

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROGRAMACIÓN, CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE COSTOS  
DEL TÚNEL DE CONDUCCIÓN, PIQUE Y CHIMENEA DE LA  
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ALAN ARAMBULO MONTALVO**

**Lima- Perú**

**2014**

Dedico este Informe de Suficiencia a mis padres:  
Gladys Montalvo Ramirez y Adolfo Arambulo  
Menéndez, y a mis hermanos que son los motivos  
que inspira mi vida.

	Pág.
<b>RESUMEN.....</b>	<b>3</b>
<b>LISTADO DE CUADROS.....</b>	<b>4</b>
<b>LISTADO DE FIGURAS.....</b>	<b>5</b>
<b>LISTADO DE SIMBOLOS.....</b>	<b>6</b>
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>7</b>
<b>CAPITULO I: MARCO TEÓRIO. ....</b>	<b>8</b>
1.1 NECESIDAD DE PLANEAR Y CONTROLAR UN PROYECTO.....	8
1.2 PLANAMIENTO.....	8
1.3 TÉCNICAS DE PROGAMACIÓN DE UNA OBRA.....	8
1.3.1 Diagrama de barras.....	9
1.3.2 Curvas de Producción Acumulada.....	9
1.3.3 Método de la Ruta Crítica (Critical Path Method, CPM).....	10
1.3.4 PERT (Program Evaluation Review Technique).....	13
1.3.5 Diferencias entre PERT y CPM.....	13
1.3.6 Principios de la Teoría de la Cadenicidad de la Producción.....	14
1.3.7 Relación Costo-Tiempo.....	21
1.3.8 Costo mínimo y duración Óptima de un proyecto.....	22
<b>CAPITULO II: PANEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>23</b>
2.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	23
2.2 PLANEAMIENTO REGIONAL Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA.....	24
2.3 PLANEAMIENTO DEL PROYECTO.....	25
2.3.1 Organigrama de la Dirección de la Obra.....	25
2.3.2 Estructura de Descomposición de Trabajo.....	26
2.4 ORGANIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN CADENA.....	29
2.4.1 Cadena de Objeto.....	29
2.4.2 Unidades de Producción.....	30
2.4.3 Nivel de Desmenbramiento.....	31
2.4.4 Cadena Especializada.....	32
2.4.5 Cálculo de Parámetros.....	33
<b>CAPITULO III: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS.....</b>	<b>38</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS PRINCIPALES.....	38
3.2 DATOS CONTRACTUALES.....	39
3.3 DATOS PARA EL CONTROL DE PRODUCTIVIDAD.....	39

<b>CAPITULO IV: PROGRAMACIÓN DE OBRA.....</b>	<b>40</b>
4.1 CRONOGRAMA GENERAL.....	40
4.1.1 Elaboración del Cronograma.....	41
4.1.2 Cronograma Interno.....	43
4.2 HERRAMIENTAS.....	43
4.2.1 Filosofía de Lean Construction.....	43
4.2.2 Herramientas de Programación.....	44
4.3 CONTROL DE PRODUCTIVIDAD.....	46
4.3.1 Definición de Productividad.....	46
4.3.2 Control de Productividad.....	46
4.4 CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE COSTOS.....	54
4.4.1 Definición.....	54
4.4.2 Metodologías de Control de Costos.....	55
4.4.3 Análisis de Brechas del Costo.....	55
4.4.4 Cierre Contable.....	56
<b>CAPITULO V: CONTROL Y OPTIMIZACIÓN COSTOS – LEAN CONSTRUCTION USANDO LOOKAHEAD Y ANALISIS DE RESTRICCIONES.....</b>	<b>57</b>
5.1 DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS PRINCIPALES.....	57
5.2 APLICACIÓN DEL PROGRAMA - LOOKAHEAD PLANING.....	64
<b>CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>70</b>
6.1 CONCLUSIONES.....	70
6.2 RECOMENDACIONES.....	70
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>71</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>72</b>

## RESUMEN

El presente informe de Suficiencia pretende determinar la organización constructiva para la ejecución de las actividades enmarcadas en un planeamiento a largo, mediano y corto tiempo; además dicho planeamiento deberá ser actualizado en el tiempo conforme se vayan suscitando modificaciones, mejoras, cambios de ingeniería o contingencias directas o de manera indirectas a la ejecución. Asimismo, en todo proyecto de construcción se debe buscar obtener mayor ganancia (margen); en consecuencia es necesario buscar la manera más útil, ordenada, práctica y que se obtengan los resultados esperados, para poder controlar de manera óptima los recursos con ayuda de experiencia y usan el método científico, se opta por aplicar la filosofía de Lean Construction respecto al uso de herramientas de planeamiento, programación y control para la ejecución de un proyecto.

Además, la ventaja principal es el control de costos dado que se cuenta con un mayor detalle por rubros, frentes y partidas de control. Por lo cual, una vez identificado indicios de pérdidas de dinero en alguna partida de control, se podrá tomar acciones para minimizar dichas pérdidas y poder monitorear semanalmente los resultados adquiridos. Finalmente, se aplicará la mejora continua para minimizar al máximo o eliminar la falencia encontrada.

En el capítulo I, se detalla los métodos PERT y CPM; así como la teoría de la cadenicidad de la producción de la cadena y sus parámetros.

En el capítulo II, se desarrolló el planeamiento de la construcción en cadena aplicado al túnel de conducción, pique vertical y chimenea.

En el capítulo III, se describió el presupuesto general y análisis de precios unitarios de las principales partidas de control aplicadas al presente informe.

En el capítulo IV, se menciona la filosofía de Lean Construction, las herramientas de programación que son: LookAhead, PPC, Plan Semanal, Análisis de Restricciones; así como también los controles de productividad IP-MO y IP-EQ.

En el capítulo V, para el control y optimización de costos se aplica la filosofía de Lean Construction usando el LookAhead, Análisis de Restricciones e IP's.

Finalmente, el capítulo VI presenta las conclusiones y recomendaciones encontradas en el presente informe conforme a los resultados encontrados.

## LISTA DE CUADROS.

	Pág.
Cuadro N°2.01: WBS - Túnel de Conducción.....	26
Cuadro N°2.02: WBS – Pique y Chimenea.....	28
Cuadro N°2.03: Organización den Cadena.....	29
Cuadro N°2.04: Descripción de las unidades de producción.....	31
Cuadro N°2.05: Nivel de Desmembramiento del proceso de construcción....	31
Cuadro N°2.06: Descripción gráfica de las operaciones que forman parte de las cadenas especializadas.....	33
Cuadro N°2.07: Cálculo de la Trabajosidad.....	35
Cuadro N°2.08: Cálculo de la cuadrilla requerida para el concreto.....	37
Cuadro N°2.09: Cálculo de la cuadrilla requerida para varias partidas.....	37
Cuadro N°2.10: Elaboración de la Normal Tecnológica.....	37
Cuadro N°4.11: Diagrama Gantt – Contractual.....	42
Cuadro N°4.12: Curva Espacio – Tiempo “Tiempo Camino”.....	42
Cuadro N°4.13: Ejemplo de LookAhead.....	42
Cuadro N°4.14: Ejemplo de Análisis de Restricciones.....	45
Cuadro N°4.15: Ejemplo de Plan Semanal.....	48
Cuadro N°4.16: Reporte del SISPO.....	49
Cuadro N°4.17: Reporte del SISME.....	50
Cuadro N°4.18: Estructura de Partidas de Control.....	50
Cuadro N°4.19: Obtención de los ratios meta de mano de obra.....	51
Cuadro N°4.20: IP de mano de obra.....	51
Cuadro N°4.21: Cálculo de la proyección de HH ganadas o perdidas a fin de proyecto.....	52
Cuadro N°4.22: Obtención de los ratios meta de equipos.....	52
Cuadro N°4.23: Cálculo de la proyección de HH ganadas o perdidas a fin de proyecto.....	53
Cuadro N°5.24: Tipos de roca vs. sostenimiento.....	60
Cuadro N°5.25: Aplicación del LookAhead, PPC y Plan semanal – OS.....	65
Cuadro N°5.26: Aplicación del LookAhead, PPC y Plan semanal – OC.....	66
Cuadro N°5.27: Aplicación del Análisis Restricciones.....	67
Cuadro N°5.28: Aplicación del IP-MO.....	68
Cuadro N°5.29: Aplicación del IP-EQ.....	69
Cuadro N°5.30: Obtención del Margen.....	69

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura Nº 1.01: Ejemplo de diagrama de barras.....	9
Figura Nº 1.02: Ejemplo de Curva "S".....	10
Figura Nº 1.03: Dependencia Múltiple.....	10
Figura Nº 1.04: Efecto de Cruz.....	11
Figura Nº 1.05: Actividad Ficticia (Dummy).....	11
Figura Nº 1.06: Esquematación de redes de precedencia.....	12
Figura Nº 1.07: Cuadro de actividades con sus duraciones.....	12
Figura Nº 1.08: Determinación de la Holgura de una actividad respecto a otra	12
Figura Nº 1.09: La distribución de tiempo supone el PERT para una distribución beta.....	13
Figura Nº 1.10: Diagrama de flechas.....	13
Figura Nº 1.11: Diagrama de redes de precedencia.....	14
Figura Nº 1.12: Construcción simultánea de excavación horizontal y vertical...	15
Figura Nº 1.13: Esquematación del desmembramiento del Objeto de Construcción.....	17
Figura Nº 1.14: Relación COSTO–TIEMPO suposición de comportamiento lineal.....	21
Figura Nº 1.15: Muestra el comportamiento del costo directo, indirecto y total	22
Figura Nº 2.16: La Distribución de las principales estructuras de la obra.....	25
Figura Nº 2.17: Organigrama de la dirección de Obra.....	25
Figura Nº 2.18: Plano e imagen del T. Conducción - Entrada (V1).....	27
Figura Nº 2.19: Plano e imagen del T. Conducción – Salida (V2).....	27
Figura Nº 2.20: Imágenes de las Obras Civiles del T. Conducción.....	28
Figura Nº 2.21: Plano e imágenes del Pique y Chimenea.....	28
Figura Nº 4.22: Descripción de la Programación.....	40
Figura Nº 4.23 Rutina de Programación Semanal.....	44
Figura Nº 4.24: Relación Cronograma y LookAhead.....	45
Figura Nº 4.25: El control de Productividad - herramienta de Optimización de procesos.....	48
Figura Nº 4.26: Proceso de Control de Costos.....	54
Figura Nº 4.27: Esquema de Control de Costos.....	55
Figura Nº 4.28: Análisis de Brechas en el Costo.....	56
Figura Nº 5.29: Imágenes del Túnel de Conducción-Excavación.....	57
Figura Nº 5.30: Imágenes del Túnel de Conducción-Shotcrete.....	58
Figura Nº 5.31: Imágenes del Túnel de Conducción-Pernos.....	59
Figura Nº 5.32: Imágenes del Túnel de Conducción-Cimbras.....	60
Figura Nº 5.33: Imágenes del Túnel de Conducción-Solera de concreto.....	61
Figura Nº 5.34: Imágenes del Pique-Excavación de Piloto.....	63
Figura Nº 5.35: Imágenes del Pique-Excavación de ensanche.....	64

## LISTA DE SÍMBOLOS.

CPM	: Critical Path Method.
EDT	: Estructura de Descomposición de Trabajo.
HH	: Horas Hombres.
HM	: Horas Máquina.
IP	: Informe de Productividad
MW	: Megawatts.
ORACLE	: Software de base de datos de Sistemas de Gestión.
PERT	: Program Evaluation Review Technique.
PPC	: Porcentaje de Plan semanal Cumplido
SISME	: Software de Integración del Sistema de Mantenimiento de Equipos.
SISPO	: Software de Integración del Sistema de Planillas Obreros.
WBS	: Work Breakdown Structure.

## INTRODUCCION

El presente informe de Suficiencia aplica los fundamentos de la programación basado en un conjunto de suposiciones respecto de lo que se busca alcanzar en un negocio, si la estrategia no produce los resultados esperados, esto es un indicador que es necesario establecer una teoría, a fin de obtener nuevas oportunidades de mayores ganancias. Para ejecutar una obra se busca que termine en un tiempo óptimo, utilizando el menor costo posible y sin descuidar la Calidad del producto terminado de la obra. A lo largo de la programación se trazan metas que proporcionan un sentido de dirección, ya que sin ellas las organizaciones avanzan erráticamente sin un norte definido, el logro de dichas metas se enfocan en el esfuerzo de la organización, todo proyecto cuenta con recursos limitados y una gran posibilidad de utilizarlos, sin embargo, se deben analizar, evaluarse y compararse, en función de costos, financiamiento de inversiones, riesgos involuntarios, plan de contingencias, etc. Además, esta estrategia debe reajustarse constantemente en función de los cambios; estas no brindan certeza, sino más bien probabilidades con respecto al futuro.

En todo proyecto existe dificultad y complejidad, los cuales deben ser establecidas en una Estructura de Descomposición el trabajo (EDT) para poder plasmar en forma gráfica a manera de organigrama, los frentes de trabajo, la sectorización de la obra y la descomposición de la misma hasta alcanzar un nivel tal en que seamos capaces de controlar la obra. Este control mejorará cuando prioricemos la optimización del uso de recursos a través de la nivelación del mismo, empleando técnicas heurísticas y trenes de trabajo o cadena de trabajo.

Asimismo, estos controles deben hacerse en el transcurso trabajo diario y el avance de las distintas etapas del proyecto, por consiguiente, es preferible el uso de herramientas que nos permitan controlar permanentemente, enmarados en un proceso de retroalimentación continua, para reprogramar, controlar y evaluar sucesivamente usando la filosofía de mejora continua.

Para mejorar el control de la productividad se debe aplicar al programación maestra, empleando redes que determinen las rutas críticas, elaboraremos programas de 4 a 6 semanas (LookAhead Planning) a nivel de detalle, incluye ordenes de trabajo, nombre de componentes de cuadrillas diarias, materiales y equipos a utilizar diariamente.

## **CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO**

### **1.1 NECESIDAD DE PLANIFICAR Y CONTROLAR UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN**

- Cumplir con las obligaciones contractuales
- Pedir y probar los materiales y piezas prefabricadas con la debida anticipación.
- Optimizar recursos de mano de obra, materiales y equipo.
- Crear un clima de confianza sobre la buena realización del proyecto en Instituciones Financieras y Aseguradoras.
- Prever situaciones desfavorables o solucionar imprevistos de manera rápida y efectiva.
- Tener un control aceptable sobre el proyecto tanto en el alcance, tiempo, costo, y calidad.

### **1.2 PLANEAMIENTO**

Antes de ejecutar un proyecto, es necesario realizar previamente una formulación, darle unos cursos de acción que sirve de guía para la realización del proyecto, identificando el trabajo a realizar quién va a hacerlo, cuándo y cómo debe hacerse, y bajo que costo. Es necesario conocer el estado en la que se encuentran las vías de comunicación, las condiciones climáticas, centros de obtención de materiales, la mejor forma de obtener la mano de obra, los medios de transporte presentes en el lugar, entre otros factores. Se determina los eventos relevantes, así como las posibles restricciones y limitaciones que pudieran presentarse durante el desarrollo del proyecto; así como también los procesos constructivos de difícil ejecución.

### **1.3 TÉCNICAS DE PROGRAMACIÓN DE UNA OBRA**

Después de tener la planificación de la obra se procede a realizar la programación de la misma. Puede entenderse como programación a la elaboración de una red o diagrama en la que se esquematizan todas las actividades en las que se divide el proyecto especificando el tipo de

relación entre una y otra, así como su duración. Con esta programación se tiene un tiempo estimado de terminación de proyecto.

### 1.3.1 DIAGRAMA DE BARRAS

El diagrama de barras, también denominado Diagrama de Gantt gráfica de Gantt o carta Gantt es una herramienta gráfica cuyo objetivo es la representación de una actividad en forma de una barra cuya longitud representa la duración estimada para dicha actividad. Si bien nos permite apreciar las duraciones de cada actividad, no se logra apreciar la ruta crítica, no se puede percibir de manera precisa una secuencia lógica del grupo de actividades. Fue Henry Laurence Grantt quién, entre 1910 y 1915, desarrolló este tipo de diagrama. Por lo tanto, se detalla las siguientes precisiones:

- El diagrama de barras muestra las actividades de un proyecto bajo la forma de barras proporcionales al tiempo.
- Son simples de preparar y fáciles de comprender.
- Se puede incluir en ella los hitos (milestones) del proyecto y cualquier otra actividad adicional.
- No considera el parámetro espacio.
- Por si sola, es una herramienta insuficiente para la planificación y control, ya que no muestra la secuencia lógica de las actividades.

DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD	Duración (días)	DÍAS LABORALES																				
		01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
<b>TUNEL DE CONDUCCION</b>																						
Excavación en roca	14																					
Pernos helicoidales L= 3.0 m, D= 25 mm, con cerr	13																					
Shotcrete, f <sub>c</sub> = 35 Mpa con fibra metálica (30 kg/m <sup>3</sup> )	19																					
Malla Electrosoldada 100x100x4	6																					
Cimbras de Acero HEA 120	7																					
Drenes de alivio de PVC, D=50-65 mm	3																					

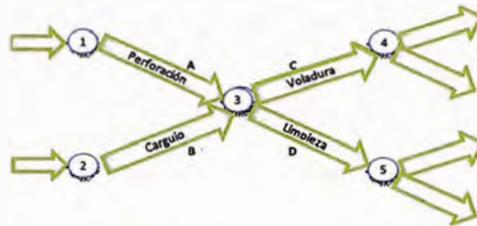
Figura N°1.01.- Ejemplo de diagrama de barras

### 1.3.2 CURVAS DE PRODUCCIÓN ACUMULADA

Para determinar la tasa de producción o velocidad de avance del proyecto se elabora una curva de producción. Esta curva muestra el avance acumulado del proyecto a través del tiempo. Relacionando unidades de producción en el eje "y", con unidades de tiempo en el eje "x". La pendiente de la curva relaciona el incremento en unidades de producción en la ordenada, con el incremento del tiempo en la abscisa. Estos factores dan como resultado una tasa de producción



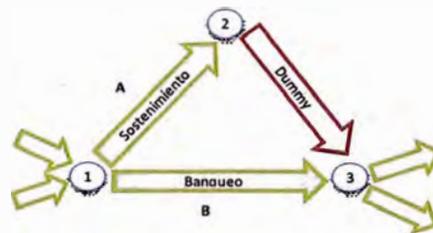
En la figura N°1.03, las actividades B y C dependen de la realización de la actividad A. Esto es, cuando queda realizada la actividad A, podrán ejecutarse las actividades B y C. En una red la realización de dos o más actividades pueden depender de otra actividad precedente.



**Figura N°1.04.- Efecto de Cruz**

En la figura N°1.04, tanto la actividad C como la actividad D dependen de la realización de las actividades A y B. Aun cuando esté completada la actividad A, sino está completada la actividad B, no puede realizarse ninguna de las actividades posteriores.

En la figura N°1.05, puede suceder que dos actividades provengan y confluyan hacia un mismo nodo, por lo tanto a la hora de elaborar el diagrama es necesario agregar un tercer nodo, para lo cual se hace uso de actividades ficticias. Este tipo de actividades ficticias carecen de duración y se representa mediante líneas punteadas.



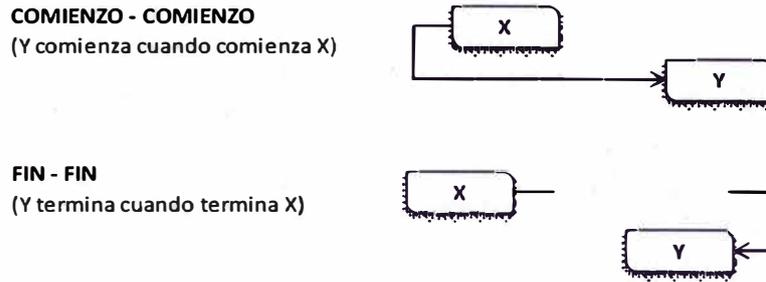
**Figura N°1.05.- Actividad Ficticia (Dummy)**

**b. Redes de precedencia**

En un proyecto existen actividades que pueden realizarse al mismo tiempo. El método del diagrama de flechas complica bastante este tipo de esquemas y no permite establecer las relaciones especiales que puedan surgir entre una actividad y otra.

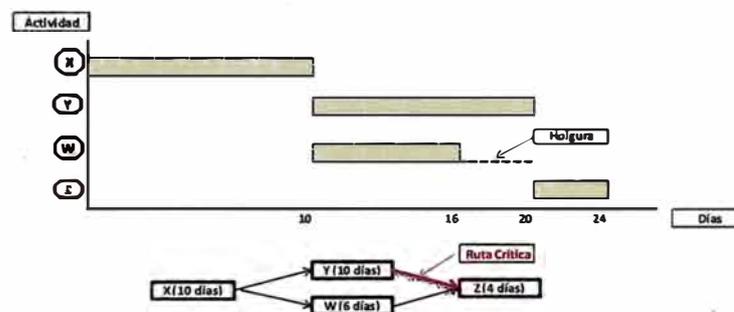
FIN - COMIENZO  
(Y comienza cuando termina X)





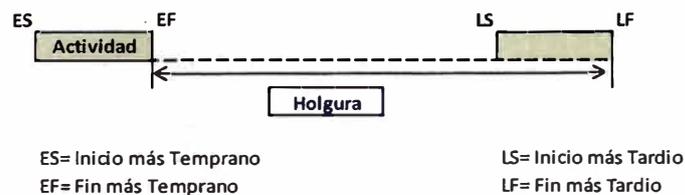
**Figura N°1.06.- Esquematización de redes de precedencia**

Para resolver estos limitantes se utilizan las redes de precedencia, en donde al contrario de los diagramas de flechas, las actividades se representan en lo nodos. En estas redes las flechas sirven para conectar las actividades y especificar el tipo de relación entre una y otra.



**Figura N°1.07.- Cuadro de actividades con sus duraciones**

Notamos que la actividad W, tiene una tolerancia de 4 días para culminar, sin afectar el inicio de la actividad Z. Mientras que Y, no tiene tolerancia alguna para su culminación, por lo que el mayor tiempo en la duración de Y, afectaría directamente el inicio de Z y como consecuencia la duración del proyecto también se incrementaría. Por lo tanto X, Y y Z se convierte en un CAMINO CRITICO. Afectando su inicio o terminó de la actividad W con respecto a la actividad Y, podemos encontrar su holgura.



**Figura N°1.08 Determinación de la Holgura de una actividad respecto a otra**

### 1.3.4 PERT (Program Evaluation Review Technique)

Esta técnica ha demostrado ser una herramienta efectiva en el diseño, desarrollo y defensa de proyectos tiene ciertas ventajas sobre el logro de los objetivos del proyecto de relativamente incierto. Las actividades en una red tipo PERT son específicas por eventos. Las flechas indican la dirección de la secuencia de las operaciones y el tiempo para realizar el evento que le sucede PERT permite el cálculo probabilístico de la duración de las actividades implementando tres posibles duraciones. Estas tres posibles duraciones son la duración óptima, duración media y la duración pesimista de cada actividad.

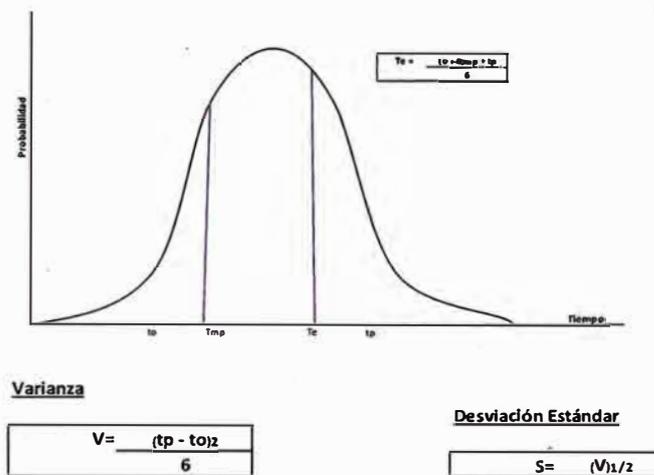


Figura N°1.09 La distribución de tiempo supone el PERT para una distribución beta

### 1.3.5 Diferencias entre PERT y CPM

Como se indicó antes, la principal diferencia entre PERT y CPM es la manera en que se realizan los estimados de tiempo. El PERT supone que el tiempo para realizar cada una de las actividades es una variable aleatoria descrita por una distribución de probabilidades. Por otra parte, el CPM infiere que los tiempos de las actividades se conocen en forma determinística y se puedan variar cambiando el nivel de recursos utilizados.

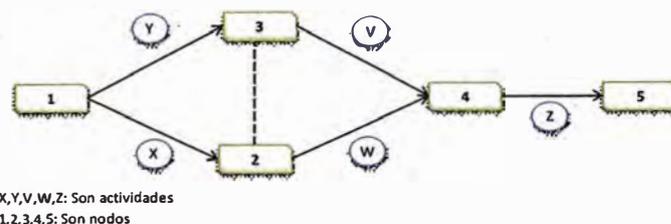
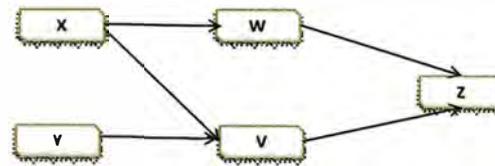


Figura N°1.10.- Diagrama de flechas



X,Y,V,W,Z: Son actividades

**Figura N°1.11.- Diagrama de redes de precedencia**

La distribución de las duraciones de tiempo son los siguientes:

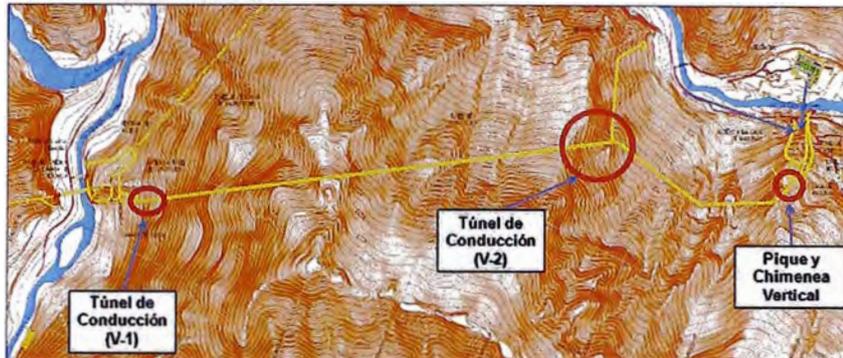
- **Tiempo optimista (a):** Es una estimación de mínimo tiempo requerido para cada actividad si la tiempo a de la actividad se realizara un gran número de veces, solamente el 1% de ellas, la duración de d la actividad sería menor o igual que a.; es decir a es tal que  $P(d \leq a) = 0.01$ .
- **Tiempo más probable (m):** Está basada en la experiencia y el buen juicio, siendo el tiempo necesario si la actividad se repite un número de veces bajo condiciones esencialmente similares. Donde el tiempo m de la actividad, tal que si ésta se realizara un gran número de veces, el tiempo más frecuente sería m.
- **Tiempo pesimista (b):** Es una estimación del máximo tiempo requerido es aquella duración b de la actividad , tal que si esta se realizara un gran número de veces, solamente el 1% de ellas la duración d de la actividad sería mayor que h. es decir b es tal que  $P(d > b) = 0.01$ .

El tiempo esperado de finalización de un proyecto es la suma de todos los tiempos esperados de las actividades sobre la ruta crítica.

