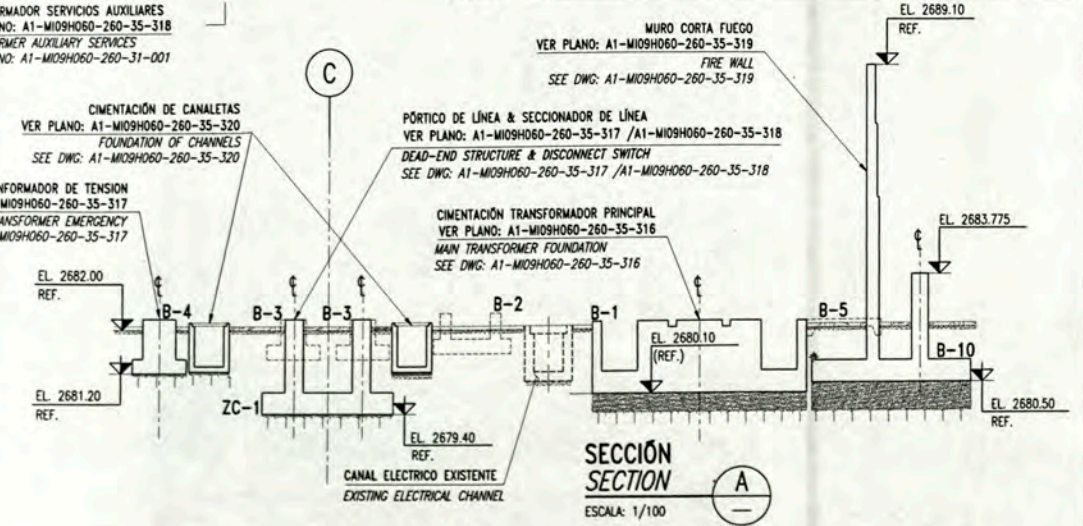
AS BUILT

SALA DE CONTROL
CONTROL ROOM



SECCION SECTION
 ESCALA: 1/50

PLANTA PLAN
 ESCALA: 1/25



SECCION SECTION
 ESCALA: 1/100

LA LENGUA ESPAOLA TENDRÁ PRECEDENCIA
 SPANISH LANGUAGE SHALL GOVERN

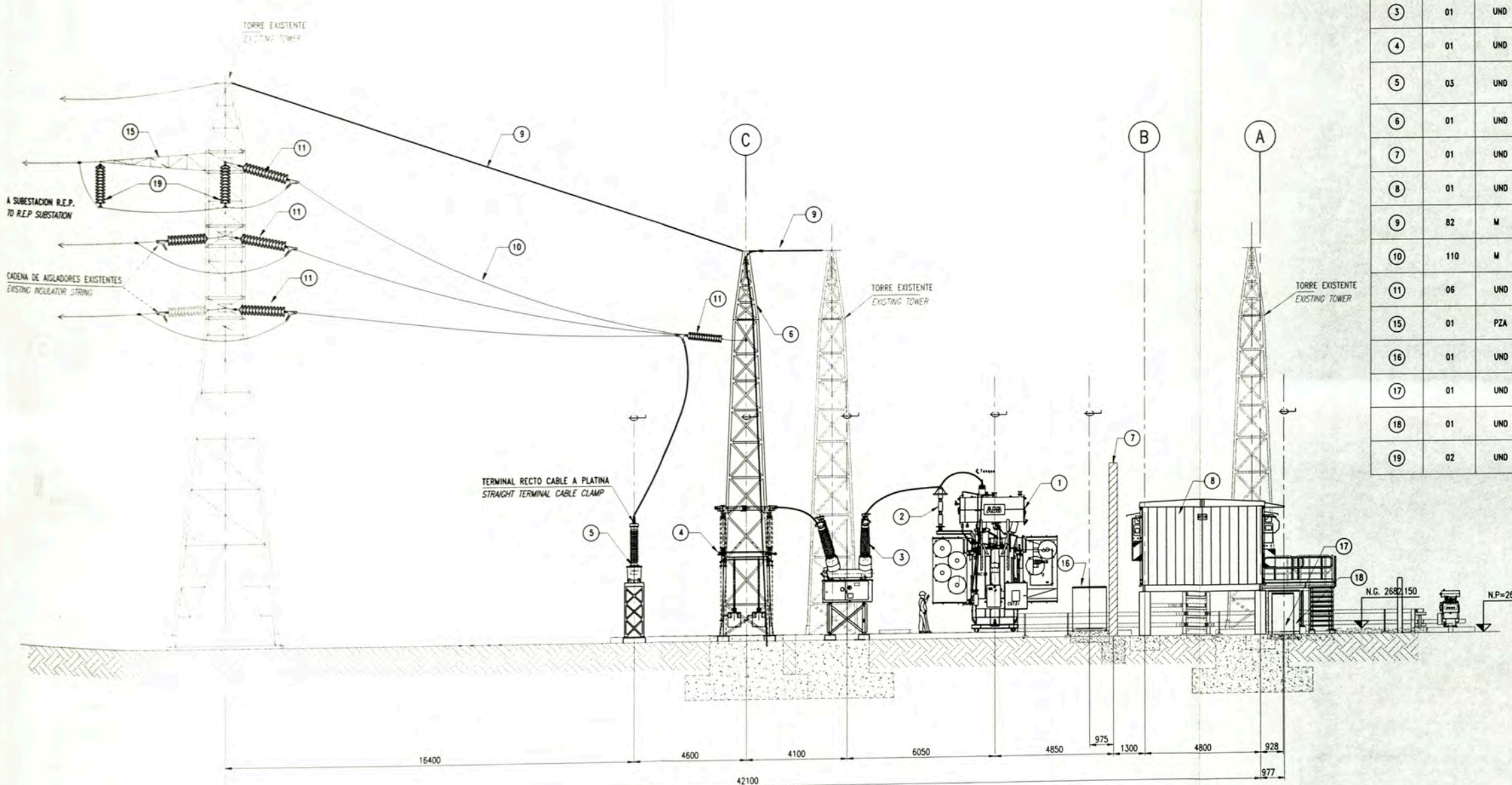
REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS. REV.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS. REV.	APROBADO	NÚMERO DE PLANOS	PLANOS DE REFERENCIA	FECHA	APROBADO	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	FECHA	
A	17.MAY.10	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	J.P.S.		3	27.JUN.11	ACTUALIZACIÓN LOSA DE APROXIMACIÓN-TRANSFORMADOR DE POTENCIA CORTE A-A - CIMENTACIÓN DE EQUIPOS	N.M.		A1-MIO9H060-260-62-201	PLANTA SUBESTACIÓN, DISPOSICIÓN DE EQUIPOS-PATIO 138/22.9 KV-PLANTA	22.JUL.2011	J.P.SOTELO	11.AGO.2010						
B	17.MAY.10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	J.P.S.		4	22.JUL.11	ACTUALIZACIÓN GENERAL DEL PLANO POR INFORMACIÓN DEL VENDOR SE ADEGO DETALLES DE PASOS DE TUBERIAS CONDUIT.	N.M.		A1-MIO9H060-260-35-046	SUBESTACIÓN - CIMENTACIONES Y DETALLES		F.CACERES	11.AGO.2010						
C	26.JUL.10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	N.M.		5	26.JUL.11	ACTUALIZACIÓN ZONA DE TRANSFORMADORES DE RESPALDO	N.M.		A1-MIO9H060-260-35-047	SUBESTACIÓN - CIMENTACIONES Y DETALLES		J.P.SOTELO	11.AGO.2010						
D	11.AGO.10	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	J.P.S.		6	12.MAY.12	AS BUILT - ABENGORA PERU S.A.	N.M.		A1-MIO9H060-260-35-048	SUBESTACIÓN - CIMENTACIONES Y DETALLES		C.GUTIERREZ	11.AGO.2010						
1	10.JUN.11	ACTUALIZACIÓN GENERAL DEL PLANO POR INFORMACIÓN DEL VENDOR	N.M.					N.M.		A1-MIO9H060-260-32-260	SUBESTACIÓN - TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA-PLANTA		J.L.CORDOVA	11.AGO.2010						
2	13.JUN.11	REVISIÓN DE CIMENTACIÓN B-3 Y ACTUALIZACIÓN DE UBICACIÓN Y COORDENADAS DE B-1 Y B-16	C.G.					N.M.		A1-MIO9H060-260-35-401	LOSA DE APROXIMACIÓN-TRANSFORMADOR DE POTENCIA 40-50MVA-PLANTA		C.REQUEJO	11.AGO.2010						

