

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



**PLANEAMIENTO, CONTROL Y MEJORA DE LA PRODUCTIVIDAD  
PARA EXCAVACIONES MASIVAS Y CONFORMACIÓN DE  
TERRAPLENES DEL PROYECTO “CIUDAD NUEVA  
FUERABAMBAS”.**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**Para optar el Título Profesional de:**

**INGENIERO CIVIL**

**ABRAHAM CÉSAR AGÜERO HERRERA**

**Lima- Perú**

**2014**

## INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>4</b>
<b>LISTA DE CUADROS</b>	<b>5</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE SIMBOLOS</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>11</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>13</b>
1.1 TEORÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE ACUERDO AL PMI	13
1.1.1 Proyecto	13
1.1.2 Administración de proyectos	14
1.1.3 Áreas de conocimiento de la administración de proyectos	14
1.1.4 Grupos de procesos en la administración de proyectos	16
1.1.5 Ubicación disciplinaria del tema en estudio en el marco del PMBOK	18
1.2 PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS	19
1.2.1 Planificación de obras	20
1.2.2 Programación de Obras	22
1.2.3 Técnicas de programación	22
1.3 INTRODUCCIÓN AL MOVIMIENTO DE TIERRAS	24
1.3.1 Definición:	24
1.3.2 Estados de los materiales durante el proceso	25
1.3.3 Expansibilidad	26
1.3.4 Compresibilidad	26
1.3.5 Operaciones básicas en el movimiento de tierras	27
1.3.7. El ciclo de trabajo del movimiento de tierras	29
<b>CAPITULO II: PRODUCTIVIDAD</b>	<b>31</b>
2.1. CONCEPTOS BÁSICOS	31
2.2. EL TRABAJO	35
2.2.1. Trabajo productivo	36
2.2.2. Trabajo contributorio	36

2.2.3. Trabajo no contributivo	36
2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD	37
2.3.1. Factores que tienen un efecto negativo sobre la productividad	37
2.3.2. Factores que afectan positivamente a la productividad	38
2.4 CAUSAS DE PÉRDIDAS DE PRODUCTIVIDAD	39
2.4.1 Ineficiencia de la administración	40
2.4.2 Métodos inadecuados de trabajo	40
2.4.3 Grupos y actividades de apoyo deficientes	41
2.4.4 Problemas del recurso humano	41
2.4.5 Problemas de seguridad	42
2.4.6 Inapropiados sistemas de control	42
<b>CAPITULO III: ANÁLISIS Y PLANEAMIENTO DE LA OBRA</b>	<b>43</b>
3.1. GENERALIDADES	43
3.2. BASES Y ESTRUCTURA DE LA PROGRAMACIÓN	46
3.2.1 Work Breakdown Structure (WBS).	47
3.2.2 Códigos de actividades	50
3.2.3 Recursos	52
3.2.4 Calendarios utilizados.	54
3.3 BASES PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS MASIVO:	55
3.4 ELABORACIÓN DEL PLAN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS	58
3.4.1 Metodología aplicada:	58
3.4.1.1 Recopilación y revisión de la información	58
3.4.1.2 Consideraciones para el planeamiento.	61
3.4.2 Desarrollo del planeamiento	64
3.4.2.1 Sectorización	64
3.4.2.2 Cambios en el alcance y actualización del planeamiento.	68
3.4.2.3 Metodología de trabajo.	70
3.4.2.3 Cálculo de rendimientos por cuadrilla.	76
<b>CAPITULO IV: CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD</b>	<b>80</b>
4.1. CONTROL DE CORTE Y EXCAVACIÓN:	80
4.2. CONTROL DE RELLENO, CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN:	93

<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>105</b>
5.1. CONCLUSIONES	105
5.2. RECOMENDACIONES	107
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>109</b>

## RESUMEN

El presente Informe de Suficiencia desarrolla el planeamiento, control y mejora de la productividad para excavaciones masivas y conformación de terraplenes del proyecto "Ciudad Nueva Fuerabamba", para lo cual se hace uso de la metodología descrita en la Guía Project Management Body of Knowledge Guide (PMBOK) del Project Management Institute (PMI), estándar y guía de manejo de proyectos (IEEE Std. 1490-2003). Dentro de esta guía se encuentran fundamentos, herramientas y técnicas de Gestión que son aplicables a un amplio rango de proyectos, incluyendo los proyectos construcción.

El PMBOK creó nueve áreas de conocimiento (gestiones) para lograr gestión integral de un proyecto, una de las más importantes es la Gestión del Tiempo y es precisamente en esos puntos en donde el PMBOK involucra las herramientas concernientes a la planificación, programación y control de obras.

El desarrollo de este Informe de Suficiencia está de acuerdo con los lineamientos descritos en esta guía, las cuales se complementan con algunas buenas prácticas del planeamiento operativo de obras, la programación y el seguimiento.

Dentro del informe se introducirá de manera rápida la teoría que envolverá nuestro estudio, haciendo además una breve reseña de las actividades de movimiento de tierras en general. Luego de ello se hablará específicamente del proyecto del cual se extraerá la información para realizar un procedimiento de planeamiento y control de cronograma, buscando el mejoramiento y la competitividad del desempeño de las obras de construcción a través del uso de herramientas de gestión.

## LISTA DE CUADROS

Cuadro 1.1: Procesos por grupo, Gestión del Alcance y Tiempo	13
Cuadro 1.2: Parámetros de variación de volúmenes según estado del material	19
Cuadro 3.1. Código de actividades "Activity codes".	46
Cuadro 3.2. Código de recursos.	48
Cuadro 3.3. Cuadro de volúmenes saldo para corte de ciudad al 25.05.12	50
Cuadro 3.4. Cuadro de volúmenes a eliminar en acopios y derrumbe de plataforma 02 sector 05.	50
Cuadro 3.5. Cuadro de rendimiento de corte para excavadoras.	50
Cuadro 3.6. Cuadro de rendimiento de equipos para relleno masivo.	51
Cuadro 3.7. Cálculo de volúmenes por banquetas y por sectores. Zona superior de corte	61
Cuadro 3.8. Cálculo de volúmenes por banquetas y por sectores. Zona inferior de corte.	62
Cuadro 3.9. Volúmenes saldo de corte de ciudad zona oeste.	63
Cuadro 3.10. Volúmenes de excavación y reemplazo por mejoramiento zona este.	64
Cuadro 3.11. Volúmenes de relleno por terraplenes.	64
Cuadro 3.12. Cálculo del rendimiento de equipo de perforación Track Drill Ranger DX700.	70
Cuadro 3.13. Cálculo del rendimiento de equipo de corte según capacidad de cuchara.	72
Cuadro 3.14. Cálculo del rendimiento de relleno según tonelaje de equipo de compactación.	73
Cuadro 4.1. Recopilación de datos de campo (horómetros, número de viajes por código de equipo)	76
Cuadro 4.2. Cálculo del IP de excavación y carguío.	77
Cuadro 4.3. Cálculo del IP de transporte de material.	77
Cuadro 4.4. Costo de horas máquinas por equipo.	78
Cuadro 4.5. IP's diarios por frentes para la partida de transporte de material de eliminación.	79
Cuadro 4.6. Gráfica de IP's de transporte de material del frente sur	79

Cuadro 4.7. Gráfica de IP´s de transporte de material del frente norte	79
Cuadro 4.8. Gráfica de IP´s de transporte de material del turno noche.	80
Cuadro 4.9. Resultados de porcentajes de utilización de equipos frente sur	82
Cuadro 4.10. Resultados de porcentajes de utilización de equipos frente norte	82
Cuadro 4.11. Control de tiempos de conformación de terraplén por jornada de trabajo.	87
Cuadro 4.12. Cálculo de porcentaje de tiempos durante jornada de trabajo del 19 al 21 de abril.	87
Cuadro 4.13. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.	88
Cuadro 4.14. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.	91
Cuadro 4.15. Cálculo de porcentaje de tiempos durante jornada de trabajo del 20 al 26 de mayo.	95
Cuadro 4.16. Resultados de producción obtenidos del 20 al 26 de mayo.	96
Cuadro 4.17. Volúmenes de relleno por día a doble turno del 20 al 26 de mayo.	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Las 9 áreas del conocimiento de la Administración. de Proyectos	11
Figura 1.2: Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos.	12
Figura 1.3: Planificación, programación y control de obras.	14
Figura 1.4: Diagrama de Gantt (EPC Ciudad Nueva Fuerabamba).	17
Figura 2.1: Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.	26
Figura 2.2: Organización y productividad.	26
Figura 2.3: Proceso y productividad.	27
Figura 2.4: Tipos de productividad.	28
Figura 3.1 Modelo 3D de la ciudad con distribución de viviendas.	38
Figura 3.2 Ubicación del terreno donde se construye la Ciudad Nueva Fuerabamba.	39
Figura 3.3 Modelo 3D del proyecto solo plataformas.	40
Figura 3.4 Modelo 3D vista lateral de la futura ciudad Nueva Fuerabamba.	41
Fig.3.5. Facilidades consideradas en el Cronograma presentado (26.02.2012).	42
Fig.3.6. Ejemplo de agrupación de hitos según WBS (Movimiento de Tierras).	42
Fig.3.7. Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Ingeniería.	42
Fig.3.8 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Procura.	43
Fig.3.9 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Subcontratos.	43
Fig.3.10 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Construcción.	44
Fig.3.11 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Comisionamiento.	44
Fig.3.12 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Puesta en Marcha.	45
Figura 3.13. Plano de planta de Plataformado de la Ciudad con los ejes para perfiles cada 40m.	54
Figura 3.14. Plano de perfil del diseño del plataformado de la ciudad versus el terreno inicial	55
Figura 3.15. Plano de perfil del geológico con los tipos de suelos identificados.	56
Figura 3.16. Sectorización de la ciudad para plataformados.	60
Figura 3.17. Banquetas de la ciudad sector sur 07.	61

Figura 3.18. División del movimiento de tierras por bancos.	62
Figura 3.19. Inicio de actividades de corte. Desbroce y retiro de top soil.	66
Figura 3.20. Corte inicial de terreno con tractores D8.	66
Figura 3.21. Corte con excavadoras y tractores.	67
Figura 3.22. Carguío y transporte de roca suelta.	67
Figura 3.23. Excavación de mejoramiento por terreno no competente.	68
Figura 3.24. Mejoramiento del sello de fundación con roca.	69
Figura 3.25. Inicio de rellenos zona Este.	69
Figura 3.26. Conformación de terraplenes en áreas liberadas grandes	70
Figura 3.27. Metodología de trabajo para la actividad de relleno.	70
Figura 3.28. Equipos de perforación para voladura habilitando área para carga con explosivos.	72
Figura 3.29. Voladura en el sector 01 de la zona norte de la ciudad.	72
Figura 3.30. Corte y carguío de roca suelta con excavadora Hyundai RX-500.	73
Figura 3.31. Conformación de terraplén, capas de 0.50m	74
Figura 4.1. Gráfica de barras de utilización diaria de equipos frente sur.	82
Figura 4.2. Gráfica de barras de utilización diaria de equipos frente norte.	82
Figura 4.3. Carguío altamente eficiente.	84
Figura 4.4. Equipos de corte y carguío correctamente dimensionados.	84
Figura 4.5. Acoplamiento de volquetes en puntos de carguío, ruta y puntos de descarga.	85
Figura 4.6. Acoplamiento de volquetes en puntos de carguío, ruta y puntos de descarga.	85
Figura 4.7. Aforo de DME´s	86
Figura 4.8. Resultados de porcentajes de tiempos durante una jornada de trabajo.	89
Figura 4.9. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.	90
Figura 4.10. Pruebas de densidad método de reemplazo de agua.	91
Figura 4.11. Cuneteo de volquete por falta de mantenimiento de vías.	92
Figura 4.12. Porcentajes de tiempos improductivos por factores.	93
Figura 4.13. Cancha de acopio para preparación de material para relleno.	94
Figura 4.14. Control interno de diseño de malla de voladuras.	95

Figura 4.15. Material grueso producto de una voladura bien controlada	95
Figura 4.16. Resultados de porcentajes de tiempos durante una jornada de trabajo del 21 al 26 de mayo del 2012.	96

## LISTA DE SIMBOLOS

CPM	Critical Path Method
EPC	Engineering, Procurement and Construction.
EDT	Estructura Desglosada de Trabajo
INEI	Instituto Nacional de Estadística e Informática
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PMBOK	Project Management Body of Knowledge Guide
PMI	Project Management Institute
CT	Cycle time
HT	Haul time
RT	Return time
DT	Dumping time
ST	Spotting time
DME	Depósito de material excedente
HM	Horas máquinas
GyM	Graña y Montero
ATS	Asignación de tarea segura.

## INTRODUCCIÓN

En el Perú, la industria de la Construcción ha adquirido una indudable importancia en el desarrollo económico del país, la construcción es el sector de mayor crecimiento en los últimos años. En el año 2012 la construcción ha presentado un crecimiento del 21,47% respecto al año 2011, lo cual exige que las empresas aumenten su competitividad y se encuentren en la búsqueda constante del buen desempeño de sus obras. Se estima mantener un crecimiento anual del 15% hasta el 2016 según estimaciones del INEI.

Vivimos en un mundo altamente competitivo y globalizado, donde la productividad de las operaciones juega un rol importante en cualquier proyecto, por consiguiente es necesario obtener o idear sistemas que nos permitan medirla en base a parámetros característicos de cada proyecto.

Actualmente existe una serie de técnicas y herramientas de planificación y control de obras que han ido evolucionando y perfeccionándose con el tiempo, cuya aplicación varía de acuerdo a la actividad que está destinado. En este informe se desarrolla dos de las nueve áreas de conocimiento, las de Alcance y el Tiempo del PMBOK, revalorando la importancia que tiene la etapa de planificación dentro del ciclo del proyecto (Inicio-Planificación-Ejecución-Control-Cierre) y la considera como fase fundamental para el éxito del proyecto.

El tema específico del informe surge a raíz de la necesidad de controlar y elevar la producción de la partida de movimiento de tierras en base al planeamiento y al control de la productividad de sus equipos, teniendo como factor característico el tiempo de cada ciclo de las operaciones. Estas operaciones se realizan para una minera importante dentro de nuestro medio en un megaproyecto y consiste en la construcción de una nueva ciudad. Es preciso resaltar que en este proyecto la partida de movimiento de tierras tiene una gran incidencia con respecto al costo total.

El objetivo principal de este informe es obtener un método sencillo de control y mejora de la productividad en base a la recopilación de información de campo sobre los tiempos de cada actividad, así se identificarán las causas que no permiten que nuestras operaciones sean óptimas, y así una vez identificadas

podremos tomar medidas que nos ayuden a eliminar o minimizar su incidencia en las operaciones con el fin de mejorar y elevar los rendimientos.

Este método brindará un mejor control de las actividades, ya que las divide en operaciones componentes, lo cual nos permitirá detectar los errores que podamos cometer. Este análisis es iterativo, por lo que se desarrolla un proceso de mejora continua que en nuestro caso se traduce en el aumento del rendimiento por ende la reducción del tiempo de ejecución.

Para el desarrollo del informe se ha recurrido a bibliografía relacionada con el tema, y otra parte se ha realizado en base a experiencias y análisis de las operaciones en campo, y con el asesoramiento de ingenieros especializados en la materia.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1 TEORÍA DE ADMINISTRACIÓN DE PROYECTOS DE ACUERDO AL PMI

El Project Management Institute a través de su publicación: Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos (PMBOK®, 2008), considera a la Administración de Proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas adecuadas con el fin tener un impacto favorable en el desarrollo del proyecto.

La guía del PMBOK® identifica ese subconjunto de fundamentos de la dirección de proyectos “generalmente reconocido” como “buenas prácticas”.

“Generalmente reconocido” significa que los conocimientos y prácticas descritos se aplican a la mayoría de los proyectos, la mayor parte del tiempo, y que existe consenso sobre su valor y utilidad.

“Buenas prácticas” significa que se está de acuerdo, en general, en que la aplicación de estas habilidades, herramientas y técnicas puede aumentar las posibilidades de éxito de una amplia variedad de proyectos. Buenas prácticas no significa que el conocimiento descrito deba aplicarse siempre de la misma manera en todos los proyectos; la organización y/o el equipo de dirección del proyecto son responsables de establecer lo que es apropiado para un proyecto determinado.

#### 1.1.1 Proyecto

El PMI define a un Proyecto como “un conjunto de esfuerzos temporales que se llevan a cabo para crear un producto, servicio o resultado único”. Según el PMBOK un proyecto tiene tres características fundamentales:

**Temporal:** Tiene un tiempo definido para su realización, tiene un inicio y un final. Esta nace con una idea que hace frente a una necesidad, se realizan los estudios (anteproyecto, pre-factibilidad, factibilidad y los estudios definitivos), seguidamente se realiza la ejecución del proyecto, y finaliza con la operación y el mantenimiento.

**Productos, servicios o resultados únicos:** Cada proyecto es único, pues existen muchos factores que diferencian los proyectos aparentemente similares, ubicación, clima, tipo de terreno, tiempo, entre otros.

**Elaboración gradual:** Cada proyecto se realiza paulatinamente mediante etapas, se establece una metodología de trabajo paso por paso, esto significa que los proyectos se avanzan gradualmente.

### 1.1.2 Administración de Proyectos

El PMBOK define a la administración profesional de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades de un proyecto para llegar a satisfacer los requisitos del producto. Para que se lleve a cabo esta dirección profesional de proyectos, se debe aplicar la integración de los procesos de la dirección de proyectos, donde tenemos el inicio, planificación, ejecución, seguimiento y control, y cierre.

Para llevar a cabo estos procesos se nombra un director de proyecto, el cual es el responsable de identificar los requisitos, establecer objetivos claros y alcanzables y satisfacer las demandas de calidad, alcance, tiempo, costo, y adaptar las especificaciones a las expectativas de los interesados.

La planificación, programación y el control de obras se encuentra dentro de este marco, puntualmente dentro del aspecto del Tiempo.

### 1.1.3 Áreas de conocimiento de la administración de proyectos

El PMBOK organiza los procesos de la administración de proyectos mediante una estructura que se conoce como "Áreas de Conocimiento", las cuales toman en consideración los puntos clave que deben ser tomados en cuenta en cada proyecto, ya que éstas abarcan las situaciones que afectarán directamente el proyecto, lo cual implica que todas deben ser cuidadosamente analizadas ya que una sola podría causar resultados catastróficos al proyecto, se podría decir que son la guía que se debe seguir para desarrollar un proyecto de manera controlada. Las áreas de conocimiento se dividen en nueve, las cuales se enumeran y a continuación se presenta una breve explicación de lo que cada una significa:

**Alcance:** Consiste en definir de manera precisa y detallada en que consiste el proyecto, los entregables y todos aquellos procesos que se deben de llevar a cabo para que se lleguen a materializar todos aquellos productos definidos. Se hace uso de la herramienta EDT (Estructura Desglosada del Trabajo) del proyecto que tiene como función principal la subdivisión de los principales productos entregables del proyecto, en unidades más pequeñas, las cuales resulten más sencillas de manejar.

**Tiempo:** Establece el programa, calendario de las entregas parciales y finales. La gestión del tiempo de un proyecto, incluye todos los procesos necesarios para lograr tener culminado el proyecto en el tiempo estipulado. Para el adecuado control del tiempo se desarrolla el cronograma del proyecto, mismo que se convierte en la base para el control de todas las actividades. El adecuado manejo y control del tiempo son fundamentales para un resultado satisfactorio en cualquier proyecto.

**Costo:** Se estima el presupuesto, costo y flujo de gasto. Como su nombre lo indica, se tratará el tema de los costos asociados al proyecto, este tema es fundamental y de una gran relevancia desde el inicio y hasta el fin del proyecto, ya que del adecuado control y manejo de los costos, dependerá en buena manera el éxito del proyecto.

**Calidad:** Establece los estándares que deben cumplirse. La gestión de la calidad entonces incluye todas las políticas, objetivos y las responsabilidades de calidad que debe cumplir el proyecto, para que este satisfaga las necesidades por las cuales se decidió desarrollarlo.

**Comunicaciones:** Se debe definir toda la información relevante y además quién genera esta y a quién y cómo se debe de transmitir. En esta área de conocimiento se encarga específicamente de asegurar la generación, compendio, distribución, almacenamiento, recuperación y destino final de toda la información que se genera alrededor de un proyecto. Los procesos de la Gestión de las Comunicaciones del proyecto, proporcionan los enlaces cruciales entre las personas y la información, necesarios para unas comunicaciones exitosas.

**Riesgos:** Se deben de identificar las amenazas, oportunidades y planes de contingencia. La gestión de riesgos tiene como objetivo fundamental la planificación de todas aquellas situaciones que podrían impactar positiva o negativamente al proyecto. La gestión de riesgos implica entonces planificación, identificación, análisis, respuesta y el seguimiento y control de estos eventos.

**Adquisiciones:** Se determinan las necesidades de contratación, insumos y como deben de manejarse para tener a tiempo cubiertas estos requerimientos. Se incluyen todos los procesos necesarios para comprar o adquirir los productos, servicios e insumos en general que se requieren para llevar a cabo el proyecto.

**Integración:** Se incluye en esta área los procesos y actividades necesarios para identificar, definir, combinar, unificar y coordinar los distintos procesos y actividades de la Dirección de Proyectos.

En la figura 1.1 se muestra las 9 áreas del conocimiento de la administración de proyectos, definidas en el PMBOK, además de los 44 procesos de la administración de proyectos las cuales se distribuyen en cada área de conocimiento.

#### 1.1.4 Grupos de procesos en la Administración de Proyectos

El PMBOK distingue 5 grupos de procesos, los cuales están relacionados con el ciclo de vida del proyecto, de esta forma los procesos interactúan de forma ordenada y conectados entre sí. Cuando un proyecto es muy grande, es común que algunos de los procesos se deban repetir para definir y satisfacer los requerimientos de los interesados.

En la Guía de los Fundamentos de la Administración de Proyectos del PMI, se muestran que los cinco grupos de procesos son:

**Iniciación:** Define o autoriza un proyecto o una fase de este.

**Planificación:** Define, clarifica los objetivos, y planifica la forma en que se desarrollará el proyecto, para cumplir con los objetivos.