### 1.3.6 Principios de la teoría de la Cadencia de la Producción

La construcción en cadena es una herramienta que facilita programar en obra, efectuando el desarrollo de las actividades correspondientes en forma continua y uniforme. A través de ella se obtiene un ritmo adecuado en la organización de los procesos de construcción; se disminuye los tiempos improductivos al especializarse la mano de obra, se aumenta la productividad y mejora la calidad de la construcción, optimizando por lo tanto los plazos de ejecución de obra y bajando los costos de producción del proyecto. En la figura N°1.12, se puede apreciar el avance de la excavación de horizontal (Túnel de Conducción) y la excavación vertical (Pique y Chimenea) son ejecutados de manera simultánea;

además el Túnel de Conducción será ejecutado por dos frentes de trabajos los cuales se excavarán en simultáneo con ayudas de las ventanas (V-1 y V-2).



**Figura N°1.12.- Construcción simultánea de excavación horizontal y vertical**

**Objeto de Construcción-** Definiremos así a una vivienda unifamiliar, edificación, pavimentación de una carretera, la construcción de un reservorio, construcción de un canal, construcción de un puente, instalación de redes sanitarias o eléctricas, etc. Un objeto de construcción es una obra de menor o mayor magnitud con características o especificaciones definidas.

### **Clasificaciones de los Objetos de Construcción**

#### **1. Por su uso o destino.**

- Edificaciones Civiles
- Edificaciones Industriales
- Agrícolas
- Redes Ingeniériles
- Energéticos

#### **2. Por su Distribución en el Espacio.**

- **Objeto de Construcción Lineal.-** Se denomina así a las construcciones que contienen un frente de trabajo abierto, donde la longitud prevalece (Redes Ingeniériles), con lo cual nos facilita comenzar o iniciar la construcción desde cualquier punto de la misma. Por ejemplo: La construcción de un Túnel de Acceso.
- **Objeto de Construcción Concentrado.-** Se denominan así a las construcciones que tienen frentes de trabajos cerrados donde predominan las alturas o niveles. Motivo por el cual los trabajos

tienen que iniciarse secuencialmente porque están supeditadas a la culminación de otras actividades, por lo que no pueden iniciarse en puntos intermedios. Ejemplo: El sostenimiento de la caverna de la Casa de Máquinas.

- **Objeto de Construcción Disperso.-** Son aquellos cuyos frente de trabajo es una combinación de los Lineales y Concentrados (abierto y cerrado). Por ejemplo: La construcción de una Central Hidroeléctrica.

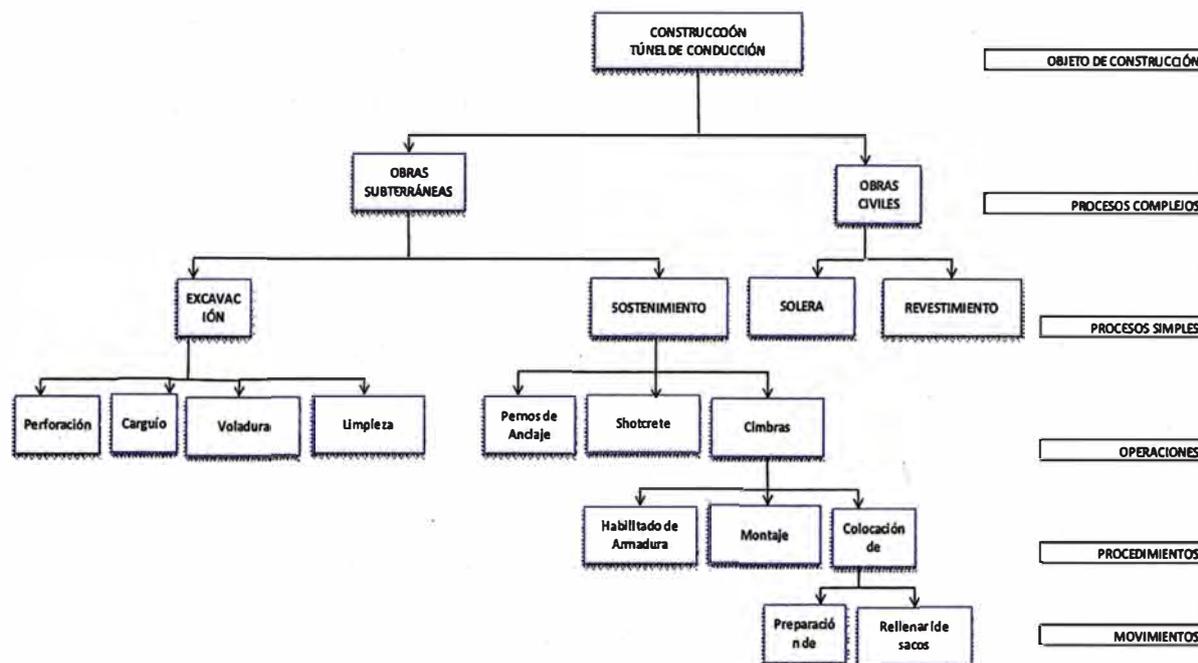
### 3. Por sus características tecnológicas constructivas.

- **Homogéneos.-** Tecnología de producción estable, Pueden ser iguales (Cadena rítmica) o desiguales (Cadena de ritmo múltiple).
- **Heterogéneos.-** Tecnología de producción inestable (Cadena arítmica).

**Procesos de Construcción-** Es el conjunto de actividades que son necesarios realizar para producir un objeto de construcción. Se clasifican en:

- Procesos de Preparación y Habilitación.
- Procesos de Transporte.
- Procesos de Colocación y Montaje

**Normal Tecnológica-** Se define como la acción de descomponer (desmembrar) el proceso de construcción en procesos que son básicos para realizar la construcción de un determinado proyecto (Objeto de Construcción). El desmembramiento se efectúa de acuerdo a las características principales del Objeto de Construcción, pudiendo ser a nivel de Procesos complejos, Procesos simples, operaciones, procedimientos y movimientos. Estableciendo la secuencia lógica de ejecución. En la figura N°1.13, se grafica el desmembramiento del proyecto construcción del Túnel de Conducción (Objeto de construcción), donde se separan en procesos complejos, estos a su vez en procesos simples correspondientes a cada proceso complejo y de estos en operaciones de aquí en procedimientos y finalmente en movimientos.



**Figura N°1.13.- Esquematación del desmembramiento del Objeto de Construcción**

### Requisitos para aplicar el método de construcción en cadena

- i) Se establece el ritmo de ejecución para cada una de las actividades que componen el proceso de construcción, determinando los módulos de ciclicidad, que definen el ritmo de ejecución de la cadena particular.
- ii) Que el proceso de construcción sea factible de particionar en actividades necesarias para su ejecución, de tal forma que cada una de ellas se le asigne consecuentemente los recursos correspondientes.
- iii) Que el parámetro espacio, el cual se determina frente de trabajo donde se desarrollan actividades específicas, sea posible particionar en un conjunto de unidades de producción, de tal manera que los volúmenes de trabajo permitan a las cuadrillas desarrollar sus rendimientos respectivos.

### Cadena Particular

Es la cadena que representa la ejecución de una actividad. Pueden ejecutarse actividades simples o complejas que no son posibles de particionar.

### Cadena de Construcción

Es el conjunto de Cadenas Particulares que se desarrollan a través de las Unidades de Producción y que se interrelacionan en el tiempo según

determinados parámetros. La cadena de construcción se grafica en un Ciclograma, en el cual las Cadenas Particulares representan a las actividades necesarias para realizar el objeto de Construcción.

### **Tipos de Cadena de Construcción**

Dependiendo de la magnitud de la obra, de su volumen y complejidad, podemos considerar los siguientes tipos de construcción.

Según la forma de particionamiento del proceso de construcción en:

- Cadena de particionamiento parcial
- Cadena de particionamiento total

Según el grado de desarrollo de la cadena en:

- Cadena establecida
- Cadena no estabilizada

Según su movimiento en el tiempo en:

- Cadena Rítmica
- Cadena Arrítmica
- Cadena de Ritmo múltiple

Según la estructura de la cadena:

- Cadenas especializadas
- Cadenas de objetos
- Cadenas complejas

### **PARAMETROS DE LA CADENA DE CONSTRUCCIÓN**

La cadena de construcción se desarrolla interrelacionado: Espacio, Tiempo y Actividades los cuales se describen a continuación:

#### **1. PARÁMETROS DE ESPACIO**

**Unidades de Producción (m):** Se define como el espacio en donde se desarrollan a través del tiempo de las cadenas particulares que componen la cadena de construcción. Es un frente de trabajo horizontal.

**Frente de Trabajo:** Es el parámetro que se define como el espacio en donde se va a desarrollar una actividad específica. El frente de trabajo dependencia de las características propias de la obra a construirse puede ser abierta o cerrado, también tan amplio como restringido.

**Sector:** Es el conjunto de unidades de producción que corresponde a un objeto de construcción dado.

**Parcela:** Es el frente de trabajo que de acuerdo a la complejidad del proceso de producción a realizarse, se asigna a un obrero, una cuadrilla, o una brigada de trabajo

**Nivel:** Este parámetro está referido al desarrollo vertical del objeto que estamos considerando.

## 2. PARÁMETROS TECNOLÓGICOS:

**Número de cadena Particular (n):** Es el parámetro que representa a las partes en que se ha particionado al objeto de construcción. Su magnitud depende de la forma en que establezcamos la normal tecnológica de la cadena de construcción.

**Volumen de trabajo (P):** Es la cantidad de trabajo que efectuamos al ejecutar una cadena particular.  $P=p*m$

Dónde:  $p$ : Volumen de trabajo en cada unidad de producción

$m$ : Número de unidades de producción

Cuando las unidades de producción son diferentes:

$$P= p1*m1+p2*m2+p3*m3+.....+pn*mn$$

**Trabajosidad (Q):** Es la cantidad de horas hombre (u otra unidad lógica) que se tiene para ejecutar una cadena particular. La trabajosidad está en función de rendimientos de la cuadrilla o del equipo mecánico que se utilice.

$$Q=P/S$$

Dónde:  $P$ : Volumen de trabajo de la cadena Particular

$S$ : Rendimiento de la cuadrilla en la unidad de tiempo

### **Cantidad de Ejecutores de una cadena Particular (N)**

$$N=Q/t, \text{ Además: } t=m*k \rightarrow N= (P/S)/m*k$$

**Intensidad de la Cadena (i)**.- También se llama potencia de cadena este parámetro se define como el volumen de trabajo en la unidad de tiempo. Puede estar referido a la cadena de construcción.

**Intensidad de la Cadena Particular:**

$$i = P/t, \quad i = P/(m \cdot k)$$

Dónde: P: Volumen de trabajo de la cadena particular

l: Duración de la cadena particular

m: Número de unidades de producción de la cadena particular

k: Módulo de ciclicidad de la cadena particular

**Intensidad de la Cadena de Construcción (I)**

$$I = P_{cc}/T, \quad I = P_{cc}/(M+N-1)K + \sum t_r$$

Dónde: P<sub>cc</sub>: Volumen de trabajo de la cadena de construcción

T: Tiempo total de ejecución de la cadena de construcción

### 3. PARAMETRO DE TIEMPO

**Módulo de Ciclicidad (k)**.- Es el tiempo que se necesita para ejecutar la cadena particular en cada unidad de producción al módulo de ciclicidad define el ritmo de ejecución de la cadena particular. Cuando valor del módulo es constante para cada unidad de producción.

**Factor de Módulo de Ciclicidad (n)**.- Es el factor que multiplica al Módulo de Ciclicidad de una cadena Particular dada para obtener otra cadena que sea múltiplo de este módulo.

### 4. RITMO DE PRODUCCIÓN DE LA CADENA

**Ritmo de la Cadena Particular (v)**.- Es la cantidad de Unidad de Producción que se obtiene de una Cadena Particular, en la unidad de tiempo.

$$v = m/t, \quad \text{como: } t = m \cdot k \rightarrow v = 1/k$$

**Ritmo de la Cadena de Construcción (V)**.- Es la cantidad de Unidad de Producción que se salen de la Cadena de Construcción en la Unidad de tiempo.

$$V = m/T, \quad \text{como: } T = (m+n-1)k + \sum t_r$$

$$\rightarrow V = m / (m+n-1)^k + \sum t_r$$

## 5. INDICADORES DE LA CALIDAD DE LA CADENA DE CONSTRUCCIÓN:

### Indicadores de la Uniformidad de la cadena ( $\alpha$ )

$$\alpha = T'' / T' \quad \alpha = (m-n-1) / (m+n+1)$$

### Indicadores de la Productividad de la cadena ( $\beta$ )

$$\beta = m/T \quad \beta = m / (m+n+1)^k + \sum t_r$$

### Indicadores del Consumo de tiempo por Unidad de Producción ( $\gamma$ )

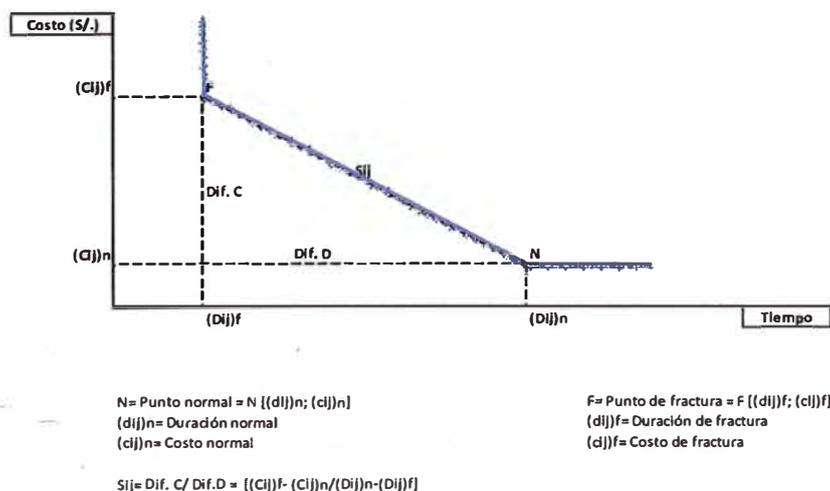
$$\gamma = T/m \quad \gamma = (m+n-1)^k + \sum t_r / m$$

### Indicadores del Uniformidad de consumo de recursos ( $\delta$ )

$$\delta = T_{spt}/T \quad \delta = m / m+n-1$$

## 1.3.7 RELACIÓN COSTO-TIEMPO

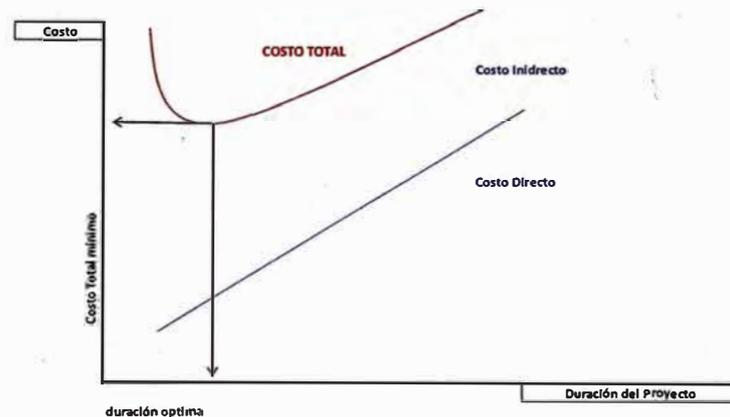
La relación que existe entre el costo y la duración es inversa, es decir, a mayor duración menor costo y a menor duración mayor costo. Toda las actividades Aij tiene dos pares ordenados (Tiempo-Costo), denominado Duración normal – Costo normal ((dij)n-(cij)n), par de valores que determinan un punto normal en la gráfica cartesiana Costo (eje y) y tiempo (eje x) y Duración límite o fractura-Costo Límite o de fractura ((dij)f-(cij)f), definiendo el punto de fractura de la gráfica Costo-Tiempo. Existen puntos intermedios de pares ordenados, siendo estas combinaciones generalmente lineales; con una pendiente Sij.



**Figura N°1.14.- Relación COSTO–TIEMPO suposición de comportamiento lineal**

### 1.3.8 COSTO MÍNIMO Y DURACIÓN ÓPTIMA DE UN PROYECTO

En el análisis de un proyecto de construcción es posible determinar su costo mínimo correspondencia a un plazo óptimo. La curva tiempo-costo total podría ser modificado si se toma en cuenta el costo de la multa por atraso con respecto al plazo contractual y/o costo del premio, en caso de entrega adelantada del proyecto. En este caso, el punto correspondiente al costo mínimo-duración óptima podría variar.



**Figura N°1.15.- Muestra el comportamiento del costo directo, indirecto y total**

#### Aceleración de un proyecto

1. Acelerar únicamente actividades del camino crítico ya que si no aumenta el costo pero no disminuye la duración.
2. Comenzaremos la aceleración por aquella que menor incremento de costo produzca por unidad de tiempo reducida.
3. No más unidades de tiempo que la diferencia entre su duración normal y duración acelerada.
4. No más unidades de tiempo que las que permitan los caminos no críticos.
5. De existir mas de un camino-critico habra de reducirse igual número de unidades en todos ellos.

Cuando no podamos acelerar más el proyecto hemos llegado a la duración más acelerada posible. La aceleración de las actividades se consigue mediante la asignación de más recursos a la actividad de mas personal, de medios auxiliares, de aumento de jornales de trabajo, de incentivos, etc.

## CAPÍTULO II: PLANEAMIENTO GENERAL DEL PROYECTO

### 2.1 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL PROYECTO

La C.H. Santa Teresa contempla una caída bruta máxima de 186.80 m entre el nivel de operación en la cámara de carga del proyecto de 1,689.50 msnm y el nivel de descarga de la casa de máquinas en 1,502.70 msnm. La potencia instalada será de 98.12 MW en bornes de generador, lo que supera en 7.72 MW la potencia instalada contemplada en el estudio original de la concesión para el mismo caudal de diseño de 61 m<sup>3</sup>/s. La energía neta promedio estimada es de 722.17 GWh. El Proyecto incluye las siguientes estructuras principales:

- a) **Túnel de Conducción.**- Tiene aproximadamente 3.70 km de sección tipo herradura de 6.5 m de diámetro, con solera de concreto de espesor 0.25 m, cambiando a túnel revestido de concreto de sección circular de 5.80 m de diámetro y de 75 m de longitud en la zona de falla antes de llegar a la chimenea de equilibrio, una parte del túnel estará revestido de acero (steel liner) de sección circular de 3.75 m de diámetro y 79.10 m de longitud, hasta la bifurcación. En la bifurcación se tiene 2 tramos de revestimiento de acero (steel branch) de sección circular de 2.00 m de diámetro que terminan en las empaquetaduras de las válvulas dentro de la casa de máquinas. El sistema está diseñado para un caudal nominal de 61 m<sup>3</sup>/s. Para el acceso durante la construcción del túnel de conducción se cuenta con 2 ventanas de acceso. La ventana 1, que va a la cámara de compuertas tiene una longitud de 513.78 m posee un bifurcación llamada túnel auxiliar 1 de 102.50 m de longitud que llega al túnel de conducción, esta tendrá un tapón de acceso móvil, para trabajos de inspección y limpieza dentro del túnel de conducción. La ventana 2 siendo este de 517.66 m llegara al túnel de conducción en la progresiva 2+625, y posee un tapón de cierre de concreto.
- b) **Chimenea de Equilibrio.**-La chimenea de equilibrio sigue la continuación del codo superior del pique vertical desde la cota 1,655.22 m hasta la cota 1,716.80 m el cual contiene un diámetro de 8 m, donde se construirá una cámara de ventilación que estará conectado al túnel de ventilación horizontal de L=1.85 m de longitud con una sección baúl de 2x2m.
- c) **Pique Vertical.**- El pique vertical se encuentra ubicado en la progresiva 3+585 y consta de codos superior e inferior. El pique empieza en el nivel

1655.20 msnm hasta el nivel 1503.00 msnm, tiene una altura de 155.22 m y con un diámetro de 5.2m. Tendrá un revestimiento de concreto de 0.35 m de espesor.

## **2.2 PLANEAMIENTO REGIONAL Y DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

### **PLANEAMIENTO REGIONAL**

También denominado Planeamiento Exógeno, esto no permite evaluar todo el entorno donde deberá ubicarse la obra. Por lo tanto, es necesario realizar un reconocimiento previo de la zona donde se ejecutará el proyecto, para poder tomar todas las medidas preventivas que permitan un adecuado desarrollo de la obra. Cuando se realiza el reconocimiento de la zona es recomendable considerar los siguientes aspectos:

- La disponibilidad de la mano de Obra de la zona.
- La disponibilidad de materiales y otros recursos en la zona.
- Recursos básicos como agua, electricidad, alcantarillado.
- Condiciones físicas del terreno, topografía.
- Caminos de acceso al lugar de la obra, capacidad portante de los puentes.
- Distancias a puertos, ferrocarriles y pueblos aledaños.
- Otros medios de comunicación (teléfono).
- Apoyo logístico.
- Condiciones climáticas.
- Características socioeconómicas del lugar.
- Alcances de las disposiciones legales de la zona, etc..

### **DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**

En la distribución en planta se determinan las instalaciones auxiliares necesarias por el periodo de tiempo limitado. Además, esto nos permite la maximización de la eficiencia de las operaciones para promover una alta productividad de los trabajadores.

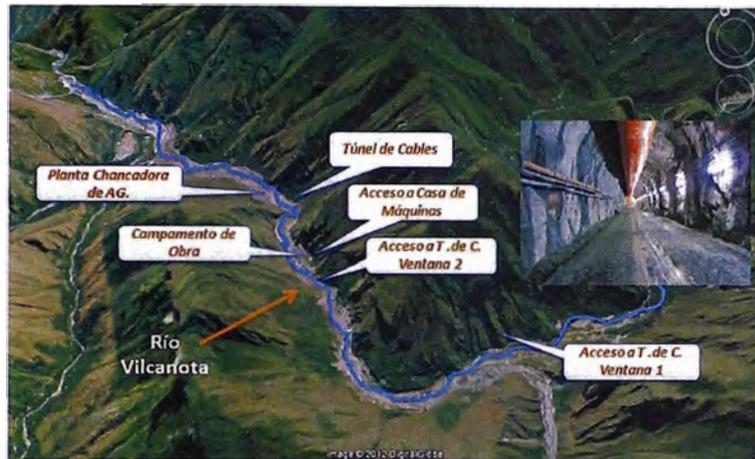


Figura N°2.16.- La Distribución de las principales estructuras de la obra

Esta planeación se realiza en planos a escala adecuada y si es posible con curvas de nivel, en la que se tomara en cuenta lo siguiente:

- Las vías de acceso común
- Cercos y señalizaciones
- Talleres y equipos
- Áreas de almacenes cerrados y abiertos
- Ubicación para almacenamiento de agregados
- Ubicación para almacenamiento de ladrillos

## 2.3 PLANEAMIENTO DEL PROYECTO

### 2.3.1 Organigrama de la dirección de Obra

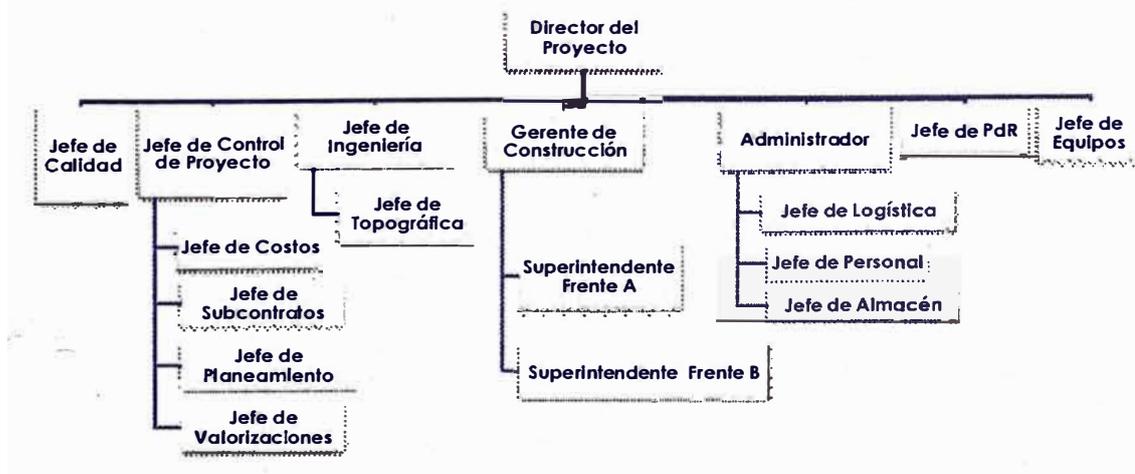


Figura N°2.17.- Organigrama de la dirección de Obra

### 2.3.2 Estructura de Descomposición de Trabajo

Una estructura de descomposición del trabajo o EDT, también conocida por su nombre en inglés Work Breakdown Structure (WBS), es una presentación simple de ordenamiento organizado del trabajo requerido para completar el proyecto y facilitar su control y lectura; pueden definirse según diversos criterios, en función del monto, plazo, metrados, complejidad del trabajo, etc. Algo importante de recordar es que la EDT puede obtenerse información de campo, consumo de mano de obra, equipos, materiales, etc; asimismo, se realiza el procesamiento y obtención de reportes siguientes: ORACLE, SISPO, SISME, etc.

La EDT o WBS del proyecto el cual estara dividido por frentes de trabajo y además para llevar un control de avance y costos se le asignaran unas partidas de control a las actividades de mayor incidencia en la ejecución del proyecto. Las actividades se definen en función de las necesidades del Proyecto y con el detalle necesario para poder plasmar las estrategias a utilizar a lo largo del Proyecto, el cual se tiene las EDT siguiente:

- Nivel 1: Proyecto.
- Nivel 2: Fases del Proyecto (Ingeniería, Procura, Construcción).
- Nivel 3: Ubicación Geográfica (Áreas, sectores, etc).
- Nivel 4: Diferentes Sistemas.
- Nivel 5: Diferentes Disciplinas o Especialidades.
- Nivel 6: Actividades en cada Sistema.

#### Túnel de Conducción

Cuadro N°2.01.- WBS - Túnel de Conducción

NIVEL	II	III	IV	V	WBS	DESCRIPCIÓN	FRENTE	PC	CÓDIGO
						CENTRAL HIDROELECTRICA DE SANTA TERESA			
						TUNEL DE CONDUCCION (P-2)			
					20	EXCAVACION SUBTERRANEA			
						30220 Excav Túnel Conduccion km 0+055 a 0+100	30	0102	30-0102
						30220 Excav Túnel Conduccion km 0+055 a 0+100	30	0102	30-0102
						30220 Excav Túnel Conduccion km 0+130 a 1+582	30	0102	30-0102
					30	CONCRETO			
						80380 Limpieza y piso de concreto 6x600 a 1+583	80	0181	80-0181
					50	INSTALACION			
						80350 Desmontaje de instalaciones	80	0102	30-0102
						FRENTE 3			
					130	VENTANILLA 2 (-502 m) (PARA km 3+189.3 de TIC)			
						TUNEL DE CONDUCCION (P-3)			
					20	EXCAVACION SUBTERRANEA			
						40220 Excav Túnel Conduccion km 2+895 a 3+593 (hacia Entrada)	40	0102	40-0102
						40220 Excav Túnel Conduccion km 2+895 a 3+583 (hacia Entrada)	40	0102	40-0102
						40220 Excav Túnel Conduccion km 2+895 a 3+231 (de V2 a Pique)	40	0102	40-0102
						40220 Excav T.Conduccion km 3+231 a 3+583 (V2 a Pique)	40	0102	40-0102
					30	CONCRETO			
						40250 Limpieza y piso concreto km 3+893 a 3+583	40	0181	40-0181
						40280 Limpieza y piso de concreto km 2+895 a 8+388	40	0181	40-0181
						40230 Revestim hasta las V Boveda.3+109 a 3+583 (x 47.4 m)	40	0191	40-0191
						40230 Inyección de compacto	40	9195	40-9195

(Fuente: Evaluación propia)

Se tomará en estudio la cadena compleja compuesta por lo siguiente: Túnel de Conducción esta separa por dos frente de trabajo: Frente-N°30: Túnel de Conducción-Entrada, Frente-N°40: Túnel de Conducción Salida; Frente-N°60: Pique Vertical y Chimenea de Equilibrio.