CML-ESTRUCTURAS
SUBESTACION PRINCIPAL
DISPOSICION GENERAL

INDICADA
 A1-MIO9H060-260-22-008

LEYENDA DE EQUIPOS 138 KV
138 KV EQUIPMENT LEGEND

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	TAG N°	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION
①	01	UND	H-260-XF-001	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 138/22.9 KV 40/50 MVA POWER TRANSFORMER 138/22.9 KV 40/50 MVA
②	03	UND	H-260-VL-001A H-260-VL-001B H-260-VL-003C	PARARRAYOS 110 KV 110 KV LIGHTNING ARRESTER
③	01	UND	H-260-CB-001	INTERRUPTOR TRIPOLAR 2000 A, 170 KV, 750 KV BIL BREAKER 2000 A, 170 KV, 750 KV BIL
④	01	UND	H-260-SW-001	SECCIONADOR DE LÍNEA CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA 2000 A, 170 KV LINE DISCONNECTOR SWITCH WITH EARTHING SWITCH 2000 A, 170 KV
⑤	03	UND	H-260-PT-001 H-260-PT-002 H-260-PT-003	TRANSFORMADOR DE TENSION 138:√3/0.1:√3/0.1:√3 KV POTENTIAL TRANSFORMER 138:√3 0.1:√3 0.1:√3 KV
⑥	01	UND	--	PÓRICO DE LÍNEA LINE STRUCTURE GATEWAY
⑦	01	UND	--	MURO CORTAFUEGO FIREWALL
⑧	01	UND	H-260-ER-001	SALA DE CONTROL 22.9 KV SWITCHYARD 22.9 KV, 31 KA SHELTER
⑨	82	M	--	CABLE DE ACERO 5/16" EHS (CABLE DE GUARDA)
⑩	110	M	--	CABLE DE ALUMINIO AAAC 500 mm ² ALUMINUM CABLE AAAC 500 mm ²
⑪	06	UND	--	CADENA DE 14 AISLADORES ANSI 52.3 14 INSULATORS CHAIN ANSI 52.3
⑮	01	PZA	--	MENSULA ADICIONAL ADDITIONAL BRACKET
⑯	01	UND	H-260-GR-001	RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA 13,22 KV, 200A, 205seg GROUNDING RESISTOR 13,22 KV, 200A, 205seg
⑰	01	UND	--	BANCO DE BATERIAS UPS BATTERY PACK BANK UPS
⑱	01	UND	--	BANCO DE BATERIAS 125 VCC BATTERY PACK BANK 125 VCC
⑲	02	UND	--	CADENA DE 12 AISLADORES ANSI 52.3 12 INSULATORS CHAIN ANSI 52.3



SECCION A
SECTION 260-62-201
ESCALA/SCALE: 1/100

AS BUILT

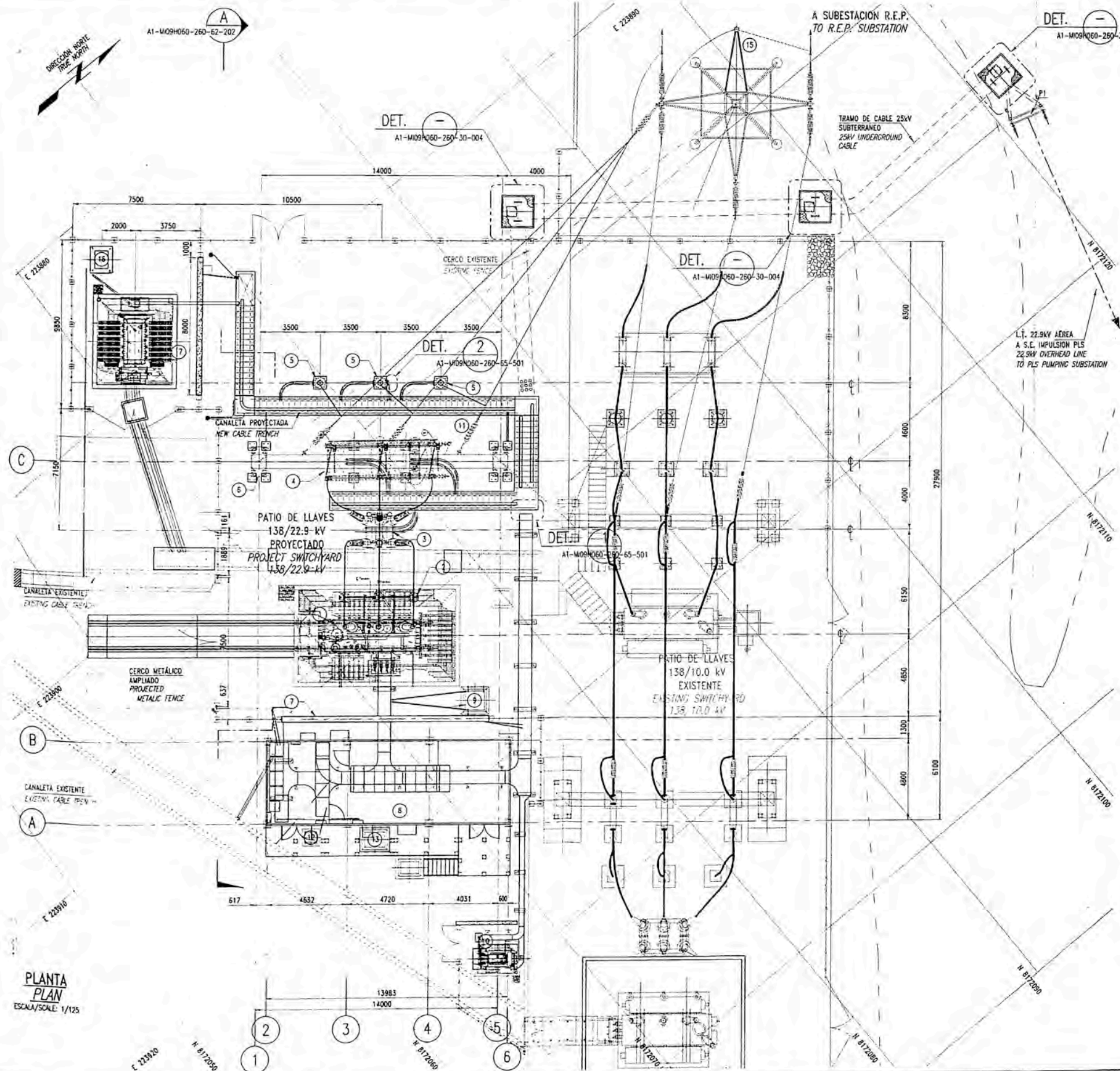
N.P.: NIVEL DE PLATAFORMA
PLATFORM LEVEL
N.G.: NIVEL DE GRAYA
GRAVEL LEVEL

LA LENGUA ESPAÑOLA TENDRÁ PRECEDENCIA
SPANISH LANGUAGE SHALL GOVERN

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS. REV.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	DIS. REV.	APROBADO	NÚMERO DE PLANOS	PLANOS DE REFERENCIA
A	18 FEB 10	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	J.L. A.C.		2	12 MAY 12	AS BUILT - ARENGA PERU S.A.			A1-MI09H060-260-61-116	ENSAMBLE DE CADENAS DE AISLADORES - PATIO 138/22.9 KV
B	03 MAR 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	J.L. A.C.							A1-MI09H060-260-62-201	DISPOSICIÓN DE EQUIPOS - PATIO 138/22.9 KV - PLANTA
C	08 JUN 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	J.L. A.C.								
D	20 JUL 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	J.L. A.C.								
E	27 JUL 10	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	J.L. A.C.								
F	03 JUN 11	SE ACTUALIZO DATOS DE EQUIPOS - POR SMCV	J.M. F.S.								

APROBADO 27 JUL 2010	FECHA:	27 JUL 2010
DISEÑADO POR: J. LAGUNA	FECHA:	27 JUL 2010
DIBUJADO POR: A. HERNANDEZ	FECHA:	27 JUL 2010
REVISADO POR: A. CACERES	FECHA:	27 JUL 2010
APROBADO POR: J. LAGUNA	FECHA:	27 JUL 2010
GERENTE DE PROYECTO: J.L. CORDOVA	FECHA:	27 JUL 2010
CLIENTE: C. REQUEJO	FECHA:	27 JUL 2010

FECHA: 27 JUL 2010	ESCALA: 1/100	NÚMERO DE PLANO: A1-MI09H060-260-62-202
--------------------	---------------	---



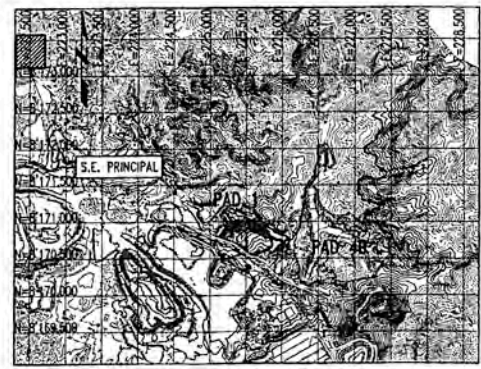
LEYENDA DE EQUIPOS 138 kV 138 kV EQUIPMENT LEGEND