**Ejecución:** En este grupo se integran los recursos necesarios para la realización de una actividad.

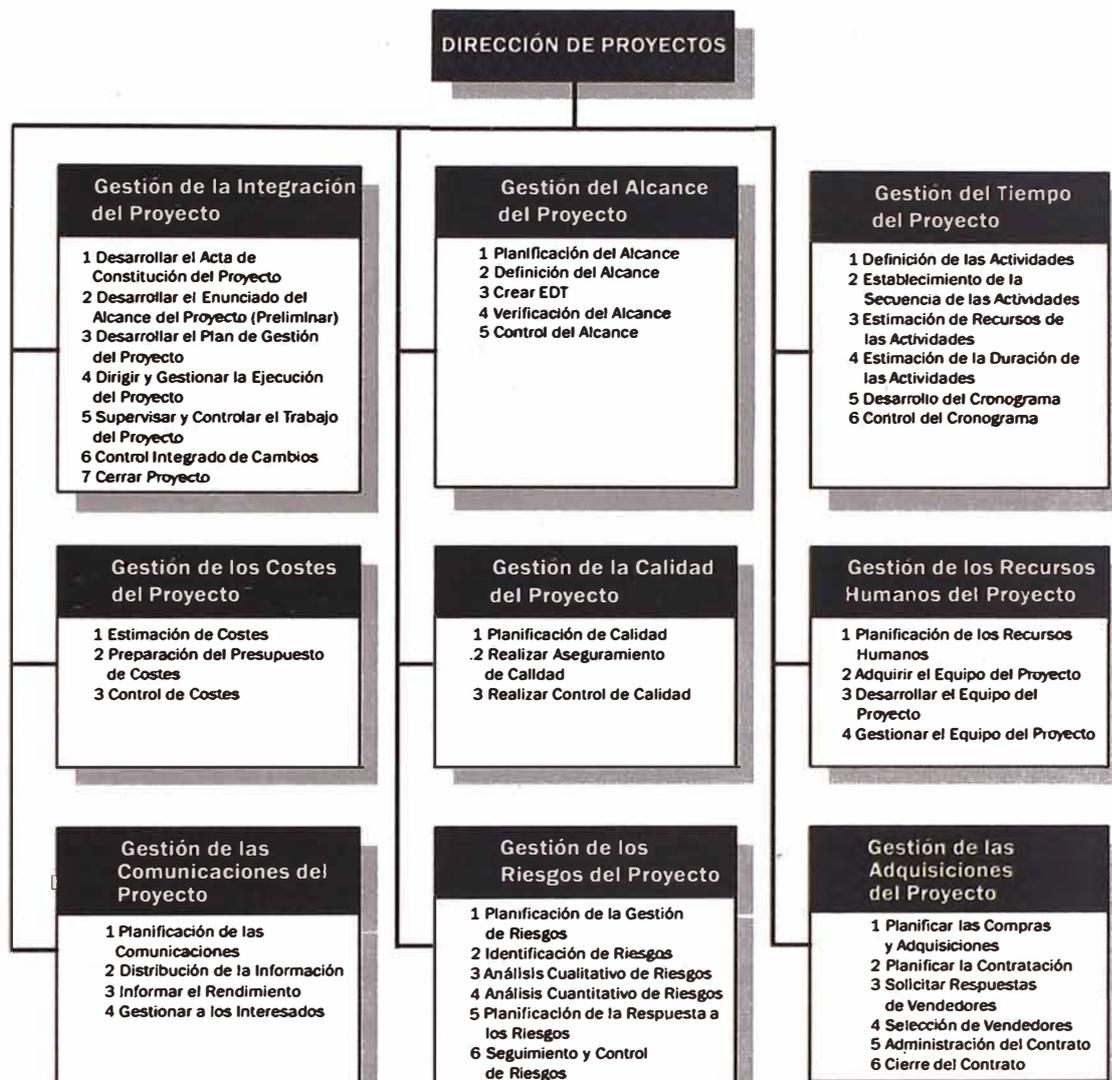


Figura 1.1: Las 9 áreas del conocimiento de la Administración de Proyectos

**Seguimiento y Control:** Este grupo encierra los procesos de medición y supervisión para determinar las variaciones, lo cual permite tomar las medidas correctivas para cumplir con los objetivos.

**Cierre:** Este grupo se encarga de formalizar el cierre mediante la aceptación del producto por parte del cliente. Puede aplicarse al finalizar el proyecto o una fase del mismo.

En la Figura 1.2 se muestra el ciclo de integración de los grupos de procesos de la Administración de Proyectos, las cuales comienzan con los procesos de iniciación de proyecto, procesos de planificación y los procesos de ejecución, estos dos últimos monitoreados continuamente por los procesos de seguimiento y control, esto cíclicamente hasta el fin del proyecto en donde se encuentra a los procesos de cierre de proyecto.

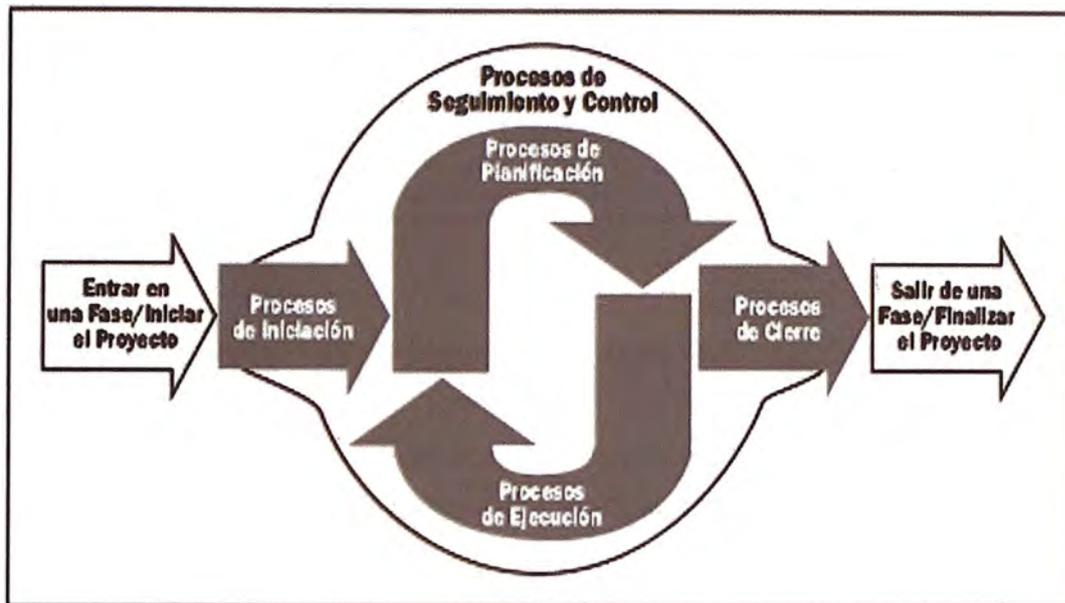


Figura 1.2: Grupos de Procesos de la Dirección de Proyectos

### 1.1.5 Ubicación disciplinaria del tema en estudio en el marco del PMBOK

El PMBOK hace referencia a la planificación y control de obras en dos áreas del conocimiento: la Gestión del Alcance y la Gestión del Tiempo. En el desarrollo del informe se seguirá todos los procesos especificados dentro de estas dos áreas de conocimiento del PMBOK, las cuales se muestran en el cuadro 1.1.

Cuadro N°1.1: Procesos por grupo, Gestión del Alcance y Tiempo

	Grupo de Procesos de Iniciación	Grupo de Procesos de Planificación	Grupo de Procesos de Ejecución	Grupo de Procesos de Seguimiento y Control	Grupo de Procesos de Cierre
<b>2. Gestión del Alcance del Proyecto</b>		2.1 Recopilar requisitos 2.2 Definir el Alcance 2.3 Crear EDT		2.4 Verificar el Alcance 2.5 Controlar el Alcance	
<b>3. Gestión del Tiempo del Proyecto</b>		3.1 Definir las actividades 3.2 Secuenciar las actividades 3.3 Estimar los Recursos de las Actividades 3.4 Estimar la Duración de las Actividades 3.5 Desarrollar el Cronograma		3.6 Controlar el Cronograma	

Fuente PMBOK 4ta Edición

## 1.2 PLANIFICACIÓN, PROGRAMACIÓN Y CONTROL DE OBRAS

La Gestión del Tiempo dentro del marco de la Dirección de Proyectos se divide en tres fases, Planificación, Programación y Control, en donde:

**Planificación:** Se establece los objetivos, define el proyecto y se organiza el equipo.

**Programación:** Se asigna las personas a cargo, se define el presupuesto de obra, se definen las actividades, así como se realiza una secuencia entre las actividades.

**Control:** Se supervisa, compara lo que se está haciendo con lo planificado.

La figura 1.3 describe a la planificación, programación y control de obras como un ciclo continuo el cual se desarrolla en todo el desarrollo del proyecto.

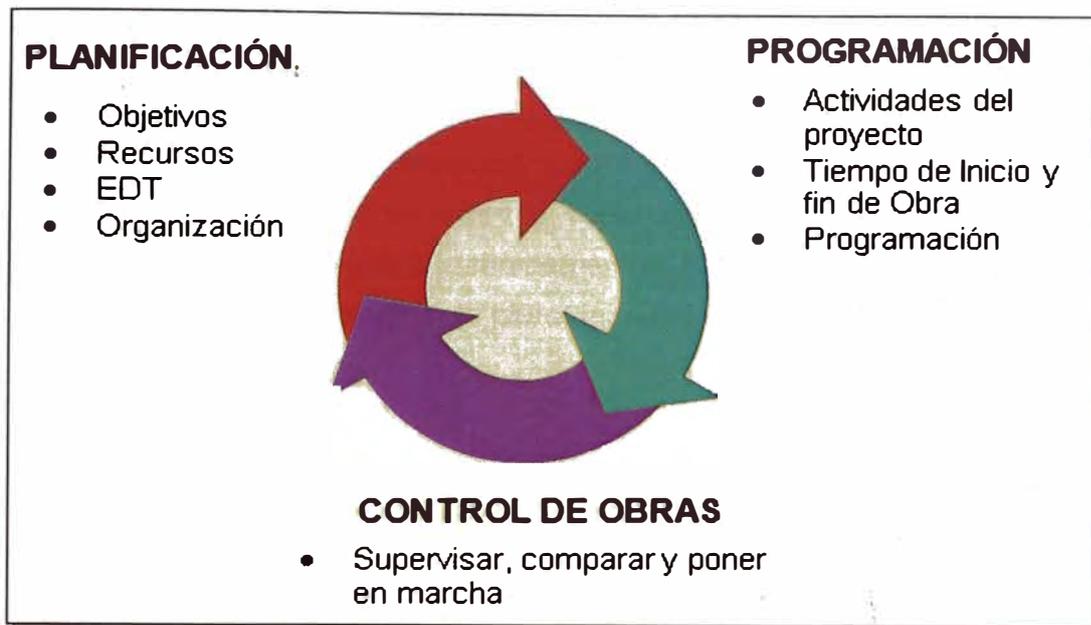


Figura 1.3: Planificación, programación y control de obras

### 1.2.1 Planificación de Obras

En esta etapa se define como se va a realizar el proyecto, para lo cual es necesario definir los recursos: la maquinaria, equipos, cantidad de mano de obra y el suministro de materiales.

La planificación es esencial para lograr el éxito de un proyecto con los parámetros de calidad, costos y el tiempo programado. Mientras más detallada sea el planeamiento menores problemas e imprevistos se presentaran en la obra.

Los aspectos que se deben conocer para la planificación de una obra son:

- a) **Especificaciones técnicas del proyecto y alcance del proyecto:**  
Conocer a detalle los documentos oficiales del proyecto como: Especificaciones técnicas, Presupuestos, Planos de Detalle, Estudios de Suelos, entre otros.
  
- b) **Condiciones del entorno del proyecto:** Conocer la disponibilidad de la mano de obra en la zona, disponibilidad de materiales, los recursos básicos cercanos a la zona de trabajo (agua, electricidad, alcantarillado,...), las condiciones físicas del terreno y topografía, conocer

los accesos, los medios de comunicación y operadores dentro de la zona de trabajo, condiciones climáticas del entorno, entre otros.

- c) Instalaciones administrativas y para el personal:** Definir la ubicación de las oficinas para los contratistas, supervisión. Las instalaciones en donde van a residir el personal (campamentos, hoteles, alquiler de casas, etc.) Los comedores, centros de entretenimiento para el personal de todos los niveles, entre otros.
- d) Instalaciones para el almacenamiento de materiales:** De acuerdo con las necesidades de los materiales según el programa de obra.
- e) Instalaciones de talleres de operación:** Incluye los diversos talleres de carpintería, preparación de aceros y otros. Los cuales deben estar ubicados estratégicamente a fin de disminuir tiempos de traslado y a su vez no interfieran con la circulación dentro de la obra.
- f) Instalaciones de servicio para los equipos y vehículos:** Se incluyen en este punto los almacenes de repuestos, los talleres de mantenimiento y reparación de equipos, las bombas de combustible y las zonas de estacionamiento y/o depósitos de equipos. El tamaño de las instalaciones depende del equipo, el número y las condiciones especiales si los hubiere.
- g) Caminos de acceso y de circulación:** Son esenciales para el correcto desarrollo de la obra, necesarios para el aprovisionamiento de materiales. Muchas veces se construye accesos provisionales, vías, puentes, etc.
- h) Instalaciones básicas:** Incluyen las instalaciones eléctricas, de agua, alcantarillado, de recolección de aguas de lluvias, desechos, etc. Es importante contar con instalaciones adecuadas, ya que así se evitan demoras y problemas durante la construcción.

## 1.2.2 Programación de Obras

Consiste en la elaboración de una red o un diagrama en el que se esquematicen todas las actividades en las que se divide el proyecto, explicando el tipo de relación entre una u otra así como también su duración previamente analizada, igualmente es el método más conveniente para adoptar en un proyecto, permite medir tiempos y situarlos en el calendario con el fin de asegurar el cumplimiento de todas las actividades dentro del plazo determinado.

## 1.2.3 Técnicas de Programación

Entre las principales técnicas utilizadas para la programación de obras tenemos a los diagramas de Gantt, el PERT y el CPM, Se ahondará en el tema del diagrama Gantt.

### Diagrama de Gantt

El diagrama de Gantt permite estructurar las actividades a realizar de manera gráfica y las distribuye en el tiempo. Las gráficas de Gantt usan unas barras horizontales que dimensionan la duración de las actividades en unidades de tiempo fijando fechas de inicio y de fin para estas actividades. Esta representación puede realizarse en diferentes niveles de agrupación, y de este modo se pueden visualizar etapas, grupos de actividades y sub actividades.

A partir de las gráficas se puede obtener más información, dependiendo de la simbología que se emplee. Así, las barras se pueden complementar por números que indiquen la cantidad de obra a ejecutar, por símbolos que indican algún hito, colores que indican actividades críticas, entre otros.

Los pasos para construir un diagrama de Gantt son los siguientes:

- Listado de actividades
- Orden cronológico de las actividades
- Determinación de tiempos
- Colocación de las barras en el esquema
- Determinación de los tiempos totales



## 1.3 INTRODUCCIÓN AL MOVIMIENTO DE TIERRAS

### 1.3.1 DEFINICIÓN:

Vale hacer la aclaración que el nivel de movimiento de tierras a tratar es el que normalmente se desarrolla en proyectos mineros o de gran envergadura, sobre los millones de metros cúbicos de material transportado. En este capítulo se hará una breve reseña sobre las actividades más resaltantes del movimiento de tierras masivo.

El movimiento de tierras es un proceso cuyo alcance se puede comprender mediante la desagregación de su misma denominación así:

- **MOVIMIENTO:** Incluye las siguientes actividades:

- Excavación.
- Carguío.
- Acarreo (transporte).
- Descargue.
- Extensión en un botadero o un terraplén.
- Compactación.

- **TIERRAS:**

Es un término genérico mediante el cual se denominan todos los materiales que es necesario mover durante el proceso constructivo. En este orden de ideas, la explotación de materiales, las excavaciones, los transportes, los terraplenes, y la disposición de materiales sobrantes en botaderos, son actividades todas pertenecientes al proceso de movimiento de tierras.

El término movimiento de tierras incluye una gama de actividades múltiples desde la nivelación para la construcción de un edificio, hasta las operaciones de corte y relleno en la construcción de una carretera, o en la explotación de una cantera; incluso también en la construcción de una presa de grandes dimensiones.

El equipo seleccionado para el movimiento de tierras debe ser capaz de completar el trabajo dentro del tiempo establecido en el contrato. Las unidades de acarreo deben tener la capacidad suficiente tanto en tamaño como en rapidez para mover el material y así poder cumplir con el trabajo requerido dentro del plazo acordado y a la vez obtener las ganancias esperadas. El equipo de carguío deberá ser capaz de excavar y cargar la cantidad requerida para completar el proyecto en el tiempo justo.

### 1.3.2 ESTADOS DE LOS MATERIALES DURANTE EL PROCESO.

Durante el proceso de movimiento de tierras es necesario reconocer los siguientes estados de los materiales:

- **En banco:** Es el estado en que se encuentra un material que no ha tenido ningún tipo de perturbación inherente al proceso.
- **Suelto:** Es el estado en que se encuentra un material que ha tenido, al menos, una perturbación generada por cualquiera de las actividades propias del proceso.
- **Compacto:** Es el estado en que se encuentra un material que ha tenido perturbaciones inherentes a la fase de compactación, bien sea durante la disposición del mismo en los botaderos, o en la construcción de terraplenes.

La siguiente tabla contiene un ejemplo ilustrativo de la forma como varían los parámetros característicos del proceso durante su desarrollo.

Cuadro 1.2: Parámetros de variación de volúmenes según estado del material.

concepto	banco	suelto	compacto
volumen	$V_{\text{banco}}$ 1,00 m <sup>3</sup>	$V_{\text{suelto}}$ 1,30 m <sup>3</sup>	$V_{\text{compacto}}$ 0,75 m <sup>3</sup>
humedad	12,0%	12,0%	12,0%
desperdicios	0	0	0
peso total	$P_{\text{banco}}$ 1700 kg	$P_{\text{suelto}}$ 1700 kg	$P_{\text{compacto}}$ 1700 kg
peso unitario	$\gamma_{\text{banco}}$ 1700 kg/m <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{suelto}}$ 1307 kg/m <sup>3</sup>	$\gamma_{\text{compacto}}$ 2266 kg/m <sup>3</sup>

### 1.3.3 EXPANSIBILIDAD.

Es el incremento porcentual de volumen entre los estados “en banco” y “suelto” con relación al estado en banco.

En forma de ecuación, este concepto puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{expansibilidad}(\%) = \frac{V_{\text{suelto}} - V_{\text{banco}}}{V_{\text{banco}}} \cdot 100$$

En vista de que normalmente el  $V_{\text{suelto}}$  es la incógnita, esta ecuación se puede expresar así:

$$V_{\text{suelto}} = V_{\text{banco}} \left[ 1 + \frac{\text{expansibilidad}(\%)}{100} \right]$$

En la anterior ecuación, el término entre paréntesis se denomina factor de expansión. En otros países se denomina “abundamiento” o “hinchamiento”.

### 1.3.4 COMPRESIBILIDAD.

Es la reducción porcentual de volumen entre los estados “en banco” y “compacto” con relación al estado “en banco”. En forma de ecuación, este concepto puede expresarse de la siguiente manera:

$$\text{compresibilidad}(\%) = \frac{V_{\text{banco}} - V_{\text{compacto}}}{V_{\text{banco}}} \cdot 100$$

En vista de que, normalmente, el  $V_{compacto}$  es la incógnita, esta ecuación se puede expresar así:

$$V_{compacto} = V_{banco} \left[ 1 - \frac{\text{compresibilidad}(\%)}{100} \right]$$

En la anterior ecuación, el término entre paréntesis se denomina factor de reducción. En otros países se denomina “enjutamiento”.

### 1.3.5 OPERACIONES BÁSICAS EN EL MOVIMIENTO DE TIERRAS

Las operaciones en el movimiento de tierras empiezan con la preparación del material que va a ser movido. Esto puede incluir aflojar o soltar el material por medio de una voladura o un escarificado. También puede incluir remover el exceso de humedad, por ejemplo en una carretera esto se realiza después de limpiar la capa vegetal superior.

Luego de aflojar o preparar el material se procede a excavar o cargar. Algunos equipos de construcción pueden hacer simultáneamente el trabajo de soltar y excavar en un solo movimiento integrado. Excavar es el primer paso en el movimiento del material desde su ubicación natural, aunque se haya movido cuando se soltó el material. El material debe tener una forma y tamaño manejable, este debe encajar o entrar en el cucharón del equipo de excavación y en la tolva del equipo de acarreo. En el caso de las voladuras, las mallas de perforación deben estar bien calculadas de manera que el material volado tenga las dimensiones apropiadas para que los camiones puedan trasladarlos correctamente sin sufrir desgastes mayores a los estimados.

Luego de la excavación el material es trasladado desde su punto original de ubicación al lugar donde se almacenará para su posterior uso. La distancia de traslado puede variar desde algunos metros a varios kilómetros, por ejemplo en la excavación para un canal de irrigación, el material excavado se utiliza en la construcción del mismo. En cambio en la construcción de carreteras o presas, el volumen que se maneja es mucho mayor y el traslado del material se realiza a mayores distancias. En el caso de la explotación de una cantera el material excavado es utilizado como materia prima para la fabricación de un producto final, como puede ser el cemento, por lo que las distancias dependen de la configuración de la cantera.

El término “cortar” significa remover el material desde su ubicación natural, y el término “rellenar” significa acarrear y descargar el material en el lugar indicado de acuerdo al tipo de obra. Algunas veces también estos términos se utilizan juntos como “corte y relleno” para describir la actividad conjunta de la utilización del mismo material, como se puede distinguir en el caso de construcción de carreteras.

El siguiente paso en la operación del movimiento de tierras es la descarga del material, que por lo general es vaciado para su uso final en un lugar específico. Si el material va a ser desechado, éste se vaciará y no se tocará nuevamente durante la construcción. Por otro lado si el material va a ser usado como relleno será descargado de tal forma que se pueda esparcir de una manera uniforme y compactado por otro equipo. O como se mencionó anteriormente, el material será utilizado para la fabricación de un producto.