- Frente 30: Túnel de Conducción - Entrada



Figura N°2.18.- Plano e imagen del T. Conducción – Entrada (V1)

- Frente 40: Túnel de Conducción - Salida

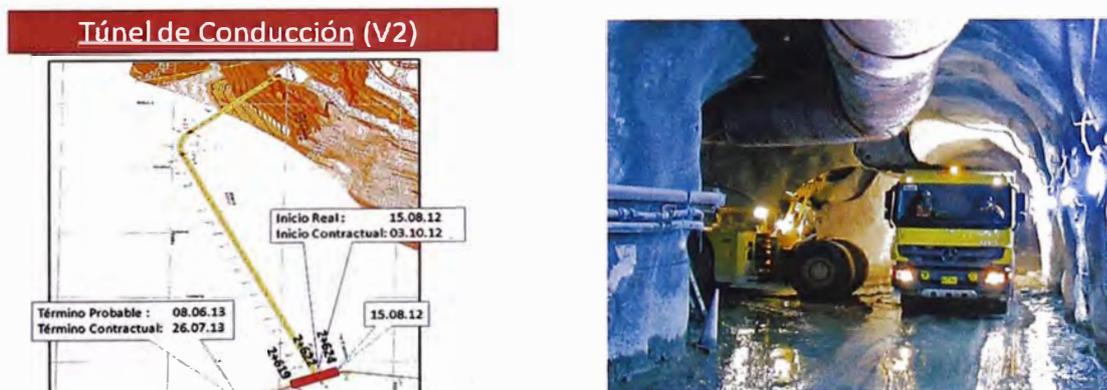


Figura N°2.19.- Plano e imagen del T. Conducción – Salida (V2)





Figura N°2.20.- Imágenes de las Obras Civiles del T. Conducción

- Frente 60: Pique vertical y Chimenea de Equilibrio

### Pique y Chimenea

Cuadro N°2.20.- WBS – Pique y Chimenea

NIVEL	WBS	DESCRIPCIÓN	FRENTE	PC	CÓDIGO		
100	100	CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE SANTA TERESA					
		FRENTE 3					
		CHIMENEA DE EQUILIBRIO (φ=60.50 m)					
		MISCELÁNEOS					
		80	80150	Instalaciones	30	0160	50-0160
		80	80150	Rejilla de instalaciones	80	0160	50-0160
		70	80210	Excavación de pilotes y poca ventilación (φ= 183.50 m)	30	0160	50-0160
		70	80210	Excavación por ensanche (Chimenea, φ= 80.50 m)	30	0160	50-0160
		CONCRETO					
		50	80130	Concreto en chimenea	50	0164	50-0164
		PIQUE VERTICAL (φ= 130 m)					
		MISCELÁNEOS					
		50	80250	Instalaciones	50	0160	50-0160
		50	80250	Rejilla de instalaciones	50	0160	50-0160
70	EXCAVACIÓN SUPERFANEA						
70	80220	Excavación de Pique	80	0160	50-0160		
CONCRETO							
50	80230	Concreto en Pique	50	0164	50-0164		

(Fuente: Evaluación propia)

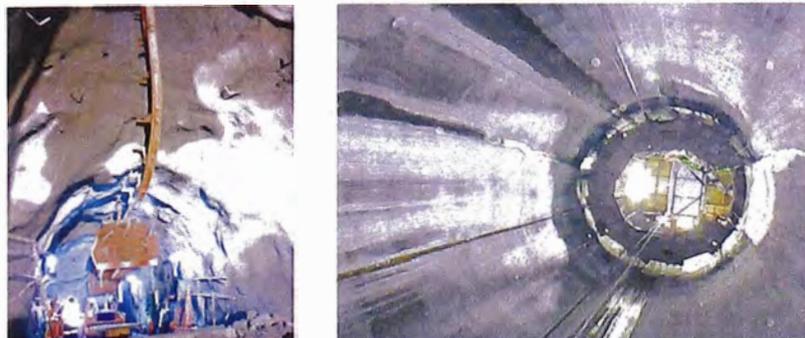
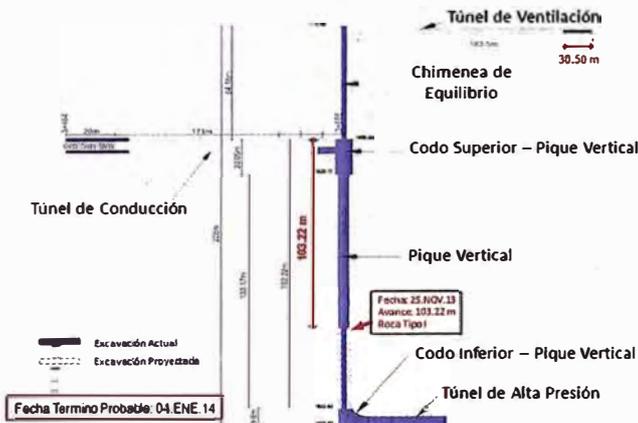
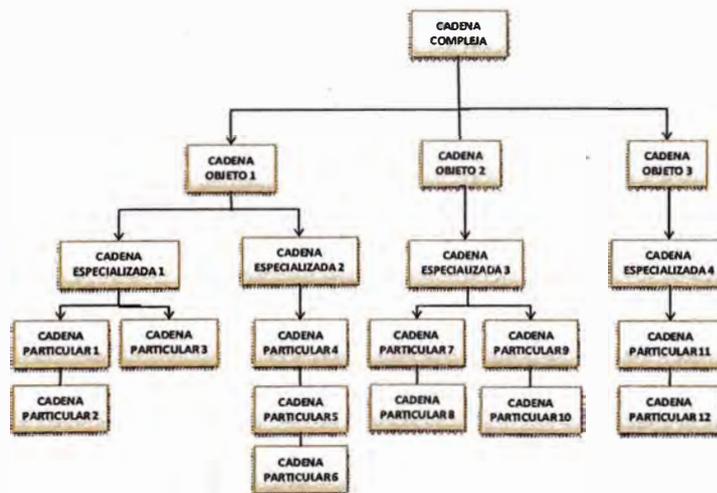


Figura N°2.21.- Plano e imágenes del Pique y Chimenea

## 2.4 ORGANIZACIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN EN CADENA

Para establecer la organización del proyecto de una obra por ejecutar, se debe analizar en detalle el conjunto de sus componentes, para lo cual la planificación debera buscar un método y ordenarlo cronologicamente las secuencias constructivas así como tambien las diferentes posibilidades de culminarlo en el plazo establecido para la obra. La construcción en cadena utiliza como unidad las cadenas particulares las cuales estan enmarcadas en cuadrillas unitarias de obreros y equipos constantes en cantidad que realizan trabajos simples o complejos de manera continua y que no regresarán a retomar tareas de su especialidad. La agrupación de cadenas particulares forma una cadena especializada, lo cual ejecuta una fase del proceso constructivo; un conjunto de cadenas especializadas componen la construcción de un obra específica y forman una cadena de objeto y el conjunto de estas una cadena compleja.

**Cuadro N°2.03.- Organización den Cadena**



(Fuente: Evaluación propia)

### 2.4.1 CADENA DE OBJETO

El proyecto al que aplicaremos el **método de la construcción en cadena**, contractualmente se debe desarrollar en 22 meses. Consiste en la construcción de las obras subterráneas y civiles del Túnel de Conducción, Pique Vertical y Chimenea de Equilibrio de la Central Hidroeléctrica Santa Teresa, la cual se le denominará *Objeto de Construcción* y a la cadena que representará su ejecución la llamaremos *Cadena Objeto*. En consecuencia , el objetivo de construcción es Lineal horizontal y Lineal vertical, esto nos indica que debemos dividir sus partes

componentes y reagruparlos, conforme a lo estipulado por el *Principio de Homogenicidad Tecnológica*. Por lo tanto, podemos apreciar que debido a la magnitud del objeto de construcción está se convierte en una **Cadena Compleja**, que existen tres Cadenas de Objeto correspondiente a las obras subterráneas y civiles, tanto para el “Túnel de Conducción” (horizontal), “Pique vertical” (vertical) y “Chimenea de Equilibrio” (vertical) siendo cada una por separado considerados objetos homogéneos, la cadena que mejor se adecue para ellas será la rítmica (con nivelación de los ritmos lentos al más acelerado). Para la construcción de la Cadena Compleja se tendrán que ejecutar los 3 Objetos de Construcción, se deberá dividir en las Etapas Tecnológicas siguientes:

- Excavación
- Súper-estructura

Las cadenas objetos comprenderán las Cadenas Especializadas:

- Cadena Especializada de Excavación
- Cadena Especializada de Súper-estructura

#### 2.4.2 UNIDADES DE PRODUCCIÓN

El número de producción puede ser igual o diferente para cada una de las cadenas especializadas. Por consiguiente, el análisis que se obtiene con los criterios para el desmenbramiento del proceso de construcción. El objeto de construcción para el presente informe de Suficiencia, está comprendido por la **cadena de objeto N°01-Túnel de conducción, cadena de objeto N°02-Pique vertical y cadena de objeto N°03-Chimenea de equilibrio** por su distribución en el espacio, se ha disgregado de la siguiente: C.O.-N°01: 8 tramos terminados, C.O.-N°02: 4 tramos terminados y 6 tramos terminados; por lo tanto, obtendremos para las C.O. N°01, C.O. N°02 y C.O N°03 las unidades de producción 8,4 y 6 respectivamente.

**Cuadro N°2.04.- Descripción de las unidades de producción**

OBJETO DE CONSTRUCCIÓN	UNIDADES DE PRODUCCIÓN	
CO-N°01: TÚNEL DE CONDUCCIÓN	Tramo 1	L= 0.5 km
	Tramo 2	L= 0.5 km
	Tramo 3	L= 0.5 km
	Tramo 4	L= 0.5 km
	Tramo 5	L= 0.5 km
	Tramo 6	L= 0.5 km
	Tramo 7	L= 0.5 km
	Tramo 8	L= 0.5 km
CO-N°02: PIQUE VERTICAL	Tramo 1	L= 16.0 m
	Tramo 2	L= 16.0 m
	Tramo 3	L= 16.0 m
	Tramo 4	L= 16.0 m
CO-N°03: CHIMENEA DE EQUILIBRIO	Tramo 1	L= 26.0 m
	Tramo 2	L= 26.0 m
	Tramo 3	L= 26.0 m
	Tramo 4	L= 26.0 m
	Tramo 5	L= 26.0 m
	Tramo 6	L= 26.0 m

(Fuente: Evaluación propia)

### 2.4.3 NIVEL DE DESMEMBRAMIENTO

El nivel de desmembramiento se tomarán para las cadenas de objetos las cuales estarán divididas en sus cadenas especializadas, y éstas a su vez agruparán a las cadenas particulares secuencialmente a la ejecución de estas actividades, además en este proyecto se tomará a nivel de operaciones.

**Cuadro N°2.05.- Nivel de Desmembramiento del proceso de construcción**

CADENAS ESPECIALIZADAS	
C.E. N°01	CADENA ESPECIALIZADA DE EXCAVACIÓN
C.E. N°02	CADENA ESPECIALIZADA DE SÚPER-ESTRUCTURA

OBJETO DE CONSTRUCCIÓN-CADENA COMPLEJA					
CO N°01		CO N°02		CO N°03	
TÚNEL DE CONDUCCIÓN		PIQUE VERTICAL		CHIMENEA DE EQUILIBRIO	
C.E. N°01	C.E. N°02	C.E. N°01	C.E. N°02	C.E. N°01	C.E. N°02
C.P: a1	C.P: b1	C.P: c1	C.P: d1	C.P: c1	C.P: d1
C.P: a2	C.P: b2	C.P: c2	C.P: d2	C.P: c2	C.P: d2
C.P: a3	C.P: b3	C.P: c3	C.P: d3	C.P: c3	C.P: d3
C.P: a4	C.P: b4	C.P: c4	C.P: d4	C.P: c4	C.P: d4
C.P: a5	C.P: b5				
C.P: a6	C.P: b6				
C.P: a7	C.P: b7				

(Fuente: Evaluación propia)

## 2.4.4 CADENA ESPECIALIZADA

Establecido el nivel de desmembramiento con el que trabajaremos procederemos a definir la conformación de cada una de las Cadenas Especializadas por Procesos Simples, y éstos a su vez en Operaciones.

### a. Cadena Especializada de Excavación – Túnel de Conducción

Proceso Simple de Excavación

#### Operaciones:

- a1. Excavación en Roca
- a2. Eliminación de material
- a3. Sostenimiento - Pernos de Anclaje
- a4. Sostenimiento - Shotcrete
- a5. Sostenimiento – Cimbras
- a6. Sostenimiento – Malla Electrosoldada
- a7. Drenes de Alivio

### b. Cadena Especializada de Súper-estructura – Túnel de Conducción

Proceso Simple de Súper-estructura

#### Operaciones:

- b1. Limpieza de Superficie
- b2. Eliminación de material sobrante
- b3. Colocación de Encofrado
- b4. Colocación de Concreto
- b5. Curado Superficial
- b7. Acabado Superficial

### c. Cadena Especializada de Excavación – Pique y Chimenea

Proceso Simple de Excavación

#### Operaciones:

- c1. Excavación de Piloto

- c2. Excavación Ensanche
- c3. Sostenimiento - Pernos de Anclaje
- c4. Sostenimiento - Shotcrete

**d. Cadena Especializada de Súper-estructura – Pique y Chimenea**

Proceso Simple de Súper-estructura

**Operaciones:**

- d1. Colocación de Acero
- d2. Colocación de Encofrado
- d3. Colocación de Concreto
- d4. Desencofrado

A continuación, haciendo uso de diagrama de barras, expresamos gráficamente a las cadenas especializadas y para cada cadena las operaciones, de la cadena de objeto N°01: Túnel de Conducción:

**Cuadro N°2.06.- Descripción gráfica de las operaciones que forman parte de las cadenas especializadas**

CADENA ESPECIALIZADA	PROCESOS SIMPLES																	
J. EXCAVACIÓN																		
II. SÚPER-ESTRUCTURA																		

OPERACIONES	PROCESOS SIMPLES DE EXCAVACIÓN																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
a1. Excavación en Roca																		
a2. Eliminación de material																		
a3. Sostenimiento - Pernos de Anclaje																		
a4. Sostenimiento - Shotcrete																		
a5. Sostenimiento - Cimbras																		
a6. Sostenimiento - Malla Electrosoldada																		
a7. Drenes de Alivio																		

OPERACIONES	PROCESOS SIMPLES DE SÚPER-ESTRUCTURA																	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
b1. Limpieza de Superficie																		
b2. Eliminación de material sobrante																		
b3. Colocación de Encofrado																		
b4. Colocación de Concreto																		
b5. Curado Superficial																		
b6. Desencofrado																		
b7. Acabado Superficial																		

(Fuente: Evaluación propia)

**2.4.5 CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS**

Para el cálculo de los tiempos, para las cadenas particulares que conforman las Cadenas Especializadas, partiremos en determinarlos en función de las operaciones rectoras de las siguiente forma:

**a. Cadena Especializada de Excavación – Túnel de Conducción**

- 1. Excavación

Éste proceso simple está conformado por las siguientes operaciones.

- i) Excavación en Roca
- ii) Eliminación de material
- iii) Sostenimiento - Pernos de Anclaje
- iv) Sostenimiento - Shotcrete
- v) Sostenimiento – Cimbras
- vi) Sostenimiento – Malla Electrosoldada
- vii) Drenes de Alivio

De las cuales tomaremos como actividad principal a la excavación teórica de sección herradura 6.5x6.5m, tomando como muestra 1 km del túnel de conducción se obtiene la siguiente información:

$V_T = 3,665m \times 36.14 \text{ m}^2 = 132,443.10 \text{ m}^3$ , repartidos en 8 tramos tendremos:

$V_T = 132,443.10/8 \rightarrow V_T = 16,555.39 \text{ m}^3 / \text{Und de producción}$

Tomando un rendimiento de excavación para un tipo de roca de I a II, se considera el avance aproximado de 6.00 (m/día).

$R = 216.84 \text{ m}^3 / \text{día}$  (Considerando 1 Oficial + 1 Operarios + 1 Peón).

El cálculo de tiempo será:

$Ci = 16,555.39/216.84 \rightarrow Ci = 76.35$  Días de tramo..... (\*)

Significa que la cuadrilla: 1 Oficial + 1 Operarios + 1 Peón, demorará casi 76 días excavando por cada tramo del túnel. Si queremos disminuir el tiempo tendremos que aumentar las cuadrillas.

Adicional a esta condición se le puede agregar que de acuerdo a la posición del trabajo, siendo un frente de trabajo abierto se atacará por dos frentes de manera independiente (F1: Túnel de Conducción de entrada-V1) y (F1: Túnel de Conducción de salida-V2). Por lo que sería conveniente la excavación del túnel también dividirlo en dos partes.

Tomando en cuenta éste criterio y manteniendo la cuadrilla básica de excavación del túnel, cada media parte se excavaría casi en 38 días. O sea diariamente se excavaría 1/38. Si hacemos uso de 38 cuadrillas tendremos, aquel cuarto de

cimentación se excavaría prácticamente en 1 día. Por lo tanto si mantenemos las 38 cuadrillas, excavación de un tramo de 0.5 km se realizará en 02 días. También podremos plantear de otra forma:

De (\*), tenemos:

$$Ci = 76.35/38.0 < \rightarrow Ci = 2.009 \text{ Días}$$

Será el tiempo prudencial necesario para excavar un tramo del túnel de conducción, siendo esto lo mismo que excavar diariamente cada media parte del tramo a excavar. Por lo tanto, para la excavación obtendremos 02 unidades de producción, con el objetivo de realizar cada media parte en un día y con 38 cuadrillas básicas de excavación un tramo de 0.5 km del túnel de conducción.

$$m=2, \quad Ci=1 \text{ día}$$

del cuadro general de metrados, aplicados a un tramo de túnel y nos da como resultado  $V_t = 16,555.39 \text{ m}^3 / \text{Und}$  de producción, Rendimiento=  $216.84 \text{ m}^3 / \text{día}$ , ordenándolo adecuadamente obtenemos.

**Cuadro N°2.07.- Cálculo de la Trabajosidad**

CADENA PARTICULAR	Volumen de Trabajo (P) para un tramo de L= 0.5 km		Cuadrilla Típica				Trabajosidad (q) q= P/S	m	Ci (K)	Cuadrilla Requerida (N) = N=q/mk
	Und	Cantidad	Peo	Ofic	Op	Rend (S)				
Excavación en Roca	m3	16,555.39	1	1	1	217	76.35	2	1	38

(Fuente: Evaluación propia)

## b. Cadena Especializada de Súper-estructura

### 2. Súper-estructura

Éste proceso simple está conformada por las siguientes operaciones:

- i) Limpieza de Superficie
- ii) Eliminación de material sobrante
- iii) Colocación de Encofrado
- iv) Colocación de Concreto
- v) Curado Superficial
- vi) Acabado Superficial

Tomando como ejemplo el caso de las solera de concreto del Túnel de Conducción, si revisamos a detalle las componentes (cadena particulares) de la dicha cadena especializada, notamos que si solo

contamos con un solo equipo “Bomba de Concreto”, únicamente podremos colocar concreto en uno o varios paños hasta el término de la capacidad de dicha bomba y así sucesivamente. Si contamos con dos equipos de bombas de concreto, la producción de soleras se duplicaría la capacidad de producción y así sucesivamente. Por lo tanto los equipos de bombeo de la cadena particular- Colocación de Concreto son los que marcan el ritmo de producción de la obra.

$$V_T = 3,665.00\text{m} \times 1.426 \text{ m}^2 = 5,226.29\text{m}^3, \text{ repartidos en 8 tramos de túnel}$$

Por lo tanto, cada tramo tendrá:

$$V_T = 5,226.29/8 \text{ m}^3, V_T = 653.29 \text{ m}^3/\text{Und. Producción}$$

Tomamos un rendimiento de vaciado de concreto:

$$R = 60 \text{ m}^3/\text{día} \text{ (Considerando 1 Operadores + 1 Peones)}$$

$$R = 653.29/60 \rightarrow C_i = 10.89 \text{ días, Por tramo de solera.}$$

Significa que, una cuadrilla básica para el vaciado concreto, tomando por 1 Operario + 1 Peones, tardará aproximadamente 11 días en vaciar un tramo de 0.5 km de túnel de conducción.

¿Cuántos días tardarán en el vaciado de la solera

$$C_i = 10.89/0.5$$

$$\Rightarrow C_i = 21.78 \text{ días por Km. x 1 Cuadrilla}$$

Al aumentar el número de cuadrillas a 21, lograremos construir 1 Dpto, diario.

$$C_i = 21.78/21.0$$

$$\Rightarrow C_i = 1.03 \text{ días Por km con 21 cuadrillas}$$

Como cada tramo de 0.5 km y como el túnel está dividido en 8 tramos, por lo tanto un tramo estará constituido por 21 unidades de producción y cada unidad será construida en 1 día.

Por lo tanto:

$$m=21 \quad C_i = 1 \text{ día}$$

Los datos utilizados y los parámetros de vaciado de concreto, los ordenados y obtendremos para la cadena especializada de estructuras, la cadena particular de colocación de concreto:

**Cuadro N°2.08.- Cálculo de la cuadrilla requerida para el concreto**

CADENA PARTICULAR	Volumen de Trabajo (P) para un tramo de L= 0.5 km		Cuadrilla Típica		Trabajosidad (q) q= P/S	m	Cl (K)	Cuadrilla Requerida (N) = N =q/mk		
	Und	Cantidad	Peo	Ofic					Op	Rend (S)
Colocación de Concreto	m3	653.29	1	0	1	60	10.89	21	1	1

(Fuente: Evaluación propia)

Aplicando el mismo criterio, podemos encontrar las unidades de producción (m) y el coeficiente de ciclicidad (k), para las 7 primeras actividades que forman parte de la cadena especializada de excavación.

**Cuadro N°2.09.- Cálculo de la cuadrilla requerida para varias partidas**

N°	CADENA PARTICULAR	Volumen de Trabajo (P) para un tramo de L= 0.5 km		Cuadrilla Típica		Trabajosidad (q) q= P/S	m	Cl (K)	Cuadrilla Requerida (N) = N =q/mk		
		Und	Cantidad	Peo	Ofic					Op	Rend (S)
1.0	Excavación en Roca	m3	16,555.39	2	0	2	216.84	76.35	2	1	38
2.0	Eliminación de material	m3	16,555.39	2	0	1	350	47.30	2	1	24
3.0	Sostenimiento - Pernos de Andaje	und	9,500.00	1	0	1	45	211.11	12	1	18
4.0	Sostenimiento - Shotcrete	m3	2,682.00	3	0	1	15	178.80	2	1	89
5.0	Sostenimiento - Cimbras	ton	42.12	0	1	1	0.78	54.00	2	1	27
6.0	Sostenimiento - Malla Electrosoldada	m2	3,850.00	0	1	2	120	32.08	2	1	16
7.0	Drenes de Alivio	ml	653.29	1	1	2	40	16.33	2	1	8

(Fuente: Evaluación propia)

**NORMAL TECNOLOGÍA DE LA OBRA**

A continuación le daremos una secuencia lógica de construcción. Primero se realizará la excavación de frente con ayuda de un equipo jumbo, donde indica que por cada unidad de producción se empleará 1.0 días. Culminado esta actividad, inmediatamente se debe ejecutar la eliminación de material, haciendo uso de un operador de equipo (Scooptrams), tres volqueteros y un vigía a través de ellos se hará la limpieza del túnel de conducción, donde m=2 y k=1.0. Una vez terminado la limpieza se procede a empezar con el sostenimiento con pernos helicoidales donde m=2 y k=1.0, al día siguiente se da inicio al sostenimiento con Shotcrete, donde m=2 y k=1.0. En conclusión, podemos observar la secuencia lógica constructiva para las 7 primeras actividades constructivas de la cadena especializada de excavación.

**Cuadro N°2.10.- Elaboración de la Normal Tecnológica**

EXCAVACIÓN		K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.0	Excavación en Roca	1.0	1k												
2.0	Eliminación de material	1.0		1k											
3.0	Sostenimiento - Pernos de Andaje	1.0			1k										
4.0	Sostenimiento - Shotcrete	1.0				1k									
5.0	Sostenimiento - Cimbras	1.0					1k								
6.0	Sostenimiento - Malla Electrosoldada	1.0						1k							
7.0	Drenes de Alivio	1.0							1k						

(Fuente: Evaluación propia)

## CAPÍTULO III: PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE COSTOS

### 3.1 DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS PRINCIPALES

El costo y el presupuesto son dos conceptos relacionados, los cuales estarán ligados a la aplicación de la cantidad o metrado, determinación de las unidades de cada actividad a ejecutar; es necesario contar con la mayor información con conocimiento de todos los procesos complejos y simples que intervengan para culminar las distintas actividades constructivas del proyecto. Para ello se cuenta con la siguiente documentación: Memoria descriptiva, especificaciones técnicas y planos.

En el presente proyecto contempla un presupuesto compuesto por dos tipos de monedas soles y dólares, donde existe un reajuste del tipo de cambio que estará afectado al transcurso de cada valorización en función al índice Unificado de Precios al Consumidor del mes de ejecución de la actividad y el índice patrón es cual es tomado del mes base contractual. En la etapa del control del proyecto tomamos como referencia el presupuesto meta del proyecto, el cual ha sido actualizado con las tarifas de equipos, materiales y se han sincerado los rendimientos y duraciones de los ciclos de las actividades más influyentes y significativas de todas las actividades tanto para las obras subterráneas, obras civiles y hidromecánico. Por consiguiente, a continuación se van a describir brevemente las partidas principales del presupuesto:

- a) **Excavación Subterránea.-** Se define como subterránea a todas las excavaciones en roca para la materialización de todas las obras de tunelería, la línea de excavación indicada en los planos de ingeniería de detalle es la línea que define la excavación a realizar para la materialización y/o fundación de las estructuras inherentes al proyecto excavará estas secciones especiales y/o modificadas que le fueren ordenadas en cualquier momento durante la marcha de las obras, considerándose tal modificación de la línea de excavación como "cambio de proyecto", debiéndose acordar con EL INGENIERO.
- b) **Sostenimiento.-** La definición del sostenimiento debe considerar la geometría de la sección a excavar, la clasificación geomecánica de la roca, el método de excavación y procedimiento para la colocación de los soportes. Los planos de ingeniería de detalle definen el sostenimiento a aplicar en base a estos concepto y considerando que en el proceso constructivo, El CONTRATISTA mantiene un cuidado especial en los trabajos de excavación, en el control geométrico de la

excavación, en el control de las voladuras, en la oportunidad y colocación de los sostenimientos y en un adecuado drenaje de las labores.

Los elementos de sostenimiento previstos serán los descritos a continuación: concreto lanzado, pernos helicoidales de anclaje, malla de acero electrosoldada, cimbras de acero, fibras de acero y todos los accesorios (tuercas, placas, cuñas, etc) y materiales (lechadas o morteros de cemento, etc) necesarios para la instalación y fijación que sean necesarios para estabilizar las excavaciones. El INGENIERO podrá optimizar el tipo y cantidad de sostenimiento previsto en base al comportamiento real de la roca observado.