ITEM	CANTIDAD	UNIDAD	TAG N°	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION
1	01	UND	H-260-XF-001	TRANSFORMADOR DE POTENCIA 138/22.9 kV 40/50 MVA POWER TRANSFORMER 138/22.9 kV 40/50 MVA
2	03	UND	H-260-VL-001A H-260-VL-002B H-260-VL-003C	PARARRAYOS 110 kV 110 kV LIGHTNING ARRESTER
3	01	UND	H-260-CB-001	INTERRUPTOR TRIPOLAR 2000 A, 170 kV, 750 kV BIL BREAKER 2000 A, 170 kV, 750 kV BIL
4	01	UND	H-260-SW-001	SECCIONADOR DE LINEA CON CUCHILLA DE PUESTA A TIERRA 2000 A, 170 kV LINE DISCONNECTOR SWITCH WITH EARTHING SWITCH 2000 A, 170 kV
5	03	UND	H-260-PT-001 H-260-PT-002 H-260-PT-003	TRANSFORMADOR DE TENSION 138:√3/0.1:√3/0.1:√3 kV POTENTIAL TRANSFORMER 138:√3 0.1:√3 0.1:√3 kV
6	01	UND	---	PÓRTECO DE LINEA LINE STRUCTURE GATEWAY
7	01	UND	---	MURO CORTAFUEGO FIREWALL
8	01	UND	H-260-ER-001	SALA DE CONTROL 22.9 kV SWITCHYARD 22.9 kV, 31 kA SHELTER
9	01	UND	H-260-GR-001	RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA 13,22 kV, 200A, 20Seg GROUNDING RESISTOR 13,22 kV, 200A, 20Seg
10	01	UND	H-260-DX-001	TRANSFORMADOR 22.9/0.22 kV, 120 kVA TRANSFORMER 22.9/0.22 kV, 120 kVA
11	06	UND	---	CADENA DE 12 AISLADORES ANSI 52.3 12 INSULATORS CHAIN ANSI 52.3
12	01	UND	---	BANCO DE BATERIAS UPS BATTERY PACK BANK UPS
13	01	UND	---	BANCO DE BATERIAS 125 VCC BATTERY PACK BANK 125 VCC
14	---	---	---	---
15	01	PZA	---	MENSULA ADICIONAL ADDITIONAL BRACKET
16	01	UND	H-260-GR-005	RESISTENCIA DE PUESTA A TIERRA 13,22 kV, 200A, 10Seg GROUNDING RESISTOR 13,22 kV, 200A, 10Seg
17	01	UND	H-260-XF-004	TRANSFORMADOR DE POTENCIA ONAF 22.9/10kV - 10/12 MVA POWER TRANSFORMER ONAF 22.9/10kV - 10/12 MVA

AS BUILT

LEYENDA LEGEND

ITEM	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION
---	LINEA DE DISTRIBUCIÓN 22.9kV ENTERRADO 25 kV UNDERGROUND DISTRIBUTION LINE
---	LINEA DE DISTRIBUCIÓN 22.9kV AEREO 22.9 kV OVERHEAD DISTRIBUTION LINE
○	ESTRUCTURA P-1, POSTE DE MADERA WOOD POLE P-1



**PLANO LLAVE
KEY-PLAN**
ESCALA/SCALE: 1:50000

LA LENGUA ESPAÑOLA TENDRÁ PRECEDENCIA
SPANISH LANGUAGE SHALL GOVERN

**PLANTA
PLAN**
ESCALA/SCALE: 1/125

REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	D.S. REV.	APROBADO	REV.	FECHA	DESCRIPCIÓN	D.S. REV.	APROBADO	NUMERO DE PLANOS	PLANOS DE REFERENCIA
A	19 FEB 10	EMITIDO PARA COORDINACIÓN INTERNA	JL								
B	08 MAR 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	JL		2	29 SET 11	SE REUBICO TRANSFORMADOR DE EMERGENCIA - POR SMCV	JH			
C	09 JUN 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	JL		3	18 OCT 11	SE MODIFICÓ BANCO DE DUCTOS - POR SMCV	JH			
D	20 JUL 10	EMITIDO PARA APROBACIÓN DEL CLIENTE	JL		4	16 ABR 12	AS BUILT - ARENDA PERU S.A.	F.S.			
E	27 JUL 10	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN	JL								
F	03 JUN 11	SE ACTUALIZO DATOS DE EQUIPOS - POR SMCV	JL								

APROBADO: 27 JUL 2010
DISEÑADO POR: J. LAGUNA
DISEÑADO POR: A. HERNANDEZ
REVISADO POR: A. CACERES
APROBADO POR: J. LAGUNA
GERENTE DE PROYECTO: J.L. CORDOVA
CLIENTE: C. REDUEJO

FECHA: 27 JUL 2010

PLANO: ELECTRICIDAD
PLANTA SUBESTACIÓN, DISPOSICIÓN DE EQUIPOS
PATIO 138/22.9 kV - PLANTA

ANEXOS

Anexo A. Cronograma Maestro Subestación Eléctrica Principal 138/22,9/10 kV

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Start	Finish	2011												2012						
					n	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul					
Subestación Eléctrica Principal 138/22.9/10 KV					21-Jul-11 → 03-May-12																		
Hitos del Proyecto					21-Jul-11 → 03-May-12																		
Hitos contractuales					21-Jul-11 → 03-May-12																		
H000	Reunión de inicio del proyecto	0	21-Jul-11*		21-Jul-11*																		
H010	Fin de instalación de facilidades	0	10-Sep-11*		10-Sep-11*																		
H020	Fin de construcción sub estación eléctrica principal	0	14-Apr-12*		14-Apr-12*																		
H030	Desmovilización y cierre del proyecto	0	03-May-12*		03-May-12*																		
Hitos de entrega de equipos principales					21-Jul-11 → 18-Oct-11																		
P000	Transformador de tensión 138 KV	0	21-Jul-11*		21-Jul-11*																		
P010	Seccionador de potencia 170 KV	0	21-Jul-11*		21-Jul-11*																		
P020	Interruptor de potencia 170 KV	0	21-Jul-11*		21-Jul-11*																		
P030	Transformador de SSAA 22.9/0.22 KV	0	19-Sep-11*		19-Sep-11*																		
P040	Transformador de potencia 40/50 MVA	0	03-Oct-11*		03-Oct-11*																		
P050	Transformador de potencia 10/12 MVA	0	03-Oct-11*		03-Oct-11*																		
P060	Sala eléctrica	0	18-Oct-11*		18-Oct-11*																		
Construcción					22-Jul-11 → 03-May-12																		
Movilización/Instalación de facilidades/Desmovilización					22-Jul-11 → 03-May-12																		
M000	Elaboración/presentación/aprobación de Manual de Seguridad	21	22-Jul-11	18-Aug-11	22-Jul-11 → 18-Aug-11																		
M010	Movilización de equipos e ingreso de personal (Charla de inducción, examen m	20	19-Aug-11	10-Sep-11	19-Aug-11 → 10-Sep-11																		
M020	Instalación de facilidades	14	26-Aug-11	10-Sep-11	26-Aug-11 → 10-Sep-11																		
M030	Desmovilización/cierre del proyecto	15	16-Apr-12	03-May-12	16-Apr-12 → 03-May-12																		
Subestación Principal 138/22.9/10 KV					22-Jul-11 → 13-Apr-12																		
Civil					22-Jul-11 → 06-Mar-12																		
Preliminares					22-Jul-11 → 03-Sep-11																		
C000	Replanteo topográfico en la zona de construcción de la SE eléctrica principal	2	22-Jul-11	23-Jul-11	22-Jul-11 → 23-Jul-11																		
C010	Retiro de interferencias en la zona de construcción de la SE eléctrica principal	14	05-Aug-11	20-Aug-11	05-Aug-11 → 20-Aug-11																		
C020	Excavación masiva en la zona de sala eléctrica, muro cortafuego y transformac	7	22-Aug-11	29-Aug-11	22-Aug-11 → 29-Aug-11																		
C030	Subzapata con concreto ciclópeo en zona de sala eléctrica, muro cortafuego y	5	30-Aug-11	03-Sep-11	30-Aug-11 → 03-Sep-11																		
Sala eléctrica					12-Sep-11 → 29-Oct-11																		
Base para sala eléctrica					12-Sep-11 → 29-Oct-11																		
CS000	Colocación de acero de refuerzo para zapatas y columnas	8	12-Sep-11	20-Sep-11	12-Sep-11 → 20-Sep-11																		
CS010	Encofrado de zapatas	6	21-Sep-11	27-Sep-11	21-Sep-11 → 27-Sep-11																		
CS020	Vaciado de concreto en zapatas	1	28-Sep-11	28-Sep-11	28-Sep-11 → 28-Sep-11																		
CS030	Desencofrado de zapatas	2	29-Sep-11	30-Sep-11	29-Sep-11 → 30-Sep-11																		
CS040	Encofrado de columnas y colocación de inserto metálico	6	01-Oct-11	07-Oct-11	01-Oct-11 → 07-Oct-11																		
CS050	Vaciado de concreto en columnas	1	10-Oct-11	10-Oct-11	10-Oct-11 → 10-Oct-11																		
CS060	Desencofrado	2	11-Oct-11	12-Oct-11	11-Oct-11 → 12-Oct-11																		
CS070	Relleno y compactación en zona de sala eléctrica y contiguo a muro cortafuego	10	19-Oct-11	29-Oct-11	19-Oct-11 → 29-Oct-11																		
Base para plataforma y escalera acceso a sala eléctrica					01-Oct-11 → 13-Oct-11																		
CS080	Colocación de acero de refuerzo	4	01-Oct-11	05-Oct-11	01-Oct-11 → 05-Oct-11																		
CS090	Encofrado	4	06-Oct-11	11-Oct-11	06-Oct-11 → 11-Oct-11																		
CS100	Vaciado de concreto	1	12-Oct-11	12-Oct-11	12-Oct-11 → 12-Oct-11																		
CS110	Desencofrado	1	13-Oct-11	13-Oct-11	13-Oct-11 → 13-Oct-11																		
Base para banco de baterías					06-Oct-11 → 13-Oct-11																		
CS120	Colocación de acero de refuerzo	1	06-Oct-11	06-Oct-11	06-Oct-11 → 06-Oct-11																		
CS130	Encofrado	2	07-Oct-11	10-Oct-11	07-Oct-11 → 10-Oct-11																		
CS140	Vaciado de Concreto	1	12-Oct-11	12-Oct-11	12-Oct-11 → 12-Oct-11																		
CS150	Desencofrado	1	13-Oct-11	13-Oct-11	13-Oct-11 → 13-Oct-11																		
Muro cortafuego 1					21-Sep-11 → 25-Nov-11																		
Primera etapa zapata (Hasta cota 2685 m)					21-Sep-11 → 11-Oct-11																		
CM00	Colocación de acero de refuerzo en zapata	7	21-Sep-11	28-Sep-11	21-Sep-11 → 28-Sep-11																		
CM01	Encofrado de zapata	5	29-Sep-11	04-Oct-11	29-Sep-11 → 04-Oct-11																		
CM02	Vaciado de concreto en zapata	1	05-Oct-11	05-Oct-11	05-Oct-11 → 05-Oct-11																		
CM03	Desencofrado	2	10-Oct-11	11-Oct-11	10-Oct-11 → 11-Oct-11																		
Segunda etapa (Hasta cota 2687 m)					12-Oct-11 → 28-Oct-11																		
CM04	Colocación de acero de refuerzo en muro	6	12-Oct-11	18-Oct-11	12-Oct-11 → 18-Oct-11																		