En resumen, la operación del movimiento de tierras se caracteriza por:

1. Soltar o aflojar el material que va a ser excavado, por medio de voladuras u otros procedimientos.
2. Excavación del material en la cantera o en el lugar de trabajo.
3. Acarreo o transporte del material a su destino final.
4. Descarga del material en el relleno, terraplén o en el lugar indicado de acuerdo a especificaciones de la obra.
5. Provisión del acabado final al material de acuerdo a las especificaciones de la obra.

Algunos trabajos no incluyen las operaciones de esparcimiento y compactación. Y algunos materiales pueden estar listos para la excavación sin necesidad de soltarlos o volarlos. En la operación de las canteras, el procedimiento no incluye la provisión del acabado final ya que el material se procesará industrialmente para obtener el producto deseado.

### 1.3.7. EL CICLO DE TRABAJO DEL MOVIMIENTO DE TIERRAS

El ciclo de trabajo consiste en las operaciones repetitivas que el equipo realiza en el movimiento de tierras. El trabajo primario en la operación del movimiento de tierras es la excavación, el carguío, el acarreo, la descarga, y el regreso por la siguiente carga. Estos trabajos pueden ser realizados por un tipo de maquinaria o pueden ser hechos por dos o más máquinas trabajando en conjunto.

Por ejemplo, el material puede ser cargado, acarreado y descargado por una motoniveladora operando independientemente, o éste, puede ser aflojado por un tractor, cargado por un cargador frontal y acarreado y descargado por un volquete. Si el material va a ser utilizado como relleno, se desarrollará un ciclo de trabajo secundario. Este incluye el esparcimiento del material hasta llegar al espesor indicado, añadiendo cantidades de agua que permitan que el suelo llegue a su humedad óptima, y compactándolo con la densidad específica. Cada uno de estos pasos es hecho por diferentes equipos. Cada máquina tiene un ciclo de trabajo que depende de otro equipo del conjunto.

El común denominador para analizar un ciclo de trabajo es el Tiempo del Ciclo ("Cycle Time" o CT). Esto es real para un análisis económico del movimiento de tierras, porque el costo de mano de obra y del equipo está principalmente relacionado con el tiempo.

El Tiempo de Carguío (Load Time o LT) es el tiempo total que toma para llenar la unidad de acarreo. Es el tiempo que se requiere para llenar a su máxima capacidad la tolva del camión. Este tiempo depende de la condición de la tierra o de la roca, el tamaño del cucharón, las cuchillas o uñas, la capacidad de la tolva, el método que se utiliza para cargar el material y las eficiencias operativas del equipo. El tiempo de carguío es controlable.

El Tiempo de Acarreo (Haul Time o HT) es el tiempo que toma acarrear el material desde el punto de carga hasta el punto de descarga. Este varía de acuerdo a la distancia de acarreo, de acuerdo a la condición de la vía, la potencia del equipo, entre otras. Las distancias de acarreo pueden variar indistintamente, las velocidades de viaje varían con la potencia, las condiciones de trabajo, y la condición y perfil de la ruta de acarreo. La distancia de retorno para un equipo vacío es prácticamente la misma que la distancia que se recorre cuando el equipo está lleno. En definitiva, el perfil del camino de acarreo puede cambiar y las velocidades de viaje de una unidad vacía pueden ser ligeramente diferentes, por

consiguiente el Tiempo de Retorno (Return Time o RT) del camión vacío va a ser considerado.

Otro componente del tiempo del ciclo de movimiento de tierras, es el Tiempo de Descarga (Dumping Time o DT). Este tiempo depende de las condiciones del material, si éste está seco y suelto, o pegajoso. El tiempo de descarga está influenciado por el tipo de equipo y por el método de descarga. Si va a ser descargado en un solo lugar, si va ser esparcido bruscamente, si va a ser esparcido cuidadosamente, o simplemente si se va a acopiar el material de manera desordenada; en cualquiera de estos casos el tiempo de descarga es solamente una pequeña fracción del total del ciclo.

Cuando la unidad de acarreo regresa hacia la zona de carguío por la siguiente carga, el cargador puede estar ocupado cargando a otra unidad de acarreo. En muchos casos la unidad de acarreo se verá obligada a hacer línea o "cola" en espera de su turno de carga. Si este tiempo es considerado, es asumido como un tiempo fijo conocido como Tiempo de Espera (Spotting Time o ST). Entonces:

$$CT = LT + HT + DT + RT + ST$$

La unidad de tiempo que generalmente se usa para el análisis del trabajo de los equipos de construcción es el minuto. El tiempo de carga y descarga de material son generalmente considerados como tiempos fijos, porque estos son casi constantes en relación con el tiempo que requiere el acarreo y el retorno. Partes del HT y del RT como la aceleración, deceleración, frenado y volteo son considerados también como tiempos fijos.

## CAPITULO II: PRODUCTIVIDAD

En el presente capítulo trataremos todo lo relacionado con los conceptos de la productividad, los cuales utilizaremos posteriormente al momento de obtener el rendimiento y la productividad de los equipos que se emplean en el ejemplo del informe.

### 2.1. CONCEPTOS BÁSICOS

Productividad es el cociente de la división de la producción entre los recursos empleados para lograr dicha producción.

$$\text{Productividad} = \text{Cantidad producida} / \text{Recursos empleados}$$

La productividad también puede definirse como una medición de la eficiencia con que los recursos se administran para completar un producto específico, dentro del tiempo establecido y con la calidad acordada. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve transportar volúmenes de gran magnitud sin que se tengan buenos accesos o lo que sería peor presentar falta de depósitos de material excedente DME. La Figura 2.1 indica la relación entre eficiencia (buena utilización de los recursos), efectividad (cumplimiento o logro de las metas deseadas) y productividad. Es necesario que las empresas o los proyectos de construcción se ubiquen en el cuadrante de alta eficiencia y alta efectividad ya que así se logrará una alta productividad.

Para que se logre llegar a un trabajo productivo deben estar comprometidos todos los niveles de la organización, tanto en su accionar interno como en su interacción con el entorno, ésta debe dar las condiciones y recursos para que los grupos de trabajo trabajen de manera productiva. A la vez los grupos de trabajo deben apoyar a cada individuo que conforma el grupo tanto en condiciones como en recursos para que finalmente estos aporten sus habilidades y actitudes obteniendo así una alta producción en las tareas específicas que desempeñan

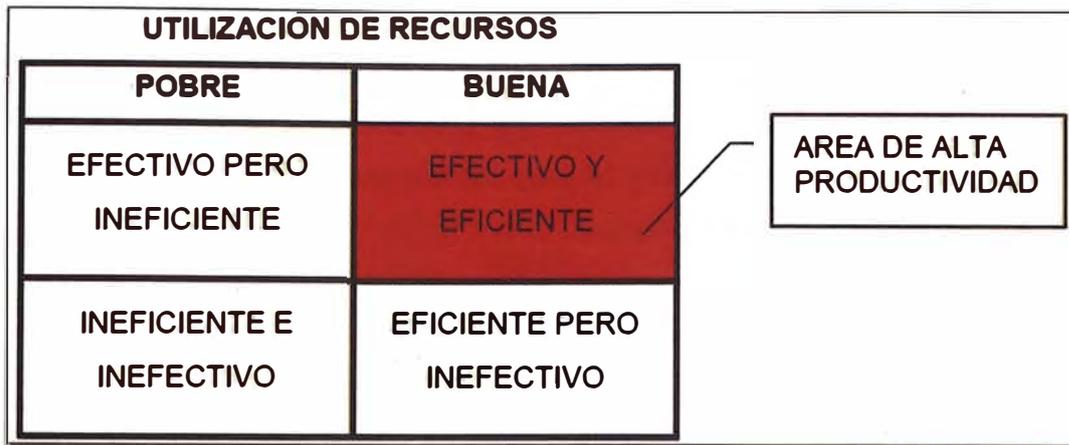


Figura 2.1: Relación entre eficiencia, efectividad y productividad.

Para el caso de un proyecto en una obra civil-minera el gerente o director es quien debe lograr una organización productiva, él es quien debe proveer los recursos y capacidades necesarias para ejecutar las obras, la dirección, planificación y control de estos recursos y de todo el proceso. A su vez, los grupos de trabajo, deben contar con una adecuada dirección y con el personal apropiado para cumplir con sus tareas, deben ser bien conformados y balanceados sobre la base de las capacidades requeridas y deben contar con los recursos necesarios, entre otras cosas. Finalmente, los trabajadores se desempeñarán de forma productiva, si cuentan con la capacitación necesaria, están debidamente motivados y no están restringidos por factores externos en la ejecución de sus tareas. La Figura 2.2 resume los conceptos aquí descritos.

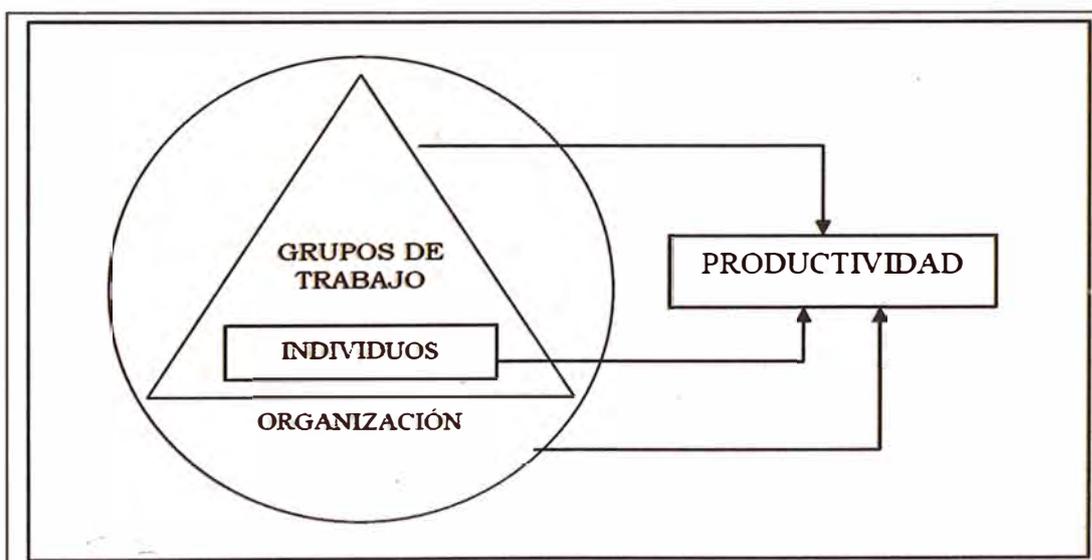


Figura 2.2: Organización y productividad

La productividad sufre constantemente un proceso de transformación, tal como se indica en la Figura 2.3. Al proceso ingresan recursos para dar un servicio o producir un bien y luego a través del proceso obtener un producto o servicio cumplido. En una obra civil- minera para el caso de movimiento de tierras los principales recursos que se utilizan en el proyecto son los siguientes:

- Los materiales (repuestos, combustibles, explosivos, etc.)
- La mano de obra
- La maquinaria y equipos

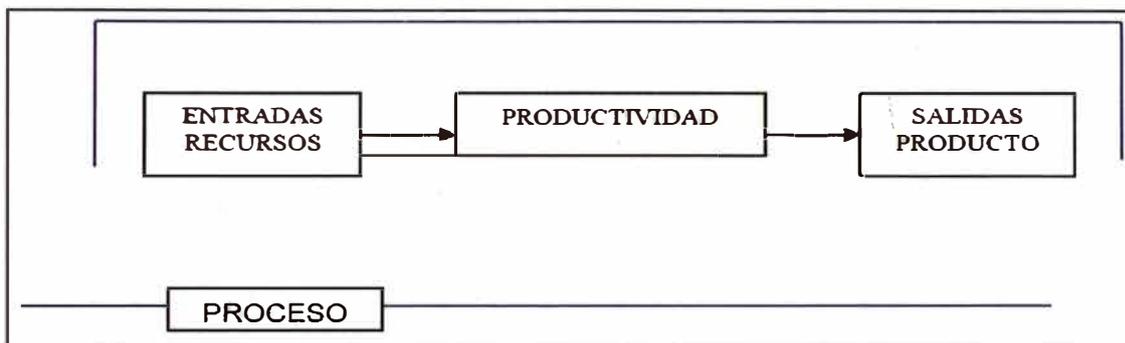


Figura 2.3: Proceso y productividad

Considerado estos recursos podemos definir las siguientes productividades:

**1. Productividad de los materiales:** Planificar adecuadamente las cantidades de los diversos materiales que se utilizaran y contar con ellos en el momento oportuno pero sin aumentar el stock.

**2. Productividad de la mano de obra:** La mano de obra en esta operación la conforman básicamente los operadores de los equipos. De la habilidad de estos, depende en gran medida, su producción y el rendimiento.

**3. Productividad de la maquinaria:** Es un factor crítico, de ellas depende la producción y en gran medida la productividad de los otros recursos.

La Figura 2.4 resume los principales tipos de productividad en el movimiento de tierras de una obra cuando este es requerido. La maximización de las anteriores determina la productividad general de la gestión de una obra.

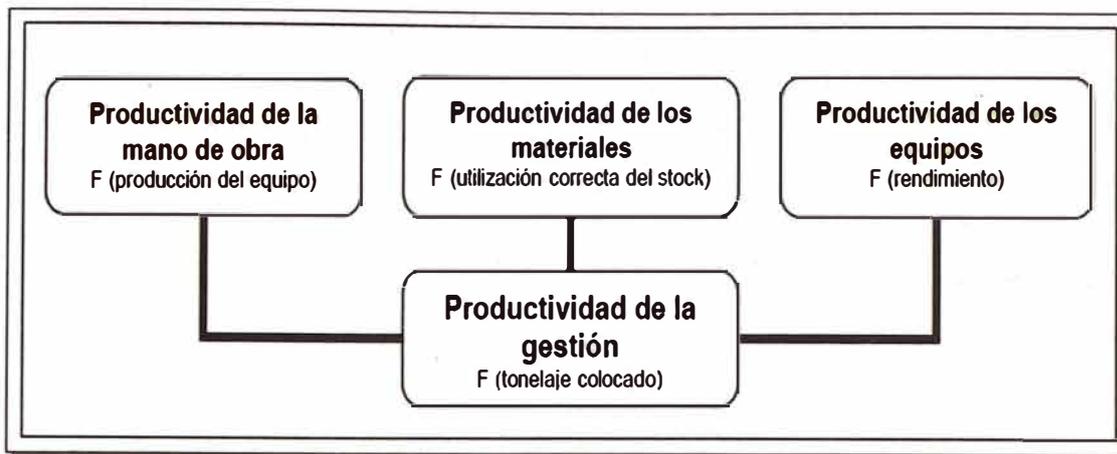


Figura 2.4: Tipos de productividad

Existen diversos factores que afectan la producción del equipo, el rendimiento de la mano de obra (tanto en los operadores como en el personal que trabaja en campo), la utilización de los materiales. Es decir, estos factores influyen sobre la productividad de la obra tanto positiva como negativamente. La función de la administración de la obra es lograr identificar los factores con mayor incidencia sobre la productividad de la misma para luego incrementar las incidencias de los factores positivos y disminuir los negativos.

Es importante comprender que la productividad posee gran cantidad de elementos, los cuales la hacen extremadamente compleja. Para lograr una buena productividad es necesario que todos los involucrados aporten, es decir, todos aquellos que tengan que ver con la ejecución del trabajo. Los más importantes son: cliente, contratista, mano de obra y proveedores. De estos, el que tiene un mayor impacto es sin duda el dueño ya que dependiendo de sus actitudes impulsará el esfuerzo de los otros participantes logrando así la satisfacción de su cliente.

Lamentablemente en algunos casos el dueño ha influenciado negativamente privilegiando el precio como un criterio de adjudicación de los proyectos que realizan, sin considerar el desempeño de las empresas que postulan.

En el caso de la mano de obra es necesario que estén presentes tres elementos:

- El obrero debe **“desear”** hacer un buen trabajo, esto se encuentra relacionado con la motivación y la satisfacción en el trabajo.

- El obrero debe **“saber”** realizar un buen trabajo, lo que implica una buena capacitación y entrenamiento.
- El obrero debe **“poder”** realizar un buen trabajo, lo que implica una buena labor de la administración siendo esta última eficiente y efectiva.

La falta de alguno de estos elementos o la falla de los mismos hace que la productividad se vea afectada generando un efecto proporcional a la severidad de la deficiencia existente.

## 2.2. EL TRABAJO

Según Alfredo Serpell “El trabajo es la expresión final o la demostración de la acción de la administración”. Los elementos básicos del trabajo son:

### a. Personal:

- Aporta con sus habilidades o capacidades, como por ejemplo, la destreza con la que se opera el equipo.
- Demanda satisfacción de deseos y necesidades, como por ejemplo, la necesidad de superación tanto personal como profesionalmente.

b. Materiales necesarios para la ejecución del trabajo, por ejemplo, herramientas e implementos de seguridad.

### c. Ubicación:

- Accesibilidad a la obra, puede ubicarse dentro de la ciudad como en zonas aledañas.
- Entorno de la obra, este aspecto está relacionado con las características geográficas de la zona de la obra.

d. Herramientas y equipos requeridos, relacionado específicamente con la maquinaria pesada y su mantenimiento.

### e. Información:

- Técnica,

- De gestión o administración.

El trabajo se puede clasificar de la siguiente manera:

**2.2.1. Trabajo Productivo:** Es todo trabajo que aporta en forma directa la producción, por ejemplo, transportar material preparado en óptimas condiciones de humedad directamente a la plataforma de relleno, explotar canteras para extraer material competente para satisfacer la necesidad de los rellenos.

**2.2.2. Trabajo Contributorio:** Es el trabajo de apoyo, que debe ser realizado para que pueda ejecutarse el trabajo productivo. Son actividades aparentemente necesarias pero no aportan valor; es una pérdida de segunda categoría. Por ejemplo, recibir o dar instrucciones, limpieza de los vehículos, el mantenimiento de las vías, pruebas de control de calidad con densímetro nuclear, etc.

**2.2.3. Trabajo No Contributorio:** Cualquier actividad que no genera valor y que cae directamente en la categoría de pérdida. Son actividades que no son necesarias, tienen costo y no agregan valor. Ejemplo, descansos, trabajos rehechos, esperas, etc.

La productividad del trabajo, se mide en relación con el contenido de trabajo productivo, por lo que la clasificación previa de los 3 tipos de trabajos que existen debe ser lo más preciso posible, de manera que ningún tipo de trabajo no contributorio pase desapercibido y no se pueda ejercer un control sobre él. Cabe resaltar que a medida que el tiempo utilizado en trabajos no contributorios aumenta, el tiempo disponible para realizar trabajos productivos disminuye, lo cual afecta negativamente a la productividad de la obra.

Entre las actividades no contributorias tenemos:

- Esperando instrucciones
- Espera y retiro de herramientas
- Esperando por repuestos
- Solicitando equipo
- Esperando equipo

- Interrupciones personales
- Esperando por inspección o por muestreo de material
- Esperando por proyecto
- Esperando por falta de acceso

Estas actividades ocurren por deficiencias en la dirección de la obra, el personal, el sistema de trabajo, el tipo de proyecto, y las condiciones ambientales y de seguridad. Estos elementos a la vez establecen el ritmo o velocidad de la obra, por lo que tienen que ser mejorados de manera que la operación sea cada vez más eficiente.

Al presentarse un problema de productividad se va a tratar de buscar al responsable, generándose un flujo de culpabilidad en el que interviene el dueño, el constructor y los trabajadores, lo cual oculta los problemas e impide una solución oportuna.

Una manera de contrarrestar este problema es contar con la documentación adecuada en la cual se especifique la labor de cada uno de los involucrados, además de tener una buena planificación del trabajo en los distintos niveles que sirva de referencia para analizar la información de control, la cual, debe ser confiable y lo más actualizada posible. Es indiscutible que se deben buscar soluciones constructivas en concordancia con los involucrados, buscando la cooperación de todos y evitando que se generen posteriores resentimientos.

### **2.3. FACTORES QUE AFECTAN LA PRODUCTIVIDAD**

Debido a la complejidad del trabajo existen múltiples factores que afectan la productividad en la construcción, entre los más importantes tenemos:

#### **2.3.1. Factores que tienen un efecto negativo sobre la productividad**

Son factores que influyen negativamente a la productividad como por ejemplo:

1. Cansancio por sobre tiempos
2. Errores en las indicaciones del cliente

3. Cambios durante la ejecución del trabajo
4. Complejidad en la ejecución del trabajo
5. Congestionamiento del tránsito debido a la gran cantidad de unidades
6. Falta de supervisión del trabajo
7. Material a transportar mal volado o en tamaños inadecuados para su transporte
8. Condiciones climáticas inadecuadas
9. Malas condiciones en la zona de trabajo, como la escasez de iluminación
10. Excesiva rotación del personal
11. Falta de materiales, equipos y herramientas cuando se necesitan
12. Elevada tasa de accidentes
13. Falta de personal capaz
14. Niveles de desempleo en el país
15. Controles excesivos de parte de la administración, lenta toma de decisiones
16. Excesivas exigencias de control de calidad
17. Interrupciones no controladas (ida a los servicios, café, etc.)

### **2.3.2. Factores que afectan positivamente a la productividad**

Algunos de los factores que ayudan a mejorar la productividad son los siguientes:

1. Capacitación del personal
2. Seguridad en obra
3. Innovación de técnicas de operación del equipo
4. Planificación adecuada
5. Programas de motivación del personal
6. Adecuado mantenimiento de los equipos
7. Diseños de vías y zonas donde el trabajo se realiza con mayor comodidad
8. Mejor fragmentación de la roca volada
9. Comunicación constante entre la supervisión y obreros
10. Planificación adecuada del mantenimiento de los equipos
11. Nivel adecuado de formación de los obreros
12. Estimular un sano nivel de competencia entre los obreros
13. Utilización de programas de cómputo para simular la operación y analizar los resultados
14. Controlar la eficiencia en obra, realización de muestreos y sondeos

Conocidos algunos de los factores, la labor del administrador de la obra debe ser la de incrementar los factores positivos, disminuyendo así, los efectos negativos, identificándolos oportunamente.