- c) Perforaciones de inyección.-** Significa una perforación ejecutada en la roca con el propósito de inyectar mezclas a presión en determinadas zonas del estrato rocoso, donde la Inyección”, significa una mezcla de agua, cemento, aditivos y de ser el caso arena, colocados a presión con el objeto de consolidar y / o impermeabilizar estructuras geológicas donde estarán asentadas las estructuras.
- d) Concreto.-** El concreto deberá estar compuesto de cemento Pórtland, agua, agregados finos y gruesos y aditivos en un todo de acuerdo con los requerimientos establecidos en estas especificaciones, en los planos del proyecto o según ordenen El INGENIERO durante el desarrollo de la Ingeniería de Detalle. Los requerimientos de durabilidad, contenido de aire incorporado y máxima relación agua cemento serán definidos por El INGENIERO tomando como base el reglamento del ACI 318, la importancia de la estructura que se trata en particular, su nivel de exposición y condiciones de operación.

### 3.2 DATOS CONTRACTUALES

- a. **Tipo de Contrato** : Precios Unitarios  
b. **Plazo Contractual** : 30 meses (02-Nov-2011 a 07-Abr-2014)  
c. **Plazo Interno** : 27 meses  
d. **Monto del Proyecto (sin IGV):**
- |                  |      |                |
|------------------|------|----------------|
| 1. Parte Soles   | S/.  | 118,804,594.80 |
| 2. Parte Dólares | US\$ | 42,430,212.43  |

### 3.3 DATOS PARA EL CONTROL DE PRODUCTIVIDAD

Se ha elaborado el Presupuesto Meta, con el cual se puede comparar los ratios de HH, HM, US\$ costo, etc, previstos de dicho presupuesto, respecto a los ratios reales ejecutados y los cuales estarán asociados a sus costos y a la venta de la misma.

## CAPÍTULO IV: PROGRAMACIÓN DE OBRA

### Introducción:

La programación es el proceso a través del cual se identifican y realizan las acciones necesarias para la ejecución del plan de trabajo del planeamiento, con base en su desarrollo a un mayor detalle. Es decir, la programación es el proceso mediante el cual se protege el plan, asegurando su cumplimiento de acuerdo a lo previsto y a las metas establecidas de plazo y costo.



**Figura N°4.22.- Descripción de la Programación**

El proceso de programación se inicia con las primeras actividades de construcción ejecutadas y se extiende a lo largo de todo el proyecto. La programación y el planeamiento son procesos dinámicos que se relacionan entre sí y se llevan a cabo en paralelo de manera de retroalimentación. Para la elaboración de la programación se tomó en cuenta las siguientes precisiones:

### 4.1 Cronograma General

En el presente proyecto se efectúa un análisis al inicio de todas actividades y de manera dinámica se actualizará conforme a las modificaciones productos de variabilidades durante la obra, cubriendo todo el alcance del Proyecto. El equipo del proyecto basado en su experiencia, criterio y conocimiento desarrollarán las pautas para el Sistema de Producción como los aspectos organizativos y estratégicos, para obtener en este proceso lo siguiente: Cronograma General, Cronograma de Recursos y Presupuesto Meta.

Alcance: Se debe incluir todos los aspectos suscritos en el alcance del Proyecto que está definido en el Contrato y sus documentos relacionados; conformado por todas las necesidades, requerimientos y obligaciones, para ejecutar todos los trabajos indicados en el Contrato.

Diseño del Sistema de Producción: Se debe lograr un flujo continuo de la producción, para lo cual se necesitará identificar por ejemplo: la Ruta Crítica planteada por el Cronograma Contractual como base, los recursos críticos y no críticos y el Plazo de Abastecimiento.

#### **4.1.1. Elaboración del Cronograma**

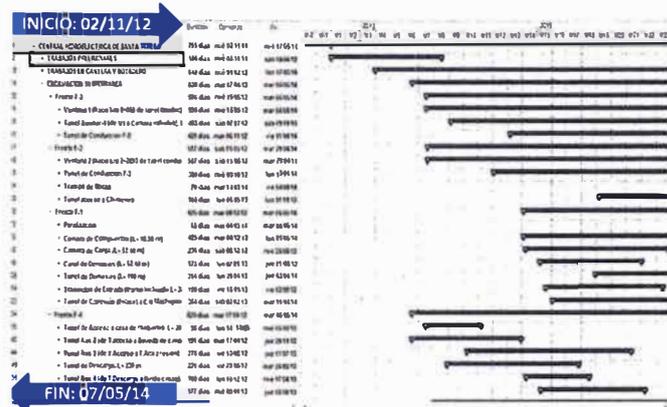
Un cronograma es la representación gráfica de la secuencia y duración de las actividades del Proyecto. Debe basarse en la revisión del cronograma contractual o cronograma inicial y debe tener cambios que el proyecto considere necesario, respetando los hitos y alcances contractuales como suministros, permisos, licencias, etc., Además, deberá ser desarrollado hasta el nivel de detalle que sea necesarios para identificar los recursos óptimos para su adecuada ejecución.

Las actividades son las tareas específicas que deben ser realizadas para llevarse a cabo el Proyecto, es necesario descomponer cada nivel del EDT; en virtud de ello se podrá contar con una Estructura de Control. Se debe identificar las relaciones de dependencia entre las actividades, siendo lo más precisa posible, a fin de contar con una exactitud para elaborar un cronograma realista y factible. A partir de ello se puede identificar las actividades críticas, que son por su naturaleza, interrelación con otras actividades y ejecutadas en cadena dentro del cronograma; es decir, son las actividades que no presentan holgura y a la secuencia de estas actividades se les conoce como ruta crítica.

El periodo de duración para completar las actividades individuales, estarán directamente ligadas al volumen de trabajo (metrado), por consiguiente el ritmo o velocidad de ejecución. Asimismo, se puede conseguir con mayor detalle la cantidad de recursos humanos, materiales y equipos asignados a esas actividades, toda esta gestión acompañada de la experiencia conlleva a una fortaleza de la organización.

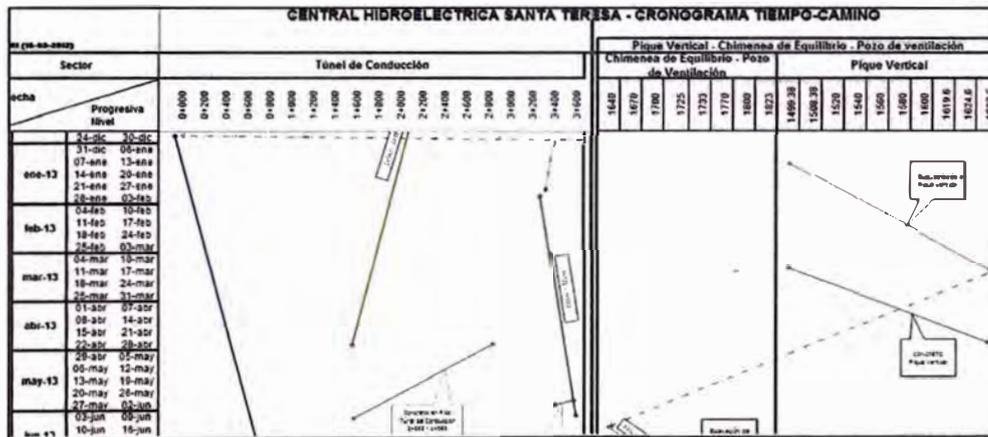
La cantidad de niveles que se determine e la EDT dependerá de la complejidad del propio Proyecto, este cronograma puede estar representado de la siguiente manera: Diagrama Gantt, Curva Espacio-Tiempo (Curva Marsall), Pert CPM, Tren de Actividades, etc.

Cuadro N°4.11.- Diagrama Gantt - Contractual



(Fuente: Evaluación propia)

Cuadro N°4.12.- Curva Espacio – Tiempo “Tiempo Camino”



(Fuente: Evaluación propia)

Cuadro N°4.13.- Ejemplo de LookAhead

Item	Descripción de la Subtarea	Unid.	Medida Total	Medida Ponderada	Actividad 1	Actividad 2	Actividad 3	Actividad 4	Actividad 5	Actividad 6	Actividad 7	Actividad 8	Actividad 9	Actividad 10	Actividad 11	Actividad 12	Actividad 13	Actividad 14	Actividad 15	Actividad 16	Actividad 17	Actividad 18	Actividad 19	Actividad 20
<b>PROYECTO A</b>																								
<b>CONSTRUCCIÓN DE BARRIO DE LA CENTRAL</b>																								
<b>PROYECTO B</b>																								
<b>CONSTRUCCIÓN DE PISCINA DE LA CENTRAL</b>																								
<b>PROYECTO C</b>																								
<b>CONSTRUCCIÓN DE TUBERÍA DE LA CENTRAL</b>																								
<b>PROYECTO D</b>																								
<b>CONSTRUCCIÓN DE CHIMENEA DE LA CENTRAL</b>																								

(Fuente: Evaluación propia)

### 4.1.2. Cronograma Interno

El Cronograma Interno es aquel que se elabora para el control interno del Proyecto, en principio deberían ser iguales, sin embargo, podrían resultar necesario elaborar dos escenarios debido a los siguientes motivos: el cronograma contractual contiene EDT insuficiente o excesiva para realizar una gestión efectiva del Proyecto, actualización del cronograma, estrategia contractual en cuanto a plazos (holguras) y manejo de recursos.

El presente proyecto contempla un cronograma actualizado debidamente aprobado por el Cliente y que refleja modificaciones debido a consideraciones, producto de nuevas rutas críticas conforme a las condiciones naturales que, han apareciendo producto del avance del Proyecto.

## 4.2 Herramientas

### 4.2.1 Filosofía de Lean Construction

La filosofía de Lean Construction está orientada a la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Se enfoca en crear un sistema de producción ajustado que minimice residuos y herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución de proyectos. Para un óptimo entendimiento de la aplicación de los principios teóricos a la práctica profesional, para ello se ha implementado las siguientes herramientas:

- a) Elaborar Programa Maestro en redes de Ruta crítica (CPM y PDM).
- b) Elaborar Programa de Trenes de Trabajo, donde todas las tareas son críticas.
- c) Elaborar un Programa de las tres semanas (LookAhead Planning). Empleo de **Benchmarking**; es decir establecimiento de puntos de referencia como los coeficientes o ratios de Productividad y Rendimientos de Tareas de Obra similar de mejor desempeño.
- d) Utilización de **Kaizen**; es decir mejoramiento continuo de los ratios de productividad y rendimiento a través de la innovación tecnológica y el mejoramiento continuo de la Productividad. Empleo de la Ingeniería de Métodos.

- e) Utilización de **Justo a Tiempo en la Procura**; es decir una logística especializada a cargo de un Profesional que conozca no solo del mercado sino las propiedades y calidad de los diferentes insumos. Esta política consiste en que todos los insumos necesarios para ejecutar las tareas cada semana deben estar a tiempo, sin que falte ninguno de ellos. Al respecto se puede manifestar que una mala práctica es comprar la totalidad de los materiales (Ejemplo: fierro) al inicio de la obra, dado que esto genera desfinanciamiento.
- f) **Calidad Total** – Se debe hacerse charlas semanales a todo el personal para que se concienticen que un producto de calidad significa ahorro de tiempo y dinero, confianza del supervisor y buena imagen ante el propietario.
- g) **Seguridad Total** - Se debe hacer charlas diarias de 5 minutos, antes de ingresar a obra, de prevención de riesgos. Elaborar cartillas manuales y carteles para colocar en punto estratégicos de cada obra.
- h) **Outsourcing o Política de subcontratos**- Reducir en lo posible los subcontratos y sólo subcontratar lo indispensable.

#### 4.2.2 Herramientas de Programación

Es un documento que permite llevar a cabo el proceso de programación, para lo cual se establece una rutina semanal de elaboración y revisión de las herramientas de programación, donde son articulados los temas principales de manera rotatoria y mostrada en las reuniones de programación. Esta rutina semanal permite definir las acciones correctivas a corto y mediano plazo, evalúa el cumplimiento y toma acción sobre los resultados.

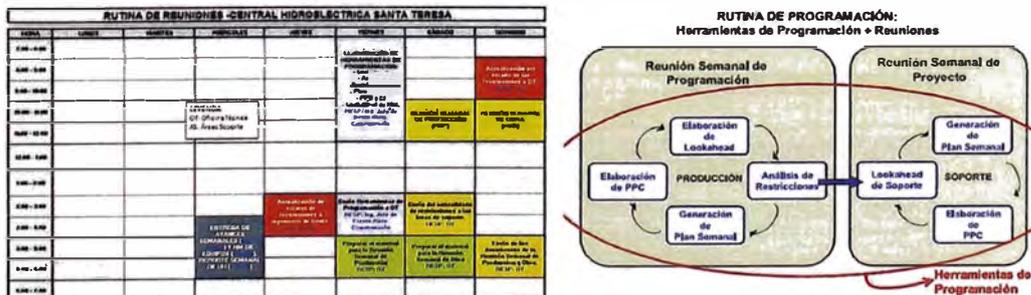


Figura N°4.23.- Rutina de Programación Semanal

La rutina de programación tiene como soporte la utilización de las siguientes herramientas de gestión:

1) **LookAhead de Producción:** En el presente Informe de Suficiencia se toma en consideración el horizontal real de 4 a 6 subsiguientes semanas, las cuales han sido considerados para la *Construcción de la Central Hidroeléctrica Santa Teresa*. En general la duración mínima del horizonte dependerá del Plazo de Abastecimiento y la duración máxima de la variabilidad que pueda afectar el planeamiento del Proyecto. Las actividades deben desprenderse del Cronograma General de ejecución y luego deben ser desmembradas a un nivel mayor de detalle.

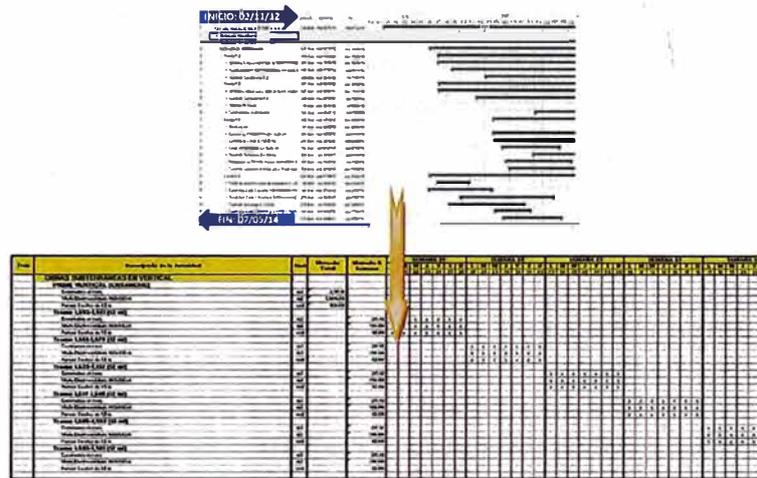


Figura N°4.24.- Relación Cronograma y LookAhead

2) **Análisis de Restricciones:** Consiste en analizar todas las actividades del LookAhead de producción, del horizonte determinado, e identificar los posibles obstáculos o limitaciones que pudieran hacer que las actividades consideradas en el mismo, no puedan ser programadas en su oportunidad. Tiene por finalidad identificar y proveer con adecuada anticipación de todo aquello que falta para poder ejecutar una tarea.

Cuadro N°4.14.- Ejemplo de Análisis de Restricciones

ANÁLISIS DE RESTRICCIONES						
Fecha	Responsable	Descripción de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Programada	Fecha Realizada	Estado
<b>RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES CON RESTRICCIONES</b>						
55	PR	Llave de Seguridad y Cables de Corte	Llegada de equipo de instalación y mantenimiento	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
56	PR	Pique Vertical	Arreglo de desmontaje	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
57	PR	Compuerta de los cables	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
58	PR	Cables de Despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
59	PR	Cable de Seguridad	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
60	PR	Cable de Seguridad	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
61	PR	Llave de seguridad	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
62	PR	Cables de Despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
63	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
64	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
65	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
66	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
67	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
68	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
69	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
70	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
71	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
72	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
73	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
74	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
75	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
76	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
77	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
78	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
79	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
80	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
81	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
82	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
83	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
84	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
85	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
86	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
87	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
88	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
89	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
90	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
91	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
92	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
93	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
94	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
95	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
96	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
97	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
98	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
99	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO
100	PR	Pique de despega	Llegada de material para cableado	28-sep-10	28-sep-10	COMPLETADO

(Fuente: Evaluación propia)

Cada restricción debe ser asignada a un responsable con un plazo razonable definido, abarcando todo tipo de temas llámese: Contractuales, Logísticos, Ingeniería, etc.

- 3) **Plan Semanal:** Se confecciona en base a las actividades libres de restricciones que cada ingeniero responsable del área se comprometerá a ejecutar en la semana siguiente.

**Cuadro N°4.15.- Ejemplo de Plan Semanal**

PLAN SEMANAL				SEMANA 11						
CONTRATISTA: CONSORCIO URUBAMBA				SUPERVISOR: ALAN						
NOMBRE DE PROYECTO: CH SANTA TERESA - COOPAM				CLIENTE: UZON, S.P.A.						
Item	Descripción de la Actividad	Unid.	Monto valor Y total	Monto valor Semanal	11	12	13	14	15	16
<b>CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE SANTA TERESA</b>										
<b>OBRA SUBTERRÁNEA 1.11 VERTICAL</b>										
<b>PIQUE VERTICAL (BOSQUE)</b>										
Tramo 1.053 - 1.041 (12 m)										
	Excavación en roca	m <sup>3</sup>	2410							
	Estado Dimensionada 80/100	m <sup>2</sup>	1200							
	Pantel Suelos de 1.5 m	un <sup>id</sup>	1200							

(Fuente: Evaluación propia)

- 4) **Análisis de Confiabilidad:** Mide la confiabilidad de programación, nos permite identificar y eliminar las causas que no permiten obtener el 100% de cumplimiento de plan semanal (PPC).

CANTIDAD DE TAREAS COMPLETADAS	
PPC	-----
TOTAL TAREAS PROGRAMADAS	

### 4.3 CONTROL DE PRODUCTIVIDAD

Utilizando plenamente a Lean Construction, es decir la construcción sin pérdidas de dinero y tiempo, se usará el mejoramiento continuo de los ratios de productividad y rendimiento empleando la Ingeniería de Métodos.

#### 4.3.1 Definición de Productividad

La productividad se define como la eficiencia en el uso de los recursos. Es el resultado de un flujo productivo continuo, una buena Programación, una alta confiabilidad y la optimización de los recursos utilizados en los procesos constructivos. El Control de la productividad es el proceso a través del cual se mide la eficiencia de la ejecución lograda, se analiza la información y se identifican las acciones posibles para mejorarla.

#### 4.3.2 Control de Productividad

##### 1) Objetivo

Medir la eficiencia obtenida en la ejecución. Se establece el Informe Productividad (IP) como herramienta en control de la Productividad, garantizando

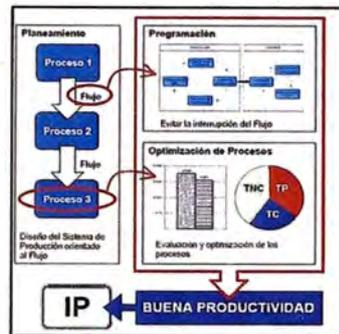
un reporte veraz y oportuno, que permita un adecuado análisis y toma de acción. Se deberá tener en cuenta las consideraciones siguientes:

- a) Se debe buscar un proceso de mejora continua, para optimizar los procesos constructivos a lo largo de todo el tiempo que dure el Proyecto.
- b) El éxito de optimizar un proceso constructivo es reducir los tiempos improductivos e interferencias con otras actividades, el uso adecuado de equipos.
- c) La productividad del trabajo se asocia con el contenido de trabajo productivo dentro del total de trabajo realizado, tanto en cantidad como en calidad. Siendo estas clasificadas en: Trabajo Productivo (TP), Trabajo Contributorio (TC) y Trabajo No Contributorio (TNC); además las técnicas para su estudio son:
  - Mediciones de nivel general de actividades.
  - Cartas Balance.
  - First Run Studies.

## **2) Informe de productividad**

El IP es un informe que mide la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el Proyecto, comparando la eficiencia real. Con la eficiencia prevista en el Presupuesto Meta, el cual se basa del Presupuesto original entregado por el departamento de presupuestos y revisado en el proceso de Transferencia; el análisis debe incluir una estimación económica de los riesgos y oportunidades asumidos por el Proyecto, de modo que se tenga la mejor proyección del resultado. El margen meta se fija como objetivo económico del Proyecto, por lo que los esfuerzos del Proyecto se orientarán a obtener un resultado real igual o mejor. El responsable del Control de Productividad, se define al inicio del Proyecto y es el encargado de elaborar este informe. La eficiencia se expresa como la cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado.

En función al tipo de recursos controlados, se tiene normalmente dos Informes de Productividad:



**Figura N°4.25.- El control de Productividad como herramienta de Optimización de procesos**

### **IP de Mano de Obra:**

Mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajadores en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumidos se mide en horas hombre (HH), siendo ésta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra. Por ejemplo, HH consumidas por volumen de excavación (HH/m<sup>3</sup>).

### **IP de Equipos:**

Mide la eficiencia de una cuadrilla o pull de equipos en el consumo de los recursos consumidos se mide en horas máquinas (HM). Sin embargo, no se puede usar la HM como unidad de medida de la Productividad, ya que generalmente el pull de equipos está conformado por equipos diferentes entre sí (distintos en función, en potencia, en consumo de combustible, etc.). Para medir la Productividad de pull de equipos se traducen las HM a su costo de dinero, siendo ésta la unidad para medir la Productividad de los equipos. Por ejemplo, dólares consumidos por metro cúbico de shotcrete colocado (US\$/m<sup>3</sup>).

#### **- Estructura de Control:**

Las actividades cuya productividad se va a medir son las Partidas de Control, las cuales se determinan al inicio del Proyecto. Se recomienda llevar el control de productividad de todas las Partidas de Control definidas, de manera que se pueda evaluar la eficiencia de toda la mano de obra y/o equipos del Proyecto. En caso existan partidas de menor cuantía que no ameriten una evaluación individual, estas agruparse en un bolsa y evaluarse de manera global.

#### **- Avance reales:**

Los avances referidos a la Estructura de Control se obtienen de acuerdo al procedimiento de control de avance. Se genera un reporte de los metrados ejecutados a la fecha, el cual es el input para los Informes de Productividad. Así como sus alcances, deben ser las mismas generadas por los reportes del Control de Avances, bajo la misma periodicidad.

- **Metrados totales:**

La Productividad a la fecha de las distintas actividades debe leerse conjuntamente con el estado del avance de las mismas, es decir, atendiendo a los saldos de metrados por ejecutar para así poder estimar proyección de la productividad de las actividades al término del Proyecto. Las cantidades totales actualizadas del Proyecto se obtienen de la herramienta de Control de Avance.

- **Consumo de HH:**

La cantidad de HH consumidas de acuerdo a la Estructura de Control se obtiene de la siguiente de la siguiente ruta dentro del Sistema de planillas de Obreros:

**Cuadro N°4.16.- Reporte del SISPO**

Div.	Trabajador	Edad	Categoría	Ocupación	Formal	S. Normal	S. Excl. Simple	S. Excl. Doble	Estado		
012020	ABAD MENDOZA WILLIAMS VICT	3	CAPATAZ	CAPATAZ CIV	49.71	48.00	12.00	0.00	97.81	1980.35	
0041488	ADCO PARSACA ALEX ROLANDO	1	OPERARIO	ELECTRICISTA	48.80	45.00	10.00	9.00	102.89	1029.96	
0399148	ALEGRIA CRUZ SABINO	0	PEON	PEON	37.20	48.00	12.00	6.00	17.98	718.53	
0067968	ALFARO ZAPANA OL MALDIO BUI	1	CAPATAZ	ELECTRO MECA	49.71	0.00	0.00	0.00	0.00	28.78	
0555480	ALFARO ZAPANA JOSE RUFIO	0	OPERARIO	OPERADOR EQ	48.80	24.00	9.00	3.00	77.05	789.30	
02314667	ALTAMIRANO AYBAR JOSE MIGUEL	1	OPERARIO	MANOBRISTA	48.80	24.00	0.00	12.00	85.28	861.55	
00383958	ALVAREZ ESTRADA SIMON TIBERIO	2	OPERARIO	OPERADOR EQ	48.80	48.00	12.00	0.00	104.10	1044.23	

(Fuente: Software SISPO de GyM)

- **Consumo de HM:**

La cantidad de HM consumidas de acuerdo a la Estructura de Control se obtiene de la siguiente ruta dentro del Sistema de Mantenimiento de Equipos:

**Cuadro N°4.17.- Reporte del SISME**

	<b>SISME - Sistema de Mantenimiento de Equipos</b>	Fecha : 30/03/2013	
	OBRA: GYM - 1755 : CH SANTA TERESA 90 MW	Hora Reporte : 8:32:14 AM	
		Página Nro: 1 de 1	
		SME3400C	
<b>DISTRIBUCIÓN HORAS PARTIDAS POR EQUIPO</b>			
Deb 18/03/2013 Ak 24/03/2013			
<b>Fecha</b>	<b>Código</b>	<b>Descripción</b>	<b>Horas</b>
CONSORCIO RIO URUBAMBA			
0001600803 - SCOP R1860Q			
Frente 48 - FRENTE 03			
18/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	4.15
18/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	4.15
19/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	5.00
19/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	3.20
20/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	4.70
20/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	9.40
21/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	6.20
21/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	4.80
22/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	3.20
22/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	5.20
23/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	3.30
23/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	6.80
24/03/13	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	2.30
<b>Total de Horas Distribuidas :</b>			<b>62.80</b>

(Fuente: Software SISME de GyM)

Las HM son agrupadas por familias de equipos (tractores, excavadoras, etc.) y multiplicadas por la misma tarifa considerada en el Presupuesto Meta, a fin de obtener un consto en dólares por unidad de trabajo compatible con el considerado en el Presupuesto Meta.

Ratios Meta:

Representan la eficiencia prevista para la ejecución de las actividades. Se obtiene de los análisis de precios unitarios del Presupuesto Meta, en función de la cuadrilla y del rendimiento previsto para ejecutar la actividad, tal como se muestra en el cuadro N°4.18. En principio, se controlan todas las actividades definidas en el Estructura de Control (EC), por lo que los ratios meta serán obtenidos de manera análoga a como fue elaborada del EDC.

**Cuadro N°4.18.- Estructura de Partidas de Control**

Código frente	Nombre de frente	Código partida	Nombre de partida de control	Umid	Influencia	Ratio Meta (P/M)Umid
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0102	EXCAVACION SUBTERRAJEA	m3	S	2.724
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0105	SHOTCRETE	m3	S	7.773
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0108	PERROS DE ANCLAJE	unf	S	2.15
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0207	PAJILLAS FLEXIBLES LAMA	m2	S	0.253
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0308	CERRAS METALICAS	un	S	393.341
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0309	CRINES	m	S	4.894
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0310	MOVIMIENTO DE TIERRAS EN PORTALES	m3	S	0.931
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0311	SUSPENSIÓN EN PORTALES	m3	S	26.32
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0312	OBRAS DE CONCRETO EN PORTALES	m3	S	12.78
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0313	COLOCACION DE CONCRETO	m3	S	8.328
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0333	ACERO DE REFUERZO	kg	S	80.505
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0334	BARRAS	m2	S	3.110
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0335	INYECCIONES	un	S	0.003
30	FRENTE 2: TUNEL CONDUCCION ENTR	0350	HERRAMIENTAS	un	S	0.421
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0100	EXCAVACION EN VERTICAL	m3	S	0.280
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0101	SHOTCRETE EN VERTICAL	m3	S	0.133
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0102	PERROS DE ANCLAJE EN VERTICAL	unf	S	0.041
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0103	MALLA ELECTRO SOLDERIA EN VERTICAL	m2	S	0.091
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0104	COLOCACION DE CONCRETO EN VERTICAL	m3	S	5.700
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0105	BLOQUEADO EN VERTICAL	m2	S	3.001
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0106	ACERO EN VERTICAL	kg	S	80.505
60	FRENTE 6: POQUE CHIMENEA	0107	BRECCONES EN VERTICAL	un	S	0.001

(Fuente: Evaluación propia)

Si existiese variación entre estas tarifas y las tarifas reales (por ejemplo, por un alza del precio del petróleo o de los alquileres), ésta no serán incluidas para el

cálculo del IP, ya que el objetivo del mismo es comparar eficiencia. Los impactos en costo de las posibles variaciones de tarifas se analizan en los procesos de Control de Costos.