Anexo B. CAPEX Subestación Eléctrica Principal 138/22,9/10 kV

Partida	Descripción	Und	Cantidad	Construcción	
				P.U. \$/	Sub total \$/
Costo Directo					
1 Partidas Generales					
1.1	Movilización y desmovilización de equipos	glb	1.00	59,009.79	59,009.79
1.2	Instalación de facilidades	glb	1.00	397,011.62	397,011.62
2 Subestación Eléctrica Principal					
Patio de Llaves					
Civil					
2.01	Excavación masiva en terreno natural o suelto para explanaciones	m3	148.83	9.85	1,466.58
2.02	Excavación local en terreno natural o suelto para estructuras	m3	415.70	49.95	20,765.85
2.03	Excavación local en roca para estructuras	m3	59.54	352.78	21,002.93
2.04	Relleno con material préstamo para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	201.62	64.25	12,954.05
2.05	Eliminación de material excedente	m3	169.35	17.08	2,893.35
2.06	Superficie de rodadura, E=200mm	m3	84.00	80.75	6,782.89
2.07	Superficie de acceso transformador E=100mm, grava Ø3/4"	m3	6.93	80.75	559.59
Concreto					
2.08	Concreto f'c= 100 kg/cm2 para solados	m3	8.85	455.43	4,031.25
2.09	Concreto ciclópeo f'c= 140 kg/cm2 + 30% Piedra Mediana	m3	139.61	537.69	75,065.80
2.10	Concreto f'c= 210 kg/cm2 para canaletas de drenaje, cimentaciones de cercos, banco de ductos y buzones	m3	17.46	818.65	14,294.78
2.11	Concreto f'c= 280 kg/cm2 para cimentaciones de equipos, muros, losa de piso, según lo indicado en planos	m3	160.35	868.17	139,206.61
2.12	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2	kg	10,225.08	5.58	57,104.80
2.13	Suministro y colocación de pernos de anclaje ASTM A 36	kg	43.17	23.12	998.03
2.14	Suministro y colocación de grout cementicio E=25mm	m2	6.18	517.34	3,199.50
Acero Estructural					
2.15	Cerco perimétrico de malla metálica según planos h = 2.45	m	51.37	194.00	9,964.84
Electricidad					
Malla de puesta a tierra					
2.16	Apertura de zanja (excavación) para malla de tierra profunda	m3	363.20		
2.17	Conductor de cobre desnudo 2/0 AWG temple blando para malla de tierra profunda, incluye soldadura exotérmica "cadweld" 200 (en "T" 120-70mm2) y pozos de puesta a tierra	m	391.00	5.93	2,320.17
2.18	Conductor de cobre desnudo 4/0 AWG temple blando para malla de tierra superficial, incluye soldadura exotérmica "cadweld" 250 (en "T" 120-120mm2) y pozos de puesta a tierra	m	564.00	9.42	5,315.17
Alumbrado					
2.19	Postes de concreto armado de 9 m/ 200 Kg. incluye reflectores de halogenuro metálico 250 W, artefacto de iluminación de emergencia operada por baterías.	pza	4.00	105.34	421.34
2.20	Apertura de zanja	m3	18.00	-	-
Instalación de bandejas					
2.21	Bandeja L 25 incluyendo soportes, accesorios y aterramiento con conductor de cobre 2 AWG	m	85.00	33.71	2,865.14
2.22	Bandeja L 75 incluyendo soportes, accesorios y aterramiento con conductor de cobre 2 AWG	m	90.00	84.27	7,584.19
Equipos					
2.30	Transformador de tensión (138000/√3)(120/√3)(120/√3)V, 100VA, clase 0.2, 50VA, Ø3	pza	1.00	833.35	833.35
2.31	Seccionador de línea y puesta a tierra 2000A, 31.5kV, 750kV BIL (H-260-SW-001)	jgo	1.00	8,707.78	8,707.78
2.32	Interruptor 2000A, 31.5kV, 750kV BIL (H-260-CB-001)	pza	1.00	57,724.13	57,724.13
2.33	Pararavos 138kV, Ø3, 31.5kA, 750kV BIL (H-260-VL-001,2,3)	pza	1.00	1,959.25	1,959.25
2.34	Transformador principal 40/50 MVA 138/2.9/10kV Z=12% (H-260-XF-001)	pza	1.00	79,771.65	79,771.65
2.35	Cable de guarda de A° G° Ø7.94mm	m	120.00	1.76	210.67
2.36	Conductor AAAC 500 mm²	m	150.00	1.40	210.67
2.37	Resistencia a tierra 13.2kV, 200A 10seg (H-260-GR-004)	pza	1.00	1,404.48	1,404.48
2.38	Transformador de emergencia 10-12 MVA 22.9/10kV onan/onaf (H-260-XF-001)	pza	1.00	31,087.20	31,087.20
Conductores					
2.39	Cable teck 90, 25kV, 1+1c 350 MCM + T	m	495.00	27.16	13,442.03
2.40	Cable teck 90, 25kV, 1+3c 350 MCM + T	m	75.00	121.03	9,077.33
2.41	Cable teck 90, 25kV, 1+3c 250 MCM + T	m	576.00	98.36	56,652.90
2.42	Cable teck 90, 25kV, 1+3c 2/0 AWG + T	m	33.00	63.85	2,106.97
2.43	Cable teck 90, 25kV, 1+1c 2/0 AWG + T	m	195.00	15.27	2,977.01
2.44	Cable teck 90, 15kV, 1+1c 2/0 AWG + T	m	24.00	19.04	457.07
2.45	Cable teck 90, 1kV, 1+1c 300 MCM + T	m	399.00	34.77	13,875.19
2.46	Cable teck 90, 1kV, 1+3c 1 AWG + T	m	8.00	22.78	182.25
2.47	Cable teck 90, 1kV, 1+2c 2 AWG + T	m	27.00	16.54	446.71
2.48	Cable teck 90, 1kV, 1+3c 4 AWG + T	m	74.00	12.54	928.11
2.49	Cable teck 90, 1kV, 1+3c 6 AWG + T	m	43.00	8.93	384.10
2.50	Cable teck 90, 1kV, 1+2c 8 AWG + T	m	120.00	4.99	599.15
2.51	Cable teck 90, 1kV, 1+2c 10 AWG + T	m	263.00	3.60	945.61
2.52	Cable teck 90, 1kV, 1+3c 10 AWG + T	m	50.00	4.14	207.16
2.53	Cable teck 90, 1kV, 1+5c 10 AWG + T	m	343.50	6.05	2,076.90
2.54	Cable teck 90, 1kV, 1+2c 12 AWG + T	m	214.00	2.67	571.06
2.55	Cable teck 90, 0.6kV, 1+12c 14 AWG + T	m	523.00	5.91	3,088.75
Sala Eléctrica					
Civil					
2.56	Excavación masiva en terreno natural o suelto para explanaciones	m3	265.51	9.85	2,616.44
2.57	Excavación local en terreno natural o suelto para estructuras	m3	289.07	49.95	14,440.11