Las categorías en las que estos factores afectan a la productividad son los siguientes:

- Trabajo lento: Debido a factores como la desmotivación en el grupo, falta de interés, fatiga, condiciones climáticas, etc.
- Esperas y detenciones: Debido a falta de equipos, repuestos que no se tienen en stock, atoros en la chancadora, etc.
- Trabajo inefectivo: Cambio de labores en el obrero, improvisación de trabajos no definidos con anterioridad
- Trabajo rehecho: Perforaciones mal hechas, realización de voladura secundaria.

Es importante establecer que la productividad incluye trabajos de calidad, en muchas ocasiones nos fijamos solamente en producir cada vez mas y descuidamos lo que a la calidad se refiere. La consecuencia inmediata de esto, es que se tendrá que rehacer el trabajo ocasionando pérdidas, debemos trabajar sin descuidar el tiempo, el costo y la calidad.

## **2.4 Causas de pérdidas de productividad**

Las causas que provocan pérdidas de productividad son las siguientes:

- Ineficiencia en la administración
- Métodos inadecuados de trabajo
- Grupos y actividades de apoyo deficientes
- Problemas de seguridad
- Inapropiados sistemas de control
- Falta de recursos (factor humano)
- Problemas de diseño y planificación

Cada una de estas causas tiene a su vez un subconjunto de factores que las determinan. Estos factores se describen a continuación.

#### **2.4.1 Ineficiencia de la administración**

Entre las principales deficiencias tenemos:

- La falta de supervisión o la baja relación supervisor / empleado, los supervisores deben manejar un número apropiado de obreros, no excederse.
- Una mala organización puede originar problemas de comunicación y coordinación.
- Incapacidad de supervisores y administradores de la obra.
- Mala planificación efectuada por personas que no se encuentran en la capacidad de coordinar y proyectar la ejecución de la obra, generalmente el capataz es quien realiza esta labor, en muchos casos no sabe hacerlo correctamente.
- La falta de planificación lleva en muchos casos a una falta de control.
- El atacar los problemas de manera temporal y sólo cuando se presentan, hace vulnerable a una obra, por otro lado, en algunos casos, los supervisores o jefes de campo se encuentran agobiados con las tareas administrativas, lo cual se refleja en el campo.

#### **2.4.2 Métodos inadecuados de trabajo**

Dentro de esta categoría, las principales deficiencias se encuentran en las siguientes áreas:

- Falta de técnicas para un mejor aprovechamiento de los recursos, maneras inadecuadas de utilizar los equipos.
- Falta de implementación de equipos adecuados para la obra.
- Mentalidad “cerrada” para escuchar otras propuestas para la ejecución de trabajos.
- Poca experiencia de parte de los que dirigen el proyecto (supervisores).

- Falta de comunicación entre los que ejecutan directamente (obreros) y la jefatura. En algunos casos esto empeora ante la ausencia del supervisor en el campo.

### 2.4.3 Grupos y actividades de apoyo deficientes

Generalmente los problemas en los grupos de apoyo tienen relación con la disponibilidad de recursos, entre los principales problemas tenemos:

- Bajo rendimiento en el área de mantenimiento de los equipos, escasez de equipos, muchos equipos parados por reparación.
- Bajo presupuesto en las distintas áreas, áreas olvidadas.
- Falta de recursos por razones de mercado, en muchas ocasiones no hay determinado repuesto el cual se tiene que importar directamente desde fábrica en el extranjero.
- Mala planificación del mantenimiento de los equipos (recursos), falta de proyección en el mantenimiento.
- Pobre plan de contingencia ante un problema inesperado.
- Logística deficiente, pobre capacidad de reacción y mal organizada.
- Inadecuada ubicación de las instalaciones, el almacén de repuestos de alta rotación no debe quedar alejado de donde trabajan los equipos.

### 2.4.4 Problemas del recurso humano

El recurso humano presenta las siguientes deficiencias:

- Falta o deficiente capacitación, lo que se refleja en la calidad del trabajo, lentitud en la operación de los equipos, en muchas ocasiones un mal manejo de los equipos no solo afecta en la producción, si no que puede dañar al mismo.
- Poca motivación de los trabajadores, la ausencia de satisfacción en el trabajo afecta en su desempeño.
- Las deficientes condiciones de seguridad del entorno hacen que el obrero baje su rendimiento.
- Carencia de asignación de labores, el que una persona no tenga una labor definida inestabiliza al mismo.

- Ninguna utilización de la experiencia personal en la obra.
- Problemas de comunicación, falta de capacidad de comunicación en los obreros para expresar sus dudas o sugerencias.
- Bajo rendimiento por problemas personales, falta de asistencia social.

#### **2.4.5 Problemas de seguridad**

La seguridad en obra es un factor importante, los accidentes generan pérdidas materiales y peor aún, pueden ocasionar pérdidas humanas. Como ya se mencionó anteriormente, el que no haya un adecuado control y plan de seguridad hace que el desenvolvimiento del obrero se vea afectado negativamente, bajando su rendimiento.

Es necesario que toda obra cuente con una persona que tenga bajo su responsabilidad la seguridad de las mismas, que tome las medidas necesarias y que logre un clima seguro en el que el obrero se sienta protegido ante cualquier eventualidad

#### **2.4.6 Inapropiados sistemas de control**

En la construcción, se utilizan sistemas de control que descuidan la parte productiva y se focalizan más en analizar los costos de las obras, comparando los costos reales con los presupuestados.

Entre las principales deficiencias tenemos:

- La información no es correctamente difundida, incluso puede ser distorsionada. Cuando se dan estos casos las soluciones demoran en darse.
- No se identifica con claridad los errores que se presentan en obra.
- Al no mostrar los problemas de productividad estos no se identifican y jamás se corrigen.
- Desinformación total de lo que ocurre en obra.
- Incapacidad del personal a cargo de esta área.

## CAPITULO III: ANÁLISIS Y PLANEAMIENTO DE LA OBRA

### 3.1. GENERALIDADES

El presente capítulo detalla a grandes rasgos el proyecto en estudio y consideraciones tomadas en cuenta para la elaboración del Cronograma General de Obra del EPC "Ciudad Nueva Fuerabamba".

En el Cronograma General de Obra al cual llamaremos en adelante PMS (Plan Master Schedule), se muestra la estructura aplicada y las distintas actividades para cada una de las fases del EPC

El proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba se ubica entre las provincias de Cotabambas y Grau, Departamento de Apurímac, a 208 Km. de la ciudad del Cusco. La construcción estará a cargo de la contratista GyM del grupo Graña y Montero.

El objetivo del proyecto es poder reubicar a la población de la actual comunidad de Fuerabamba compuesto por 13 barrios dispersos y así poder dar inicio a la extracción del cobre que se encuentra en las zonas aledañas a ésta.

Se atenderá la necesidad de vivienda y servicios básicos para 436 familias. Estas familias contarán con lotes de 500 m<sup>2</sup> en 5 prototipos de vivienda para las familias residentes y lotes de 250 m<sup>2</sup> con 2 prototipos para las familias retornantes.



Figura 3.1 Modelo 3D de la ciudad con distribución de viviendas.

Para lograr dicho fin se requiere ejecutar trabajos de movimiento de tierras masivos, habilitación urbana y construcción de viviendas, así como edificios no residenciales. Nuestro estudio como ya anteriormente se mencionó, enfocará y analizará el movimiento de tierras masivo que en grandes términos consta de 5.2 millones de metros cúbicos de corte y 2 millones de metros cúbicos de relleno (datos obtenidos según los últimos levantamientos topográficos y con última información entregada por el cliente),

Debido a la mayor incidencia del movimiento de tierras dentro del proyecto y además debido a su incertidumbre y variabilidad requiere actualización constante, control exhaustivo y orden en la documentación para que el planeamiento de esta área pueda ser lo más confiable posible.

La Nueva Ciudad de Fuerabamba se asentará en un terreno baldío adquirido por la empresa Xstrata Copper en la localidad de Chila, entre las localidades de Challhuahuacho y Haqaira. Este terreno tiene una extensión de 1.2 Km de largo a media ladera de un cerro como se aprecia en la figura 3.2 y sobre el cual se conformarán 6 plataformas para viviendas.



Figura 3.2 Ubicación del terreno donde se construye la Ciudad Nueva Fuerabamba.

Para la conformación de las 6 plataformas escalonadas en el ancho de 1.2 Km el movimiento de tierras involucra grandes cantidades de material a mover, producto del desarrollo de las actividades de corte y relleno.

La excavación se concentra en la parte alta a la que denominaremos Sector Oeste. En dicha zona se irá descendiendo en banquetas de 7 m de altura por 3 metros de ancho con una proporción de talud H:V=1:2 hasta llegar a la cota de la primera plataforma, las cuales tienen un ancho promedio de 50 metros en la dirección oeste-este.

La parte baja de la ciudad se denominará Sector Este, que está separada del Sector Oeste por un talud amplio llamado Bandejón Central, que se puede apreciar como una línea verde en la figura 3.3.



Figura 3.3 Modelo 3D del proyecto solo plataformas.

El Sector Este se caracteriza por que casi en su totalidad se ejecutarán actividades de corte para mejoramiento, reemplazo por mejoramiento y rellenos masivos controlados y rellenos estructurales para obtener los niveles de plataformado según la configuración de la ciudad.

Con respecto al ancho de la ciudad dividiremos la ciudad en 02 zonas a las cuales denominaremos zona norte y zona sur, los cuales serán los frentes principales de la ciudad para el movimiento de tierras.

La actividad de movimiento de tierras tuvo variaciones importantes durante el tiempo de ejecución de la obra, pues partió de una ingeniería muy básica, que conforme se fue desarrollando a mayor detalle y descubriendo las características del terreno de fundación se fue aclarando la principal incertidumbre, que generaba la mayor variabilidad del planeamiento.

Por tanto, se tuvo tantos planeamientos como cambios y definiciones se tuvo bajo la marcha, pues este es uno más de los tantos proyectos del tipo fast track (vía rápida) que se vienen realizando en los últimos tiempos.

En esta oportunidad desarrollaremos las bases para el planeamiento y programación del proyecto en general, dentro de esto pasaremos rápidamente a explicar todo el flujo de información y comunicación para lograr el control del tiempo a través del PMS (Plan Master Schedule), para luego profundizar en la interacción necesaria entre las áreas de producción y planeamiento para poder desarrollar el planning de Movimiento de Tierras en donde se vuelcan todas las experiencias obtenidas de distintos proyectos con lo cual se puede brindar ciertos rendimientos y secuencias constructivas para el desarrollo del plan de movimiento de tierras.

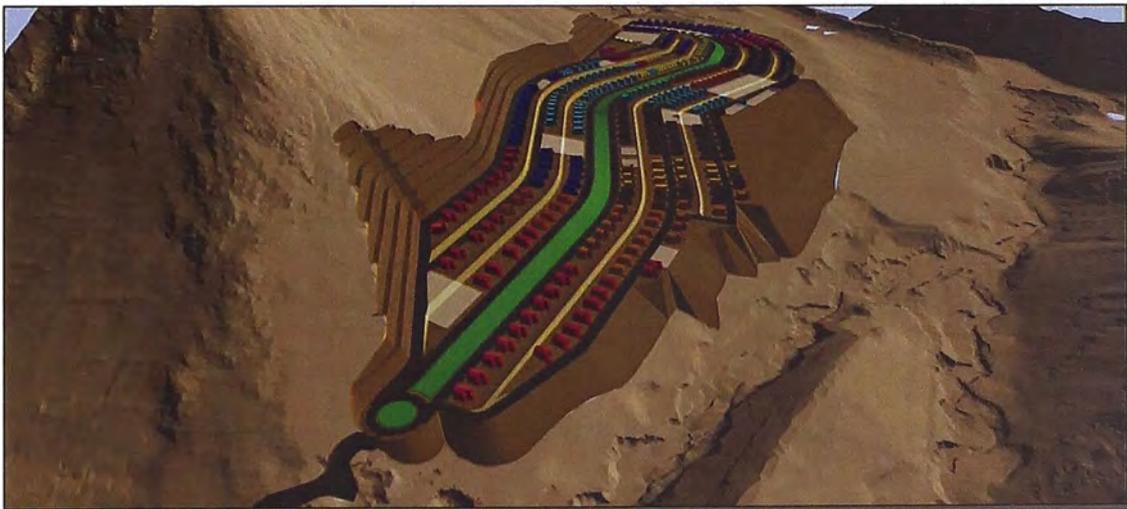


Figura 3.4 Modelo 3D vista lateral de la futura ciudad Nueva Fuerabamba.

### 3.2. BASES Y ESTRUCTURA DE LA PROGRAMACIÓN

Las presentes Bases de Programación muestran las consideraciones y criterios de programación del PMS entregado el 15 de Mayo del 2012, se están considerando 436 casas, las cuales se están dividiendo en 25 entregas de viviendas, teniendo como fecha de término de las viviendas el 24 de Agosto del 2013.

### 3.2.1. WORK BREAKDOWN STRUCTURE (WBS).

El proyecto es un EPCM, por lo que se ha desarrollado un WBS que involucra a todas las fases de la EPCM.

En el cronograma presentado se han considerado ocho facilidades (Hitos del Proyecto, Ingeniería, Procura, Contratos, Construcción – Campamento de Obra, Construcción – Ciudad NFB, Comisionamiento y Puesta en Marcha), tal como se muestra en la siguiente figura:

Activity ID	Activity Name	Original Duration	Start	Finish
PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL	941	06-Dec-10 A	25-Sep-13
+	PMSNFB_120515-4.H HITOS DEL PROYECTO	541	06-Dec-10 A	25-Sep-13
+	PMSNFB_120515-4.I INGENIERIA	480	13-Dec-10 A	13-Jun-12
+	PMSNFB_120515-4.P PROCURA	624	29-Jan-11 A	21-Dec-12
+	PMSNFB_120515-4.S CONTRATOS	421	24-Nov-11 A	23-Feb-13
+	PMSNFB_120515-4.X CONSTRUCCION - CAMPAMENTO DE OBRA	437	05-Feb-11 A	21-Jun-12
+	PMSNFB_120515-4.C CONSTRUCCION - CIUDAD NFB	850	10-Mar-11 A	25-Sep-13
+	PMSNFB_120515-4.M COMISIONAMIENTO	443	23-May-12	24-Aug-13
+	PMSNFB_120515-4.F PUESTA EN MARCHA	250	22-Oct-12	12-Jul-13

Fig.3.5. Facilidades consideradas en el Cronograma presentado (26.02.2012).

En lo que a la agrupación de hitos se refiere, se mantiene el mismo nivel alcanzado en el anterior PMS (nivel 05).

Activity ID	Activity Name
PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
+	PMSNFB_120515-4.H HITOS DEL PROYECTO
+	PMSNFB_120515-4.H.GEN GENERALES
+	PMSNFB_120515-4.H.ING INGENIERIA
+	PMSNFB_120515-4.H.PRO PROCURA
+	PMSNFB_120515-4.H.CON CONTRATOS
+	PMSNFB_120515-4.H.MTI MOVIMIENTO DE TIERRAS
+	PMSNFB_120515-4.H.MTI.3 HITOS GYM
+	PMSNFB_120515-4.H.MTI.3.1 GENERALES
	H.MT.GYM.01 INICIO DE MOVILIZACION DE EQUIPOS.
	H.MT.GYM.02 INICIO DE CORTE CIUDAD
	H.MT.GYM.03 INICIO DE REPROGRAMACION

Fig.3.6. Ejemplo de agrupación de hitos según WBS (Movimiento de Tierras).

Para la fase Ingeniería, se muestra la siguiente estructura:

Activity ID	Activity Name
PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
+	PMSNFB_120515-4.H HITOS DEL PROYECTO
+	PMSNFB_120515-4.I INGENIERIA
+	PMSNFB_120515-4.I.1 INGENIERIA EN NUEVA UBICACION DE LA CIUDAD
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1 ANTECEDENTES ANTES DEL 26 SEP
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.000 000 GENERALES
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.100 100 PRELIMINARES
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.200 200 ACCESOS
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300 300 MOVIMIENTO DE TIERRAS
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.2 310 PLATAFORMADO
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3 320 DEPOSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE - DME
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.6 320 DEPÓSITOS DE MATERIAL EXCEDENTE GENERALES
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.2 327 BOTADERO 7 (ING. STAND BY)
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.4 328 BOTADERO 8 (ING. STAND BY)
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.4.1 MEDIO AMBIENTE
+	I.328.MA.10.PYD PLANOS Y DOCUMENTOS (A ELIMINAR HH CONSUMIDAS)
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.3 323 BOTADERO 9
+	PMSNFB_120515-4.I.1.1.300.3.5 325 BOTADERO 11

Fig.3.7. Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Ingeniería.

La ingeniería, como se aprecia en el extracto mostrado del PMS, llega hasta el nivel 07. No es factible incluir un nivel más en el PMS, ya que la actualización y el control semanal serían demasiado tediosos, además que la ingeniería ya está terminando. Es por esto que el último nivel que se muestra en el PMS es el de Grupo de Entregables, el cual ha sido dividido (al mismo nivel) en planos y documentos, es decir, se realizó un **summary part**.

Para la fase Procura, se muestra la siguiente estructura:

Activity ID	Activity Name
[-] PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
[+] PMSNFB_120515-4.H	HITOS DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.I	INGENIERIA
[+] PMSNFB_120515-4.P	PROCURA
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-001	TRANSFORMADORES
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-002	CERCO PERIMETRAL PREFABRICADO
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-003	GEOMEMBRANA, GEO SINTETICO, GEOTEXTIL
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-005	MALLA PARA GAVIONES
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-008	TUBERIA METALICA CORRUGADA
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009	ACERO DIMENSIONADO
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700	EDIFICACIONES RESIDENCIALES
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700.EP1	EARLY PROCUREMENT 1
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700.EP2	EARLY PROCUREMENT 2
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700.MRP	MR PROCUREMENT
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700.MRP.PRO	PROCESO DE COMPRA
[+] PMSNFB_120515-4.P.PC-GYM-009.700.MRP.DL1	PROCESO DE DELIVERY 01
[+] P.009.700.00.MRP.FB1	FABRICACION 01
[+] P.009.700.10.MRP.IT1	INSPECCION EN TALLER 01

Fig.3.8 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Procura.

La procura alcanza el nivel 06 como se aprecia en el extracto del cronograma mostrado en la figura 3.8.

Para la fase Contratos se muestra la siguiente estructura, donde se aprecia que, similarmente, alcanza un nivel 06:

Activity ID	Activity Name
[-] PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
[+] PMSNFB_120515-4.H	HITOS DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.I	INGENIERIA
[+] PMSNFB_120515-4.P	PROCURA
[+] PMSNFB_120515-4.S	CONTRATOS
[+] PMSNFB_120515-4.S.HUR	REHABILITACION URBANA
[+] PMSNFB_120515-4.S.MT	MOVIMIENTO DE TIERRAS
[+] PMSNFB_120515-4.S.IHF	INFRAESTRUCTURA
[+] PMSNFB_120515-4.S.ENR	EDIFICIOS NO RESIDENCIALES
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE	EDIFICIOS RESIDENCIALES
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109	ESTRUCTURAS METALICAS
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109.PSC	PROCESO DE SUBCONTRATACION
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109.FYD	PROCESO DE FABRICACION Y DELIVERY
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109.FYD.1	ENTREGA 1
[+] S.109.700.00.F01	FABRICACION Y TRANSPORTE
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109.FYD.2	ENTREGA 2
[+] PMSNFB_120515-4.S.ERE.PC-GYM-109.FYD.3	ENTREGA 3

Fig.3.9 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Subcontratos.

Para la fase Construcción, se muestra la siguiente estructura:

Activity ID	Activity Name
[-] PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
[+] PMSNFB_120515-4.H	HITOS DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.I	INGENIERIA
[+] PMSNFB_120515-4.P	PROCURA
[+] PMSNFB_120515-4.S	CONTRATOS
[+] PMSNFB_120515-4.X	CONSTRUCCION - CAMPAMENTO DE OBRA
[+] PMSNFB_120515-4.C	CONSTRUCCION - CIUDAD NFB
[+] PMSNFB_120515-4.C.000	FACILIDADES DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.C.200	ACCESOS
[+] PMSNFB_120515-4.C.300.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS
[+] PMSNFB_120515-4.C.400	HABILITACION URBANA
[+] PMSNFB_120515-4.C.500	INFRAESTRUCTURA
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.510	INSTALACIONES ELECTRICAS - MEDIA Y BAJA TENSION
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.520	RED DE AGUA POTABLE
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.570	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530	RED DE ALCANTARILLADO
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531	REDES COLECTORAS DE DE SAGUE
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE	ZONA OESTE
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE.S13A	SECTORES 01 Y 03A
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE.S13A.CV	CIVIL
[+] C.531.S13.CV.10.DPL	OBRAS PRELIMINARES (RED DE ALCANTARILLADO)
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE.S13A.SN	SANITARIA
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE.S7A	SECTOR 07A
[+] PMSNFB_120515-4.C.500.530.531.ZOE.S6A	SECTOR 05A

Fig.3.10 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Construcción.

En este caso, la fase *Construcción* alcanza el octavo nivel, **disciplina**.

Se ha creado una nueva fase, *Comisionamiento*, la cual alcanza el nivel 09, tal como se muestra a continuación:

Activity ID	Activity Name
[-] PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
[+] PMSNFB_120515-4.H	HITOS DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.I	INGENIERIA
[+] PMSNFB_120515-4.P	PROCURA
[+] PMSNFB_120515-4.S	CONTRATOS
[+] PMSNFB_120515-4.X	CONSTRUCCION - CAMPAMENTO DE OBRA
[+] PMSNFB_120515-4.C	CONSTRUCCION - CIUDAD NFB
[+] PMSNFB_120515-4.M	COMISIONAMIENTO
[+] PMSNFB_120515-4.M.400	HABILITACION URBANA
[+] PMSNFB_120515-4.M.500	INFRAESTRUCTURA
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510	INSTALACIONES ELECTRICAS - MT Y BT
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1	RED PRIMARIA
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE	ZONA OESTE
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.2	SECTOR: MT - S13A
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.2.1	ELECTRICA
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.2.1.2	TENDIDO DE CABLES (RED SECUNDARIA)
[+] M.511.S1A.EL.10.COM	PRUEBA DE HIGHPOD DE LA LINEA
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.3	SECTOR: MT - S13B
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.5	SECTOR: MT - S6A
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.1	SECTOR: MT - S7A
[+] PMSNFB_120515-4.M.500.510.1.ZOE.3	SECTOR: MT - S6B

Fig.3.11 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Comisionamiento.