**IP de Mano de Obra**

Compara los ratios de HH reales y previstos para cada partidas de control, obteniendo el estado de productividad de mano de obra del proyecto, se mide en HH ganadas o perdidas a la fecha con base en el análisis de los resultados obtenidos se puede proyectar un ratio para el saldo de proyectos, obtenido las HH ganadas y perdidas proyectadas a fin de proyecto.

**Cuadro N°4.19.- Obtención de los ratios meta de mano de obra**

Planta	84.01.01.03.01	Concreto Pca 21 Mpa							
Referencia	m3/DIA	MO. 28.0000	EQ. 20.0000						359.26
Código	Descripción Recurso			Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.		Parcial \$/.
		Mano de Obra							
0102010001	Capataz Civil			hh	1.00000	0.50000	25.91		12.96
0102010007	Topógrafo			hh	0.50000	0.25000	26.99		6.75
0102020002	Operador Pesado			hh	0.10000	0.05000	22.83		1.14
0102020003	Operador Mediano			hh	0.30000	0.15000	21.37		3.21
0102020004	Operador Liviano			hh	1.00000	0.50000	19.80		9.90
0102030001	Oficial			hh	2.00000	1.00000	17.15		17.15
0102040001	Operario			hh	3.00000	1.50000	19.50		29.70
0102050001	Peón			hh	7.00000	3.50000	15.47		54.15
									<b>134.96</b>

(Fuente: Evaluación propia)

- Los avances y las HH reales se obtienen directamente.
- El valor de HH acumuladas previstas se obtiene de multiplicar el ratio previsto y el metrado acumulado actual.
- Los ratios reales son el resultado del cociente entre las HH utilizadas y el avance ejecutado.

**Cuadro N°4.20.- IP de mano de obra**

PARTIDAS DE CONTROL	INFLU	YE	AVANCE			HORAS HOMBRE			PRODUCTIVIDAD (RATIO)				ACUM SEMANA ACTUAL			SEMANA ACTUAL			
			REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISTO	ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO	META	ACUMULADO REAL	ULTIMA SEMANA	META PARA EL SALDO	PROYECTADO PARA EL SALDO	ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO	TOTAL PREVISTO A FIN DE OBRA	REAL SEMANA	HH GAN Y PERD
02 MEDIO AMBIENTE	m3	S	723,000.00	694,234.48	96.02%	18,524.22	18,577.81	25,146.00	3,778.61	0.80	0.84	0.45	0.80	0.80	20,724.01	0.00	38,724.01		-18,000.00
03 BIOTOPORTE	m3	S	4,432.00	4,409.88	99.50%	19,800.00	17,744.27	74,225.00	1,573.23	7.93	12.95	9.89	7.21	8.00	13,250.73	-1,026.21	12,224.52		-1,026.21
05 PERFILES DE ANCLAJE	univ	S	22,500.00	22,500.00	100.00%	58,900.00	57,492.91	49,980.00	1,698.24	2.95	2.93	2.90	2.91	2.91	8,274.81	0.00	8,274.81		0.00
09 CUBIERTAS METALICAS	ton	S	0.21	0.19	90.50%	24,980.00	18,278.67	12,223.00	5,922.45	193,343.00	134,527.77	67,660.77	193,343.00	193,343.00	5,342.17	0.00	5,342.17		0.00
01 CONDUCCION DE	m3	S	24,480.00	23,974.00	97.93%	264,180.00	257,010.00	172,070.00	103,987.00	7.49	9.38	7.74	8.00	7.10	12,400.00	0.00	12,400.00		0.00
20 ACCESORIOS DE	kg	S	137.00	137.00	100.00%	1,000.00	1,000.00	8,200.00	1,000.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1,000.00	0.00	1,000.00		0.00
21 PREPARACION DE	m3	S	26,400.00	26,400.00	100.00%	27,440.00	27,440.00	13,450.00	27,440.00	104	187	113	182.95	160.00	5,095.44	-3,441.08	-3,441.08		-34.81
03 MITOCAMPAMENTOS	Se	S	50.00	50.00	100.00%	20,000.00	13,000.00	13,315.00	6,400.00	400.00	291.90	497.00	400.00	400.00	297.00	0.00	297.00		-97.00
			<b>1,048,200.00</b>	<b>1,007,442.82</b>	<b>96.12%</b>	<b>1,008,652.84</b>	<b>948,874.82</b>								<b>101,050.46</b>	<b>-26,700.70</b>	<b>74,349.76</b>		<b>-5,000.47</b>
<b>TOTAL</b>			<b>1,048,200.00</b>	<b>1,007,442.82</b>	<b>96.12%</b>	<b>1,008,652.84</b>	<b>948,874.82</b>								<b>101,050.46</b>	<b>-26,700.70</b>	<b>74,349.76</b>		<b>-5,000.47</b>
<b>AVANCE</b>																			

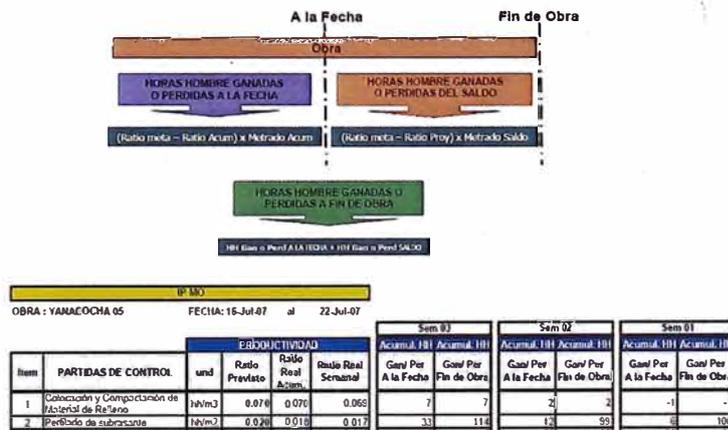
(Fuente: Evaluación propia)

Las HH ganadas o pérdidas a la fecha se obtienen directamente de la diferencia entre las HH acumuladas previstas a fin de proyecto, donde el ratio para el saldo es cuantificado por el responsable de control de productividad y validado por el

Gerente de proyecto. Adicionalmente, las HH ganadas o perdidas pueden expresarse como un porcentaje de las HH previstas.

Para aquellas partidas de control que no generan producción tales como instalaciones provisionales, servicios del proyecto, limpieza, acarreo o costos indirectos, se llevará un control de las HH consumidas en función de tiempo transcurrido de la partida.

**Cuadro N°4.21.- Cálculo de la proyección de HH ganadas o perdidas a fin de proyecto**



(Fuente: Manual de Gestión de Proyectos de GyM)

**IP de equipos**

Compara los ratios de dinero y previstos, para cada partida de control, obteniendo el estado de Productividad de equipos del Proyecto, que se mide en dinero ganado o perdido a la fecha. Con base en el análisis de los resultados obtenidos se puede proyectar un ratio para el saldo de Proyecto, obteniendo el valor de dinero ganado o pérdida del saldo. Con la suma de ambos se obtiene el total de dinero ganado o perdido proyectado a fin de Proyecto.

**Cuadro N°4.22.- Obtención de los ratios meta de equipos**

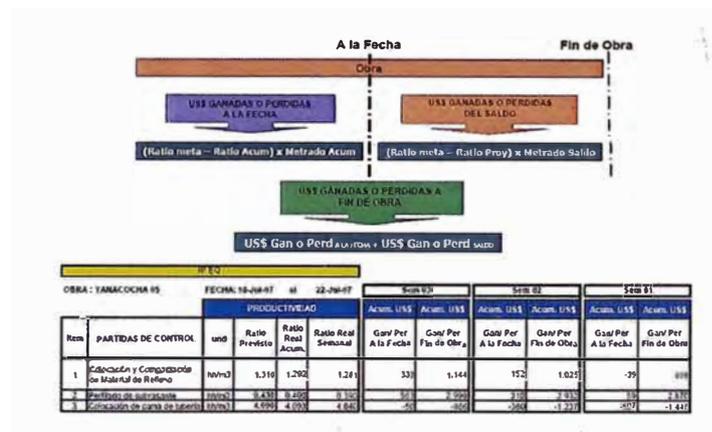
Partida	08.01.01.03.01	Concreto Fca 21 Nba	EQ 28.0000	Costo unitario directo por : m3	25.06		
Planificación	UNO. 28.0000						
Código	Descripción	Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio USD	Parcial USD
		Material					
0207020013	Agregados para Concreto		m3		1.00000	10.84	10.84
0227140011	Skament 250N		kg		3.60000	1.06	3.82
0227148017	Ska AER (incorporador de aire)		kg		0.55000	1.68	0.91
		Equipos					
03010100020001	Cargador Frontal CAT 950 (150-175 hp)		hm	0.10000	0.05000	43.48	2.42
03040300020002	Camión Volquete 15 m3		hm	0.38000	0.15000	26.82	4.02
0307030002	Mezcladora de Concreto hasta 11 p3		hm	1.00000	0.50000	4.57	2.29
0307070001	Vibrador		hm	2.00000	1.00000	0.76	0.76

(Fuente: Evaluación propia)

Los avances y las HM reales se obtienen directamente.

Como ya se mencionó, las HM de los diversos equipos deben convertirse en dinero, a fin de obtener una unidad de medida homogénea de la productividad de toda la cuadrilla de equipos. Por ello se usan las tarifas del Presupuesto Meta a fin de obtener un ratio en dinero compatible con el ratio meta. Se utilizó la unidad monetaria Dólar Americano (US\$).

**Cuadro N°4.23.- Cálculo de la proyección de US\$ ganadas o perdidas a fin de proyecto**



(Fuente: Manual de Gestión de Proyectos de GyM)

El valor del dinero acumulado previsto, se obtiene de multiplicar el ratio previsto y el metrado acumulado actual.

Los ratios reales son el resultado del cociente entre el dinero consumido y el avance ejecutado.

El dinero ganado o perdido a la fecha se obtiene directamente de la diferencia entre el dinero acumulado previsto y el dinero acumulado real. El cálculo del dinero ganado a fin de proyecto se muestra en la Figura 2.3., en la que el ratio para el saldo es estimado por el representante del control de productividad y validado por el Gerente de proyecto. Adicionalmente, el dinero ganado o perdido puede expresarse como un porcentaje del dinero previsto.

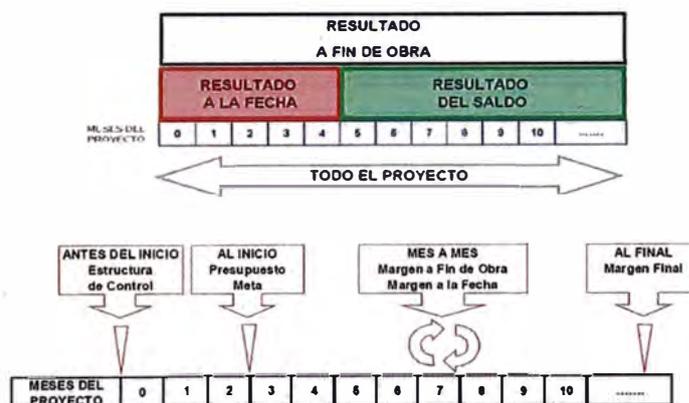
Adicionalmente se lleva un control con el histórico de las HM acumuladas consumidas por familia de equipos (excavadoras, cargadores, motoniveladoras, etc.), el cual es el sustento de los costos de equipos mostrados en el IP y que debería ser compatible con las valorizaciones de equipos.

## 4.4 CONTROL Y OPTIMIZACIÓN DE COSTOS

### 4.4.1 Definición:

Definimos como costos a la medición económica del consumo de los recursos para ejecutar el proyecto, siendo el control de costos el proceso a través del cual se realiza la administración de los costos de manera confiable, oportuna y sustentable a fin que pueda ser útil como una herramienta de gestión, reflejando sus resultados a la fecha y al final del proyecto. Por lo cual, deberá estar ordenado de acuerdo a la Estructura de Control de la venta y de los costos del proyecto así se podrá tomar acciones correctivas y se verificará las metas cumplidas del presupuesto meta. Por consiguiente, esta metodología muestra la mejor estimación mensual del resultado económico y margen real del proyecto, considerando tanto el resultado acumulado en la fecha de evaluación como el resultado proyectado al final del proyecto.

El proceso de Control de Costos puede esquematizarse con el flujo mostrado en la figura siguiente:



**Figura N°4.26.- Proceso de Control de Costos**

La estructura de costos será creada en el Sistema de Contabilidad "ORACLE" para registrar todos los costos en la contabilidad. El proceso de Control de Costos corresponde a la gestión del día a día del Proyecto, el cual consta en validar mes a mes el Margen a Fin de Proyecto e identificar y registrar las brechas entre este Margen y el Margen Meta.

Las brechas de costos resultantes entre el Presupuesto Meta y los costos reales del Proyecto se analizarán ordenadas de acuerdo a la Estructura de Control. Para obtener el resultado a fin de proyecto se deben sumar dos análisis: el Resultado a la Fechas y el estimado del Resultado del Saldo.

#### 4.4.2 Metodologías de Control de Costos.

En el presente Informe de Suficiencia se presentará la metodología que consiste en la clasificación de costos según el criterio de Frentes y Partidas de Control; además las herramientas para calcular el resultados a la fecha y el resultado a fin de proyecto, así como el análisis de las brechas resultantes contra el costo previsto en el Presupuesto Meta.

Al final de cada periodo mensual se realizará el Cierre Contable de todos los recursos consumidos con una fecha límite para procesar dicha información y entregar los Estados Financieros.

Se puede mostrar el esquema resumen de los montos declarados.

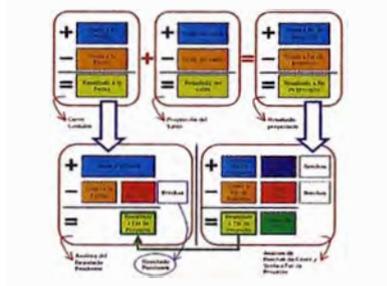


Figura N°4.27.- Esquema de Control de Costos

#### 4.4.3 Análisis de Brechas del Costo.

El resumen por rubro de los resultados a la fecha y a fin de Proyecto junto con las brechas respectivas contra el previsto se reporta en la hoja de Resultado del **Panel de Control** obtenido del ORACLE. Se tiene la misma venta como base mientras que para el cálculo de los Costos Previstos, éstos son comparables con el costo real al obtenido del ORACLE y con la proyección de costos del saldo. Por lo tanto, solo existe brechas de costo resultante, no incluyen brechas de venta.

Se utiliza una primera metodología para el Control de Costos la misma que permite obtener costos de manera directa, así como la descomposición de la misma a nivel de Partidas; además identificando el detalle de los recursos involucrados en los costos reales por *partida* debe obtenerse de los sistemas de información del Proyecto tanto por el SISPO o el módulo ORACLE. Asimismo, podemos obtener de la segunda metodología el cálculo de los costos previstos a la fecha y proyectado, permitiendo obtener brechas de costos de manera directa

mediante la hoja de resultados del Panel de Control, los costos previstos se deberán calcular siguiendo los pasos que correspondan a la metodología 1.

	Gestión Acumulada a la Fecha				Gestión Proyectada del Saldo				Gestión Proyectada al Cierre			
	Ejecutado Acumulado Real		Brechas		Recurrido Estimado (Solo Saldo)		Brechas		Proyección al Cierre (Real + Saldo)		Brechas	
	US \$	(%)	US \$	(%)	US \$	(%)	US \$	(%)	US \$	(%)	US \$	(%)
Trabajos Valorizados	16,209,838				0				16,209,838			
Trabajos aún No Valorizados	658,525				0				658,525			
Adicionales Aprobados	118,280				210,387				328,676			
Adicionales Pendientes de Aprobación	739,777				0				739,777			
Reciamos y Obros	128,558				0				128,558			
Ajuste por Tipo de Cambio					0				0			
<b>Sub Total Venta</b>	<b>17,852,987</b>				<b>210,387</b>				<b>18,063,374</b>			
Mano de Obra	1,621,416	3,948,692	-327,277	-20.18%	9,882,058	9,491,228.42	90,830	0.95%	11,203,474	11,439,921	-236,446.61	-2.11%
Materiales	1,703,106	1,823,259	-120,153	-7.05%	16,618,374	16,583,732.85	24,641	0.15%	18,321,480	18,416,992	-95,512.03	-0.52%
Equipos	2,974,631	2,672,370	302,261	10.16%	15,122,122	15,258,382	-176,260	-1.17%	18,096,753	17,970,752	126,001.37	0.70%
Sub Contratas	2,918,277	2,405,263	513,014	17.58%	9,372,158	9,683,018	-310,860	-3.32%	12,250,435	12,088,281	202,153.96	1.64%
Gastos Generales	3,560,653	3,434,471	126,182	3.54%	11,331,434	11,121,774	9,660	0.09%	14,692,087	14,556,245	135,842	0.92%
<b>Sub Total Costos</b>	<b>12,778,083</b>	<b>12,288,055</b>	<b>494,028</b>	<b>3.87%</b>	<b>61,826,146</b>	<b>62,188,135</b>	<b>-361,989</b>	<b>-0.59%</b>	<b>74,604,229</b>	<b>74,472,190</b>	<b>132,039</b>	<b>0.18%</b>
Utilidad Directa (US \$)	5,074,905	5,564,932	-494,028	-9.73%	-61,615,759	-61,977,748	361,989	-0.59%	-56,540,855	-56,408,816	-132,039	0.23%
Margen Directo (%)	28.43%	31.19%			-29286.88%	-29458.94%			-313.01%	-312.28%		
Gastos Financieros	22,433.83	22,433.83										
Otros Ingresos y Egresos												
<b>Total Bruto</b>	<b>12,778,083</b>	<b>12,306,489</b>	<b>471,594</b>	<b>3.69%</b>	<b>61,826,146</b>	<b>62,188,135</b>	<b>-361,989</b>	<b>-0.59%</b>	<b>74,604,229</b>	<b>74,484,624</b>	<b>119,605</b>	<b>0.16%</b>
Utilidad Bruta (US \$)	5,074,905	5,546,498.40	-471,594	-9.35%	-61,615,759	-61,977,748	361,989	-0.59%	-56,540,855	-56,431,250	-109,605	0.19%
Margen Bruto (%)	28.43%	31.07%			-29286.88%	-29458.94%			-313.01%	-312.41%		

Figura N°4.28.- Análisis de Brechas en el Costo

#### 4.4.4 Cierre Contable.

El Cierre Contable son todos los procesos que se realizan para dar por cerrado el ejercicio contable de cada mes, la culminación del proceso de cierre contable se da con la emisión de los Estados Financieros del Proyecto reflejando así la realidad económica del Proyecto. Por lo cual, la información registrada en la contabilidad corresponde a la venta y costos del Proyecto a la fecha.

La contabilidad sustenta con documentos (facturas, notas de crédito, notas de traslado, etc); por consiguiente una parte es generada después de la fecha del cierre del periodo contable, por ende una parte de la información quedará sin ser registrada. Es por ello que se elaboran las "provisiones" siendo estos registros contables provisional, producido y ordenado por la Estructura de Control de Costos, que reconoce la utilización de recursos y/o servicios no facturados; las provisiones tanto de venta como de costo se generan con el fin de que la información contable refleje el resultado a la fecha.

## CAPÍTULO V: CONTROL Y OPTIMIZACIÓN COSTOS – LEAN CONSTRUCTION USANDO LOOKAHEAD Y ANALISIS DE RESTRICCIONES

**5.1 DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS PRINCIPALES:** Se tomarán a manera de estudio y comparación las partidas más incidentes y representativas del presupuesto las cuales mencionaremos a continuación:

### 1) Excavación y Eliminación en Túnel de Conducción

Realizar el trazo de replanteo topográfico verificando puntos de control altimétrico (BM's), pintar el eje y perímetro de la malla de perforación. La longitud de perforación será de 3.0 m a realizar con equipo jumbo electro hidráulico utilizando taladros horizontales, también el tipo, la potencia, la cantidad, la carga y la distribución de explosivos a ser usado por barrenos, por voladura; la secuencia y disposición de los retardos. Luego de la voladura y la ventilación se procederá a eliminar el material del macizo rocoso con ayuda de los volquetes y scooptrams. Finalmente, será depositado en los botaderos N°6 y N°7 dependiendo del frente de trabajo.



Figura N°5.29.- Imágenes del Túnel de Conducción-Excavación

## 2) Sostenimiento – Concreto Lanzado “Shotcrete” en Túnel de Conducción

Este tipo de sostenimiento contiene de arena, cemento, fibra metálica, acelerante y agua que estará procesado en la planta de shotcrete, el cual estará traslado y suministrado al túnel por medio del hurón (mixer de bajo perfil). El siguiente paso es delimitar el trazado topográfico conforme a la evaluación geomecánica del macizo rocoso, la aplicación se lanzará con una distancia mayor a 1.80 m con respecto al nivel de apoyo, la manguera de la shotcretera y la manguera de alimentación de aditivo deben estar amarrados con una soga de nylon hacia la canastilla del telehandler (plataforma elevadora) considerando una longitud adecuada para su manipuleo; el personal considerado en la canastilla es el shotcretero, ayudante shotcretero y en coordinación con el operador del telehandler, y operador de la máquina shotcretera para indicar el movimiento, apertura y cierre de estas de acuerdo al requerimiento. Asimismo, para fines prácticos se utilizará un robot shotcretero para mejorar la eficiencia y reducir el tiempo de lanzado.

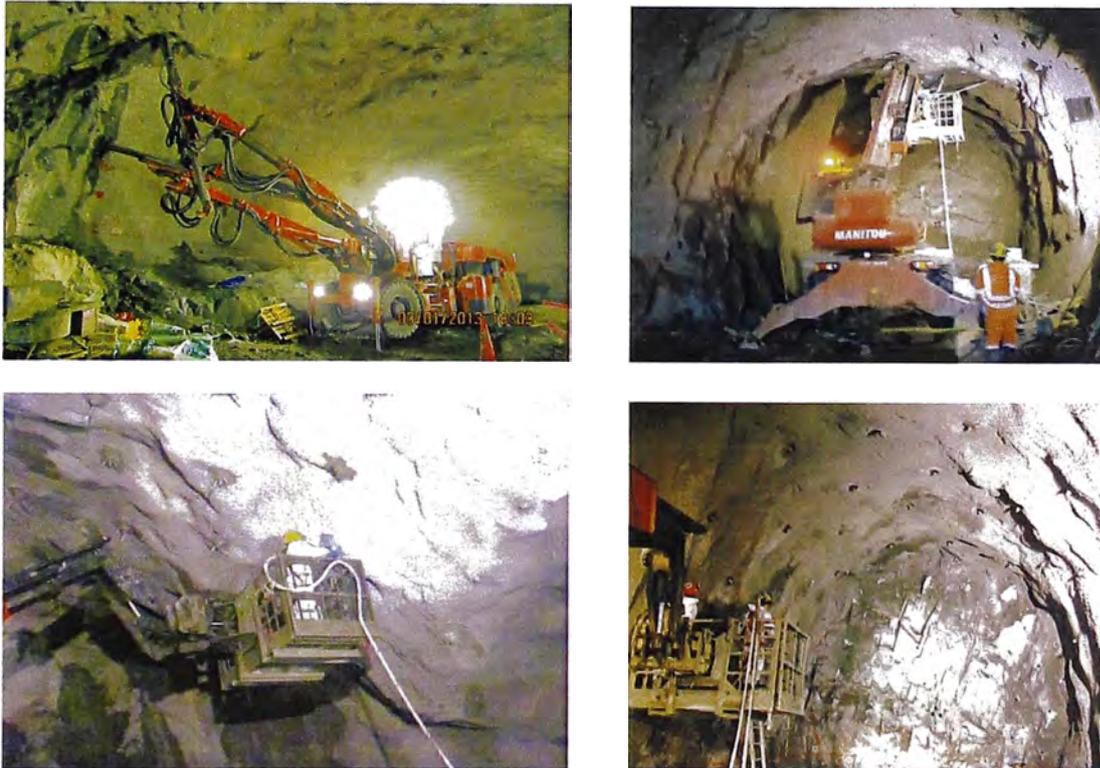


**Figura N°5.30.- Imágenes del Túnel de Conducción-Shotcrete**

## 3) Sostenimiento – Pernos de Anclaje en Túnel de Conducción

Una vez realizado el sostenimiento con shotcrete inicial o preventivo de 30mm de espesor en el perfil del talud exterior, el topógrafo determinara lo puntos de ubicación mediante coordenadas y con pintura de color visible; así mismo la inclinación y la longitud, para la perforación de los taladros para los pernos de anclaje. El sostenimiento en si consiste en la perforación, colocación, inyección de pernos de anclaje, esto se realiza con Jumbos o perforadora neumática jack-leg con un diámetro de perforación de 51 mm, la cantidad de pernos es según lo indique los planos y conforme el tipo de roca encontrado; seguidamente la inyección será con la máquinas inyectora de mortero o bomba lechadora; siendo

la lechada una mezcla de cemento y agua con una incorporación de aditivos, utilizando una manguera de jebe de 1" de diámetro. Finalmente, se introduce el perno en forma manual dejando una longitud exterior de acuerdo al diseño, luego se colocará una platina y tuerca.



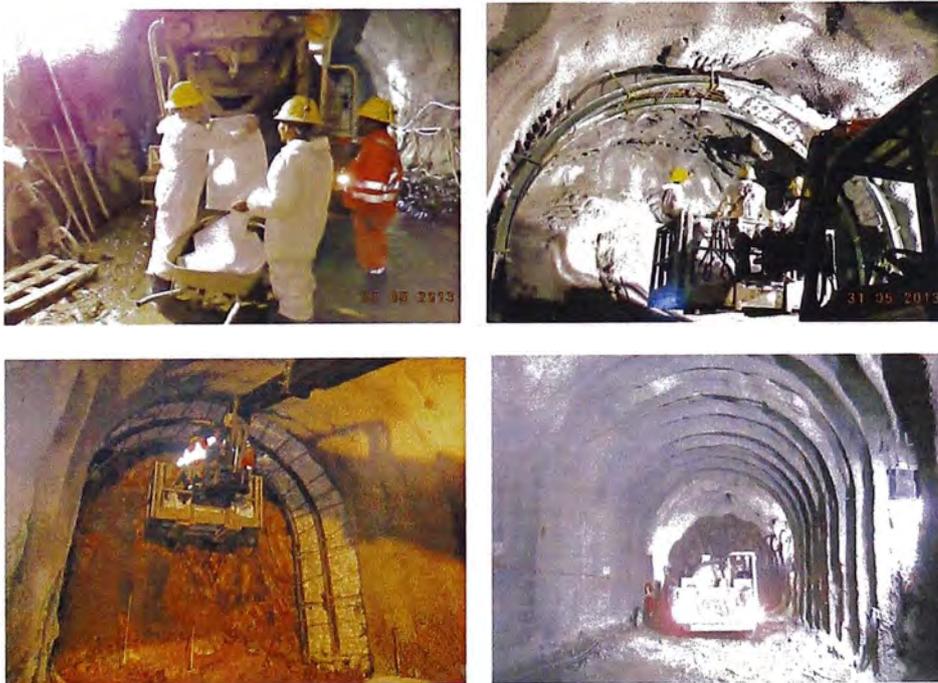
**Figura N°5.31.- Imágenes del Túnel de Conducción-Pernos**

#### 4) Sostenimiento – Cimbras en Túnel de Conducción

En principio las cimbra (perfil metálico) serán colocadas en zonas de roca de mala calidad, clasificadas como IVb (ver cuadro N°5.24), entonces se prevé que el material de cimentación será malo, y por lo tanto pre-dispuesto a la erosión por las aguas subterráneas o condiciones atmosféricas subterráneas. En este contexto, es recomendable profundizar los hastiales de las cimbras, aproximadamente 20cm por debajo del nivel de gradiente, se instalaran los pies derechos de la cimbra con sus distanciadores, se usará la canastilla del telehandler para colocar los arcos de las cimbras además se ajustarán las tuercas en forma alternada, para lograr que ambas platinas tengan un contacto uniforme, se entibara con bolsacretos primero en los hastiales hasta una altura conveniente; luego se continua con la parte alta de la bóveda con el apoyo del telehandler. Finalmente, culminada la instalación se procederá a aplicar el shotcrete definitivo.