2.58	Excavación local en roca para estructuras	m3	17.84	352.78	6,293.47
2.59	Relleno con material préstamo para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	148.10	64.25	9,515.51
2.60	Eliminación de material excedente	m3	166.37	17.08	2,842.40
2.61	Superficie de rodadura, E=200mm	m3	84.00	80.75	6,782.89
	Concreto				
2.62	Concreto $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ para solados	m3	50.43	455.43	22,968.10
2.63	Concreto ciclópeo $f_c = 140 \text{ kg/cm}^2 + 30\%$ Piedra Mediana	m3	92.90	537.69	49,953.53
2.64	Concreto $f_c = 280 \text{ kg/cm}^2$ para cimentación de sala eléctrica, según lo indicado en planos	m3	87.27	868.17	75,760.99
2.65	Acero de refuerzo $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$	kg	9,321.88	5.58	52,060.63
2.66	Suministro y colocación de pernos de anclaje ASTM A 36	kg	42.34	23.12	978.85
2.67	Suministro y colocación de grout cementicio E=25mm	m2	2.35	517.34	1,216.79
2.68	Juntas de construcción (incluye juntas de contracción)	m	1.26	19.37	24.40
2.69	Juntas de expansión (incluye juntas de expansión y aislamiento)	m	6.20	19.38	120.08
	Acero Estructural				
2.70	Estructura Metálica Mediana ($30 \text{ kg/m} < W < 60 \text{ kg/m}$)	kg	6,208.03	14.34	89,046.95
2.71	Estructura Metálica Liviana ($W \leq 30 \text{ kg/m} +$ Conexiones Asumido 2% Est. Muy Pesada, 8% Est. Pesada + 10% Est. Mediana y Liviana)	kg	941.55	15.41	14,507.03
2.72	Parrilla Metálica NAAMM W-19-4 (1.1/4"X3/16") Galvanizada	kg	1,234.41	15.56	19,203.47
2.73	Baranda Metálica $h = 1.05 \text{ m}$.	kg	373.94	15.56	5,817.29
2.74	Pintura	m2	175.35	-	-
2.75	Cerco perimétrico de malla metálica según planos $h = 2.45$	m	29.48	194.00	5,719.80
	Electricidad				
2.76	Sala eléctrica ER-001	pza	1.00	854,274.96	854,274.96
Sub total Costo Directo					2,368,889.47
	Costo Indirecto				
	Gastos generales	glb	1.00	854,490.18	854,490.18
	Supervisión	glb	1.00	600,506.77	600,506.77
	Seguridad	glb	1.00	24,825.98	24,825.98
	Financiamiento	glb	1.00	35,956.33	35,956.33
	Utilidad	glb	1.00	359,563.29	359,563.29
Sub total Costo Indirecto					1,875,342.55
Total					4,244,232.02

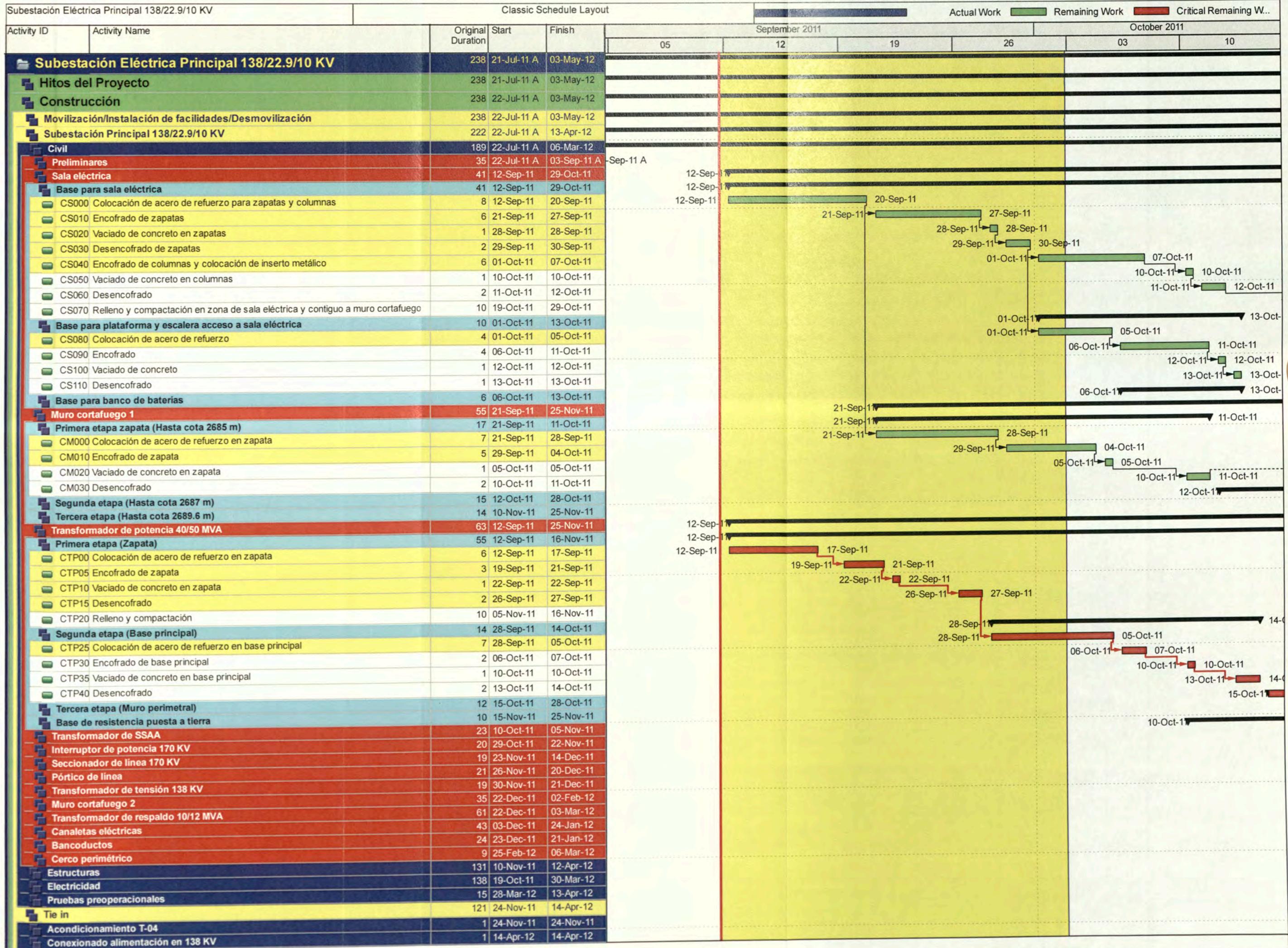
Anexo C. Presupuesto contratado para la construcción

2.82	Ejecucion de las terminaciones Autocontraibles para cable de 22.9 kv y 10 kv (KIT x 3 Unidades)	und	18.00	657.63	11,837.34
Tie In					
2.83	Fabricación de perfiles para adecuaciones de torre T-4.	kg	300.00	8.00	2,400.00
2.84	Montaje de perfiles para adecuación de torre T-4.	Glb	1.00	4,169.28	4,169.28
2.85	Tendido de conductor 500mm ² de torre existente a nuevo portico	m	150.00	17.46	2,619.00
2.86	Instalación de cable de guarda EHS 5/16"	m	100.00	8.57	857.00
3.0 Sala Eléctrica					
Civil					
3.01	Excavación masiva en terreno natural o suelto para explanaciones	m3	252.87	67.79	17,142.06
3.02	Excavación local en terreno natural o suelto para estructuras	m3	155.30	67.79	10,527.79
3.03	Excavación local en roca para estructuras	m3	136.99	215.76	29,556.96
3.04	Relleno con material propio para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	90.00	65.95	5,935.50
3.05	Relleno con material préstamo para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	90.00	125.95	11,335.50
3.06	Relleno compactado con material agrícola cermico (puesta a tierra)	m3	80.00	137.80	11,024.00
3.07	Colocación de cemento conductor	m	80.00	17.13	1,370.40
3.08	Eliminación de material excedente (D.max = 7 km)	m3	198.44	20.26	4,020.39
3.09	Superficie de rodadura, E=200mm	m3	80.00	137.96	11,036.80
3.10	Retiro de tratamiento asfáltico e= 1 @ 1.5"	m3	200.00	14.36	2,872.00
Concreto					
3.11	Concreto f'c= 100 kg/cm ² para solados	m3	48.03	235.19	11,296.18
3.12	Concreto ciclópeo f'c= 140 kg/cm ² + 30% Piedra Mediana	m3	88.48	281.29	24,888.54
3.13	Concreto f'c= 280 kg/cm ² para cimentacion de sala eléctrica, según lo indicado en planos	m3	95.00	574.14	54,543.30
3.14	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm ²	kg	9,500.00	5.73	54,435.00
3.15	Suministro y colocación de pernos de anclaje ASTM A 36 e insertos metálicos	kg	150.00	21.83	3,274.50
3.16	Suministro y colocación de grout cementicio E=25mm	m ²	2.25	317.35	714.04
3.17	Juntas de construcción (incluye juntas de contracción)	m	1.20	39.43	47.32
3.18	Juntas de expansión (incluye juntas de expansión y aislamiento)	m	5.90	42.78	252.40
3.19	Suministro y colocación de cajas de registro para pozos a tierra	Und.	8.00	98.62	788.96
Acero Estructural					
3.20	Cerco perimétrico de malla metálica según planos h = 2.45 (Incluye Puertas)	m	28.08	855.29	24,016.54
Electricidad					
3.21	Montaje de Sala eléctrica ER-001	glb	1.00	127,074.10	127,074.10
Instrumentación					
3.22	Montaje e instalación de tableros - Gabinete de comunicaciones	m	1.00	7,202.40	7,202.40
Comunicación y control					
3.23	Instalacion y conexionado de Cable de Comunicacion UTP cat. 6 (Incluye suministro de Accesorios) para equipos de protección y medición.	m	100.00	30.41	3,041.00
3.24	Instalacion y conexionado de Cable de Fibra óptica de 12 hilos monomodo (Incluye suministro de Accesorios) entre Sala eléctrica y Sala de control de Planta industrial	m	100.00	33.36	3,336.00
Sub total Costo Directo:					1,902,557.57
Costo indirecto					
Gastos generales					192,378.33
Supervisión					1,054,844.54
Seguridad					241,834.73
Financiamiento					152,900.92
Utilidad					490,894.70
Sub total costo indirecto:					2,132,853.21
Total:					4,035,410.78