Por último, la fase Puesta en Marcha alcanza el nivel 05.

Activity ID	Activity Name
[-] PMSNFB_120515-4	PMS_CIUDAD DE NUEVA FUERABAMBA (15.05.2012)-REAL
[+] PMSNFB_120515-4.H	HITOS DEL PROYECTO
[+] PMSNFB_120515-4.I	INGENIERIA
[+] PMSNFB_120515-4.P	PROCURA
[+] PMSNFB_120515-4.S	CONTRATOS
[+] PMSNFB_120515-4.X	CONSTRUCCION - CAMPAMENTO DE OBRA
[+] PMSNFB_120515-4.C	CONSTRUCCION - CIUDAD NFB
[+] PMSNFB_120515-4.M	COMISIONAMIENTO
[+] PMSNFB_120515-4.F	PUESTA EN MARCHA
[+] PMSNFB_120515-4.FRPR	REDES PRIMARIAS
[+] PMSNFB_120515-4.FGEL	TRANSFORMADORES ELECTRICOS
[+] PMSNFB_120515-4.FRSE	REDES SECUNDARIAS
[+] PMSNFB_120515-4.FRSE.EL	ELECTRICA
[+] PMSNFB_120515-4.FRSE.EL.1	ZONA OESTE
[+] F.RSE.ZOE.EL.10.PUM	PRUEBAS DE AISLAMIENTO
[+] F.RSE.ZOE.EL.15.PUM	PRUEBAS DE CONTINUIDAD

Fig.3.12 Nivel de alcance del WBS para la Facilidad Puesta en Marcha.

### 3.2.2. CÓDIGOS DE ACTIVIDADES

Para poder agrupar las actividades del PMS de acuerdo a la conveniencia del programador con la finalidad de llevar un mejor control, se crearon los siguientes **activity codes**:

ACTIVITY CODE	CODE VALUE	DESCRIPCION
ALCANCE	RES	Residenciales
	NORES	No Residenciales
	NOREJE	No Residenciales ejecutados.
COMMODITY	GEN	Generales
	TUA	Tub. Agua (inc. Accesorios)
	TUD	Tub. Desague (inc. Accesorios)
	EXM	Excavación Masiva
	EXE	Excavación Estructural
	REL	Rellenos
	CON	Concreto
	EAC	Estructura de Acero
	ARQ	Arquitectura
	EMC	Equipos Mecánicos
	EEL	Equipos Eléctricos
	CAB	Cableado
	TUB	Tuberías (Inc. Accesorios)
	PAV	Pavimentos y Veredas
	DRE	Drenajes

<b>DISCIPLINAS</b>	CIV	Civil
	GEN	General
	EST	Estructuras
	GEO	Geotecnia
	INS	Instrumentación
	MEC	Mecánica
	SAN	Sanitaria
	ELE	Eléctrica
	ARQ	Arquitectura
	AMB	Medio Ambiente
<b>ESPECIALIDAD</b>	MON	Montajistas
	ELE	Eléctricos
	LIN	Linieros
	ODC	Obras de Concreto
	OCV	Obras de Concreto Viviendas
	SNT	Sanitarios
	MTM	Movimiento de Tierras Masivo
<b>ETA vs RAS</b>	ETA	Estimate To Arrival
	RAS	Request At Site
<b>ETAPAS DEL PROYECTO</b>	HIT.GEN	Hitos Generales
	HIT.ING	Hitos Ingeniería
	HIT.CON	Hitos Construcción
	ING	Ingeniería
	PRO	Procura
	CTR	Contratos
	CON	Construcción
	PEM	Puesta En Marcha
<b>MR y CR</b>	MR	Material Request
	RM	Requerimiento de Material (Int)
	CR	Contract Request
<b>PROCESOS DE PROCURA</b>	PRO	Proceso de Compra
<b>SC EM</b>	IME	IMECON
	COME	COMECO
<b>TIPO DE CONTRATO</b>	MOT	Contrato de Movimiento de Tierras
	ADM	Contrato EPC Administración
	VIV	Contrato de Construcción de Viviendas
	ING	Contrato de Servicios de Ingeniería y Arquitectura

	CAM	Contrato de Construcción y Montaje de Campamento de Construcción
	LOG	Contrato de Servicio de Tráfico y Logística
	CON	Contrato de Producción y Suministro de Agregados y Concreto Premezclado
	TRP	Contrato de Servicio de Transporte de Personal
	ENR	Contrato de Construcción de Edificios No Residenciales
	FAC	Contrato de Construcción de Facilidades de Obra
	HUR	Contrato de Habilitación Urbana
	EXT	Contrato de Construcción de Muros y Estructuras Exteriores

Cuadro 3.1. Código de actividades "Activity codes".

### 3.2.3. RECURSOS

Se han incluido los siguientes recursos en el PMS:

Resource ID	Resource Name	Resource Type	Default Units / Time
<b>Resource Type: Labor</b>			230/d
<b>CONSTRUCCIÓN</b>			
C.HH	HH CONSTRUCCION	Labor	10/d
C.HH.MO.ADC	HH M.O ADICIONALES	Labor	10/d
C.HH.MO.PSC	HH M.O PRESUPUESTO SUBCONTRATA	Labor	10/d
C.HH.MO.PTO	HH M.O PRESUPUESTO	Labor	10/d
<b>PUESTA EN MARCHA</b>			
F.HH.PMD	HH PUESTA EN MARCHA DIRECTA	Labor	10/d
F.HH.PMI	HH PUESTA EN MARCHA INDIRECTA	Labor	10/d
<b>INGENIERIA</b>			
I.HH.ING	HH INGENIERIA (PLANOS Y DOCUMENTOS)	Labor	9/d
I.HH.MR.CR	HH MR Y CR	Labor	9/d
I.HH.MR.CR.ADC	HH MR Y CR - ADICIONALES	Labor	9/d
I.HH.MTO	HH METRADOS	Labor	9/d

I.HH.PYD	HH PLANOS Y DOCUMENTOS ANTES DEL 26 SEP	Labor	9/d
<b>PROCURA</b>			
P.HH.MMW	MATERIALS MANAGER WAREHOUSE	Labor	10/d
P.HH.PPB	PROCUREMENT PROJECT BUYERS	Labor	10/d
P.HH.PPE	PROCUREMENT PROJECT EXPEDITORS	Labor	10/d
P.HH.TLM	TRAFFIC AND LOGISTICS MANAGER	Labor	10/d
PMD.HH	HH PUESTA EN MARCHA DIRECTA	Labor	10/d
PMI-HH	HH PUESTA EN MARCHA INDIRECTA	Labor	10/d
<b>CONTRATOS</b>			
S.HH.PSA	PROJECT SUBCONTRACTS ADMINISTRATOR	Labor	10/d
S.HH.PTM	PLANNER AND TENDERER MANAGER	Labor	10/d
<b>EQUIPOS</b>			
R_14TN	RENDIMIENTO = 229.5 m3/h	Labor	10/d
R154	RENDIMIENTO = 154 m3/h	Labor	10/d
R200	RENDIMIENTO = 200 m3/h	Labor	10/d
R254	RENDIMIENTO = 254 m3/h	Labor	10/d
<b>Resource Type: Material</b>			---
A-KG	ACERO	Material	10/d
ASF	ASFALTO	Material	10/d
CAB-ML	CABLES	Material	10/d
C-CON	CONCRETO	Material	10/d
C-M3	M3 CORTE MT	Material	10/d
CM-M3	M3 CORTE MEJORAMIENTO	Material	10/d
E-KG	ESTRUCTURA METALICA	Material	2/d
ENC	ENCOFRADO	Material	10/d
PSTS-UND	POSTES	Material	10/d
R-M3	M3 RELLENO MT	Material	10/d
RM-M3	M3 RELLENO MEJORAMIENTO	Material	10/d
TUB_HDPE_ML	TUBERIA HDPE	Material	10/d
TUB_PVC_ML	TUBERIA PVC	Material	10/d
<b>Resource Type: Nonlabor</b>			<b>108/d</b>
C.HM.D68	TRACTOR D6,8,9	Nonlabor	10/d
C.HM.EXC	EXCAVADORA 330	Nonlabor	10/d
C.HM.MOT	MOTONIVELADORA	Nonlabor	10/d
C.HM.ROD	RODILLO DE ROLA	Nonlabor	10/d
CARG_962	CARGADOR 962	Nonlabor	1/d
D6	Tractor D6	Nonlabor	10/d
D8	Tractor D8	Nonlabor	10/d
E330	Excavadora 330	Nonlabor	10/d
EXC_C330	EXCAVADORA 330	Nonlabor	1/d

EXC_R500	EXCAVADORA R500	Nonlabor	1/d
MART_HIDR	MARTILLO HIDRAULICO	Nonlabor	1/d
PSO	Perforadora sobre orugas neumática	Nonlabor	10/d
RC	Retrocargador s/llantas	Nonlabor	10/d
RET_EXC	RETROEXCAVADORA	Nonlabor	1/d
ROD_12TN	RODILLO 12TN	Nonlabor	3/d
ROD_14TN	RODILLO 14TN	Nonlabor	2/d
ROD_16TN	RODILLO 16TN	Nonlabor	2/d
ROD_19TN	RODILLO 19TN	Nonlabor	2/d
ROD_BERM	RODILLO BERMERO	Nonlabor	1/d
TRACT_D6T	TRACTOR D6	Nonlabor	1/d
TRACT_D7	TRACTOR D7	Nonlabor	1/d
TRACT_D8	TRACTOR D8	Nonlabor	1/d

Cuadro 3.2. Código de recursos.

### 3.2.4. CALENDARIOS UTILIZADOS.

Para el PMS mostrado se han considerado cuatro calendarios. Se muestra a continuación los días feriados y de paralización considerados en cada uno de ellos:

- El primero llamado **"NFB-GENERAL(7X0)"**, el cual es del tipo 7x0, con 10hh/d y considera como feriados las siguientes fechas (a partir de la fecha de corte: 27 de mayo del 2012):
  - 28 de julio del 2012.
  - 25 de octubre del 2012.
  - Del 23 de diciembre del 2012 al 02 de enero del 2013 (se consideran no laborables).-
  - 01 de mayo del 2013.
  - 28 de julio del 2013.
  - 25 de octubre del 2013.
  
- El segundo calendario llamado **"Ingeniería GMI"**, el cual es del tipo 5x2 (de lunes a viernes), con 10hh/d y considera como feriados las siguientes fechas (a partir de la fecha de corte: 27 de mayo del 2012):
  - Viernes 29 de Junio del 2012.
  - Jueves 30 de Agosto del 2012.
  - Lunes 08 de Octubre del 2012.

- Jueves 01 de Noviembre del 2012.
- Martes 25 de Diciembre del 2012.

Este segundo calendario involucra únicamente a la fase de ingeniería.

- El tercer calendario llamado "**NFB - MT**". Éste calendario representa el impacto del periodo de Heladas y Lluvias asignados a los trabajos de Relleno y Habilitación de DME. Ver puntos 01 y 02 del subcapítulo 05 (Movimiento de tierras) de éste Capítulo.
- El cuarto calendario llamado "**NFB-MT-CORTE**". Éste calendario representa el impacto de lluvias para las actividades de Corte en Movimiento de Tierras. Ver puntos 01 y 02 del subcapítulo 05 (Movimiento de tierras) de éste Capítulo.

### 3.3 BASES PARA EL MOVIMIENTO DE TIERRAS MASIVO:

En la programación de Movimiento de Tierras se ha considerado lo siguiente:

- 1) En el programa presentado se ha incluido dos tipos de calendarios diferentes. Ambos calendarios representan el impacto del periodo de lluvias de la siguiente manera:
  - a) **Noviembre:** En éste mes se ha considerado trabajar un turno de 10h al día.
  - b) **Diciembre:** En éste mes se ha considerado trabajar un turno de 8h al día.
  - c) **Enero, Febrero y hasta el 14 de Marzo:** En éste periodo se ha considerado trabajar un turno de 5h al día.
  - d) **Del 15 al 31 de Marzo:** En éste periodo se ha considerado trabajar un turno de 8h al día.
  - e) **Del 01 al 15 Abril:** En éste periodo se ha considerado trabajar un turno de 10h al día.
  - f) En los demás casos se ha considerado trabajar a doble turno (20h al día).

2) La diferencia de los dos tipos de calendarios mencionados en el punto 01, es la siguiente:

a) **NFB – MT**: éste calendario representa el impacto del periodo de heladas durante los meses de Junio, Julio y Agosto; el cuál se considera 15h de trabajo al día. Éste calendario ha sido asignado a las **Actividades de Relleno y Habilitación de DME**.

b) **NFB – MT – CORTE**: éste calendario contempla lo indicado en el punto 01. Éste calendario ha sido asignado a las **Actividades de Corte**

3) Se ha considerado los volúmenes saldo al 22.05.2012

<b>SALDO AL 22.05.2012</b>	
CORTE PLATAFORMADO (m3)	192,493
CORTE MEJORAMIENTO (m3)	679,139
RELLENO MEJORAMIENTO (m3)	756,672
RELLENO PLATAFORMADO (m3)	1,773,743

Cuadro 3.3. Cuadro de volúmenes saldo para corte de ciudad al 25.05.12

<b>MATERIAL DE ACOPIOS Y DE DERRUMBE A REMOVER</b>	
RETIRO DE ACOPIOS TEMPORALES (m3)	418,948
LIMPIEZA POR DERRUMBE (m3)	122,123

Cuadro 3.4. Cuadro de volúmenes a eliminar en acopios y derrumbe de plataforma 02 sector 05.

4) Se ha considerado los rendimientos del Presupuesto Clase II, los cuales son:

<b>RENDIMIENTOS CORTE MATERIAL SECO</b>	
EXCAVADORA CAT330	154 M3/HR
EXCAVADORA HYUNDAI RX-500	254 M3/HR

Cuadro 3.5. Cuadro de rendimiento de corte para excavadoras.

<b>RENDIMIENTOS RELLENO MASIVO</b>		
1 TRACTOR D6+2 MOTON.+3 RODILLO 12 TON+2 CISTERNA	RELLENO e=0.40m	<b>146 M3/HR</b>
1 TRACTOR D6+2 MOTON.+2 RODILLO 14 TON+2 CISTERNA	RELLENO e=0.60m	<b>229.5 M3/HR</b>
1 TRACTOR D8+2 MOTON.+2 RODILLO 16 TON+2 CISTERNA	RELLENO e=0.70m	<b>253 M3/HR</b>
1 TRACTOR D8+2 MOTON.+ RODILLO 19 TON+2 CISTERNA	2 RELLENO e=0.80m	<b>290 M3/HR</b>

Cuadro 3.6. Cuadro de rendimiento de equipos para relleno masivo.

5) Las fechas dadas en el presente programa dependen principalmente de los siguientes hitos:

- a) Disponibilidad de área para cancha de acopio: 31/5/2012
- b) Disponibilidad de DME de material Saturado: 06/07/2012
- c) Aprobación del MTC – Reubicación de la Variante Chila: 16/06/2012
- d) Aprobación de la Ingeniería de Taludes: 30/05/2012
- e) Definición de Ingeniería de Defensa Ribereña: 31/05/2012
- f) Definición de Muros Maccaferri: 30/05/2012

6) Se han considerado las siguientes cuadrillas de equipos, para los trabajos de plataformado (incluye limpieza y retiro de material acopiado):

**a) Trabajos de Corte:**

EXCAVADORA CAT 330: 04 Cuadrillas de Equipos  
EXCAVADORA R500 : 05 Cuadrillas de Equipos

**b) Trabajos de Relleno:**

RODILLO DE 12TN : 01 Cuadrillas de Equipos  
RODILLO DE 14TN : 02 Cuadrillas de Equipos  
RODILLO DE 16TN : 01 Cuadrillas de Equipos  
RODILLO DE 19TN : 02 Cuadrillas de Equipos

7) Los sectores 01 y 03 fueron liberados para las plateas de cimentación.

- 8) Se ha considerado que el material acopiado y el material de préstamo no necesita ser zarandeado.
- 9) Para la programación del Tendido de Taludes se ha considerado el diseño de GEOCONTROL.
- 10) Las duraciones de la estabilización de Taludes han sido estimados de acuerdo a la propuesta de la subcontrata Maccaferri (se adjunta propuesta)
- 11) Se ha considerado un abastecimiento suficiente y oportuno de combustible por parte de Xstrata a GyM.

### **3.4 ELABORACIÓN DEL PLAN DE MOVIMIENTO DE TIERRAS**

En esta parte del informe vamos a explicar cómo el área de producción de Movimiento de Tierras desarrolló a través de herramientas de programación el cuadro que serviría de base para el planeamiento de Movimiento de Tierras masivo y la actualización de este en el tiempo por modificaciones en la marcha.

Este esfuerzo que se hizo es sumamente importante, pues se debe tener bien estudiada la estrategia para el desarrollo de la operación ya que están involucrados una gran cantidad de recursos, sobre todo maquinaria pesada que en conjunto inciden en el presupuesto total del proyecto en mayor porcentaje. De no haber un conocimiento pleno de cómo se ejecutarán las actividades en el tiempo, cómo se sectorizarán los frentes de trabajo, no se puede garantizar el éxito de la construcción.

#### **3.4.1 Metodología Aplicada:**

En esta parte del informe presentaremos las etapas para la elaboración del planeamiento de Movimiento de Tierras.

##### **3.4.1.1 Recopilación y revisión de la información**

El objetivo es definir las actividades a ejecutar y sus metrados. Además se genera una idea inicial de cómo desarrollar el planeamiento de la construcción del plataformado de la ciudad. Para ello se necesitó:

- Revisar los planos del proyecto.
- Visitar el campo.

Es importante resaltar que en esta etapa de planeamiento el área de geomática cumple un papel importante como área de soporte para poder tener la información más actual y precisa posible. Ellos dentro de sus funciones tenían la de hacer el levantamiento inicial del área de trabajo y a su vez la generación de los planos para control de avance donde se aprecian la superposición de las curvas de nivel del terreno inicial sin ser alterado por la construcción con la línea de avance del MT y con la línea del diseño del plataformado de la ciudad según información entregada por el cliente. Todo ello enmarcado dentro de los límites de la ciudad Nueva Fuerabamba que está representada por la línea azul gruesa como se aprecia en la figura 3.13.



Figura 3.13. Plano de planta de Plataformado de la Ciudad con los ejes para perfiles cada 40m.

Para lograr una sectorización del proyecto se dividió por ejes cada 40m aproximadamente para revisar y estudiar los perfiles del terreno a lo largo de 1.2 Km de ancho que conforma la ciudad.

La revisión de los perfiles sirvió para tener una referencia de ancho de los bancos de material a cortar y cómo varía a lo largo del terreno para así poder tener previsto el ancho de las plataformas de trabajo, lo cual es muy importante para dimensionar la cantidad de cuadrillas de maquinaria pesada que trabajarán simultáneamente y así poder establecer los volúmenes de movimiento a rendir diariamente. Un ejemplo de perfil se aprecia en la figura 3.14.

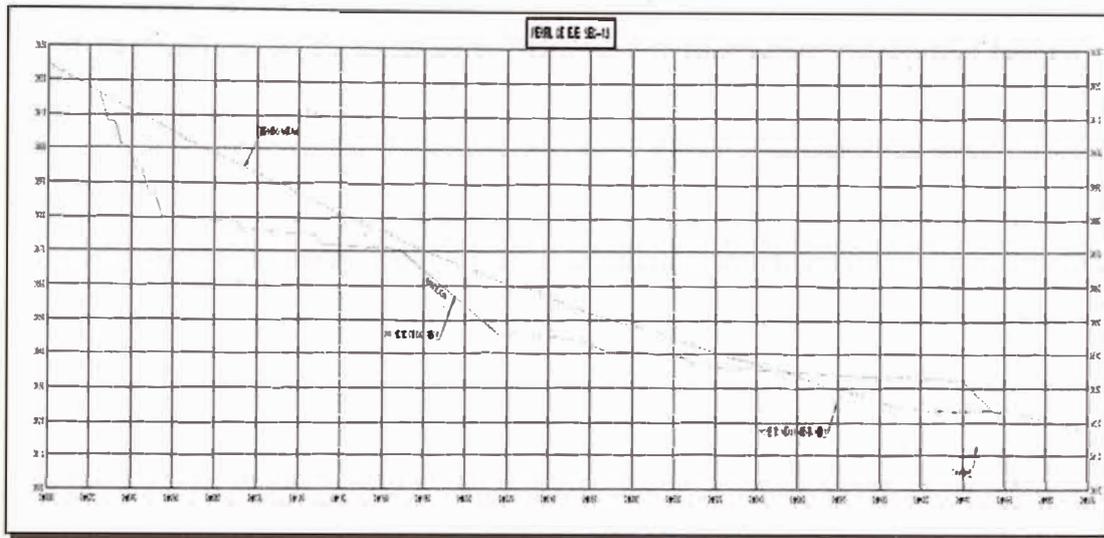


Figura 3.14. Plano de perfil del diseño del plataformado de la ciudad versus el terreno inicial

Otro punto importante dentro de la revisión de la información es la parte geotécnica. Es importante tener identificado el tipo de terreno a excavar, la potencia de los estratos y como varían estos a lo largo de la extensión de la obra para definir el medio de excavación por el cual se realizará el movimiento de tierras. La figura 3.15 muestra una clasificación general de 3 zonas para el proyecto. La zona en marrón indica mantos de roca tipo A y B. La zona en blanco representa el tipo de suelo denominado común arcillo-limoso que se presenta en mayor porcentaje. La zona en celeste viene a ser la zona de suelo común pero que presenta saturamiento, es decir el nivel freático es alto en dicho punto y en temporadas de lluvias aumenta aún más lo cual complica la labor de movimiento de tierras.