**Cuadro N°5.24.- Tipos de Roca vs. Sostenimiento**

TIPO	DENOMINACIÓN	CARACTERÍSTICAS	SOSTENIMIENTO
I	Bastante buena	Roca masiva con baja frecuencia de juntas, $J_v < 5$ ; juntas cerradas, escasamente alteradas e insignificante lajamiento tensional. Por otra parte, $Q > 10$ y $RMR > 65$ .	Ninguno o colocación de pernos de manera esporádica.
II	Buena	Baja a moderada frecuencia de juntas, $5 < J_v < 10$ . Roca competente con escasa o ninguna alteración y algunas juntas con pátina. Lajamiento tensional de baja a moderada intensidad. Por otra parte $2 < Q < 10$ y $48 < RMR < 65$ .	Pernos aislados en secciones pequeñas. En secciones grandes, pernos sistemáticos o colocación de pernos aislados con concreto lanzado reforzado con fibras.
III	Regular	Moderada a elevada frecuencia de juntas, $10 < j_v < 20$ . Rocas de moderada a alta dureza, generalmente juntas con pátina de algunas microfallas arcillosas o zonas de debilidad. La masa rocosa podría estar ligeramente intemperizada. También aplicable a las clases I y II con lajamiento tensional de moderada a elevada intensidad y a rocas de resistencia baja a media sujetas a esfuerzos moderados a bajos causantes de deformación plástica. Por otra parte $0,1 < Q < 2$ Y $30 < RMR < 48$ .	Pernos sistemáticos y por lo menos una capa de concreto lanzado reforzado con fibras en la corona y paredes de pequeñas secciones. La cantidad y longitud de los pernos dependerá de la sección transversal de la excavación.
IV	Pobre	Alta frecuencia de juntas $J_v > 20$ . Horizontes de arcilla (zonas de falla, arcillas expansivas) en rocas de moderada dureza. También se aplica a rocas duras moderadamente intemperizadas; a masas rocosas de clases I y II con lajamiento tensional de elevada a bastante elevada intensidad; y a rocas de resistencia media a baja sujetas a expansión y/o elevados esfuerzos causantes de deformación plástica. Por otra parte $Q < 0,1$ y $RMR < 30$ .	Pernos sistemáticos y por lo menos dos capas de concreto reforzado con fibras, en la corona y paredes de pequeñas secciones de excavación. Ocasionalmente (10 a 20%) cerchas y marchaventes y concreto lanzado o revestimiento de concreto. La cantidad y longitud de los pernos y el espesor del concreto lanzado dependerá de la amplitud de la sección de excavación.

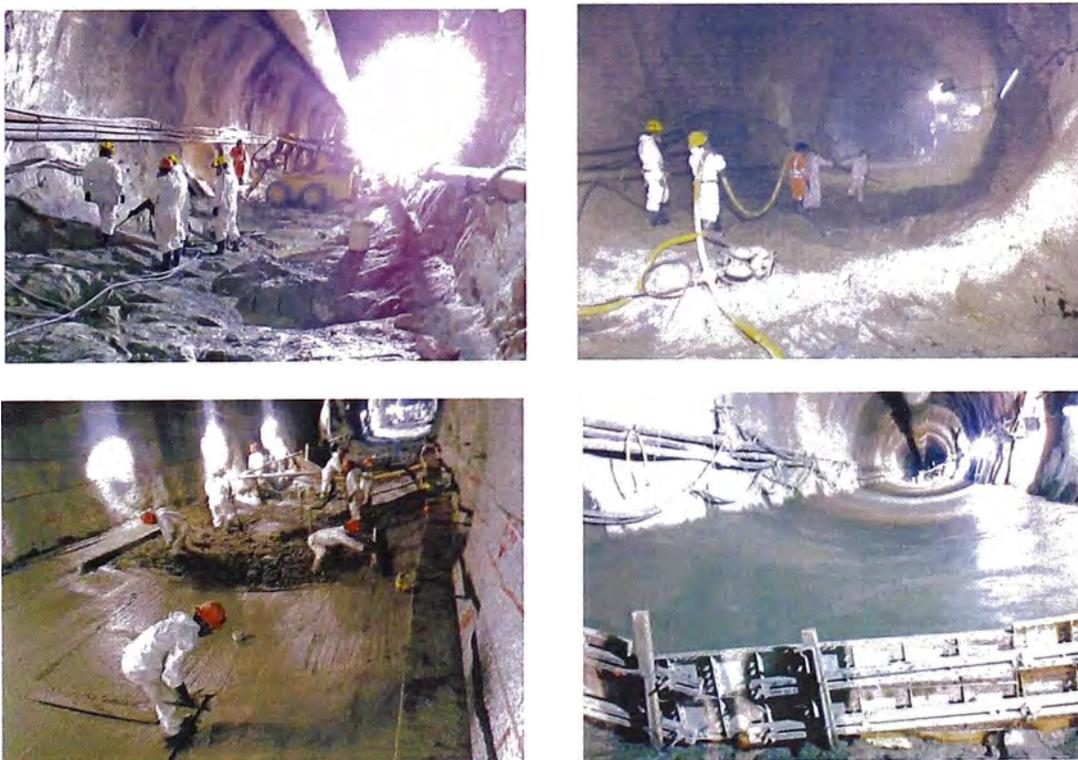


**Figura N°5.32.- Imágenes del Túnel de Conducción-Cimbras**

5) Solera de Concreto en Túnel de Conducción

Se realizarán trabajos de control topográfico a fin de garantizar los niveles de losa, se colocan varillas de fierro corrugado como guía para la nivelación de la solera, que deben ser retirados durante los trabajos de acabado del vaciado, a fin de evitar huecos en la losa. Se debe preparar la superficie de fundación, se realiza con ayuda de 2 martillos rompe-pavimento (patilladoras), taladro roto-maritillo (tipo Hilti); la extracción del material será removido con palas, el material sobrante será eliminado con ayuda del scooptram (opcionalmente podría usarse

retroexcavadora o minicargador). Una vez culminado la preparación del terreno se procedera a utilizar un encofrado de madera que serán colocado de manera transversal a la solera y en dicho encofrado sera colcado una junta de construcción, sobre la cara del encofrado se generará una “clavija o llave” de madera según plano. Luego la perparación del concreto será en planta de concreto, e transporte del material con mixer, la colocación de la mezcla será manual o del mixer a una bomba de concreto, está se trasladará mediante tuberías metálicas y al final se colocara una manguera flexible para agilizar el proceso de vaciado. El vibrado del concreto será realizado con una vibradora eléctrica o gasolinera, y será aplicará manualmente; asimismo, la superficie sera nivelada con ayuda de regla de madera. Finalmente, el acabado de la superficie del concreto será tipo frotachado rugoso, el proceso de curado será con agua o una membrana.

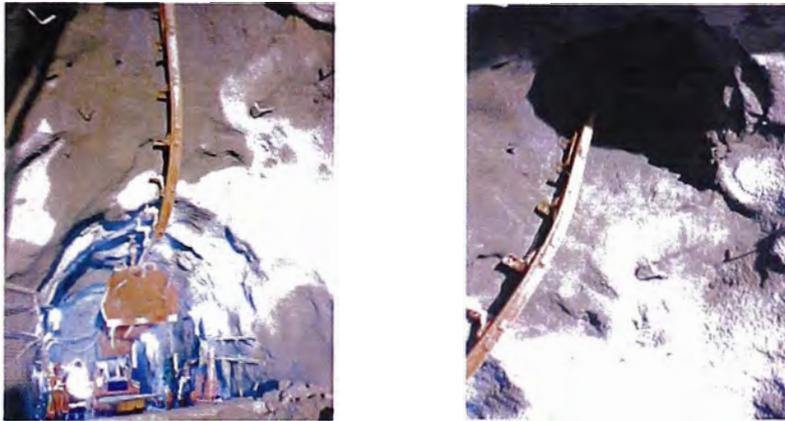


**Figura N°5.33.- Imágenes del Túnel de Conducción-Solera de concreto**

#### 6) Excavación Piloto en Pique Vertical y Chimenea de Equilibrio

El topógrafo realizará la determinación de la sección 2.10 m de diámetro, para perforación vertical, antes de iniciar con la perforación de frente, se deberá realizar un desatado de rocas sueltas del disparo anterior, luego se procede con el marcado de la malla de perforación tanto en el frente

como en los hastiales, esto será con ayuda de perforadoras stoper con barrenos conectados 2, 4,6 y 8 pies, y brocas de 36, 38 y 40 mm, seguidamente en la cámara del alimak (equipo de izaje) se preparan los explosivos para la voladura, luego se procede con el carguío de explosivos, después se realiza el “amarre” o conexión con los exaneles con el pentacord, y este al fulminante eléctrico, donde los cables terminales del fulminante se unen con el cable de disparo que viene por el ducto del carril. Finalmente, se procede al descenso del equipo alimak por gravedad; el chispeo o detonación se realiza en un lugar seguro y alejado de la cámara, luego de la voladura, el material excedente será enviado al botadero con ayuda de un scooptram y volquetes.



**Figura N°5.34.- Imágenes del Pique-Excavación de Piloto**

#### 7) Excavación Ensanche en Pique Vertical y Chimenea de Equilibrio

El proceso es similar a la excavación del piloto, sin embargo, se presentan las siguientes condiciones adicionales:

El trazo de las secciones serán de 5.10m y 8.00 m de diametro para el ensanche del pique y chimenea respectivamente.

Se trasladara el explosivo, pertacord y exaneles antes de inciar las perforaciones.

Las perforaciones se harán con taladros verticales a la sección.

Previo a la limpieza de escombros el personal debe estar anclado a los cancamos de fijación utilizados para la perforación, a los que deben instalarse los bloques retráctiles.



**Figura N°5.35.- Imágenes del Pique-Excavación de ensanche**

8) Sostenimiento con Shotcrete en Pique Vertical y Chimenea de Equilibrio

La colocación de shotcrete se efectuará cada 3 ciclos de trabajo, luego del desate de las rocas sueltas , se procede al lavado de los hastiales, se lleva la aliva (equipo de inyección) y se colocará sobre el alimak en la parte superior, la aplicación del shotcrete se hará con un espesor de 30 mm, una vez culminado la colocación de shotcrete de inmediato se perforará el siguiente tramo.

9) Concreto en Tubería Forzada en Pique Vertical

Para el proceso de colocación de concreto se debe tener las precisiones siguientes:

Si el área de trabajo no cumple con los límites de excavación, se desquinchará manual con un taladro roto-martillo.

Se debe colocar una capa de concreto de nivelación hasta llegar a la cota de fundación de la tubería de blindaje, obteniéndose la superficie plana para la instalación del alzaprimado (anillo de concreto base, para el encofrado deslizante).

Se procede con la colocación de los aceros de refuerzo con la cantidad, diámetro, espaciamiento entre barras y traslapes, de acuerdo a lo indicado en los planos de construcción.

Se construya un anillo inferior que se usará como soporte, zapatas y guía de encofrado deslizante, se colocarán 12 cáncamos equidistantes a 1.5m de 25mm, colocará la primera capa a 0.6 m del borde inferior y la segunda capa ubicada a 1.8 m del borde

inferior; luego se colocará el acero, instalación de encofrado, vaciado de concreto y finalmente vaciado.

Se construirá las siguientes capas de concreto con ayuda del anillo de encofrado deslizante, se colocó un encofrado circular deslizante de 4.5 m. Esta compuesto por gatas hidráulicas (capacidad de 3 ton c/u) unidas mediante mangueras de presión, contara con sistema de isaje "winche" para el transporte de personal y acero estructural el mismo que será almacenado en una plataforma superior. Para le transporte del concreto se instalará un winche de 3 ton (balde de concreto) que permitira elevar el concreto hasta el punto de llenado del pique vetical, ubicado a 1m del eje del pique.



**Figura N°5.36.- Imágenes del Pique-Colocación de concreto**

## **5.2) Aplicación del programa – LookAhead Planning:**

Se ha considerado como referenica la semana 34-13 para obtener los datos siguientes: LookAhead, PPC, Plan semanl y Analisis de Restricciones tanto para las obras subterranas y civiles.

### **a) Obras Subterráneas:**

Es muy importante definifr un tren de actividades de 3 a 6 semanas siguientes a la actual, con ello nos permite estar preparados para cubrir las necesidades tales como: mano de obra, materiales, equipos,etc; se requiere para realizar las actividades programadas sin ningún tipo de dificultad. Asimismo, nos advierte sobre temas que pudieran entrapar a inicio de las actividades programadas llamese: permisos, pases de servidumbre, ingeniería de detalle, ingeniería de valor, contingencias por geología, interferencias de actividades, etc.

Para ello se ha elaborado un tren de actividades tanto para la construcción del túnel horizontal (túnel conducción) y para la construcción de túnel vertical (pique y chimenea). Por consiguiente, para el túnel de conducción se programo excavación de frente aguas abajo y limpieza-perfilado de piso aguas arriba, cuanto al pique vertical se esta ejecutando la excavación de ensanche y sostenimiento del perimetro.

**Cuadro N°5.25.- Aplicación del LookAhead y PPC - OS**

Item	Descripción de la Actividad	Und	Metros Total	Metros Semana	SEMANA 24							SEMANA 25							SEMANA 26						
					L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D			
<b>CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE SANTA TERESA</b>																									
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1.300ml aguas por este frente)</b>																									
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ABAJO</b>																									
	Limpieza de piso tramo 1+000-0+660 (120 m)																								
	Excavación	m		120.00	x	x	x	x	x	x															
	Perfilado	m		120.00	x	x	x	x	x	x															
	Limpieza de piso tramo 0+760-0+840 (120 m)																								
	Excavación	m		120.00							x	x	x	x	x	x									
	Perfilado	m		120.00							x	x	x	x	x	x									
	Limpieza de piso tramo 0+760-0+840 (120 m)																								
	Excavación	m		120.00													x	x	x	x					
	Perfilado	m		120.00													x	x	x	x					
	Limpieza de piso tramo 0+840-0+920 (120 m)																								
	Excavación	m		120.00													x	x	x	x					
	Perfilado	m		120.00													x	x	x	x					
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1.300ml aguas por este frente)</b>																									
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ARRIBA</b>																									
	Tramo 1+710-1+870 (160 m)																								
	Excavación y perfilado	m		160.00	x	x	x	x	x	x															
	Limpieza de piso	m		160.00	x	x	x	x	x	x															
	Tramo 2+030-2+190 (160 m)																								
	Excavación y perfilado	m		160.00							x	x	x	x	x	x									
	Limpieza de piso	m		160.00							x	x	x	x	x	x									
	Tramo 2+130-2+290 (160 m)																								
	Excavación y perfilado	m		160.00													x	x	x	x					
	Limpieza de piso	m		160.00													x	x	x	x					
	Tramo 2+420-2+448 (28 m)																								
	Excavación en roca V	m <sup>3</sup>		180.10	x	x	x	x	x	x															
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		8.09	x	x	x	x	x	x															
	Cimbras metálicas	und		10.00	x	x	x	x	x	x															
	Tramo 2+487-2+472 (15 m)																								
	Excavación en roca V	m <sup>3</sup>		180.10							x	x	x	x	x	x									
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		8.09							x	x	x	x	x	x									
	Cimbras metálicas	und		10.00							x	x	x	x	x	x									
	Tramo 2+472-2+477 (5 m)																								
	Excavación en roca V	m <sup>3</sup>		180.10													x	x	x	x					
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		8.09													x	x	x	x					
	Cimbras metálicas	und		10.00													x	x	x	x					
	Tramo 2+477-2+493 (16 m)																								
	Excavación en roca V	m <sup>3</sup>		180.10													x	x	x	x					
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		8.09													x	x	x	x					
	Cimbras metálicas	und		10.00													x	x	x	x					

046	Descripción de la Actividad	Und	Metros Total	Metros Semana	SEMANA 27												ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO			
					L	M	J	V	S	D	L	M	J	V	S	D	SI	NO		
<b>CENTRAL HIDROELÉCTRICA DE SANTA TERESA</b>																				
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1.300ml aguas por este frente)</b>																				
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ABAJO</b>																				
	Limpieza de piso tramo 1+000-0+660 (120 m)																			
	Excavación	m		120.00	x	x	x	x	x	x										
	Perfilado	m		120.00	x	x	x	x	x	x										
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1.300ml aguas por este frente)</b>																				
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ARRIBA</b>																				
	Tramo 1+710-1+870 (160 m)																			
	Excavación y perfilado	m		160.00	x	x	x	x	x	x										
	Limpieza de piso	m		160.00	x	x	x	x	x	x										
	Tramo 2+030-2+190 (160 m)																			
	Excavación y perfilado	m		160.00							x	x	x	x	x	x				
	Limpieza de piso	m		160.00							x	x	x	x	x	x				
	Tramo 2+130-2+290 (160 m)																			
	Excavación y perfilado	m		160.00													x	x	x	x
	Limpieza de piso	m		160.00													x	x	x	x
	Tramo 2+420-2+448 (28 m)																			
	Excavación en roca II	m <sup>3</sup>		219.12	x	x	x	x	x	x										
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		12.00	x	x	x	x	x	x										
	Cimbras metálicas	und		28.00	x	x	x	x	x	x										
	Tramo 2+487-2+472 (15 m)																			
	Excavación en roca II	m <sup>3</sup>		111.38	x	x	x	x	x	x										
	Shotcrete, f.c= 25 Mpa con fibra metálica (25 kalm)	m <sup>3</sup>		41.99	x	x	x	x	x	x										
	Cimbras metálicas de 25 cm x 3.3 m	und		59.00	x	x	x	x	x	x										
<b>OTRAS SUB ESTACIONES EN VERTICAL</b>																				
<b>PIQUE VERTICAL (ENSANCHE)</b>																				
	Tramo 1+020-1+024 (4 m)																			
	Excavación en roca	m <sup>3</sup>		67.90	x	x	x	x	x	x										
	Malla Electrosoldada 100x100+1	m <sup>2</sup>		10.00	x	x	x	x	x	x										
	Pavos Suelos de 1.5 m	und		3.00	x	x	x	x	x	x										



(Fuente: Evaluación propia)

Con el LookAhead presentado ya se cuenta con las actividades a realizar para las 4 semanas, en primer lugar se debe analizar el PPC para



Luego analizando detalladamente el Plan Semanal y el LookAhead se encontró las fuentes de incumplimiento siguiente:

- Ingeniería de detalle - Tapón en Nichos.
- Ingeniería de detalle - Encofrado deslizante en revestimiento.
- Equipos inoperativo (Bomba de concreto).
- Interferencia con trabajos de Subcontratistas.
- Interferencia con obras subterráneas.
- Incorporación de un mixer de concreto para soleras en túnel.

**Análisis de Restricciones:**

El motivo principal de aplicar la filosofía de Lean Construction es el análisis de restricciones, dado que esta herramienta nos permite identificar las áreas o sus responsables de levantamiento, fechas requeridas, status, etc; para las diferentes restricciones encontradas en el lookAhead y además se puede analizar un horizonte de tiempo de varios meses posteriores ya que algunos temas llamese (materiales, equipos, sub-contratos, etc) requieran de un proceso de procura, con la debida premura y anticipación a las actividades que se van a programar mas adelante. Para lo cual, se presenta el cuadro donde podemos notar los detalles, fechas, responsables, etc; respecto a las restricciones detalladas a continuación:

**Cuadro N°5.27.- Aplicación del Análisis Restricciones**

NOMBRE DE PROYECTO								
CENTRAL HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA								
SEMI	Responsable	Descripción de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida por el cliente	Fecha Programada (AS)	Estado	Impedimento de las Áreas de Soporte para levantar la restricción	
N° TOTAL DE RESTRICCIONES						6		
% DE RESTRICCIONES POR SEMANA						0%		
<b>OFICINA</b>								
09	PR	Pique Vertical	Acero Dimensionado	20-ago-12	Gerson Pinedo	12-abr-13	EN PROCESO	En revisión por parte de AASA, se solicita desplomo con verticales menores a 9m por temas de transporte y facilidad de instalación.
00	PR	Pique Vertical	Encofrado ULMA	20-ago-12	Gerson Pinedo	12-abr-13	EN PROCESO	Ya se decidió por el Sistema Autoapante, se envió la aceptación a ULMA, materiales se espera serán entregados para la quincena de Octubre
<b>LOGISTICA</b>								
30	PR	Túnel de Conducción	Llegada de Micropilotes		Juan Durub	12-jul-13	EN PROCESO	Se emitió estatus de materiales.
<b>EQUIPOS</b>								
30	PR	Todos los equipos	Inventario de repuestos de equipos	15-jul-13	Jhon Valencia	15-jul-13	EN PROCESO	Se está realizando la revisión del inventario.
30	PR	Coaster inoperativa	Retorno de coaster inoperativa, problemas con traslado de personal	02-jul-13	Jhon Valencia	04-jul-13	EN PROCESO	El proveedor instalara otra unidad electrónica (ECU).
<b>CALIDAD</b>								
30	PR	Túnel de Conducción	Aprobación del diseño de mezclas con la arena de haberate y arena de aplicación	20-jul-13	Osberto Mto	25-jul-13	EN PROCESO	A espera de respuesta por MMH.
<b>PRODUCCION</b>								
<b>FRY MA</b>								
<b>ADMINISTRACI</b>								
10	PR	Permiso uso de explosivos - BUCAMEC	Renovación de Permiso de uso de Explosivos (la regla general es cada 48 días)	10-mar-12	Fabrizio Muraya	25-jul-13	EN PROCESO	Se emitió la nueva RD el 05.08.13. Esta vigente hasta el 10.11.13, sin embargo se volverá a presentar expediente. En trámite
<b>INGENIERIA</b>								
40	PR	Obras civiles Túnel de Conducción	Plana para construcción de muros ó anillos de concreto armado	04-jul-13	Marino Nicol	25-jul-13	POR INICIAR	MMH debe de entregar la información.
40	PR	Túnel de Conducción	Diseño de encofrado para túnel de Conducción	04-jul-13	Marino Nicol	25-jul-13	POR INICIAR	
40	PR	Pique Vertical	Determinación del tapón a utilizar en el Pique vertical	04-jul-13	Marino Nicol	25-jul-13	POR INICIAR	
40	PR	Túnel de Conducción	Diseño de muro en nichos del túnel de conducción	05-ago-13	Marino Nicol	26-jul-13	EN PROCESO	MMH debe de entregar la información.
<b>GERENCIA</b>								

(Fuente: Evaluación propia)

**Informe de Productividad**

**IP-MO:**

Tal como se puede apreciar en el cuadro adjunto la herramienta IP-MO nos permite controlar la productividad, optimizar la mano de obra, procesos constructivos, disminución de esperas, actividades que agregan valor, optimización de costos y aumento del margen de ganancia de la obra, además se aplica el mejoramiento continuo de los ratios de productividad y rendimiento con ayuda de innovaciones tecnológicas. Por lo cual, se tomara 3 partidas de control como ejemplo: perforación de pernos, colocación de cimbras y colocación de concreto en soleras para le túnel de conducción y la excavación de ensanche para el pique; para analizar el efecto del uso de esta herramienta en el costo se analizará el margen de los ratios de HH del presupuesto, ratios meta y reales.

**Cuadro N°5.28.- Aplicación del IP-MO**

REPORTE DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD (IP DE MO)																		
Ojo 1755 Central Hidroeléctrica Santa Teresa																		
Ma 24																		
Ojo 190813 @ 2500R13																		
Ojo OBRA TOTAL																		
Ojo OBRA																		
ID PARTIDAS DE CONTROL	UNID	INFLU YE (\$)	AVANCE			HORAS HOMBRE			PRODUCTIVIDAD (RATIO)					ACUM SEMANA ACTUAL			SEMANA ACTUAL	
			TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL	TOTAL PREVISTO A CONSUMO	ACUMULADO PREVISTO	ACUMULADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALDO	META	ACUMULADO REAL	ULTIMA SEMANA	META PARA EL SALDO	PROYECTADO PARA EL SALDO	HH GANADAS Y PERDIDAS	HH GAN Y PERD		
02	MEDIO AMBIENTE	m3	\$ 733,000.00	694,233.46	94.75%	95,054.22	45,077.41	28,146.00	3,778.81	0.00	0.04	0.45	0.00	0.00	20,721.41	0.00	20,721.41	-201.70
05	SHOTCRETE	m3	\$ 6,412.02	6,093.86	94.98%	45,880.36	47,374.27	78,028.00	4,832.30	7.79	12.90	29.56	7.79	16.00	-20,750.72	-2,326.21	-1,076.94	-138.33
06	PERNOS DE ANCLAJE	und	\$ 23,200.00	22,504.00	97.02%	54,351.05	57,432.81	43,198.00	1,498.24	2.55	2.18	2.11	2.11	2.11	8,374.81	0.00	8,374.81	-7.52
08	CIMBRAS METALICAS	ton	\$ 121.50	91.69	75.52%	24,046.13	18,278.67	10,332.50	5,922.45	199.3420	14,527.77	87,666.7	199.3420	199.3420	5,342.17	0.00	5,342.17	136.03
01	EXCAVACION DE	m3	\$ 24,404.08	3,031.10	12.38%	84,418.04	14,021.01	17,621.00	23,857.00	7.45	8.96	9.74	9.10	7.4000	12,360.00	0.00	12,360.00	-2,064.00
22	ACERVO DE RESERVO	Sq	\$ 1,017.95	728.77	71.68%	11,588.52	6,399.71	22,041.00	44,584.82	20.90	79.17	77.36	53.0000	80.0000	1,017.95	359.32	758.63	1,017.95
24	ENSERADO	m3	\$ 10,652.05	4,233.67	39.75%	41,959.20	2,959.97	23,811.00	80,468.50	2.36	7.77	6.77	2.987	2.4950	1,017.95	1,017.95	0.00	0.00
01	PREPARACION DE	m3	\$ 26,405.82	8,075.58	30.58%	27,448.05	8,294.56	13,450.00	27,498.37	1.04	1.67	1.13	1.0395	1.0000	-5,055.41	-8,441.08	-13,496.52	-54.10
10	MITO CAMPAMENTOS	Se	\$ 90.00	34.00	37.78%	20,000.00	13,000.00	13,310.00	6,400.00	400.00	334.56	457.00	400.0000	400.0000	297.00	0.00	297.00	-57.00
			1,649,318.64	1,087,442.52	65.99%	1,685,532.04	348,574.82								101,658.46	-25,709.79	78,948.79	-5,055.43
<b>TOTAL</b>																		

(Fuente: Evaluación propia)

Para los pernos de anclajes se obtuvieron los valores siguientes: Ratio Ppto=2.765 HH, Ratio Meta= 2.55 HH, Ratio Real= 2.18 HH. En conclusión, se ha obtenido un margen positivo para la obra se evidencia una ganancia respecto de lo esperado como meta y con lo valorizado respecto al presupuesto, si se tiene 8,374.81 HH ganas con una tarifa de S/. 24.00 en promedio finalmente se obtiene una ganancia de S/. 200, 9995.44 solo por esta de partida de control.