2.42	Construcción y montaje de malla prefabricada de 3.60m x 1.35m, Con cable de cobre desnudo # 2AWG con cuadrículas de 0.15m x 0.15 m	und	6.00	332.92	1,997.52
2.43	Instalación de Pozo a Tierra con registro	und	17.00	1,100.89	18,715.13
	Alumbrado y tomacorrientes				
2.44	Instalación y montaje de iluminación (Incluye base e instalación de poste)	und	8.00	591.75	4,734.00
2.45	Montaje e instalación de Tomacorriente 2P en 230 V	und	4.00	124.67	498.68
2.46	Montaje e instalación de Tomacorriente 3P en 230 V	und	4.00	124.67	498.68
	Instalación de bandejas y tubería RGS				
2.47	Instalación y montaje de bandejas portacable metálicas de 250x100 en ducto	und	4.00	156.73	626.92
2.48	Suministro, fabricación e instalación de Soporterías de Acero estructural y/o Unistrud para Bandejas Portacable	kg	300.00	16.58	4,974.00
2.49	Instalación y montaje de bandejas portacable metálicas de 250x150 sobre nivel de piso hasta 1.8m	und	10.00	115.94	1,159.40
2.50	Instalación y montaje de bandejas portacable metálicas de 600x150 sobre nivel de piso hasta 1.8m	und	6.00	156.36	938.16
2.51	Instalación y montaje de bandejas portacable metálicas de 750x150 sobre nivel de piso hasta 1.8m	und	20.00	187.64	3,752.80
2.52	Instalación de tubería RMC en ducto desde 1" @ 2 1/2"	m	20.00	8.05	161.00
2.53	Instalación de tubería RMC en ducto desde 3" @ 6"	m	250.00	15.96	3,990.00
2.54	Instalación de tubería PVC SAP para salida de cable a tierra desde 1" @ 2"	m	80.00	5.54	443.20
	Equipos				
2.55	Montaje e instalación de Transformador de Potencia 40/50 MVA, 138/22.9KV, Incluye montaje de accesorios conformantes del transformador.	Glb	1.00	117,675.00	117,675.00
2.56	Montaje e instalación de Interruptor de potencia.	Glb	1.00	19,481.86	19,481.86
2.57	Montaje e instalación de Seccionador de línea tripolar.	Glb	1.00	8,770.58	8,770.58
2.58	Montaje e instalación de Transformadores de Tensión	Glb	1.00	7,606.55	7,606.55
2.59	Montaje e instalación de Transformador de distribución 120KVA, 22.9/0.22 KV (servicios auxiliares).	Glb	1.00	888.80	888.80
2.60	Montaje e instalación de Transformador de Potencia 10/12 MVA 22.9/10 KV, Incluye montaje de accesorios conformantes del transformador (emergencia).	Glb	1.00	41,536.16	41,536.16
2.61	Montaje e instalación de Banco de Baterías.	Glb	1.00	5,881.63	5,881.63
2.62	Montaje e instalación de Banco de condensadores y filtro de armónicos.	Glb	1.00	23,207.56	23,207.56
2.63	Montaje e instalación de seccionadores de cuchilla de puesta a tierra en 22.9 kv.	Glb	1.00	3,723.25	3,723.25
2.64	Montaje de Vacuum breakers 22.9 KV, 3 PH , 2 step. Include Automatic Capacitor Bank Controller. Enclosed NEMA 3R.	Glb	1.00	1,587.98	1,587.98
	Conductores				
2.65	Instalación y conexión de Cooper cable , 133% XLPE Insulated, PDICXAT/TC, 1/C 350 MCM + G, 25KV	m	480.00	24.31	11,668.80
2.66	Instalación y conexión de Cooper cable , 133% XLPE Insulated, PDICXAT/TC, 1/C 250 MCM + G, 25KV.	m	660.00	20.06	13,239.60
2.67	Instalación y conexión de Cooper cable , 133% XLPE Insulated, PDICXAT/TC, 3/C 2/0 AWG + G, 25KV	m	40.00	24.31	972.40
2.68	Instalación y conexión de Cooper cable , 133% XLPE Insulated, PDICXAT/TC, 1/C 2/0 AWG + G, 25KV	m	270.00	8.10	2,187.00
2.69	Instalación y conexión de Cooper cable, 133% XLPE Insulated 15 kV, 1/C 2/0 AWG + G, TECK 90	m	25.00	8.10	202.50
2.70	Instalación y conexión de Cooper cable ,133% XLPE Insulated 15 kV, 1/C 350 MCM + G, TECK 90	m	210.00	24.31	5,105.10
2.71	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 2/C + T, 10 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	365.00	6.98	2,547.70
2.72	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 2/C + T, 12 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	260.00	6.98	1,814.80
2.73	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 3/C + T, 10 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	150.00	6.98	1,047.00
2.74	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 3/C + T, 4 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	75.00	8.29	621.75
2.75	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 3/C + T, 6 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	20.00	8.29	165.80
2.76	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 3/C + T, 8 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	165.00	8.29	1,367.85
2.77	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 1/C + T, 300 MCM, XLPE Insulated, TECK90	m	420.00	16.60	6,972.00
2.78	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 1 KV, 1 x 3/C + T, 2 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	60.00	8.29	497.40
2.79	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 0.6 KV, 1 x 5/C + T, 10 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	370.00	17.50	6,475.00
2.80	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 0.6 KV, 1 x 5/C + T, 12 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	280.00	17.50	4,900.00
2.81	Instalación y conexión de Cooper cable, BT 0.6 KV, 1 x 12/C + T, 14 AWG, XLPE Insulated, TECK90	m	795.00	21.89	17,402.55