Cabe señalar en este punto que a raíz de que la parte baja de la ciudad cae sobre sobre esta zona de bofedales y de terreno no competente para cimentar se vio la posibilidad de subir toda la ciudad de tal manera que el pie de la parte baja recaiga en suelo común sin problemas de saturamiento.

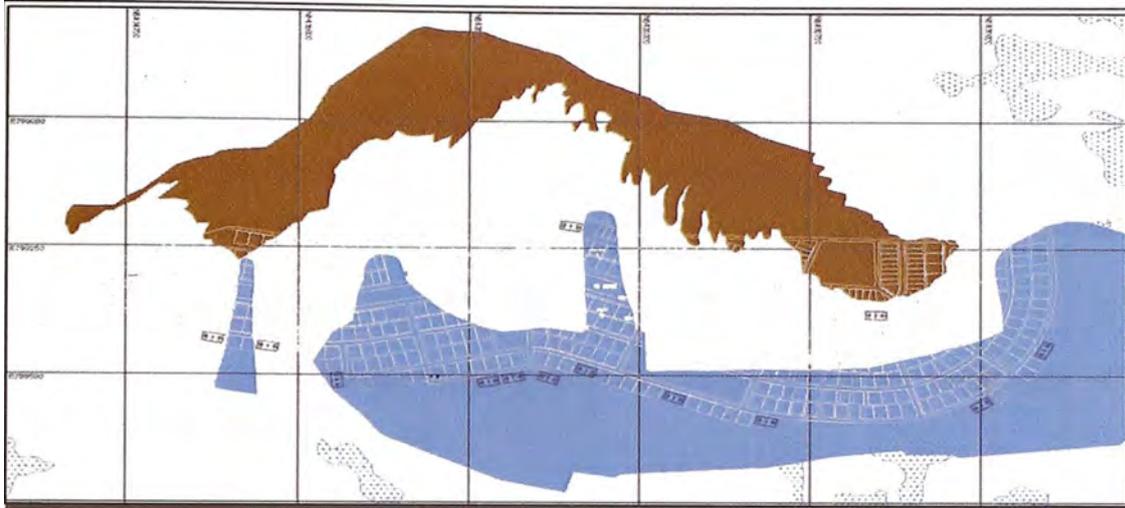


Figura 3.15. Plano de perfil del geológico con los tipos de suelos identificados.

Este punto fue crucial para el avance del proyecto pues es aquí donde se presentan varias etapas y decisiones del cliente que inciden en el plazo de entrega de las plataformas. La primera fue como se aprecia en los planos que implicaba un volumen balanceado entre corte y relleno, sin embargo dejaba en incertidumbre los trabajos de mejoramiento previos a rellenar a nivel de plataformado en la parte baja de la ciudad. A raíz de esto la contratista GyM presenta el planteamiento de subir unos 35 a 40 metros la ciudad y de tal manera que el pie de la ciudad recaiga en suelo común no saturado. Esta solución tomó sus frutos a pesar que implicaba que se duplicase el volumen de corte. El cliente aprobó dicho planteamiento y se ejecutó el planeamiento con esa premisa, sin embargo al ver el volumen que se tendría que mover y al no encontrar depósitos de material excedente, decide a pesar del avance ya ejecutado volver la ciudad a su posición inicial, lo cual lógicamente genera un retraso y un replanteo del planeamiento, sobre el cual hablaremos de aquí en adelante.

### 3.4.1.2 Consideraciones para el planeamiento.

Luego de la revisión de la información se elaboró una lista con todas las consideraciones con las que contaría el desarrollo del planeamiento, las cuales fueron divididas de la siguiente manera:

- Consideraciones del calendario
- Consideraciones de Producción
- Consideraciones Climatológicas

- Restricciones por parte del cliente

Las consideraciones se realizaron tomando un planeamiento en condiciones ideales. Y por otro lado se realizó una matriz de riesgos, en donde cada riesgo contaría con una probabilidad y con un nivel de criticidad sobre el planeamiento presentado.

Esta fue la lista de consideraciones y restricciones por parte del cliente que se presentaron:

**CONSIDERACIONES DEL CALENDARIO**

- 1) EL PRESENTE PROGRAMA CONTEMPLA DIAS CALENDARIO DE TRABAJO, NO INCLUYE NINGUNA PARALIZACION POR DIAS FESTIVOS Y/O FERIADOS
- 2) SE HA CONSIDERADO TRABAJAR HASTA EL 15-03-12, SÓLO TURNO DÍA DE 5 HORAS, DEBIDO AL PERIODO DE LLUVIAS
- 3) SE HA CONSIDERADO TRABAJAR A PARTIR DEL 16-03-12, TURNO DÍA Y TURNO NOCHE (20 HORAS DIARIAS).

**CONSIDERACIONES POR PARTE DE PRODUCCION**

- 1) SE HAN CONSIDERADO LOS VOLUMENES DE LOS MEJORAMIENTOS SEGÚN LOS PLANOS EMITIDOS POR XSTRATA: 10-01-2012
- 1.A) METRADOS ADICIONALES EN LA ETAPA DE MEJORAMIENTO NO HAN SIDO CONSIDERADOS EN EL PRESENTE PLANEAMIENTO
- 2) SE HA CONSIDERADO UN RELLENO MASIVO CONTROLADO DE DISTINTOS ESPESORES EN LA ETAPA DE MEJORAMIENTO Y TERRAPLENES:

	SECTOR	e (m)
SUR	S08	0.4
	S06	0.6
NORTE	S04	0.6 y 0.70
	S02	0.6, 0.70 y 0.80

- 4) SE HA CONSIDERADO QUE EL MATERIAL ACOPIADO Y EL MATERIAL DE PRESTAMO NO NECESITA SER ZARANDEADO

5) SE HA ESTIMADO LA FINALIZACIÓN AL 100 % DE LA REUBICACIÓN DE LA TUBERÍA DE AGUA Y DE REGADÍO CHILA HASTA EL 29-02-12

5.A) SE HA CONSIDERADO QUE LA REUBICACIÓN DE LA VARIANTE CHILA NO MODIFICARÁ EL TRAZO DE LAS LINEAS DE CONDUCCIÓN SEGÚN ÚLTIMOS PLANOS

6) SE HA CONSIDERADO QUE LA EXPLOTACIÓN DE CANTERAS Y EL TRANSPORTE DE MATERIAL ESTARÁ A CARGO DE GJM

7) LAS DISTANCIAS MEDIAS DE TRANSPORTE CONSIDERADAS EN EL PLANEAMIENTO PARA EL CALCULO DE LA FLOTA DE VOLQUETE FUE:

Punto 01 \ Punto 02	Canchas de Acopio	DME's
Canteras	4 Km	
Ciudad	2 Km	4 Km

8) SE HA ESTIMADO QUE EL 40% DEL MATERIAL NECESARIO PARA RELLENO QUE PROVENDRÁ DE CANTERAS, TENDRÁ QUE SER MEZCLADO CON ARCILLA EN UNA PROPORCIÓN 2:1

9) SE HA CONSIDERADO TENER LA VIABILIDAD DE CONSTRUIR ACCESOS DE 9 METROS DE ANCHO COMO MÍNIMO DESDE LA CIUDAD HACIAS LOS DME'S Y CANTERAS, ASÍ COMO DESDE LA CANCHA DE ACOPIO A LA CIUDAD. CON LA FINALIDAD DE QUE PUEDA REALIZARSE UN TRÁFICO DE VOLQUETES FLUIDO QUE PERMITAN TRABAJAR DE FORMA EFICIENTE.

### RESTRICCIONES POR PARTE DEL CLIENTE

1) SE HA CONSIDERADO UN ABASTECIMIENTO SUFICIENTE Y OPORTUNO DE COMBUSTIBLE POR PARTE DE EXTRATA A GJM

2) SE HA ESTIMADO LA DEFINICIÓN DE INGENIERÍA AL 100% DE LA REUBICACIÓN DE LA VARIANTE CHILA (GYM) Y EL DISEÑO DE LOS MUROS DE SOSTENIMIENTO DE LA CIUDAD (NEXUS) HASTA EL 29-02-2012

2.A) SE HA ESTIMADO LA CONSTRUCCIÓN DE LA REUBICACIÓN DE LA VARIANTE CHILA EN 45 DÍAS

2.B) SE HA CONSIDERADO QUE LOS MUROS DE SOSTENIMIENTO NO AFECTARÁN EL DESARROLLO DE TRABAJOS DE RELLENO EN LA CIUDAD

3) SE HA CONSIDERADO TENER DISPONIBLE LAS CANTERAS PARA PRODUCIR 3000,000 M<sup>3</sup> DE RELLENO EL 01-03-2012 PARA EL DESARROLLO DE SUS FACILIDADES PARA EXPLOTACIÓN

3.A) EL 25-03-12 LA CANTERA DEBERÁ PRODUCIR DIARIAMENTE 21 000 M<sup>3</sup> SEGÚN PLANEAMIENTO PRESENTE.

3.B) SE HA CONSIDERADO TENER 4 CANTERAS DISPONIBLES EL 01 DE MARZO CON LA FINALIDAD DE QUE CON ESE ESPACIO SE PUEDE LLEGAR A LA PRODUCCIÓN DIARIA ESTIMADA EN CANTERAS.

3.C) SE HA CONSIDERADO QUE LAS CANTERAS A EXPLOTAR PRESENTEN UN ÁREA DE EXPLOTACIÓN Y MANIOBRAS SUFICIENTES PARA PRODUCIR EN CONJUNTO LOS 21 000 M<sup>3</sup> DIARIOS

3.D) EL REQUERIMIENTO DE PERFORADORAS VS EQUIPOS DE LINEA AMARILLA PUEDE CAMBIAR DE ACUERDO A LA DISTANCIA Y CONFIGURACIONES DE LA CANTERA

- 4) SE REQUIERE LA ENTREGA POR PARTE DEL CLIENTE DEL DME DE MATERIAL SATURADO DE 450,000 M<sup>3</sup> EL 15-02-12 PARA EL DESARROLLO DE INGENIERÍA Y CONSTRUCCION
- A) SE HA ESTIMADO QUE EL DME DE MATERIAL SATURADO ESTARÁ HABILITADO EL 05-03-12 (DEPENDIENDO DEL DISEÑO QUE SE PRESENTE)
- 4.B) LA CAPACIDAD DEL DME DE MATERIAL SATURADO SE OBTUVO AL CONSIDERAR: QUE EL 30% DEL MATERIAL FALTANTE DEL SECTOR 7 Y EL 15% DEL MATERIAL A ELIMINAR PARA MEJORAR ES SATURADO
- C) EL DME PARA MATERIAL SATURADO DEBERÁ PRESENTAR UNA CONFIGURACIÓN PARECIDA AL DME 02 Y DME 11 RESPECTO A ACCESOS Y ÁREA DE MANIOBRAS.
- 5) SE HA CONSIDERADO TENER DISPONIBLE UN DME DE MATERIAL COMÚN DE 300,000 M<sup>3</sup> EL DÍA 05-03-12, CON LA FINALIDAD DE COMPLETAR LA CAPACIDAD DE DME'S NECESARIOS PARA TODO EL MATERIAL DE CORTE PENDIENTE, ASÍ COMO PARA MEJORAR LA EFICIENCIA EN LA ELIMINACIÓN
- 5.A) LA CONFIGURACIÓN DEL DME 10 Y DME 14 LIMITA EL RENDIMIENTO DE ELIMINACIÓN POR DÍA ES POR ESO LA NECESIDAD DE TENER UN TERCER DME DE MATERIAL COMÚN QUE MEJORA LA EFICIENCIA DEL CORTE PARA EL MEJORAMIENTO
- 5.B) EL DME PARA MATERIAL COMÚN DEBERÁ PRESENTAR UNA CONFIGURACIÓN PARECIDA AL DME 02 Y DME 11 RESPECTO A ACCESOS Y ÁREA DE MANIOBRAS.
- 6) SE HA CONSIDERADO CONTAR CON UNA DISPONIBILIDAD DE 50 000 M<sup>3</sup> DE ROCA A PARTIR DE 10-04-2012 PARA REALIZAR EL ENROCCADO AL PIE DE LA CIUDAD.
- 7) SE HA CONSIDERADO CONTAR CON DOS PLATAFORMAS DE ACOPIO DE MATERIAL DE RELLENO CERCA A LA CIUDAD (2 KM), AMBAS CANCHAS DEBE ESTAR DISPONIBLE POR PARTE DEL CLIENTE 15-03-12 Y SE NECESITA QUE CADA UNA DE ELLAS PUEDA ALMACENAR HASTA 15 000 M<sup>3</sup> DE RELLENO
- 8) SE HA ESTIMADO QUE EL METRADO TOTAL DEL TENDIDO DE TALUDES DE LA CIUDAD ES DE 200,000 M<sup>3</sup>. DE LOS CUALES EL 60% SE HA SUPUESTO QUE ES MATERIAL COMÚN SATURADO Y EL 40% MATERIAL COMÚN SECO

### CONSIDERACIONES CLIMATOLÓGICAS

- 1) A PARTIR DEL 16-03-2012 LAS PARALIZACIONES POR LLUVIA Y/O TERRENO SATURADO SERÁN CONDICIONANTES DE AMPLIACIÓN DE PLAZO
- 2) EN EL PRESENTE PLANEAMIENTO NO SE HA CONSIDERADO LA ÉPOCA DE HELADA COMO UNA RESTRICCIÓN PARA LOS TRABAJOS DE RELLENO.

## **3.4.2 Desarrollo del Planeamiento**

### **3.4.2.1 Sectorización**

Por las condiciones que presenta el trabajo para fines prácticos y de control de actividades se separó el plataformado de la ciudad en dos sectores por actividades predominantes: Excavación y Relleno; parte alta y parte baja los cuales llamaremos Zona Oeste y Zona Este respectivamente.

Se separó la parte alta, es decir la parte de corte en cuatro secciones, las cuales se representaron con los números impares 01, 03, 05 y 07 que iban en sentido de norte a sur.

Dichos sectores no tienen anchos similares pues se sectorizó por tipo de material, siendo los sectores extremos 01 y 05 los que presentaban estratos de roca fija y alterada y los sectores centrales 03 y 05 los de tipo común. Por consiguiente la sectorización no se basó en balancear volúmenes si no en diferenciarla por los tipos de material que significaría que en cada sector habría un método de excavación. Se consideró en los sectores 01 y 03 el uso de voladura controlada y en los sectores 03 y 05 el corte con maquinaria pesada llámese excavadoras y tractores.

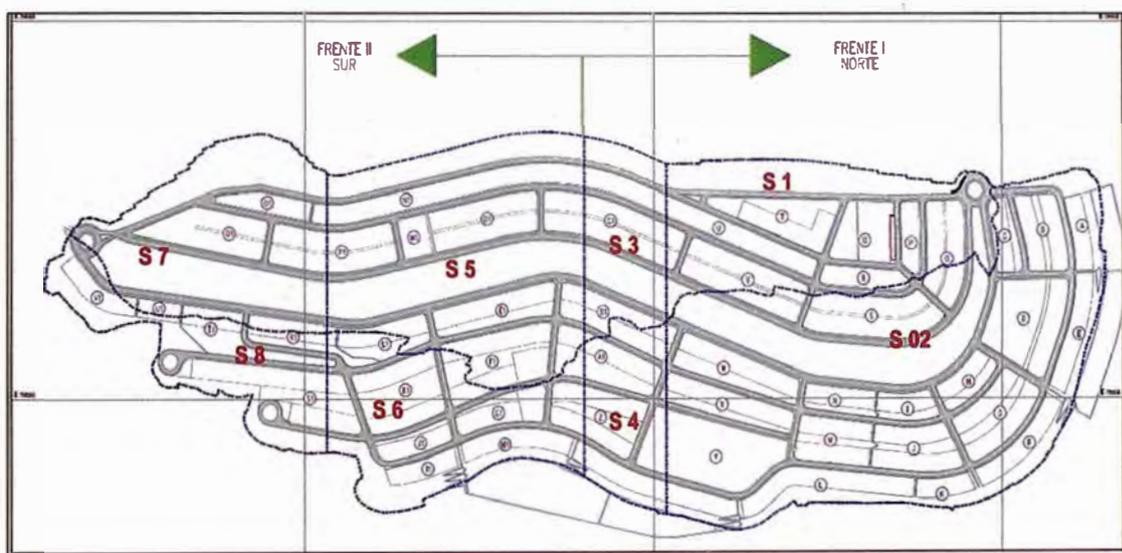


Figura 3.16. Sectorización de la ciudad para plataformas.

La prolongación de estas divisiones verticales definieron los sectores de relleno, que fueron representados por los números pares 02, 04, 06 y 08 y conforman la zona este.

Esta división del trabajo conllevó a los cuadros de volúmenes que presentaremos a continuación:

### Zona Oeste:

Es la zona donde se inició las operaciones. En la etapa de corte en el sector oeste se usó el sistema de excavación tipo minado, usado mayoritariamente en los open pits de minería, que consiste en un corte y excavación de arriba hacia abajo en banquetas usando métodos de perforación y voladura controlada para los sectores 01 y 07 y corte y excavación de material común directo con excavadora e indirectamente con tractores de apoyo para los sectores 03 y 05. Se tiene que bajar entre 50 y 70 metros para llegar a la primera plataforma de la ciudad en banquetas de 7 metros de altura por 3 metros de ancho de banqueta y una proporción de talud H:V = 1:2, es decir un trabajo tipo andenería el cual tiene las características afines a los proyectos de explotación minera. Aquí se adjunta una imagen de cómo se llega al nivel de las plataformas en el sector sur 07.



Figura 3.17. Banquetas de la ciudad sector sur 07.

Entonces se hizo el cálculo de volúmenes por bancos o banquetas de material en función a las banquetas de diseño que demanda el proyecto. Se llegaron a tener 10 banquetas en el sector sur 07 para poder llegar al nivel de la plataforma 01, las cuales se aprecian en diversos colores en la figura 3.18.

Cada franja de color conforma una banqueta entre hombro y pie del talud de 7 metros de altura y un ancho entre el talud de diseño definitivo de la ciudad y el terreno natural o existente.

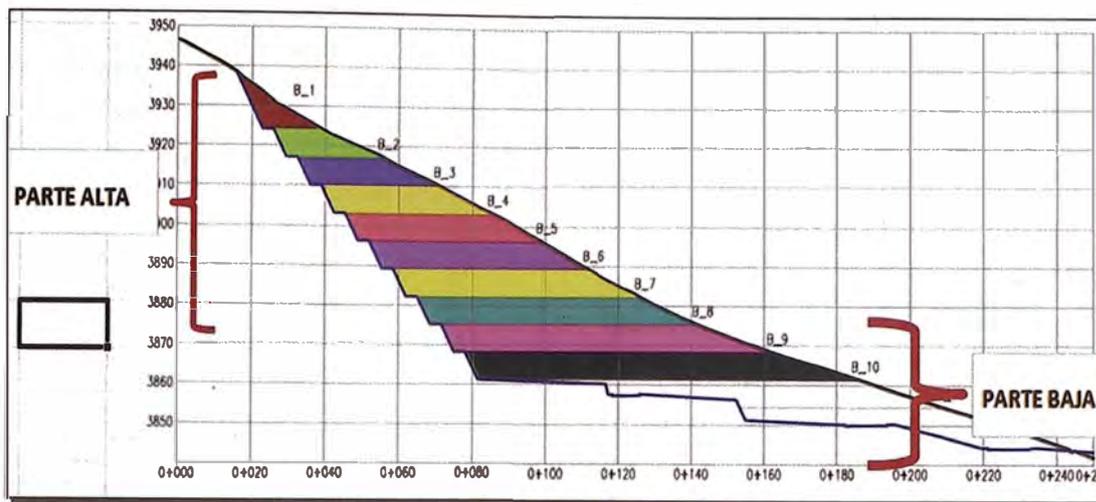


Figura 3.18. División del movimiento de tierras por bancos.

Para el corte se optó por trabajar en paralelo la parte alta con la parte baja. Estos son los volúmenes por bancos que se obtienen del levantamiento topográfico:

Banco	Vol. Total (m3)	Vol. Sur (m3)	Vol. Norte (m3)	ZONA SUPERIOR DE CORTE			
				Volúmenes por Banco (m3)			
				Sur		Norte	
	S7	S5	N3	N1			
3934	1,156	1156.45	0	1,156			
3927	8,571	8,571	0	8,571			
3920	15,733	15,733	0	15,733			
3913	37,373	31,930	5,443	13,637	18,292	5,443	
3906	90,496	51,775	38,720	22,113	29,662	8,826	29,894
3899	169,202	96,806	72,397	41,346	55,460	16,503	55,894
3892	289,130	165,420	123,710	70,652	94,768	28,200	95,510
3885	399,353	228,482	170,871	97,586	130,896	38,951	131,921
3878	397,577	238,819	158,758	102,001	136,818	36,189	122,568
3871	194,984	75,807	119,177	45,375	30,432	27,167	92,010
3864	27,881	10,135	17,746	10,135	0	4,045	13,701
<b>Total</b>	<b>1,631,458</b>	<b>924,635</b>	<b>706,823</b>	<b>428,307</b>	<b>496,328</b>	<b>165,325</b>	<b>541,498</b>

Cuadro 3.7. Cálculo de volúmenes por banquetas y por sectores. Zona superior de corte

Banco	Vol. Total (m3)	Vol. Sur (m3)	Vol. Norte (m3)	ZONA INFERIOR DE CORTE			
				Volúmenes por Banco (m3)			
				Sur		Norte	
S7	S5	N3	N1				
3934	0	0	0				
3927	0	0	0				
3920	0	0	0				
3913	0	0	0				
3906	0	0	0				
3899	0	0	0				
3892	0	0	0				
3885	0	0	0				
3878	66,225	26,535	39,689	11,333	15,202	9,047	30,642
3871	733,468	455,388	278,080	181,501	273,887	63,389	214,691
3864	386,878	227,161	159,717	91,215	135,946	36,408	123,309
<b>Total</b>	<b>1,186,572</b>	<b>709,085</b>	<b>477,486</b>	<b>284,050</b>	<b>425,035</b>	<b>108,845</b>	<b>368,642</b>

Cuadro 3.8. Cálculo de volúmenes por banquetas y por sectores .Zona inferior de corte.