**IP-EQ:**

Para el IP-EQ se sigue el mismo proceso que el IP-MO a excepción de que aquí se controla el consumo de HM de los equipos y que esta cuantificado por la cantida de US\$ consumidas por cada familia de equipos. Usando los pernos de anclaje se tomaron los datos siguientes: Ratio Ppto=16.52 US\$/Und, Ratio

Meta= 14.06 US\$/Und, Ratio Real= 11.97 US\$/Und. Finalmente, hasta se cuenta con un ganancia de US\$ 46,829.98 para dicha partida de control.

**Cuadro N°5.29.- Aplicación del IP-EQ**

REPORTE DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD (IP DE EQ)																
Proyecto: Control Hidroeléctrico Santa Teresa																
Fecha: 19/05/19 @ 08:00:00																
Frec: 0000000000																
Frec: 0000																
CÓDIGO	PARTIDAS DE CONTROL	UNID	INFLUJO EQUIP	AVANCE			MONTO DE EQUIPOS (US\$)			RATIOS (US\$/UND)						
				TOTAL REAL A EJECUTAR	ACUMULADO REAL	% ACUMULADO REAL	TOTAL PREVISIÓN A CONSUMIR	ACUMULADO PREVISIÓN	PROYECTADO PARA EL MES	MEIA	ACUMULADO PREVISIÓN	ULTIMO SEMANA	MEIA PARA EL TALLER	PROYECTADO PARA EL SEMANA		
0002	MEDIO AMBIENTE	m3	8	200,000.00	67,644.10	33.82%	300,000.00	300,000.00	100,000.00	0.79	0.81	0.00	-	224,000.00	0.00	224,000.00
0005	SHOTCRETE	m3	1	6,042.35	6,042.35	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0006	PERNOS DE ANCLAJE	und	8	88,813.00	88,813.00	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0008	CHIMENAS METALICAS	ton	4	152.00	152.00	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0009	ACORDONAMIENTO	m2	8	14,214.00	14,214.00	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0012	ACORDONAMIENTO	m2	8	1,234.43	1,234.43	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0014	ENCUADRADO	m2	8	16,648.40	16,648.40	100.00%	300,000.00	300,000.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0018	PREPARACION DE CONCRETO	m3	8	30,000.00	6,167.50	20.56%	280,000.00	280,000.00	40,000.00	1.38	1.38	2.60	1.50	1.50	0.00	22,700.00

0.000,079.24	0.224,500.00	7,210,010.00	1,050,000.00
PREVISIÓN	PROYECTADO		
TOTAL US\$	0.000,079.24	0.224,500.00	0.770,260.00
ACUMULADO	REMANENTE		
% AVANCE	03.3%	0.4%	

Código frente	Nombre de frente	Código partida	Nombre de partida de control	Unid	HH Acumulados	Ratio Ppto (P/HH)	Ratio Meta (P/HH)	Ratio Real (P/HH)	HH Previstas semana	HH Reales ganadas
30	FRENTE 2 TÚNEL CONDUCCIÓN ENTRADA	0102	EXCAVACIÓN SUBTERRANEA	m3	74,413.34	2.9200	2.7249	1.9200	83,502.65	74,413.34
30	FRENTE 2 TÚNEL CONDUCCIÓN ENTRADA	0105	SHOTCRETE	m3	1,698.17	0.0800	7.7732	10.0000	-4,344.30	-3,778.34
30	FRENTE 2 TÚNEL CONDUCCIÓN ENTRADA	0106	PERNOS DE ANCLAJE	und	5,431.00	2.1900	2.1034	1.5900	4,303.22	4,773.28
30	FRENTE 2 TÚNEL CONDUCCIÓN ENTRADA	0107	MALLA ELECTROREJADA	m2	738.30	0.3600	0.3432	0.2816	49.21	62.63
30	FRENTE 2 TÚNEL CONDUCCIÓN ENTRADA	0108	CHIMENAS METALICAS	ton	60.99	207.0090	199.3420	222.2400	-1,398.55	-928.94
									58,520.43	74,555.38

Costo Aprox. Ganado = P.U.(HH aprox.)x(HH ganadas Totales)  
Total (\$/.)= 1.789,343.40

(Fuente: Evaluación propia)

**Optimización de Costo – MARGEN:**

Aplicando la filosofía de Lean Construction se consiguió los márgenes de ganancias conforme a los cuadros siguientes:

**Cuadro N°5.30.- Obtención del Margen**

	ACUM ANTER.	PRESENTE MES	PROVISIONES	TOTAL MES	ACUMULADO
<b>VALORIZACION</b>					
VENTA	143,332,008.29	7,829,526.66	-	7,829,526.66	151,161,534.95
PROVISIONES	22,819,511.91	-22,819,511.91	12,840,516.92	-9,978,994.99	12,840,516.92
PROVISIONES ADICIONALES			9,269,842.34	9,269,842.34	9,269,842.34
TOTAL VENTA	166,151,520.20	-14,989,985.25	22,110,359.26	7,120,374.01	173,271,894.21
<b>COSTOS</b>					
Mano de Obra	-22,031,410.63	-1,461,494.42	-277,888.41	-1,739,382.83	-23,770,793.46
Materiales	-38,229,197.69	-1,634,603.67	338,502.59	-1,296,101.08	-39,525,298.77
Equipos	-31,857,190.51	8,481,875.77	-8,131,444.65	350,431.12	-31,506,759.39
Subcontratos	-22,654,084.80	3,129,393.42	-5,630,308.94	-2,500,915.52	-25,155,000.32
Gastos Generales	-27,836,318.59	1,315,222.83	-2,678,717.73	-1,363,494.90	-29,199,813.49
SUB TOTAL COSTOS	-142,608,202.22	9,830,393.93	-16,379,857.14	-6,549,463.21	-149,157,665.43
UTILIDAD DIRECTA	23,543,317.98	-5,159,591.32	5,730,502.12	570,910.80	24,114,228.78
MARGEN DIRECTO	14.17%	34.42%	25.92%	8.02%	13.92%
SUBTOTAL GF + OTROS ING/EGRE	2,958,985.45	129,958.97	-782,371.48	-652,412.51	2,306,572.94
COSTO TOTAL	-139,649,216.77	9,960,352.90	-17,162,228.62	-7,201,875.72	-146,851,092.49
UTILIDAD BRUTO	26,502,303.43	-5,029,632.35	4,948,130.64	-81,501.71	26,420,801.72
MARGEN BRUTO	15.95%	33.55%	22.38%	-1.14%	15.25%

(Fuente: Evaluación propia)

## CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 CONCLUSIONES:

- En el presente informe se pudo comprobar el que la utilización de la programación producto de la teoría de la cadenicidad de la producción, cumple con la función buscada en cuanto a distribución de frentes, en niveles y partidas de control fáciles de identificar, programar y controlar.
- La aplicación de la filosofía Lean Construction desempeña un rol importante en el transcurso del presente informe, conforme a las partidas de control de la EDT se obtuvieron buenos resultado con el muestreo del IP-MO con relación a los ratios presupuestales, metas y reales se ganó 74, 555.98 HH; significando un aproximado de S/. 1'789,343.40 de ahorro para la construcción.
- La programación en cadena resultó muy útil dado que mitigo los tiempos tecnológico de manera eficiente y además se llevó un control particular para cada partida de control, buscando la mejor opción de mejora continua.
- También cuando utilizamos la estructura de control, nos permitió un mayor control y optimización del costo, con ello se pudo obtener un mejor ahorro de los costos y además un mejor margen acumulado.

### 6.2 RECOMENDACIONES:

- Las herramientas de programación deben analizarse y aplicarse a todos los adicionales de obra que aparezcan en el transcurso del proyecto.
- Se debe de hacer analizar los cambios de ingeniería, minimizar los procesos constructivos, optimizar los recursos de aquellas partidas que presentan perdidas llámese de HH o de HM. Tal y como las partidas de control "Shotcrete y Cimbras" encontramos en el presente Informe.
- Se debe actualizar el planeamiento así como la programación, en la central hidroeléctrica Santa Teresa se encontró que la ruta crítica del proyecto a cambio respecto al contractual, siendo la nueva ruta crítica es la construcción del concreto en el pique y chimenea.
- Todo reclamos respecto a adicionales, ampliación de plazo producto variaciones de ingeniería, factores naturales ajenos a la construcción.

## BIBLIOGRAFIA

- **GOLDRATT, Eliyahu M,** "La Cadena Critica". Editorial The North River Press, Primera edición, 1997.
- **GOLDRATT, Eliyahu M,** "La Meta, Ediciones Castillo", México, 2004.
- **MANUAL DE GESTIÓN DE PROYECTOS – GyM,** "Procedimiento de Sistemas de Gestión de Proyectos de Construcción- GyM", Perú, 2008.
- **OBERLENDER, Garold D,** "Project Management for Engineering and Construction", Editorial McGraw Hill, USA, 1993.
- **PMBOK,** "Guía de los fundamentos de la Dirección de Proyectos", Norma Nacional Americana ANSI/PMI 99-001-2004, Tercera Edición, 2004.
- **RIOS Segura, Juan,** "Supervisión de Obras de Concreto". ACI. Capítulo Peruano, Tercera Edición, ACI-Perú, 1995.
- **RODRIGUEZ Castillejo, Walter,** "Fundamentos de Programación, Reprogramación, Calidad total, Seguridad total de Obras Civiles", Lima-Perú, 2001.

# ANEXOS

## ANEXOS

ANEXO N°1

**ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO (EDT/ WBS)**

ANEXO N°2

**LOOKAHEAD (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)**

ANEXO N°3

**LOOKAHEAD (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)**

ANEXO N°4

**PLAN SEMANAL (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)**

ANEXO N°5

**ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)**

ANEXO N°6

**ANÁLISIS DE RESTRICCIONES**

ANEXO N°7

**INFORME DE PRODUCTIVIDAD – MANO DE OBRA**

ANEXO N°8

**INFORME DE PRODUCTIVIDAD – EQUIPOS**

ANEXO N°9

**CURVA “S” Y PRODUCTIVIDAD ACUMULADA**

ANEXO N°10

**PANEL FOTOGRÁFICO**

## ANEXO N°1

**ESTRUCTURA DE DESCOMPOSICIÓN DEL TRABAJO (EDT/ WBS)**

WBS	DESCRIPCIÓN	FRENTE	PC	CÓDIGO
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA DE SANTA TERESA</b>				
<b>OBRAS FINALES</b>				
<b>REMEDIACIÓN AMBIENTAL</b>				
10070012	Remediación Ambiental en Cantera	10	0012	10-0012
<b>CONSTRUCCIÓN</b>				
<b>FRENTE 1</b>				
<b>PARALIZACIÓN</b>				
20010101	Periodo de Paralización C.H.Machupicchu	20	0101	20-0101
<b>CÁMARA DE COMPUERTAS L= 10.90 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
20020102	Excavación niv 1694.70 a 1686.70 (tipo Túnel)	20	0102	20-0102
20020105	Shotcrete en bóveda y muros	20	0105	20-0105
20020102	Banqueo niv 1686.20 a 1680.20	20	0102	20-0102
<b>CONCRETO</b>				
20020131	Limpieza de piso	20	0131	20-0131
20020131	Piso de concreto	20	0131	20-0131
20020131	Concreto	20	0131	20-0131
<b>HIDROMECAÁNICA</b>				
20020180	Colocación de Compuertas	HM	0180	HM-0180
<b>CÁMARA DE CARGA L= 52.40 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
Excavación C.Carga, niv 1694.70 a 1684.70 (tipo				
20030102	Túnel)	20	0102	20-0102
20030105	Shotcrete en bóveda y muros	20	0105	20-0105
20030102	Banqueo en C.carga niv 1684.70 a 1680.20	20	0102	20-0102
20030105	Shotcrete en resto de muros	20	0105	20-0105
<b>CONCRETO</b>				
20030131	Limpieza de piso de Cámara de carga	20	0131	20-0131
20030131	Concreto en piso de Cámara de carga	20	0131	20-0131
<b>CANAL DE DEMASÍAS L= 52.40 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
20004102	Excavación Canal, niv 1684.70 a 1684.70 (tipo Túnel)	20	0102	20-0102
20004102	Banqueo en Canal niv 1684.70 a 1680.20	20	0102	20-0102
20004105	Shotcrete en bóveda	20	0105	20-0105
<b>CONCRETO</b>				
20004131	Concreto en piso de Canal	20	0131	20-0131
<b>TÚNEL DE DEMASÍAS L= 100 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
20005102	Excavación de Túnel, no inc tramo con Tapón	20	0102	20-0102
20005102	Excavación tramo del Tapón	20	0102	20-0102
<b>CONCRETO</b>				
20005131	Limpieza y piso de concreto	20	0131	20-0131
20005131	Concreto en hastiales H= 3.20	20	0131	20-0131
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
20006102	Excavación niv 1694.70 a 1686.70 (tipo Túnel)	20	0102	20-0102
20006105	Shotcrete en bóveda	20	0105	20-0105
20006102	Banqueo niv 1686.70 a 1680.20	20	0102	20-0102
<b>CONCRETO</b>				
20006131	Limpieza de piso	20	0131	20-0131

20006131	Concreto en piso inclinado	20	0131	20-0131
<b>TÚNEL DE CONEXIÓN ENLACE A CHMP</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
	Excavación bóveda (1694.70 a 1686.70), no inc tramo con Tapón	20	0102	20-0102
20007102	Excavación en banqueo niv 1686.70 a 1683.55	20	0102	20-0102
<b>CONCRETO</b>				
20007131	Limpieza y concreto de piso (no inc tramo Tapón)	20	0131	20-0131
20007131	Tapón en T.Enlace	20	0131	20-0131
<b>HIDROMECÁNICA</b>				
20007180	Barraje fijo Parte I, dejando pase	HM	0180	HM-0180
20007180	Barraje fijo Parta II, cerrando	HM	0180	HM-0180
<b>FRENTE 2</b>				
<b>VENTANA 1 L=539 m. (Hacia km 0+065 de TC)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUPERFICIAL</b>				
30010110	Excavación en superficie	30	0110	30-0110
30010111	Portal, sostenimiento e instalaciones	30	0111	30-0111
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
30010102	Excavación Subterránea km 0 al km 0+440	30	0102	30-0102
30010102	Excavación Subterránea km 0+440 a 0+539.17	30	0102	30-0102
<b>CONCRETO</b>				
30010131	Concreto en piso	30	0131	30-0131
<b>TÚNEL AUXILIAR 1 L= 41 m. (V1 a Cámara válvulas)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
30020102	Excavación Túnel auxiliar-1	30	0102	30-0102
<b>CONCRETO</b>				
30020131	Piso concreto	30	0131	30-0131
30020131	Tapón Túnel aux-1	30	0131	30-0131
<b>TÚNEL DE CONDUCCIÓN (F-2)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
30030102	Excav Túnel Conduccion km 0+065 a 0+000	30	0102	30-0102
30030102	Excav Túnel Conduccion km 0+065 a 0+130	30	0102	30-0102
30030102	Excav Túnel Conduccion km 0+130 a 1+563	30	0102	30-0102
<b>CONCRETO</b>				
30030131	Limpieza y piso de concreto 0+000 a 1+563	30	0131	30-0131
<b>MISCELANEOS</b>				
30030102	Desmontaje de instalaciones	30	0102	30-0102
<b>FRENTE 3</b>				
<b>VENTANA 2 L=502 m (hacia km 2+289.3 de TC)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUPERFICIAL</b>				
40010110	Excavación en superficie	40	0110	40-0110
40010111	Portal, sostenimiento e instalaciones	40	0111	40-0111
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
40010102	Excavación Subterránea	40	0102	40-0102
<b>CONCRETO</b>				
40010131	Concreto en Tapón de V2	40	0131	40-0131
40010135	Inyecciones de contacto	40	0135	40-0135
<b>TÚNEL DE CONDUCCIÓN (F-3)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
40020102	Excav Túnel Conduccion km 2+893 a 2+393 (hacia Entrada)	40	0102	40-0102
40020102	Excav Túnel Conduccion km 2+393 a 1+563 (hacia Entrada)	40	0102	40-0102
40020102	Excav Túnel Conduc km 2+893 a 3+321 (de V2 a Pique)	40	0102	40-0102
40020102	Excav T.Conducc km 3+321 a 3+583 (V2 a Pique)	40	0102	40-0102
<b>CONCRETO</b>				
40020131	Limpieza y piso concreto km 2+893 a 1+1563	40	0131	40-0131

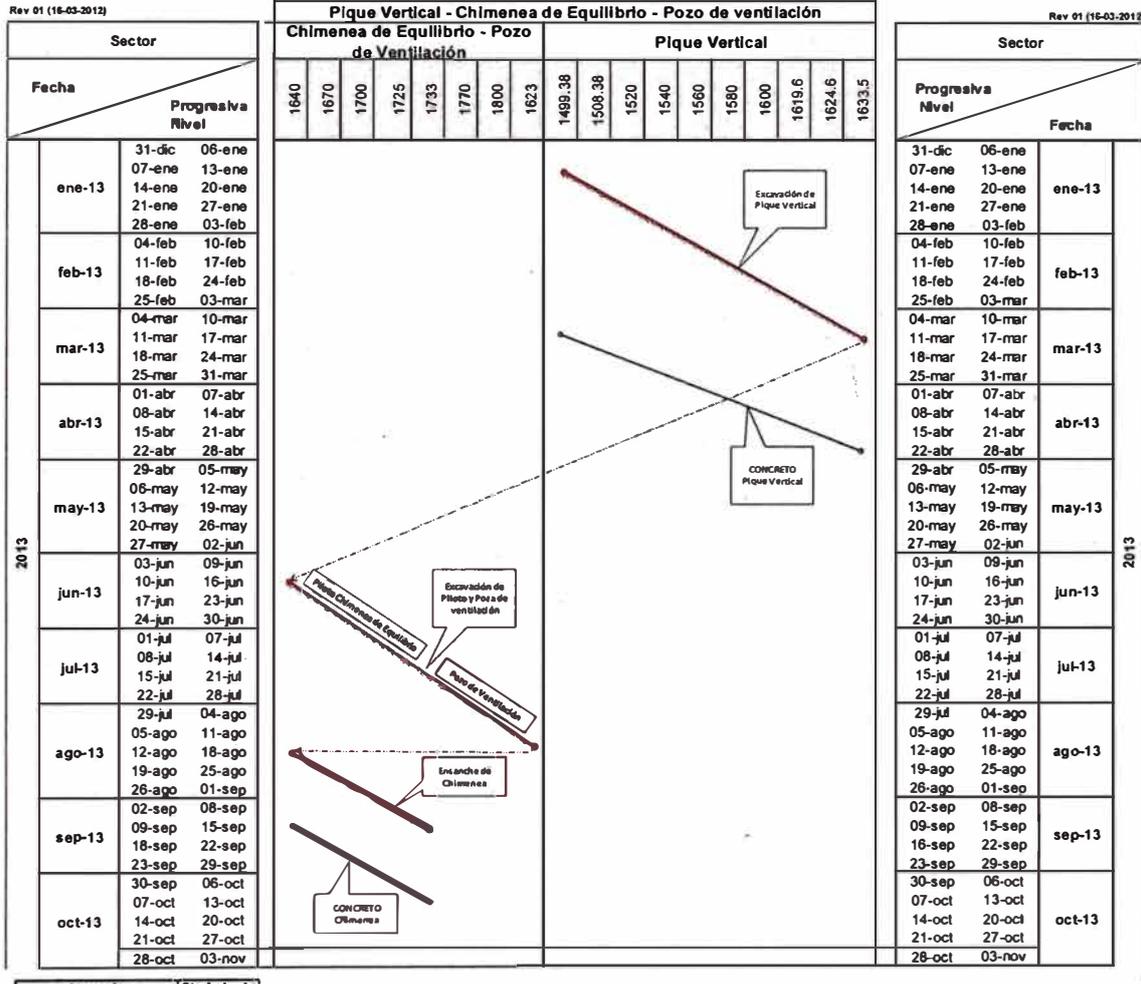
40020131	Limpieza y piso de concreto km 2+893 a 3+583 Revestim hastiales y boveda,3+109 a 3+583 (L= 474	40	0131	40-0131
40020131	m)	40	0131	40-0131
40020135	Inyecciones de contacto	40	0135	40-0135
<b>TRAMPA DE ROCAS</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
40030102	Excavación parte inferior de Trampa rocas	40	0102	40-0102
<b>CONCRETO</b>				
40030131	Limpieza de piso y concreto	40	0131	40-0131
<b>FRENTE 4</b>				
<b>TÚNEL ACCESO A CHIMENEA</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50010102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50010131	Concreto en piso	50	0131	50-0131
<b>TÚNEL DE ACCESO A CASA DE MÁQUINAS L= 203 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUPERFICIAL</b>				
50020110	Excavación en superficie	50	0110	50-0110
50020111	Portal, sostenimiento e instalaciones	50	0111	50-0111
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50020102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50020131	Limpieza y piso de concreto	50	0131	50-0131
<b>TÚNEL AUXILIAR 2 L= 125 m (Acceso a Boveda de CM)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUPERFICIAL</b>				
50030111	Sostenimiento en Portal entrada a Túnel aux-2	50	0111	50-0111
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50030102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50030131	Limpieza y concreto en piso	50	0131	50-0131
<b>TÚNEL AUXILIAR 3 L= 103 m (Acceso a T.Alta Presión)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50040102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50040131	Tapón de concreto con bifurcación	50	0131	50-0131
50040135	Inyecciones en Tapón	50	0135	50-0135
<b>TÚNEL DE DESCARGA L= 230 m</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUPERFICIAL</b>				
50050110	Excavación en superficie	50	0110	50-0110
50050111	Portal, sostenimiento e instalaciones	50	0111	50-0111
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50050102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50050131	Limpieza y piso de concreto	50	0131	50-0131
50050131	Revestimiento en boca salida L= 30 m	50	0131	50-0131
50050135	Inyecciones de contacto	50	0135	50-0135
<b>TÚNEL AUXILIAR 4 L= 95 m (T.Descarga a fondo CM)</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50060102	Excavación de Túnel	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50060131	Tapón de concreto con fondo c.maq	50	0131	50-0131
50060135	Inyecciones de contacto	50	0135	50-0135
<b>TÚNEL DE ALTA PRESIÓN Y BIFURCACIÓN</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50070102	Excavación de Túnel de alta presion (L= 89.50 m)	50	0102	50-0102

50070102	Excavación de bifurcacion (L= 13.50+26.80 m)	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50070131	Concreto	50	0131	50-0131
<b>BLINDAJE</b>				
50070170	Colocacion de blindaje	50	0170	50-0170
<b>TÚNEL DE CONEXIÓN CON CÁMARA DE OSCILACIÓN</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50090102	Excavación	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50090131	Concreto en piso	50	0131	50-0131
50090131	Concreto revestimiento	50	0131	50-0131
<b>CÁMARA DE OSCILACIÓN</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50100102	Excavación con rampa hasta boveda	50	0102	50-0102
50100102	Excavación boveda y sostenimiento	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50100131	Concreto en Cámara	50	0131	50-0131
<b>DRAFT TUBES</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
50110102	Excavación de Draft tubes	50	0102	50-0102
<b>CONCRETO</b>				
50110131	Concreto Draft Tube (Tramo Inclinado)	50	0131	50-0131
<b>FRENTE CM</b>				
<b>CASA DE MÁQUINAS</b>				
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
5501102	Excavación de boveda	55	0102	55-0102
5501105	Sostenimiento en boveda	55	0105	55-0105
5501102	Precorte en perimetro (niv 1521.1 a 1511)	55	0102	55-0102
5501102	Excavación niv 1521 a 1511.1 (banqueo)	55	0102	55-0102
<b>CONCRETO</b>				
5501131	Concreto en vigas para puente grua	55	0131	55-0131
5501131	Concreto en boveda	55	0131	55-0131
5501131	Concreto desde fondo hasta niv 1495.30	55	0131	55-0131
5501131	Concreto de 1495.30 a 1503.10	55	0131	55-0131
5501131	Concreto segunda fase	55	0131	55-0131
<b>ELECTRICA</b>				
5501070	Inst elect de alumbrado y toomacorrientes	IE	1000	IE-1000
5501070	Ventilacion forzada	IE	1000	IE-1000
5501070	Agua contra incendios	IE	1000	IE-1000
<b>FRENTE 5</b>				
<b>CHIMENEA DE EQUILIBRIO H=90.50 m</b>				
<b>MISCELÁNEOS</b>				
60010160	Instalaciones	60	0160	60-0160
60010160	Retiro de instalaciones	60	0160	60-0160
<b>EXCAVACIÓN SUBTERRÁNEA</b>				
60010160	Excavación de piloto y pozo ventilacion (H= 183.50 m)	60	0160	60-0160
60010160	Excavación por ensanche (Chimenea, H= 90.50 m)	60	0160	60-0160
<b>CONCRETO</b>				
60010164	Concreto en chimenea	60	0164	60-0164
<b>PIQUE VERTICAL H= 130 m</b>				
<b>MISCELÁNEOS</b>				
60020160	Instalaciones	60	0160	60-0160
60020160	Retiro de instalaciones	60	0160	60-0160
<b>EXCAVACION SUBTERRÁNEA</b>				
60020160	Excavación de Pique	60	0160	60-0160
<b>CONCRETO</b>				
60020164	Concreto en Pique	60	0164	60-0164

## ANEXO N°2



**CENTRAL HIDROELECTRICA SANTA TERESA - CRONOGRAMA TIEMPO-CAMINO**



## ANEXO N°3



Descripción de la Actividad	Tipo	Und.	Metrado Total	Metrado (6 Semanas)	SEMANA 34							SEMANA 35							SEMANA 36							SEMANA 37															
					L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D									
					19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15									
Filtrar Actividades Productivas																																									
<b>FRENTE 30 - TUNEL DE CONDUCCION</b>																																									
<b>TUNEL DE CONDUCCION - VENTANA VI</b>																																									
Tramo 1+300.0 - 0+0.0 (1300 ml)																																									
Concreto en Solera tramo 1+120 - 1+000 (120ml)	P	m3	168.00	168.00	12	12	32		12	32	12																														
Concreto en Solera tramo 1+000 - 0+690 (120ml)	P	m3	168.00	168.00					12	32	12																														
Concreto en Solera tramo 0+690 - 0+780 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 0+780 - 0+840 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 0+840 - 0+520 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 0+520 - 0+400 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
<b>FRENTE 40 - TUNEL DE CONDUCCION</b>																																									
<b>TUNEL DE CONDUCCION - VENTANA 02</b>																																									
Tramo 1+300.0 - 2+600 (1000 ml)																																									
Concreto en Solera tramo 1+603 - 1+723 (120ml)	P	m3	168.00	168.00	12	12	12																																		
Concreto en Solera tramo 1+723 - 1+843 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 1+843 - 1+963 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 1+963 - 2+083 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 2+083 - 2+203 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					
Concreto en Solera tramo 2+203 - 2+323 (120ml)	P	m3	168.00	168.00																																					