Item	Descripción	Und	Cantidad	P.U. \$/	Sub total \$/
Costo directo					
1 Partidas generales					
1.1	Movilización y desmovilización.	Glb	1.00	312,990.45	312,990.45
1.2	Instalación, mantenimiento y retiro de facilidades de obra	Glb	1.00	200,667.94	200,667.94
1.3	Desarrollo de planos As-Built y Dossier de Calidad	Glb	1.00	7,227.65	7,227.65
1.4	Comisionamiento, Pruebas en vacío y Arranque	Glb	1.00	33,565.78	33,565.78
Subestación Eléctrica Principal 22.9KV					
2 Patio de llaves					
Civil					
2.01	Excavación masiva en terreno natural o suelto para explanaciones	m3	141.74	67.79	9,608.55
2.02	Excavación local en terreno natural o suelto para estructuras	m3	245.90	67.79	16,669.56
2.03	Excavación local en roca para estructuras	m3	206.70	215.76	44,597.59
2.04	Relleno con material propio para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	90.00	65.95	5,935.50
2.05	Relleno con material préstamo para estructuras, al 95% del Próctor modificado.	m3	90.00	125.95	11,335.50
2.06	Relleno compactado con material agrícola cémico (puesta a tierra)	m3	150.00	137.80	20,670.00
2.07	Colocación de cemento conductivo	m	420.00	17.13	7,194.60
2.08	Eliminación de material excedente (D.max = 7 km)	m3	440.24	20.26	8,919.26
2.09	Superficie de rodadura, E=200mm	m3	80.00	137.96	11,036.80
2.10	Superficie de acceso transformador E=100mm, grava Ø3/4"	m3	6.60	137.96	910.54
2.11	Suministro y Colocación de grava de 3/4"	m3	2.00	158.70	317.40
2.12	Demolición de Estructuras Existentes - Concreto Armado	m3	80.17	343.62	27,548.02
2.13	Demolición de Estructuras Existentes - Concreto Simple / Ciclopeo	m3	9.23	220.32	2,033.55
2.14	Retiro de tratamiento asfáltico e= 1 @ 1.5"	m2	600.00	14.36	8,616.00
2.15	Retiro de cerco metálico existente	m	28.00	47.16	1,320.48
Concreto					
2.16	Concreto f'c= 100 kg/cm2 para solados	m3	8.43	235.19	1,982.65
2.17	Concreto ciclopeo f'c= 140 kg/cm2 + 30% Piedra Mediana	m3	132.96	281.29	37,400.32
2.18	Concreto f'c= 175 kg/cm2 para banco de ductos cimentaciones de cercos, etc	m3	20.00	381.50	7,630.00
2.19	Concreto f'c= 210 kg/cm2 para canaletas de drenaje, cimentaciones de cercos, banco de ductos y buzones	m3	27.50	492.01	13,530.28
2.20	Concreto f'c= 280 kg/cm2 para cimentaciones de equipos, muros, losa de piso, según lo indicado en planos	m3	170.00	574.14	97,603.80
2.21	Acero de refuerzo fy = 4200 kg/cm2	kg	10,500.00	5.73	60,165.00
2.22	Suministro y colocación de pernos de anclaje ASTM A 36 e insertos metálicos	kg	350.00	21.83	7,640.50
2.23	Suministro y colocación de grout cementicio E=25mm	m2	2.00	317.35	634.70
2.24	Suministro y colocación de cajas de registro para pozos a tierra	Und.	8.00	98.62	788.96
Acero Estructural					
2.25	Cerco perimétrico de malla metálica según planos h = 2.45 (Incluye Puertas)	m	48.92	855.29	41,840.79
2.26	Suministro e Instalación de Tubería de Drenaje / Rebose de Transformador	Und	1.00	2,764.75	2,764.75
2.27	Grating para canaleta del transformador	m2	28.40	279.41	7,935.24
2.28	Fabricación de estructura de soporte de resistencia de puesta a tierra 13,22 kv, 200A, 20seg.	Kg	300.00	8.00	2,400.00
2.29	Montaje de estructura de soporte de resistencia de puesta a tierra 13,22 kv, 200A, 20seg.	Kg	300.00	1.62	486.00
2.30	Fabricación de estructura de soporte de interruptor tripolar 2000 A, 170 kv, 750 kv BIL.	Kg	350.00	8.00	2,800.00
2.31	Montaje de estructura de soporte de interruptor tripolar 2000 A, 170 kv, 750 kv BIL.	Kg	350.00	1.62	567.00
2.32	Fabricación de estructura de soporte de seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra 2000 A, 170 kv.	Kg	400.00	8.00	3,200.00
2.33	Montaje de estructura de soporte de seccionador de línea con cuchilla de puesta a tierra 2000 A, 170 kv.	Kg	400.00	1.62	648.00
2.34	Fabricación de estructura de soporte de transformador de tensión 138V3/01:V3/01:V3 kv	Kg	300.00	8.00	2,400.00
2.35	Montaje de estructura de soporte de transformador de tensión 138V3/01:V3/01:V3 kv	Kg	300.00	1.62	486.00
2.36	Fabricación de estructura de soporte de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra 22,9 kv	Kg	400.00	8.00	3,200.00
2.37	Montaje de estructura de soporte de seccionadores con cuchilla de puesta a tierra 22,9 kv	Kg	400.00	1.62	648.00
2.38	Fabricación de estructura de pórtico de línea	Kg	2,000.00	8.00	16,000.00
2.39	Montaje de estructura de pórtico de línea	Kg	2,000.00	1.62	3,240.00
Electricidad					
Malla de puesta a tierra					
2.40	Instalación de cable de cobre desnudo de 120mm2 para malla a tierra (Incl. soldadura exotérmica)	m	3,600.00	15.92	57,312.00
2.41	Instalación de cobre desnudo 2/0 AWG temple blando para malla de tierra profunda, incluye soldadura exotérmica "cadweld" 200 (en "T" 120-70mm2)	m	300.00	21.46	6,438.00

Anexo D. Actividades dentro de la ventana del 12Sep11 al 02Oct11



Anexo E. Programa de tres semanas

Anexo F. Plan semanal

Construcción Subestación Eléctrica Principal 138/22.9/10 KV
Plan Semanal
Semana del 12 de Septiembre al 18 de Septiembre del 2011

Nº Contrato: 7031101672
 Contratista: Abengoa Perú

Fecha de Inicio: 21-jul-11
 Fecha de Término: 3-may-12

FECHA DE EMISIÓN: 12-sep-13

ITEM	ACTIVIDADES ESPECIFICAS	CANT. PROG.	UND.	RESP	F Inicio	F Fin	Semana							Comprometido	Alcanzado	Cumplimiento	CODIGO	Causa de No Cumplimiento
							L	M	M	J	V	S	D					
							12/9	13/9	14/9	15/9	16/9	17/9	18/9					
1	Civil																	
2	Sala Eléctrica																	
3	Base para Sala Eléctrica																	
4	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 2-A	300.00	Kg	RM	12/09/11	12/09/11	X							100%				
5	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 3-A	250.00	Kg	RM	13/09/11	13/09/11		X						100%				
6	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 4-A	250.00	Kg	RM	14/09/11	14/09/11			X					100%				
7	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 5-A	250.00	Kg	RM	15/09/11	15/09/11				X				100%				
8	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 2-B	300.00	Kg	RM	16/09/11	16/09/11					X			100%				
9	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 3-B	250.00	Kg	RM	17/09/11	17/09/11						X		100%				
10	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 4-B	250.00	Kg	RM	19/09/11	19/09/11												
11	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 5-B	300.00	Kg	RM	20/09/11	20/09/11												
12	Llegada de encofrado para zapata	60.00	m2	LM	15/09/11	15/09/11				X				100%				
13	Presentación del diseño de mezcla para aprobación	1.00	glb	DC	13/09/11	13/09/11		X						100%				
14	Transformador de potencia 40/50 MVA																	
15	Primera etapa zapata																	
16	Colocación de acero de refuerzo en zapata	800.00	Kg	RM	12/09/11	17/09/11	X	X	X	X	X	X		100%				
17	Llegada de encofrado para zapata	80.00	m2	LM	15/09/11	15/09/11				X				100%				

Anexo G. Causas de no cumplimiento

Construcción Subestación Eléctrica Principal 138/22.9/10 KV
Causas de no cumplimiento actividades del plan semana anterior
Semana del 12 de Septiembre al 18 de Septiembre del 2011