### 3.4.2.2 Cambios en el alcance y actualización del planeamiento.

Como se comentó en capítulos anteriores, el alcance sufriría cambios bastante significativos por dos temas fundamentales:

- La falta de ingeniería de detalle, sobre todo la geotécnica donde se defina los sellos de fundación de la ciudad zona este.
- Los cambios de arquitectura de la ciudad por el tema de habilitación urbana que afectaban la cota de plataforma terminada, por tanto el volumen de relleno.

En ese sentido, con la información brindada por el cliente es importante y necesario la actualización del planeamiento en base a las consideraciones del nuevo alcance.

Cabe resaltar en esta parte del informe que la relación entre el planeamiento y la ejecución es una relación dinámica, por lo tanto si tenemos unas buenas bases de planeamiento inicial, se podrá tener cuantas actualizaciones sean necesarias, sobre todo en los proyectos de la modalidad Fast track que presentan cambios sobre la marcha.

Entonces, se vuelve un proceso iterativo entre planeamiento y ejecución pero con las nuevas condiciones que nos engloba el alcance.

Para este nuevo planeamiento se tiene en consideración 3 partidas principales:

Excavación para mejoramiento: Comprende las excavaciones desde el nivel actual del terreno, que puede ser natural o alterado hasta el nivel de terreno competente que indican los nuevos planos entregados por el cliente.

Relleno de mejoramiento: Comprende el relleno masivo controlado para nivelación hasta la cota de terreno existente natural o alterada. Se usará material propio de cantera de manera directa o preparado con arcilla acopiada, producto del corte de la ciudad oeste centro.

Relleno a nivel de plataformado: Comprende el relleno masivo y estructural a nivel de la plataforma para asentamiento de viviendas de la ciudad. El último 1.5m antes del nivel de solado de las viviendas debe ser obligatoriamente relleno estructural.

Entonces, a partir de la fecha de cambio del alcance se vuelve a tomar los volúmenes saldo de excavación, excavación para mejoramiento, relleno de mejoramiento y relleno a nivel de plataformado obteniendo los siguientes cuadros:

<b><u>Etapas de CORTE:</u></b>					
	SUR		NORTE		TOTAL
	S-07	S-05	N-03	N-01	
<b>Corte de ciudad (A nivel de proyecto)</b>	208,508.31	136,772.89			325,281.20
B-09	1,192.96	0.00			
B-10 (P-I)	42,798.64	1,637.36			
B-11 (P-II)	17,621.26	1,889.66			
B-12 (P-III)	15,699.03	1,179.88			
TALUD	151,196.42	132,065.99			
<b>TOTAL</b>	<b>208,508.31</b>	<b>136,772.89</b>			<b>345,281.20</b>

Cuadro 3.9. Volúmenes saldo de corte de ciudad zona oeste.

<b>Etapa de MEJORAMIENTO:</b>					
	SUR		NORTE		TOTAL
	S-08	S-06	N-04	N-02	
<b>Corte (A nivel de fundación)</b>	69,614.88	211,493.88	78,404.58	432,593.47	792,106.79
Corte de mejoramiento A	31,034.93	179,357.68	66,403.67	103,648.87	
Corte de mejoramiento B	38,579.95	0.00	0.00	243,232.11	
Zanja de Contención A	0.00	0.00	0.00	37,835.35	
Zanja de Contención B	0.00	32,136.20	12,000.89	47,877.14	
<b>Reemplazo (A nivel de terreno natural)</b>	69,614.88	211,493.88	78,404.56	432,593.47	792,106.79
Corte de mejoramiento A	31,034.93	179,357.68	66,403.67	103,648.87	
Corte de mejoramiento B	38,579.95	0.00	0.00	243,232.11	
Zanja de Contención A	0.00	0.00	0.00	37,835.35	
Zanja de Contención B	0.00	32,136.20	12,000.89	47,877.14	

Cuadro 3.10. Volúmenes de excavación y reemplazo por mejoramiento zona este.

<b>Etapa de TERRAPLENES</b>					
	SUR		NORTE		TOTAL
	S-08	S-06	N-04	N-02	
<b>Relleno de Terraplenes (A nivel de proyecto)</b>	100,586.07	328,100.39	111,284.97	1,216,851.06	1,756,822.49
T-01	16,530.40	216,524.86	43,915.34	443,574.73	
T-02	19,936.35	65,391.22	34,695.13	348,117.65	
T-03	64,119.32	46,184.31	23,222.14	158,907.83	
T-04	0.00	0.00	9,452.35	266,250.85	
T-05	0.00	0.00	0.00	0.00	
	S-07	S-05	N-03	N-01	
<b>Relleno de Terraplenes (A nivel de proyecto)</b>	5,293.96	113,406.30	15,426.71	25,619.73	159,746.70
T-01	0.00	0.00	0.00	0.00	
T-02	0.00	0.00	0.00	0.00	
T-03	0.00	0.00	0.00	0.00	
T-04	0.00	0.00	0.00	0.00	
T-05	5,293.96	113,406.30	15,426.71	25,619.73	
<b>TOTAL</b>	105,880.03	441,506.69	126,711.68	1,242,470.79	1,916,569

Cuadro 3.11. Volúmenes de relleno por terraplenes.

### 3.4.2.3 Metodología de trabajo.

En esta etapa se definió la forma de trabajar por parte del área de producción, la cual se vería reflejada en la configuración del planeamiento.

#### Etapa de corte:

Para el corte se decidió trabajar en paralelo la parte alta y baja. Áreas que se aprecian esquematizadas en un perfil diferenciando cada banqueta por colores en la figura 3.18

Una vez realizado los trazos del primer hombro de talud de la banqueta más alta de la ciudad, tanto del frente norte como frente sur se procedió a iniciar con el desbroce de top soil o material orgánico el cual es depositado de manera diferenciada con el resto de materiales por ser de utilidad para trabajos de remediaciones y por la importancia debido a su contenido orgánico.



Figura 3.19. Inicio de actividades de corte. Desbroce y retiro de top soil.

A continuación del desbroce de top soil o tierra vegetal se procedió a hacer el corte con maquinaria pesada de roca suelta y material común, específicamente con tractores pues debido a la inclinación del terreno natural se debía ganar primero área horizontal para poder ingresar más maquinaria pesada y además otros equipos como excavadoras y track drills, estos últimos en el caso que el terreno era roca tipo A y ameritaba realizar una voladura.



Figura 3.20. Corte inicial de terreno con tractores D8.



Figura 3.21. Corte con excavadoras y tractores.

Cuando se llega a un nivel de corte donde se cuente con el área suficiente para que se pueda desarrollar accesos para el ingreso y salida de volquetes se procede a iniciar el transporte del material a través de estos vehículos. Con esta condición favorable para aumentar el rendimiento de corte y de movimiento de tierras en general se dimensionan los equipos necesarios tanto para corte como para carguío y transporte.



Figura 3.22. Carguío y transporte de roca suelta.

### Etapa de relleno y mejoramiento:

Previo al inicio de los rellenos debemos liberar el sello de fundación o el punto de partida, que es un terreno firme y competente para recibir la potencia de relleno necesaria para llegar a la cota de acabado del plataformado que indican los planos para la configuración de la ciudad.

Para llegar a ese nivel de terreno, se debe realizar las actividades de corte y eliminación de material no competente a fin de realizar un mejoramiento de terreno.



Figura 3.23. Excavación de mejoramiento por terreno no competente.

Una vez llegado al nivel de fondo de excavación por mejoramiento y previo al inicio de rellenos masivos controlados se procede a colocar una capa de material grueso rocoso como una cama de roca que estabilice el terreno común que no tiene la competencia necesaria como para recibir la carga directamente por el peso de relleno que va a recibir.



Figura 3.24. Mejoramiento del sello de fundación con roca.

Para el relleno se decidió trabajar con rodillos de alto tonelaje, permitiendo realizar capas de relleno con espesores que variarían entre 0.30 m y 0.80 m.

Más importante aún que la capacidad de los rodillos con los cuales se puede desarrollar espesores de capas mayores es la cantidad de área liberada como sello de fundación para poder dar frente a las cuadrillas de relleno. Es por ello que al iniciar dicha actividad, debido a tener poca área liberada se avanzará pequeños tramos del área total del terraplén como se muestra en la figura 3.28.



Figura 3.25. Inicio de rellenos zona Este.

Conforme se va liberando terreno o sello de fundación, es decir ganando área, se puede ir incrementando la flota que va a descargar el material preparado para rellenos y además la cantidad de equipos de conformación y compactación como son las motoniveladoras y los rodillos lisos. Hay una relación directamente proporcional entre el área a rellenar con el rendimiento diario de relleno, pues a mayor área se logra desarrollar mejor los trabajos de los equipos de recorrido largo como las motoniveladoras y así también los rodillos pues al tener un tonelaje alto la cantidad de ciclos por capa se reduce, lo cual se pudo comprobar al haber efectuado las canchas de prueba.



Figura 3.26. Conformación de terraplenes en áreas liberadas grandes

Además con la finalidad de ir entregando plataformados por sectores se configuró trabajar con rellenos en forma de pirámides truncas.

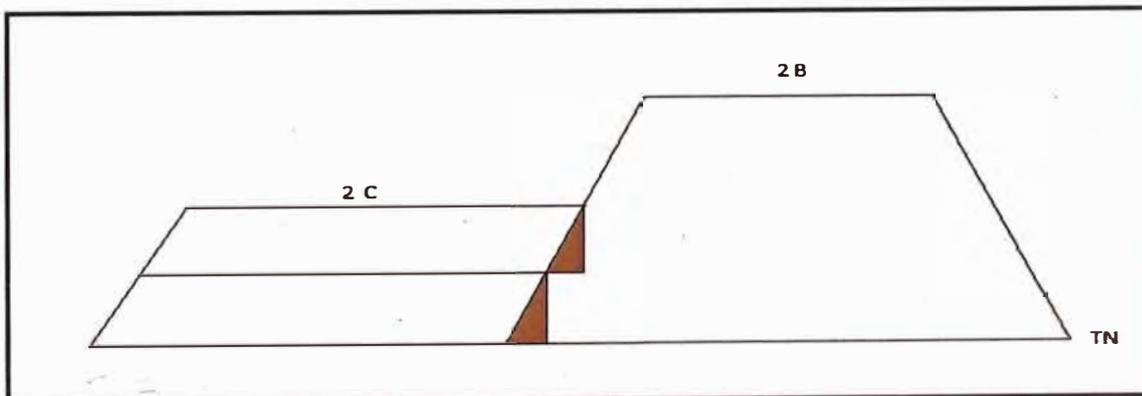


Figura 3.27. Metodología de trabajo para la actividad de relleno.

### 3.4.2.3 Cálculo de rendimientos por cuadrilla.

#### Voladura:

La voladura es una sub partida que está dentro de la partida de excavación de roca fija. Se tiene en cuenta que 02 de los sectores de corte de la zona oeste (01 y 07) se definió del estudio geotécnico que presentan estratos de roca tipo A en su totalidad, por tanto es tan importante y está dentro de la ruta crítica del proyecto esta actividad que hay que tomarle la importancia del caso y estudiar la estrategia de manera detallada.

Para perforación y voladura se tomó como equipo de perforación los rock drill y se hizo el análisis para el cálculo del rendimiento de la siguiente manera:

<u>Equipo Ranger DX700</u>		Supuesto: Cada vez que se posiciona el equipo puede perforar 6 tiros		
		Tiempo posicionamiento Total = 10 min 600 s		
Vel Perforación	= 20 m/hr 0.05 hr/m	5.2	2.6 km	0.06 0.02308
Longitud Perforación Requerida	= 5.500 m (inc. sobreperforación)	hr		1.38462 min
Tiempo Perforación	= 16.50 min			
Tiempo Posicionamiento	= 1.50 min			
Tiempo Subida Barra + Giro NT	= 1.0 min			
Tiempo Perforación	= 19.00 min/talad 0.3 hr/talad			
Sobreperforación (2%)	= 0.38 min			
Tiempo Total de Perforación	= 19.38 min/talad 3.10 talad/hr 31.0 Talad/Turno			
Tiempo Carguío Taladro	= 2.5 min			
Tiempo Amarre Taladro	= 1 min			
Tiempo Total Voladura	= 23 min/talad 2.6 Talad/hr 26 Talad/Turno 182 Talad/Sem			
Rendimiento de Voladura	= 182 bcm/hr			
Disponibilidad Mecánica	90.0%			
Eficiencia Operacional	90.0%			
<b>Rendimiento Efectivo de Voladura</b>	<b>= 147 bcm/hr</b>			

Cuadro 3.12. Cálculo del rendimiento de equipo de perforación Track Drill Ranger DX700.

Sobre el análisis realizado para el rendimiento de perforación y en función a la cantidad de áreas que se tendrán habilitadas en paralelo para perforar se dimensionó la cantidad de equipos de perforación en obra.



Figura 3.28. Equipos de perforación para voladura habilitando área para carga con explosivos.

Se calculó el tiempo en el cual se debería tener lista las perforaciones y la carga de las mismas para programar las voladuras que se efectuaron en obra.



Figura 3.29. Voladura en el sector 01 de la zona norte de la ciudad.

Corte:

Para el corte de material común se tomó como equipo de corte excavadoras CAT 330 y 345 (o similares).

		EXCAVADORA CAT 330	CARGADOR CAT 962	EXCAVADORA (HYUNDAI R-500)
CAPACIDAD CUCHARA	yd <sup>3</sup>	3.2	4	4.5
	m <sup>3</sup> /yd <sup>3</sup>	0.7646	0.7646	0.7646
	m <sup>3</sup>	2.40	3.10	3.40
FACTOR DE LLENADO		0.7	0.7	0.7
DISPONIBILIDAD MECANICA		0.85	0.85	0.85
EFICIENCIA OPERACIONAL		0.9	0.9	0.9
CICLO DE CARGA	MIN	0.50	0.57	0.43
RENDIMIENTO EFECTIVO	M <sup>3</sup> /HR	<b>154.00</b>	<b>175.00</b>	<b>254.00</b>

Cuadro 3.13. Cálculo del rendimiento de equipo de corte según capacidad de cuchara..



Figura 3.30. Corte y carguío de roca suelta con excavadora Hyundai RX-500.

Relleno:

Para la etapa de relleno se definieron cuadrillas en base al tonelaje de los rodillos los cuales a la vez definían los espesores de capa del relleno.

<b>RENDIMIENTOS PARA RELLENO</b>				
RELLENO (e=0.30M)	M3HR		150	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 10 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
RELLENO (e=0.40M)	M3HR		180	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 12 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
RELLENO (e=0.60M)	M3HR		270	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 14 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
RELLENO (e=0.70M)	M3HR		300	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 16 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
RELLENO (e=0.80M)	M3HR		340	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 19 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
RELLENO (e=0.60M)	M3HR		100	TRACTOR D6 (1), RODILLOS 8 TON (2), MOTONIVELADORAS (2), CISTERNAS (2)
1 CUAD. DE RELLENO (e=0.60M) + 1 CUAD. DE RELLENO (e=0.70M)	M3HR		285	
1 CUAD. DE RELLENO (e=0.60M) + 1 CUAD. DE RELLENO (e=0.70M) + 1 CUAD. DE RELLENO (e=0.80M)	M3HR		303	

EN TEMPORADA DE ESTIAJE

EN TEMPORADA DE LLUVIA

Cuadro 3.14. Cálculo del rendimiento de relleno según tonelaje de equipo de compactación.



Figura 3.31. Conformación de terraplén, capas de 0.50m

## CAPITULO IV: CONTROL DE LA PRODUCTIVIDAD

Este capítulo vendría a ser el más importante a mi parecer debido a que todo el planeamiento se protege y se concreta con el control, ya que es lo que garantiza que se cumplan los objetivos del proyecto al realizarse un trabajo exhaustivo a través del uso de herramientas de programación del lean construction tales como lookahead, plan semanal, causas de incumplimiento, teoría del último planificador.

### 4.1. Control de corte y excavación:

Dentro de esta actividad se realizó el control del ciclo a través de toma de datos de campo que sirvieron para generar un proceso de mejora continua.

Una vez dimensionadas las cuadrillas en función al ciclo productivo de movimiento de tierras del cual se habló en el capítulo 01 del presente informe y de los rendimientos de corte y carguío de los equipos, se llevó un control en campo para ver qué puntos son los que afectan el ideal productivo.

Día a día se vació la información de los partes de equipos en especial de los volquetes llámese las horas horómetro y el número de viajes realizados por cada uno de ellos, con los cuales se puede obtener los ratios de productividad o IP's

Una vez obtenidos los ratios reales o indicadores de productividad se realiza la comparación con los ratios metas o los ratios con los que se presupuestó la obra. Se busca que nuestros ratios reales sean siempre menores que los del presupuesto pues así estamos demostrando eficiencia en nuestra gestión ya que al ser maquinaria pesada el ratio es el cociente del costo de alquiler de la máquina entre los metros cúbicos ya sean excavados, transportados o colocados para relleno.

Cabe resaltar que se estandariza la unidad de producción al costo de la maquinaria y no a las horas máquinas para tener una unidad que englobe el conjunto de equipos, pues cada uno de ellos tiene diferente uso, potencia, y rendimiento, a diferencia del recurso humano que se cuenta la cantidad de horas hombre.

<b>CONTROL DE GESTION FRENTE CIUDAD ZONA NORTE</b>						
DESCRIPCION	PARTIDA	EQUIPO	CODIGO	HM	Costo HM	Costo Equipo sin operador
Mejoramiento: Excavación Masiva	4020	Excavadora	14-1032	7.10	95.93	681.10
VARIOS	varios	Excavadora	14-1020	8.50	95.93	815.41
Mejoramiento: Excavación Masiva	4020	Excavadora	14-1001	7.70	95.93	738.66
Mejoramiento: Excavación Masiva	4020	Cargador F.	16-732	6.20	93.47	579.51
Conformacion de terraplen	4040	Rodillo	19-703	5.70	39.33	224.18
CIUDAD: Conformacion de terraplen	4040	Rodillo	19-821	4.90	39.33	192.72
CIUDAD: Conformacion de terraplen	4040	Rodillo	19-827	5.90	39.33	232.05
CIUDAD: Conformacion de terraplen	4040	Rodillo	19-822	5.70	39.33	224.18
CIUDAD: Conformacion de terraplen	4040	Rodillo	19-826	6.10	39.33	239.91
Ciudad: Conformación de terraplen	4040	Tractor	13-741	3.00	91.43	274.29
Ciudad: Conformacion de terraplen	4040	Tractor	13-751	7.10	91.43	649.15
Mejoramiento: Excavación Masiva	4020	Tractor	13-1000	6.20	128.55	797.01
Mejoramiento: Excavación Masiva	4020	Tractor	13-1014	5.00	128.55	642.75
Ciudad: Conformacion de terraplen	4040	Motoniveladora	17-710	6.30	62.17	391.67
Ciudad: Conformacion de terraplen	4040	Motoniveladora	17-711	3.90	62.17	242.46
Ciudad: Conformacion de terraplen	4040	Motoniveladora	17-067	2.40	62.17	149.21
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-221	7.60	36.54	277.70
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-229	3.00	36.54	109.62
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-229	3.80	36.54	138.85
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-233	7.80	36.54	285.01
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-301	7.20	36.54	263.09
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-302	6.20	36.54	226.55
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-303	7.40	36.54	270.40
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-305	7.00	36.54	255.78
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-307	7.00	36.54	255.78
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-309	6.60	36.54	241.16
VARIOS	varios	Volquete	11-338	0.70	36.54	25.58
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-343	4.50	36.54	164.43
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-343	4.10	36.54	149.81
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-344	0.90	36.54	32.89
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-344	7.70	36.54	281.36
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-345	7.50	36.54	274.05
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-725	2.50	36.54	91.35
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-725	3.80	36.54	138.85
VARIOS	varios	Volquete	11-725	1.00	36.54	36.54
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-761	5.00	36.54	182.70
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-761	2.80	36.54	102.31
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-762	3.10	36.54	113.27

Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-771	8.10	36.54	295.97
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-772	6.00	36.54	219.24
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-772	1.50	36.54	54.81
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-777	5.50	36.54	200.97
VARIOS	varios	Volquete	11-777	1.50	36.54	54.81
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-779	5.40	36.54	197.32
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-779	1.50	36.54	54.81
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-781	3.10	36.54	113.27
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-781	4.50	36.54	164.43
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-790	5.20	36.54	190.01
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-791	5.00	36.54	182.70
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-791	3.40	37	124
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-798	6.00	36.54	219.24
VARIOS	varios	Volquete	11-798	0.90	36.54	32.89
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-799	3.20	36.54	116.93
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-799	3.60	37	132
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-807	5.00	36.54	182.70
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-807	2.50	36.54	91.35
VARIOS	varios	Volquete	11-807	0.50	36.54	18.27
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-809	6.20	36.54	226.55
VARIOS	varios	Volquete	11-809	1.80	36.54	65.77
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-812	7.80	36.54	285.01
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-813	7.70	36.54	281.36
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-837	4.00	36.54	146.16
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-837	4.00	36.54	146.16
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-962	8.00	36.54	292.32
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-990	2.50	36.54	91.35
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-990	4.90	36.54	179.05
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-995	0.80	36.54	29.23
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-995	6.70	36.54	244.82
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1003	7.80	36.54	285.01
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1150	5.30	36.54	193.66
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1200	3.60	36.54	131.54
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1200	5.00	36.54	182.70
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1201	6.50	36.54	237.51
VARIOS	varios	Volquete	11-1201	1.00	36.54	36.54
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1202	3.50	36.54	127.89

Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1202	3.50	36.54	127.89
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1230	7.60	36.54	277.70
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1230	0.50	36.54	18.27
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1240	6.30	36.54	230.20
VARIOS	varios	Volquete	11-1240	1.60	36.54	58.46
VARIOS	varios	Volquete	11-1241	3.30	36.54	120.58
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1260	8.00	36.54	292.32
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1261	5.50	36.54	200.97
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1261	1.20	36.54	43.85
Mejoramiento: Transporte de Material de Eliminación	4021	Volquete	11-1262	4.50	36.54	164.43
Ciudad: Transporte de material de préstamo	4046	Volquete	11-1262	1.50	36.54	54.81

Cuadro 4.1. Recopilación de datos de campo (horómetros, número de viajes por código de equipo)

Con esta información se logra obtener haciendo unos cálculos simples los IP's de campo, los cuales nos van aproximando a qué resultado se obtendrá al término de la semana donde en reuniones internas de producción se medirán los resultados obtenidos de la gestión del área y se compararán con los resultados estimados en la propuesta.