## ANEXO N°4

**PLAN SEMANAL (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)**

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Metrado Semana	SEMANA 33						
				L	M	M	J	V	S	D
				12	13	14	15	16	17	18
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA DE SANTA TERESA</b>										
<b>FRENTE A - OBRAS SUBTERRANEAS</b>										
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1,300ml aprox. por este frente)</b>										
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ABAJO</b>										
Limpieza de piso tramo 1+000-0+880 (120 ml)										
Excavación	ml		120.00	x	x	x	x	x	x	x
Perfilado	ml		120.00	x	x	x	x	x	x	x
<b>FRENTE B - OBRAS SUBTERRANEAS</b>										
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1,300ml aprox. por este frente)</b>										
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ARRIBA</b>										
Tramo 1,710-1,870 (160 ml)										
Excavación y perfilado	ml		160.00	x	x	x	x	x	x	x
Limpieza de piso	ml		160.00	x	x	x	x	x	x	x
<b>TRAMO AGUAS ABAJO</b>										
Tramo 3,462-3,465 (3 ml)										
Excavación en roca V	m3		109.56	x	x	x	x	x	x	x
Shotcrete, f <sub>c</sub> = 35 Mpa con fibra metálica (25 kg/m <sup>3</sup> )	m3		8.00	x	x	x	x	x	x	x
Cimbras metálicas	und		5.00	x	x	x	x	x	x	x
<b>OBRAS SUBTERRANEAS EN VERTICAL</b>										
<b>PIQUE VERTICAL (ENSANCHE)</b>										
Excavación en roca	m3	2,111.15								
Malla Electrosoldada 100x100x4	m2	1,960.00								
Pernos Swellex de 1.5 m	und	120.00								
Tramo 1,632-1,624 (8 ml)										
Excavación en roca	m3		87.96	x	x	x	x	x	x	x
Malla Electrosoldada 100x100x4	m2		10.00	x	x	x	x	x	x	x
Pernos Swellex de 1.5 m	und		3.00	x	x	x	x	x	x	x

Descripción de la Actividad	Tipo	Und.	Metrado Total	Metrado (6 Semanas)	SEMANA 34							
					L	M	M	J	V	S	D	
					19	20	21	22	23	24	25	
<b>Filtrar Actividades Productivas</b>												
<b>FRENTE 30 - TUNEL DE CONDUCCION</b>												
<b>TUNEL DE CONDUCCION VENTANA 01</b>												
Tramo 1+300.0 - 0+0.0 (1300 ml)												
Concreto en Solera tramo 1+120 - 1+000 (120ml)	P	m3	168.00	168.00	12		12		12			
Concreto en Solera tramo 1+000 - 0+880 (120ml)	P	m3	168.00	168.00								
Concreto en Solera tramo 0+880 - 0+760 (120ml)	P	m3	168.00	168.00								
Concreto en Solera tramo 0+760 - 0+640 (120ml)	P	m3	168.00	168.00								
Concreto en Solera tramo 0+640 - 0+520 (120ml)	P	m3	168.00	168.00								
Concreto en Solera tramo 0+520 - 0+400 (120ml)	P	m3	168.00	168.00								
<b>FRENTE 40 - TUNEL DE CONDUCCION</b>												
<b>TUNEL DE CONDUCCION VENTANA 02</b>												
Tramo 1+300.0 - 2+600 (1000 ml)												
Concreto en Solera tramo 1+603 - 1+723 (120ml)	P	m3	168.00	168.00	12		12		12			

## ANEXO N°5

ANÁLISIS DE CONFIABILIDAD (OBRAS SUBTERRANEAS Y CIVILES)

Descripción de la Actividad	Und	Metrado Total	Metrado Semana	SEMANA 32							ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO			
				L	M	M	J	V	S	D	SI	NO	TIPO	CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO
				05	06	07	08	09	10	11				
<b>CENTRAL HIDROELECTRICA DE SANTA TERESA</b>														
<b>FRENTE A - OBRAS SUBTERRANEAS</b>														
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1,300ml aprox. por este frente)</b>														
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ABAJO</b>														
Limpieza de piso tramo 1+080-0+960 (120 m <sup>2</sup> )														
Excavación	m <sup>2</sup>		120.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Perifado	m <sup>2</sup>		120.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>FRENTE B - OBRAS SUBTERRANEAS</b>														
<b>TUNEL DE CONDUCCION (1,300ml aprox. por este frente)</b>														
<b>TUNEL DE CONDUCCION AGUAS ARRIBA</b>														
Tramo 1,710-1,870 (180 m <sup>2</sup> )														
Excavación y perfilado	m <sup>2</sup>		160.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Limpieza de piso	m <sup>2</sup>		160.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
<b>TRAMO AGUAS ABAJO</b>														
Tramo 3,442-3,448 (6 m <sup>2</sup> )														
Excavación en roca III	m <sup>3</sup>		219.12	x	x	x							x	
Shotcrete, fc= 35 Mpa con fibra metálica (25 kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>		12.00	x	x	x							x	
Cimbras metálicas	und		26.00	x	x	x							x	
Tramo 3,448-3,462 (14 m <sup>2</sup> )														
Excavación en roca III	m <sup>3</sup>		511.28				x	x	x	x	x	x	x	
Shotcrete, fc= 35 Mpa con fibra metálica (25 kg/m <sup>3</sup> )	m <sup>3</sup>		40.00				x	x	x	x	x	x	x	
pernos helicoidales de 25 mm. X 3.0 m	und		58.00				x	x	x	x	x	x	x	
<b>OBRAS SUBTERRANEAS EN VERTICAL</b>														
<b>PIQUE VERTICAL (ENSANCHE)</b>														
Tramo 1, 6321, 624 (8 m <sup>2</sup> )														
Excavación en roca	m <sup>3</sup>		87.96	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Malla Electrosoldada 100x100x4	m <sup>2</sup>		10.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
Pernos Swellex de 1.5 m	und		3.00	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	
<b>ANÁLISIS DE LA CONFIABILIDAD (EN %)</b>										13	3			
										81%	19%			

PROG	Error en la programación, cambios en programación o mala utilización de los
LOG	Falta de recursos en obra (equipos mayores y menores, herramientas, subcontratos
ING	Entrega inoportuna de información (contratos, presupuestos, planos) y/o cambios en la
EXT	Retraso por clima o por eventos extraordinarios (marchas, huelgas) y por falta de
EQ	Averías o fallas en equipos
ADM	No ingreso de personal especializado
CLI-PER	No ingreso de personal por falta de cupo en vuelo aéreo
CLI-MAT	No suministro de materiales por parte del cliente
CLI-PRI	Cambio repentino del cliente ya sea en ingeniería o redistribución de los recursos
CLHNG	Entrega inoportuna de información de ingeniería
ACT PRE	Retraso en actividades previas



Código	Descripción de la Actividad	Und.	Medido Prog.	Medido Ejecutado	SEMANA 32							ANÁLISIS DE CUMPLIMIENTO				
					L	M	M	J	V	S	D	SI	No	Tipo	Causa de Incumplimiento	Medida Correctiva
					12	13	14	15	16	17	18					
<b>CONSIDERAR SOLO ACTIVIDADES PRODUCTIVAS</b>																
	FRONTE 36 - TUNEL DE CONDUCCIÓN															
	TUNEL DE CONDUCCIÓN - VENTANA 01															
	TRAMO AGUAS ABAJO															
	Tramo 1+300.0 - 0+0.0 (1300 ml)															
	Concreto en Solera tramo 1+135 - 1+015 (120ml)	m3	168.00	168.00	12			12					X	PROG	Liberación de terreno	
	FRONTE 40 - TUNEL DE CONDUCCIÓN															
	TUNEL DE CONDUCCIÓN - VENTANA 02															
	TRAMO AGUAS ARRIBA															
	Tramo 1+300.0 - 2+600 (1000 ml)															
	Concreto en Solera tramo 1+507 - 1+587 (80ml)	m3	112.00	112.00	12			12					X			
													1	1		
													60.0%	60.0%		



**TIPOS DE CAUSAS DE INCL**

PROG	Error en la programación, cambios en programación o mala utilización de las herramientas de programación
LOG	Falta de recursos en obra (equipos mayores y menores, herramientas, subcontratos y materiales)
ING	Entrega inoportuna de información (contrato, presupuestos, planos) y/o cambios en la ingeniería durante el proceso
EXT	Retraso por clima o por eventos extraordinarios (marchas, huelgas) y por falta de entrega de permisos o licencias
EQ	Averías o fallas en equipos
ADM	No ingreso de personal especializado
CLPER	No ingreso de personal por falta de cupo en vuelo aéreo
CLMAT	No suministro de materiales por parte del cliente
CLPRI	Cambio repentino del cliente ya sea en ingeniería o redistribución de los recursos
CLING	Entrega inoportuna de información de ingeniería
ACT PRE	Retraso en actividades previas

## ANEXO N°6

## ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

NOMBRE DE PROYECTO								Impedimento de las Áreas de Soporte para levantar la restricción
CENTRA HIDROELÉCTRICA SANTA TERESA								
SEM:	34							
Frete	Responsable	Descripción de la Actividad	Descripción de la Restricción	Fecha Requerida por el Cliente	Responsable	Fecha Propuesta (AS)	Estado	
<b>N° TOTAL DE RESTRICCIONES</b>							<b>0</b>	
<b>% DE RESTRICCIONES POR SEMANA</b>							<b>0%</b>	
<b>OFICINA TÉCNICA</b>								
60	PR	Pique Vertical	Acero Dimensionado	26-ago-12	Gerson Pinedo	12-abr-13	EN PROCESO	En revision por parte de AASA, se solicito despiece con varillas menores a 9m por lamas de transporte y facilidad
60	PR	Pique Vertical	Encofrado ULMA	26-ago-12	Gerson Pinedo	12-abr-13	EN PROCESO	Ya se decido por el Sistema Autotrepante, se envio la aceptación a ULMA, materiales se espera seran entregados para la quincena de Octubre
<b>LOGISTICA</b>								
30	PR	Túnel de Conducción	Llegada de Micropilotes		Juan Duque	12-jul-13	EN PROCESO	Se emitirá estatus de materiales.
<b>EQUIPOS</b>								
30	PR	Todos los equipos	Inventario de repuestos de equipos.	15-jul-13	Jhon Valenzuela	15-jul-13	EN PROCESO	Se esta realizando la revisión del inventario.
30	PR	Coaster inoperativa	Retorno de coaster inoperativa, problemas con traslado de personal	02-jul-13	Jhon Valenzuela	05-jul-13	EN PROCESO	El proveedor instalara otra unidad electronica (ECU).
<b>CALIDAD</b>								
30	PR	Túnel de Conducción	Aprobación del diseño de mezclas con la arena de shotcrete y arena de concreto	20-jul-13	Gilberto Mio	25-jul-13	EN PROCESO	A espera de respuesta por MWH.
<b>PRODUCCIÓN</b>								
<b>PDR y MA</b>								
<b>ADMINISTRACIÓN</b>								
10	PR	Permiso uso de explosivos - SUCAMEC	Renovación de Permiso de uso de Explosivos ( la regla general es cada 45 dias)	10-mar-12	Patricia Murayma	25-jul-13	EN PROCESO	Se emito la nueva RD el 05.08.13. Esta vigente hasta el 10.11.13, sin embargo se volverá a presentar expediente. En trámite
<b>INGENIERIA</b>								
40	PR	Obras civiles Túnel de Conducción	Planos para construcción de muros ó anillos de concreto armado	04-jul-13	Marino Nicoli	25-jul-13	POR INICIAR	MWH debe de entregar la información.
40	PR	Túnel Conducción	Diseño de encofrado para túnel de Conducción	04-jul-13	Marino Nicoli	25-jul-13	POR INICIAR	
40	PR	Pique Vertical	Determinación del tapón a utilizar en el Pique vertical	04-jul-13	Marino Nicoli	25-jul-13	POR INICIAR	
40	PR	Túnel de Conducción	Diseño de muro en nichos del túnel de conducción	05-ago-13	Marino Nicoli	25-jul-13	EN PROCESO	MWH debe de entregar la información.
<b>GERENCIA</b>								

## ANEXO N°7

INFORME DE PRODUCTIVIDAD – MANO DE OBRA

**REPORTE DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD (P DE MO)**

Proje 1555 Central Hidroeléctrica Santa Teresa  
Semra 24  
Fecha 08/09/13 @ 25:08:13  
Forma OBRA TOTAL  
Frentes/BAJA

CÓDIGOS DE CONTROL	INFLU YE (SI)	TOTAL REAL A EJECUTAR	AVANCE		HORAS HOMBRE		PRODUCTIVIDAD (RATIO)			ACUM SEMANA ACTUAL			SEMAMA ACTUAL HIGRAM Y PERD REAL SEMANA		
			ACUMILADO REAL	% ACUMILADO O REAL	TOTAL PREVILO A CONSUMO	ACUMILADO PREVILO	ACUMILADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALD	ACUMILADO REAL	PROYECTADO PARA EL SALD	PROYECTADO PARA EL SALD	PROYECTADO PARA EL SALD		PROYECTADO PARA EL SALD	
0012 MEDIO AMBIENTE	m3	720,000.00	694,233.46	96.42%	55,654.22	46,877.41	25,146.00	9,775.81	0.09	0.04	0.45	0.06	20,731.41	-301.28	
0005 SHOTOPRETE	m3	6,412.02	5,093.06	79.43%	49,800.36	47,374.27	76,125.00	4,632.33	7.78	12.50	25.56	7.78	20,731.41	-288.95	
0006 FERNOS DE ANCLAJE	und	23,200.00	22,006.00	94.85%	59,951.05	57,432.81	49,118.00	1,466.24	2.55	2.18	2.18	2.11	9,374.81	-7.52	
0008 CIMPAS METALICAS	ton	121.39	116.83	96.33%	24,158.13	18,276.67	12,333.00	5,822.46	188.3420	124.8277	87.6657	189.3420	5,942.17	335.03	
0131 COLOCACION DE	m3	24,004.08	9,126.75	38.02%	59,419.04	50,931.02	47,522.00	22,697.00	7.45	6.88	4.74	7.8120	12,909.03	2,583.17	
0133 ALICATA DE REPIERZO	m3	1,017.86	288.77	28.40%	51,890.62	19,250.71	21,091.80	44,854.53	90.50	78.47	87.26	80.6000	5,002.57	5,002.57	
0134 ENDOSADO	m3	11,622.65	1,223.67	10.53%	11,659.20	5,259.47	24,811.00	50,458.53	2.16	7.77	2.8827	24.8151	16,462.28	16,462.28	
0181 PREPARACION DE	m3	26,058.82	8,076.58	30.99%	27,448.86	8,394.68	13,450.00	27,448.37	1.04	1.57	1.13	1.6395	-5,065.44	-54.08	
0003 MITO CAMPAMENTOS	Sp	60.00	34.00	56.67%	20,000.00	12,600.00	13,310.00	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	267.00	-57.00	
			1,669,316.64	1,187,442.92	71.26%	1,095,692.94	348,674.92	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	191,656.48	-26,708.70	
<b>TOTAL MO</b>			<b>PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO</b>	<b>% ACUMILADO O REAL</b>	<b>TOTAL PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>			
			1,669,316.64	1,187,442.92	71.26%	1,095,692.94	348,674.92	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	191,656.48	-26,708.70	
<b>% AVANCE</b>			<b>PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO</b>	<b>% ACUMILADO O REAL</b>	<b>TOTAL PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>			
			1,669,316.64	1,187,442.92	71.26%	1,095,692.94	348,674.92	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	191,656.48	-26,708.70	
<b>EFICIENCIA</b>			<b>PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO</b>	<b>% ACUMILADO O REAL</b>	<b>TOTAL PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>			
			1,669,316.64	1,187,442.92	71.26%	1,095,692.94	348,674.92	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	191,656.48	-26,708.70	
<b>EFICIENCIA</b>			<b>PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO</b>	<b>% ACUMILADO O REAL</b>	<b>TOTAL PREVILO A CONSUMO</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>ACUMILADO REAL</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>	<b>PROYECTADO PARA EL SALD</b>			
			1,669,316.64	1,187,442.92	71.26%	1,095,692.94	348,674.92	6,400.00	400.00	381.66	457.00	400.0000	191,656.48	-26,708.70	

## ANEXO N°8

## INFORME DE PRODUCTIVIDAD – EQUIPOS

### REPORTE DE CONTROL DE PRODUCTIVIDAD (IP DE EQ)

Programa: Control de Costos y Optimización de Costos  
 Unidad: 04  
 Fecha: 08/08/2018  
 Fecha: 08/08/2018  
 Fecha: 08/08/2018

Codigo	PARTIDAS DE CONTROL	UNID	METRICA (CANTIDAD)	AVANCE		MONTO DE EQUIPOS (US\$)				RATIOS (US\$/UNO)				ACUM SEMANA ACTUAL			
				TOTAL REAL A LICITACION	TOTAL REAL A CONSUMIR	ACUMULADO PREVILO	ACUMULADO REAL	PROGRESO P/MS EL SALDO	ACUMULADO P/MS	ACUMULADO REAL	ACUMULADO P/MS	PROGRESO P/MS EL SALDO	ACUMULADO REAL	ACUMULADO P/MS			
002	MEDIO AMBIENTE	m3	\$	550,000.00	506,636.47	506,636.47	278,528.17	0.15	0.40	0.15	0.40	228,000.29	0.00	228,000.29			
005	MOTORES	m3	\$	5,362.56	6,004.24	250,251.80	801,251.23	42.26	131.7	22,701.53	142.43	-86.08	-56.08	-0.00	-543,301.26		
006	PROCESO DE ANCLAJE	m3	\$	22,610.00	22,258.00	314,244.97	261,516.70	14.06	11.97	35,976.71	5.28	73.01	73.01	0.00	46,626.96		
008	CERRAJES METALICAS	m3	\$	133.85	9.08	16,586.78	25,142.31	127.18	317.87	3,236.18	62.69	127.18	127.18	0.00	-37,481.90		
009	CONCRETO DE CORRIENTO	m3	\$	24,335.08	6,574.75	310,238.25	197,693.34	282.44	282.44	603,116.73	3.73	29.44	29.44	4.0031	129,117.52		
013	ACERO DE REFUERZO	m3	\$	1,558.48	265.08	17,257.20	2,573.51	11.52	11.52	14,004.21	0.43	0.40	0.40	0.00	3,008.90		
014	ENCOPADO	m3	\$	18,442.45	6,783.44	8,178.26	3,354.40	0.43	0.05	4,183.26	0.43	0.40	0.40	0.00	3,008.90		
015	PREPARACION DE CONCRETO	m3	\$	34,048.82	8,743.25	251,984.19	65,164.25	1.52	4.00	180,220.34	1.52	1.52	1.52	0.00	23,198.26		
				<b>9,006,478.24</b>	<b>8,224,500.64</b>	<b>7,219,818.66</b>	<b>1,650,688.20</b>								<b>1,004,683.99</b>	<b>21,022.20</b>	
				<b>TOTAL US\$</b>	<b>9,006,478.24</b>	<b>8,224,500.64</b>	<b>7,219,818.66</b>	<b>1,650,688.20</b>							<b>119.9%</b>	<b>101.7%</b>	<b>101.7%</b>
				<b>X AVANCE</b>	<b>93.3%</b>	<b>93.3%</b>	<b>93.3%</b>	<b>93.3%</b>									<b>101.7%</b>

ACUMULADO REAL	228,000.29
PROGRESO P/MS EL SALDO	0.00
TOTAL P/MS P/MS DE OTRA	228,000.29

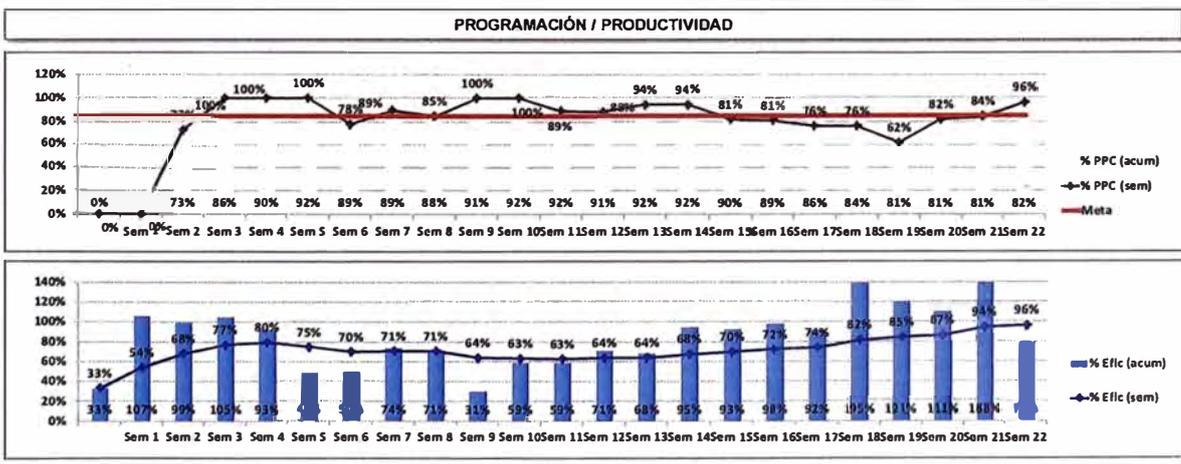
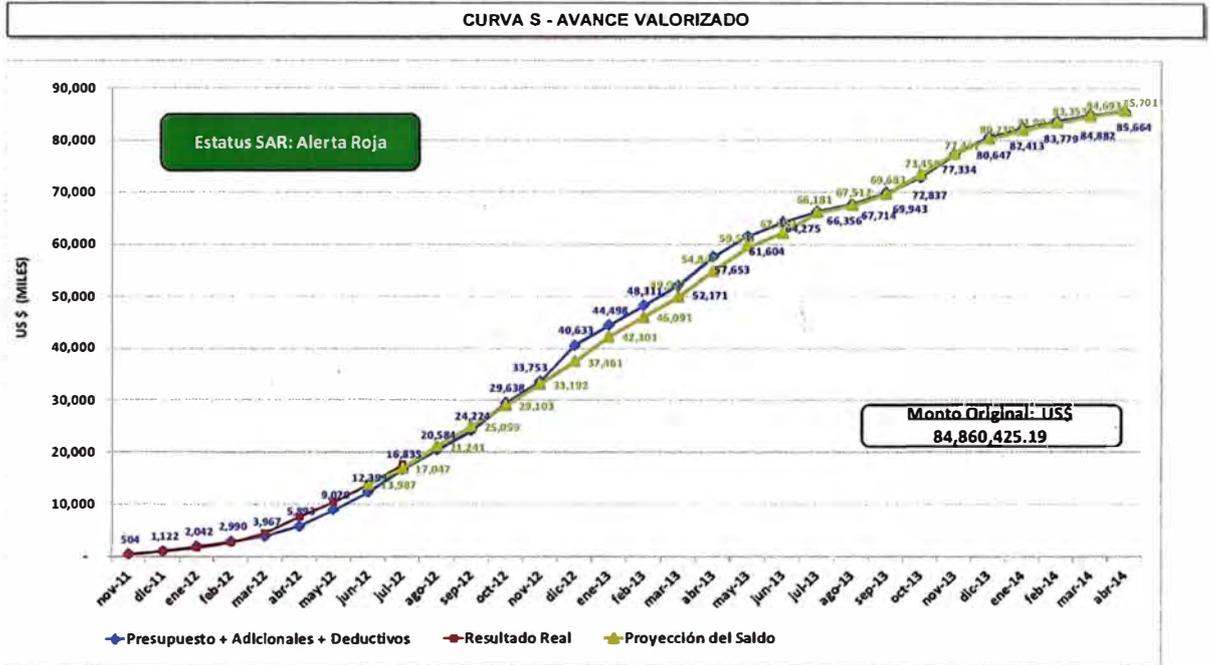
ACUMULADO REAL	228,000.29
PROGRESO P/MS EL SALDO	0.00
TOTAL P/MS P/MS DE OTRA	228,000.29

ACUMULADO REAL	228,000.29
PROGRESO P/MS EL SALDO	0.00
TOTAL P/MS P/MS DE OTRA	228,000.29

ACUMULADO REAL	228,000.29
PROGRESO P/MS EL SALDO	0.00
TOTAL P/MS P/MS DE OTRA	228,000.29

## ANEXO N°9

### CURVA "S" Y PRODUCTIVIDAD ACUMULADA



## ANEXO N°10

## PANEL FOTOGRÁFICO



**Foto N°01: Túnel de Conducción- Zona de Filtración de Agua**



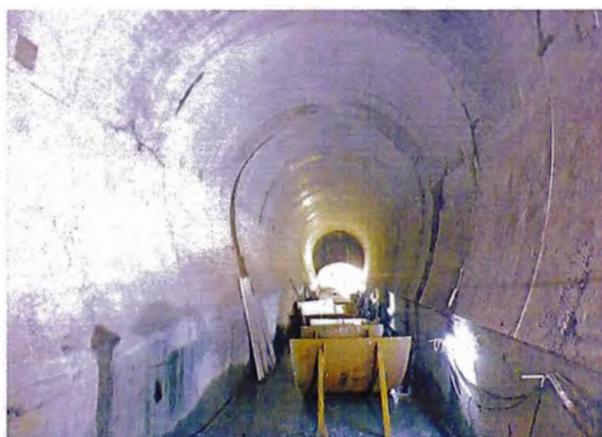
**Foto N°02: Túnel de Conducción- Zona de Intersección con Cámara Carga**



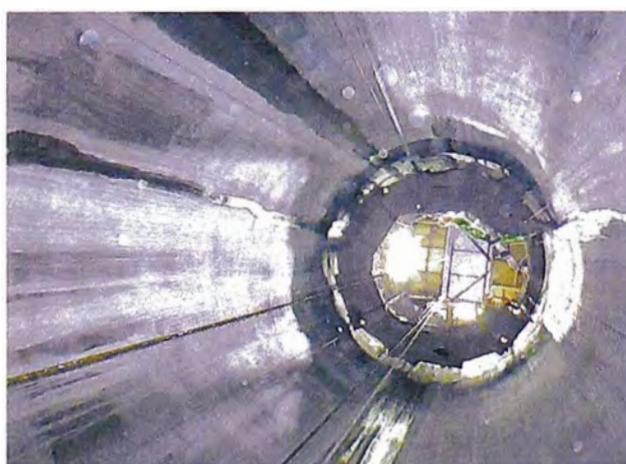
**Foto N°03: Túnel de Conducción- Zona Falla**



**Foto N°04: Túnel de Conducción- Zona de Revestimiento de Concreto**



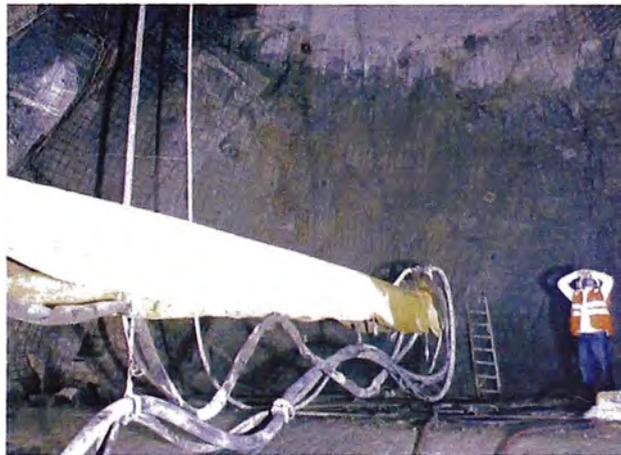
**Foto N°05: Trampa de Rocas - Zona de Revestimiento de Concreto**



**Foto N°06: Pique Vertical - Zona de Revestimiento de Concreto**



**Foto N°07: Chimenea de Equilibrio – Excavación de Ensanche**



**Foto N°08: Chimenea de Equilibrio – Colocación de Shotcrete**