Nº Contrato: 7031101672
 Contratista: Abengoa Perú

Fecha de Inicio: 21-jul-11
 Fecha de Término: 3-may-12

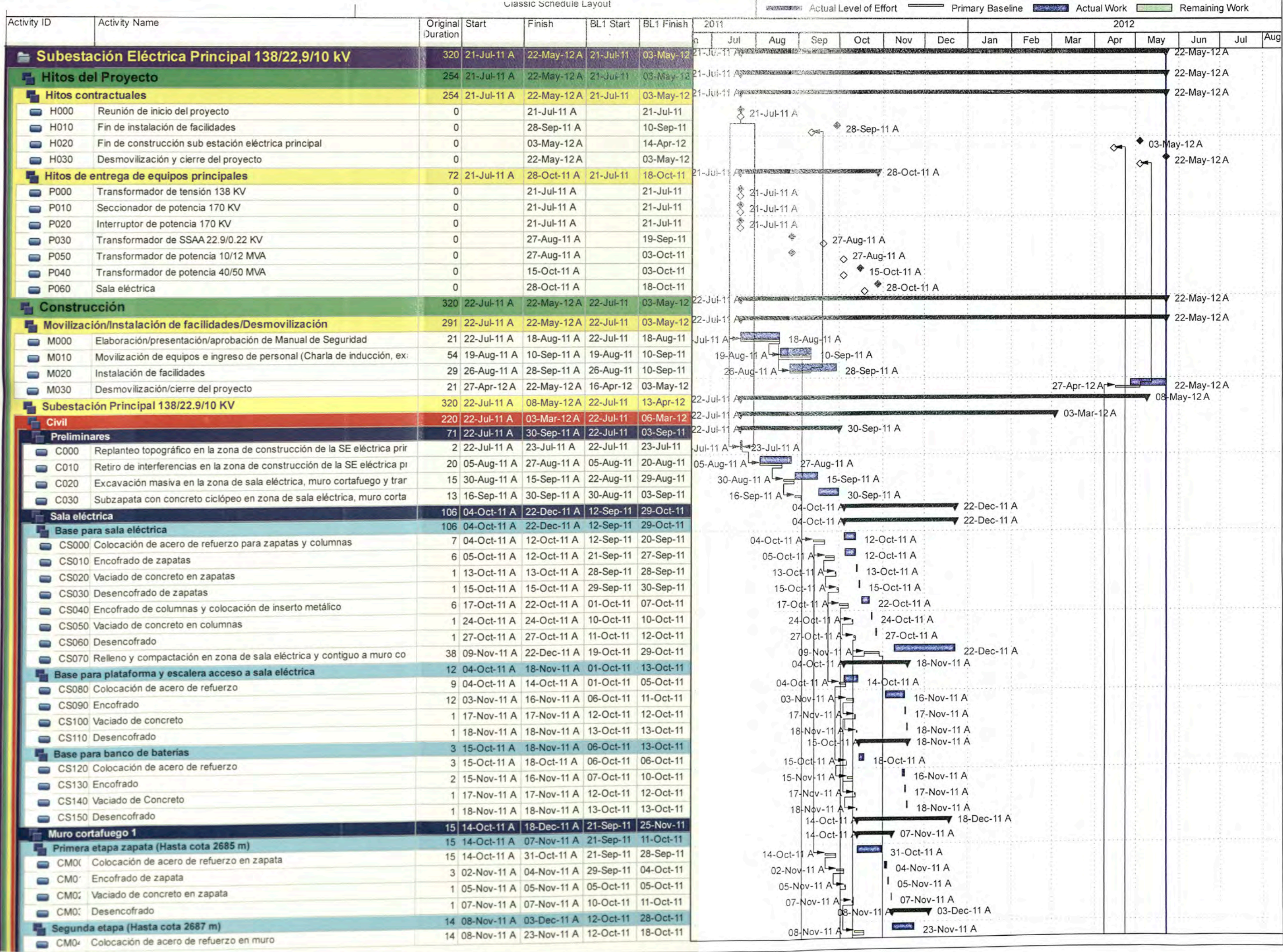
FECHA DE EMISIÓN: 19-sep-13

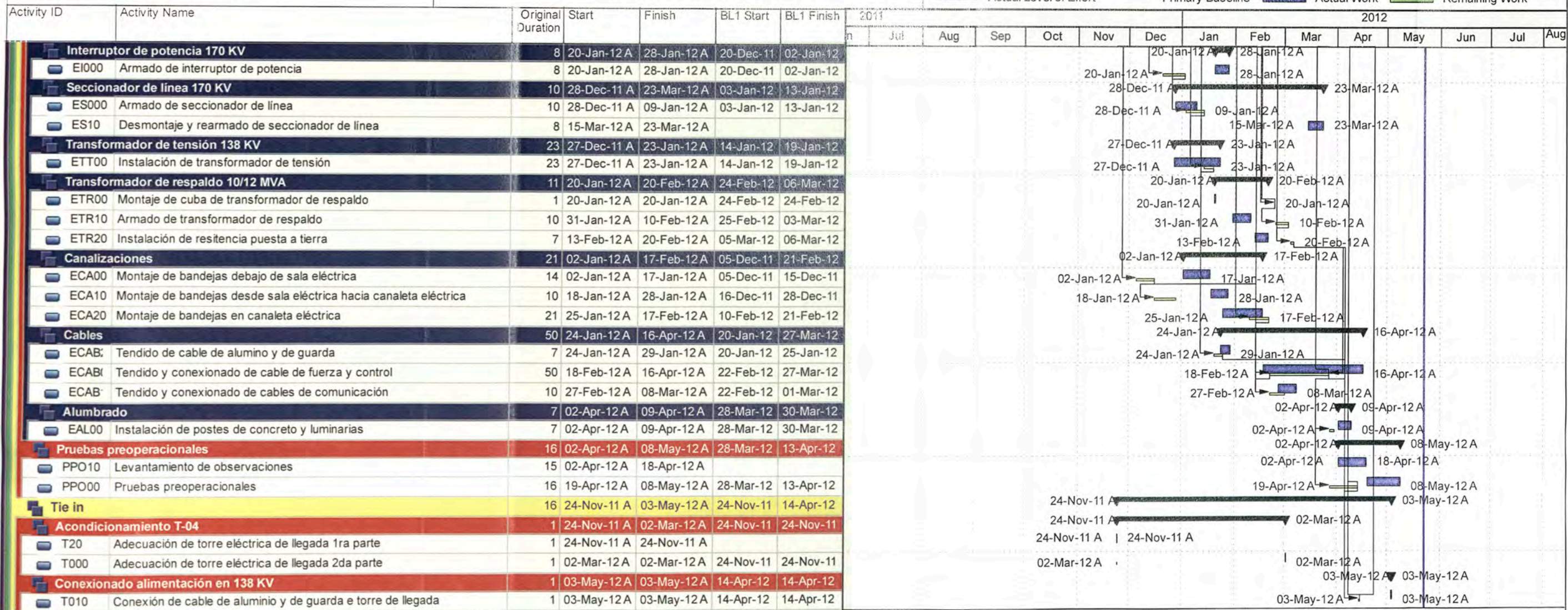
ITEM	ACTIVIDADES ESPECIFICAS	CANT. PROG.	UND.	RESP.	F Inicio	F Fin	Semana							Comprometido	Alcanzado	Cumplimiento	CODIGO	Causa de No Cumplimiento
							L	M	M	J	V	S	D					
							12/9	13/9	14/9	15/9	16/9	17/9	18/9					
1	Civil																	
2	Sala Eléctrica																	
3	Base para Sala Eléctrica																	
4	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 2-A	300.00	Kg	RM	12/09/11	12/09/11	X						100%	100%	SI			
5	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 3-A	250.00	Kg	RM	13/09/11	13/09/11		X					100%	100%	SI			
6	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 4-A	250.00	Kg	RM	14/09/11	14/09/11			X				100%	100%	SI			
7	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 5-A	250.00	Kg	RM	15/09/11	15/09/11				X			100%	100%	SI			
8	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 2-B	300.00	Kg	RM	16/09/11	16/09/11					X		100%	100%	SI			
9	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 3-B	250.00	Kg	RM	17/09/11	17/09/11						X	100%	100%	SI			
10	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 4-B	250.00	Kg	RM	19/09/11	19/09/11												
11	Colocación de acero de refuerzo en zapata y pedestal ejes 5-B	300.00	Kg	RM	20/09/11	20/09/11												
12	Llegada de encofrado para zapata	60.00	m2	LM	15/09/11	15/09/11				X			100%	0%	NO	K	No se realizó la compra por parte del área de logística.	
13	Presentación del diseño de mezcla para aprobación	1.00	glb	DC	13/09/11	13/09/11		X					100%	100%	SI			
14	Transformador de potencia 40/50 MVA																	
15	Primera etapa zapata																	
16	Colocación de acero de refuerzo en zapata	800.00	Kg	RM	12/09/11	17/09/11	X	X	X	X	X	X	100%	50%	NO	E	No se contaba con la cuadrilla completa, personal se encuentra en proceso de ingreso.	
17	Llegada de encofrado para zapata	80.00	m2	LM	15/09/11	15/09/11				X			100%	0%	NO	K	No se realizó la compra por parte del área de logística.	

Nº de Actividades Planificadas	10
Nº de Actividades Completadas	7
PAC de la Semana	70.00%

DESCRIPCION	COD	CANT
Disponibilidad mecánica	A	0
Derrumbe	B	0
Cambio de prioridades	C	0
Actividad predecesora	D	0
Mano de obra	E	1
Subestimación de actividad	F	0
Equipos	G	0
Seguridad	H	0
Trámites	I	0
Inspecciones	J	0
Materiales, Suministros	K	2
Restricción técnica	L	0
Coordinación deficiente	M	0

Anexo H. Cronograma Real SE Eléctrica 138/22,9/10 kV





Anexo I. Resultado Operativo

RESULTADO OPERATIVO

DESCRIPCION	Unidad	PRESENTE MES		ACUMULADO ACTUAL	Proyección				TOTAL PREVISTO			ACUMULADO ANTERIOR
		Previsto	Real		jul-12	ago-12	sep-12	Saldo	ACTUAL	ANTERIOR	ORIGINAL	
Venta Contractual	S/.	281,673	276,041	3,835,977					3,835,977	3,559,936	4,035,411	3,559,936
Venta Adicionales	S/.	42,054	38,458	112,880					112,880	74,421		74,421
TOTAL VENTA	S/.	323,728	314,500	3,948,857					3,948,857	3,634,357	4,035,411	3,634,357
COSTO DIRECTO												
Costo Mano de Obra		16,530	15,663	950,222					950,222	934,559	567,791	934,559
Costo Materiales		5,421	2,568	385,475					385,475	382,907	436,721	382,907
Costo Equipos y Vehiculos		48,341	56,789	495,777					495,777	438,988	588,257	438,988
Costo Subcontratos			-	25,981					25,981	25,981	289,789	25,981
Total Costo Directo	S/.	70,292	75,020	1,857,456					1,857,456	1,782,436	1,902,558	1,782,436
COSTO INDIRECTO												
Costo Gastos Generales		35,812	45,982	245,621					245,621	199,640	192,378	199,640
Costo Supervisión		38,233	28,542	1,435,610					1,435,610	1,407,068	1,054,845	1,407,068
Costo Seguridad		1,500	2,499	155,739					155,739	153,241	241,835	153,241
Costo Financiamiento		3,949	3,949	39,489					39,489	35,540	152,901	35,540
Total Costo Indirecto	S/.	79,494	80,971	1,876,460					1,876,460	1,795,488	1,641,959	1,795,488
TOTAL COSTO	S/.	149,786	155,991	3,733,916					3,733,916	3,577,924	3,544,516	3,577,924
MARGEN		173,942	158,508	214,941					214,941	56,433	490,895	56,433
MARGEN (%)		53.73%	50.40%	5.44%					5.44%	1.55%	12.16%	1.55%