1	<b>MEJORAMIENTO: EXCAVACION MASIVA Y CARGUIO (4020)</b>	
	Resumen	
	Costo Equipos	3,439.04
	Total Costo	3,439.04
	Total Producción	3,014
	Costo Unitario x m <sup>3</sup>	1.14
		Costo Promedio Meta 2.35

Cuadro 4.2. Cálculo del IP de excavación y carguío.

2	<b>MEJORAMIENTO: TRANSPORTE DE MATERIAL DE ELIMINACION (4021)</b>	
Resumen		
Costo Equipos	5,309.26	
Total Costo	5,309.26	
Total Producción	3,014	
Costo Unitario x m3	1.76	↔ Costo Promedio Meta 2.07

Cuadro 4.3. Cálculo del IP de transporte de material.

Se usaron los siguientes valores de costo por hora máquina según presupuesto clase 2 para el EPC “Construcción de la Ciudad Nueva Fuerabamba”

Partida	Equipo	Tarifas \$
<b>4003</b>	<b>FACILIDADES TEMPORALES</b>	
4003	VOLQUETES	36.54
4003	CISTERNA DE AGUA	45.05
4003	TRACTOR D6T	91.43
4003	TRACTOR D7T	91.43
4003	TRACTOR D8T	128.55
4003	TRACTOR D9	128.55
4003	EXCAVADORA 330	95.93
4003	EXCAVADORA 330 C/MARTILLO	122.09
4003	RETROEXCAVADORA	32.85
4003	CARGADOR FRONTAL 950 H	93.47
4003	MOTONIVELADORA 140H	62.17
4003	RODILLO LISO 10 TON	39.33
4003	TORRE DE ILUMINACION	7.95
4003		
<b>4006</b>	<b>ACCESOS DE OPERACIÓN</b>	
4006	VOLQUETES	36.54
4006	CISTERNA DE AGUA	45.05
4006	EXCAVADORA 330	95.93
4006	TRACTOR D9	128.55
4006	TRACTOR D8T	128.55
4006	TRACTOR D7T	91.43
4006	TRACTOR D6T	91.43
4006	CARGADOR FRONTAL 950 H	93.47

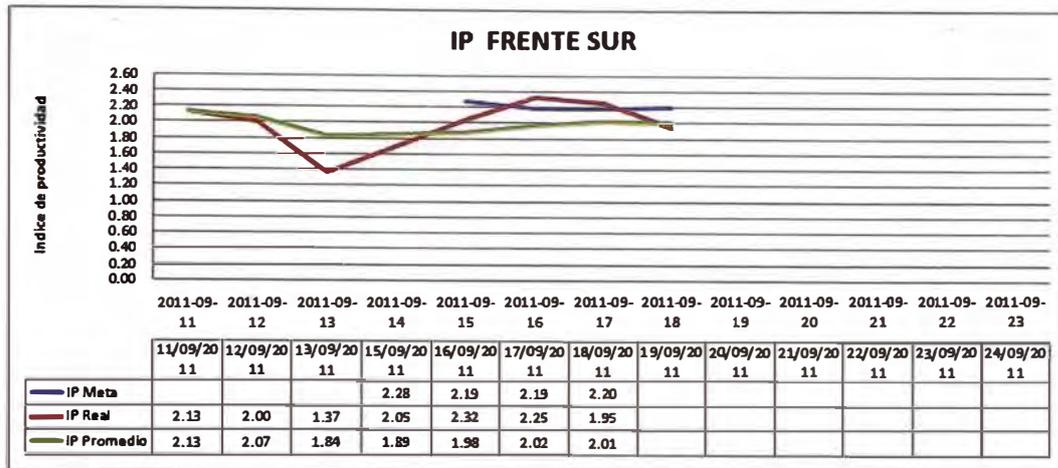
4006	RETROEXCAVADORA	32.85
4006	MOTONIVELADORA 140H	62.17
4006	RODILLO LISO 10 TON	39.33
4006	TORRE DE ILUMINACION	7.95
4006		
<b>4007</b>	<b>HABILITACION Y CIERRE DE BOTADEROS</b>	
4007	VOLQUETES	36.54
4007	TRACTOR D8T	128.55
4007	TRACTOR D7T	91.43
4007	TRACTOR D6T	91.43
4007	EXCAVADORA 330	95.93
4007	MOTONIVELADORA 140H	
4007	RETROEXCAVADORA	32.85
4007	CARGADOR FRONTAL 950 H	93.47
4007	TORRE DE ILUMINACION	7.95
4007		

Cuadro 4.4. Costo de horas máquinas por equipo.

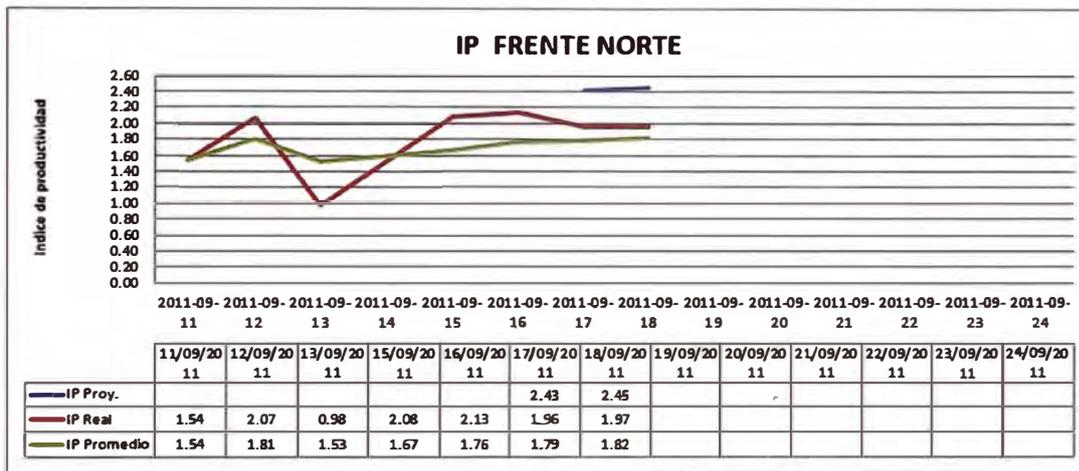
Este trabajo de recopilación diaria de información de campo y de armado de cuadros para comparar con lo estimado en el presupuesto nos sirvió para a través de gráficas ver de manera esquemática cómo evolucionó nuestra gestión de campo reflejada en números, específicamente cómo volvernos más eficientes.

	Día	Frente SUR			Frente Norte			TURNO NOCHE		
		IP	IP	IP	IP	IP	IP	IP	IP	
		Meta.	real	Prom	Meta.	real	Prom	Meta.	real	Prom
SEMANA 36	11/09/2011		2.13	2.13		1.54	1.54	2.31	2.49	2.49
	12/09/2011		2.00	2.07		2.07	1.81	2.36	2.55	2.52
	13/09/2011		1.37	1.84		0.98	1.53	2.28	2.28	2.44
	15/09/2011	2.28	2.05	1.89		2.08	1.67	2.38	1.98	2.32
	16/09/2011	2.19	2.32	1.98		2.13	1.76	2.34	2.12	2.28
	17/09/2011	2.19	2.25	2.02	2.43	1.96	1.79	2.42	2.62	2.34
	18/09/2011	2.20	1.95	2.01	2.45	1.97	1.82	2.32	1.90	2.28

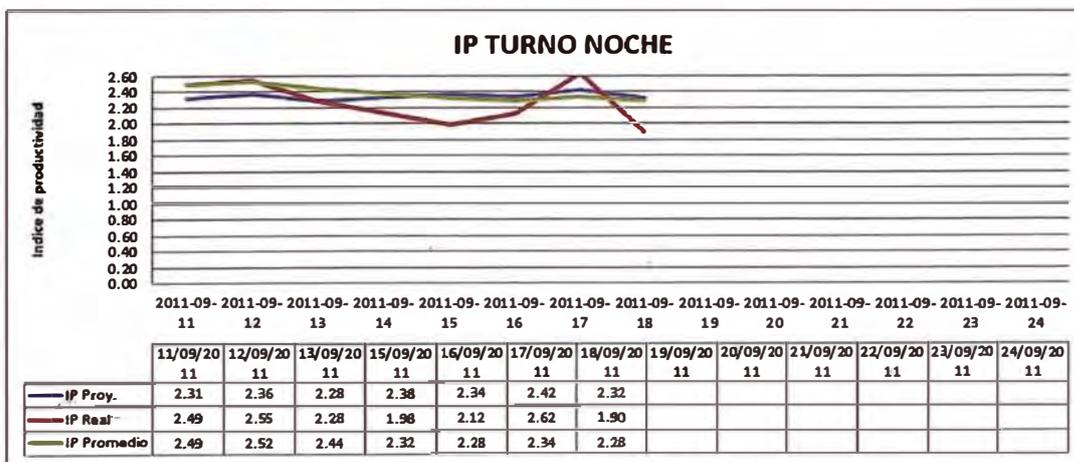
Cuadro 4.5. IP's diarios por frentes para la partida de transporte de material de eliminación.



Cuadro 4.6. Gráfica de IP's de transporte de material del frente sur



Cuadro 4.7. Gráfica de IP's de transporte de material del frente norte



Cuadro 4.8. Gráfica de IP's de transporte de material del turno noche.

Importante mencionar lo siguiente:

Cada día se tienen distintas proporciones de material eliminado en cada frente. Por ello es recomendable obtener en cada uno de esos días el IP Meta y compararlo con el IP real del día.

Para obtener el IP Meta del día se hace la siguiente Operación:

$$\frac{(\text{Viajes de Material 1} \times \text{Costo Meta 1} + \text{Viajes de Material 2} \times \text{Costo Meta 2})}{\Sigma \text{ viajes}}$$

Es por ello que no es un IP meta fijo pues el número de viajes por tipo de material es variable en el tiempo según el plan diario de trabajo.

Con los datos recopilados de campo también se pueden obtener el porcentaje de utilización de los equipos.

Esta gráfica tipo barras del porcentaje de utilización de equipos nos puede servir para visualizar qué equipos están siendo sub utilizados, por tanto ver la manera de replantear la estrategia para darle un mayor aprovechamiento y así buscar la eficiencia.

El Porcentaje de HM utilizadas se obtiene mediante el siguiente cociente:

$$\frac{HM \text{ reales}}{(10h \times \# \text{ equipos utilizados})}$$

Las HM reales se obtienen por cada tipo de equipo Excavadoras (inc. Picotón y retroexcavadora para limpieza de tolva), tractores, volquetes. Se considera 10 horas para la jornada de un equipo.

Las HM reales (por equipo) son distintas a las cargadas cada día en las Partidas de Carguío y Transporte. Debido a que en esta también se están considerando HM en equipos de corte y empuje (tractores, picotones, etc.)

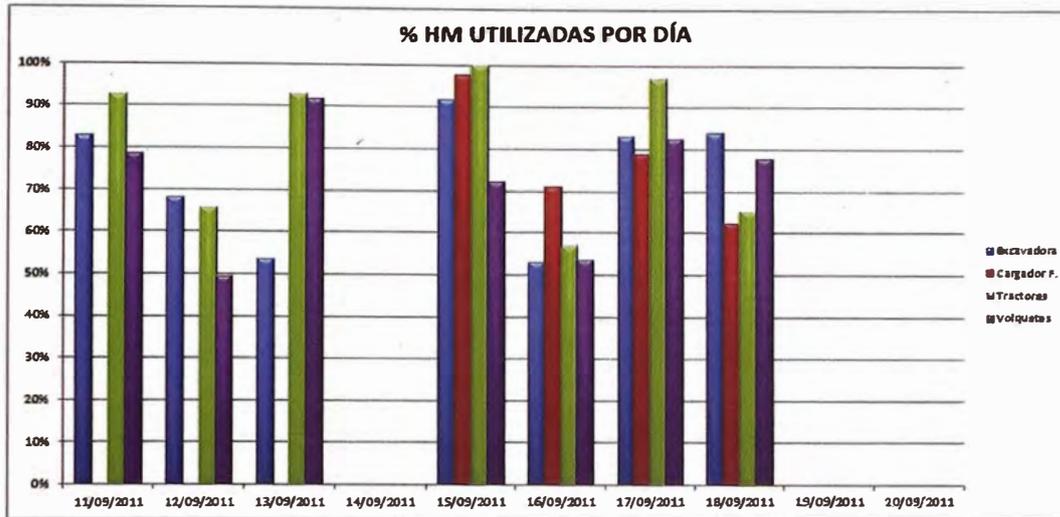


Figura 4.1. Gráfica de barras de utilización diaria de equipos frente sur.

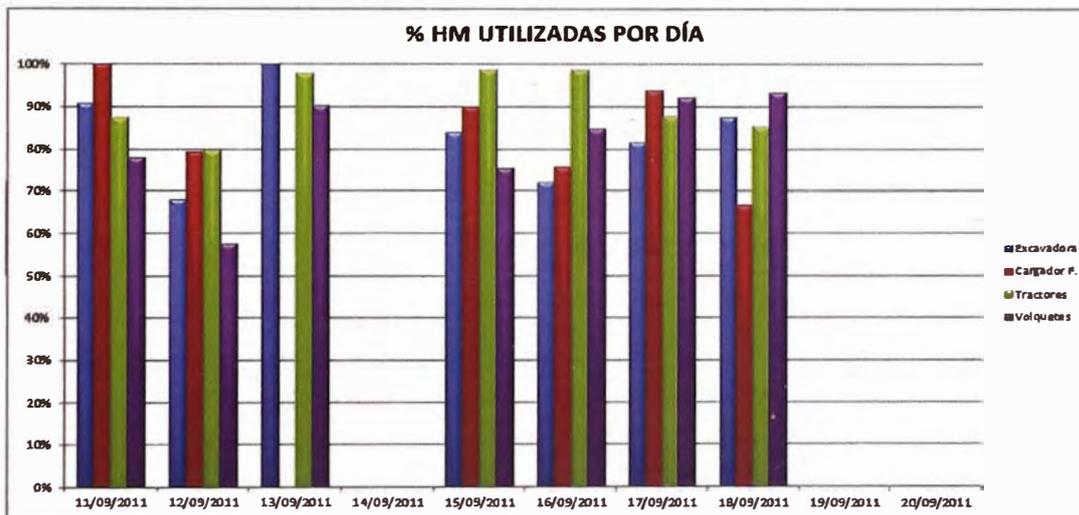


Figura 4.2. Gráfica de barras de utilización diaria de equipos frente norte.

Día	Excavadora	Cargador F.	Tractor	Volquete
11/09/2011	83%	0%	93%	79%
12/09/2011	68%	0%	66%	49%
13/09/2011	54%	0%	93%	92%
14/09/2011	0%	0%	0%	0%
15/09/2011	92%	98%	100%	72%
16/09/2011	53%	71%	57.04%	54%
17/09/2011	83%	79%	97%	82%
18/09/2011	84%	62%	65.19%	78%

Cuadro 4.9. Resultados de porcentajes de utilización de equipos frente sur

Día	Excavadora	Cargador F.	Tractor	Volquete
11/09/2011	91%	100%	87%	78%
12/09/2011	68%	79%	80%	57%
13/09/2011	106%	0%	98%	90%
14/09/2011	0%	0%	0%	0%
15/09/2011	84%	90%	99%	75%
16/09/2011	72%	76%	98.61%	85%
17/09/2011	82%	94%	87.78%	92%
18/09/2011	88%	67%	85.33%	93%

Cuadro 4.10. Resultados de porcentajes de utilización de equipos frente norte

Gracias a la toma de datos, armado de cuadros, comparación de lo obtenido con lo contractual se facilitó encontrar las causas raíz de lo que generaba la baja productividad o en su defecto lo que no permitía llegar mínimamente a lo que pedía el presupuesto. Resaltan los siguientes puntos.

#### **Carguíos altamente efectivos:**

Aquí se observó que muchas veces el posicionamiento de las excavadoras no era el adecuado pues en algunos casos no contaba con el banco que le permite tener una altura sobre el nivel de piso donde se desplazan los volquetes que genera mayor maniobra para cargar las tolvas. Adicional a ello, el carguío sin un banco de apoyo es una condición insegura de trabajo por lo que no tiene una visibilidad de la maniobra de carguío desde ese punto de referencia.

Gracias al control de campo y la evaluación de puntos que generan improductividades se logró levantar dicha observación lográndose carguíos altamente eficientes en cada excavadora de cada frente.



Figura 4.3. Carguío altamente eficiente.

### **Dimensionamiento de equipos de corte y carguío:**

Otro punto fundamental es el dimensionamiento de los equipos de corte pues ellos definen la cantidad de equipos de carga y transporte como los volquetes, ellos a su vez condicionados al área libre para maniobrar.



Figura 4.4. Equipos de corte y carguío correctamente dimensionados.

### Acoplamiento de volquetes en la ruta Ciudad - DME's:

Otra variable que se debe tener en cuenta es la cantidad de frentes en paralelo que ejecutan las actividades de excavación, por ende de transporte y eliminación pues la ruta y el DME muchas veces es el mismo para varios frentes, por lo que los volquetes pueden generar acoplamiento en la ruta, es decir aumentar la densidad de tráfico lo que imposibilita fluidez en el tránsito y lo peor, alterar el ciclo, lo que generaría tiempos improductivos en los equipos de carguío por la espera y reducir la cantidad de viajes por volquete.



Figura 4.5. Acoplamiento de volquetes en puntos de carguío, ruta y puntos de descarga.



Figura 4.6. Acoplamiento de volquetes en puntos de carguío, ruta y puntos de descarga.

### **Aforo de depósitos de material excedente:**

Se debe tener en cuenta como otra variable más del ciclo productivo la zona de descarga o depósitos de material excedente. Los DME's deben estar diseñados para una densidad de volquetes que llegaran transportando material producto de los cortes de la ciudad tanto en área como en equipos de empuje y conformación de DME, ya que de lo contrario se volvería un cuello de botella el tema de descarga que también impactaría al ciclo generando encolamientos, en incluso condiciones inseguras de trabajo por sobrecarga del mismo por alta densidad de equipos trabajando simultáneamente, lo cual a corto o largo plazo puede generar que por tal motivo ocurra un incidente con tiempo perdido.



Figura 4.7. Aforo de DME's

#### 4.2. Control de relleno, conformación de terraplén:

Para la partida de conformación de terraplén se hizo un control exhaustivo de los tiempos que involucraba cada actividad componente de la conformación de terraplén, es decir desde el inicio de la jornada de trabajo se fue tomando nota del tiempo que demanda cada actividad.

En este sentido se realizó una carta balance, la cual tomó como principio u objetivo principal denotar la cantidad de tiempo contributivo, productivo e improductivo dentro de la jornada de 10 horas laborales. Así se llegaron a obtener los cuadros que más adelante se van a presentar.

La parte baja de la ciudad implicaba un volumen de relleno que según los últimos planos alcanzados por el cliente los números que se iban a alcanzar oscilarían alrededor de 1 500 000.00 m<sup>3</sup>.

Ahí se encuentra la importancia de cuidar el tiempo de ejecución de este volumen bastante considerable ya que es parte de la ruta crítica y cuenta con un número de variables que de descuidarse tan solo una de ellas puede generar que se incumplan los plazos establecidos.

Es así como se obtienen los siguientes cuadros gracias a la toma de datos de campo.

MOVIMIENTO DE TIERRAS. FRENTE NORTE									
ANÁLISIS DE TIEMPOS PARA CONFORMACIÓN DE TERRAPLÉN DE ESPESORES DE 0.50 M. (Rodillos de 16 tn de capacidad)									
19/04/2012		TIEMPO	TIPO	RECURSOS PARA T. PRODUCTIVOS					
TURNO NOCHE	18:30	19:00	0:30	C			CH	Charla seguridad	
	19:00	19:20	00:20	NP			GD	Tiempo de espera por Calidad	
	19:20	20:30	01:10	C			GA/GC	Pruebas de GC /GA para liberación de capa "densidad de agua y prueba de densidad.	
	20:30	21:00	00:30	NP			SM	Tiempo muerto en el carguo de acopio 3, retiro mantas y preparación material	
	21:00	22:30	01:30	P	15 volquetes, 1 tractor, 1 moto, 3 rodillos			Descarga de material y conformación, de acopio 3	
	22:30	02:30	04:00	P	7 volquetes, 1 tractor, 1 moto 1 rodillo			Descarga de material y conformación, de acopio 1 simultaneo al acopio 3	
	02:30	04:30	02:00	NP			SM	Tiempo muerto, porque se agoto material del Acopio 1	
	04:30	05:40	01:10	P				Descarga de material y conformación.	
05:40	06:00	00:20	NP				SM	Tiempo muerto, porque se agoto material del Acopio 3	
20/04/2012		TIEMPO	TIPO	RECURSOS PARA T. PRODUCTIVOS					
TURNO DIA	06:30	07:00	00:30	C			CH	Charla seguridad	
	07:00	08:00	01:00	C			AST	AST Y CHECKLIST	
	08:00	09:00	01:00	NP			SM	Tiempo muerto "destape de acopios y preparación material"	
	09:00	12:00	03:00	P	RL 16 TN, 1RL 19TN, 2 MOTONIVELADORAS			Conformación y compactación	
	13:00	15:00	02:00	P				Descarga de material y conformación.	
	15:00	16:30	01:30	P	RL 16 TN, 1RL 19TN, 2 MOTONIVELADORAS			Conformación y compactación de material	
	16:30	18:30	02:00	C			GA/GC	Prueba GA / GC.	
	18:30	19:00	00:30	C			CH	Charla seguridad	
TURNO NOCHE	19:00	20:30	01:30	C			GA/GC	Pruebas de GC /GA para liberación de capa "densidad de agua y prueba de densidad.	
	20:30	21:15	00:45	NP			SM	Tiempo muerto "destape de acopios y preparación material"	
	21:15	04:40	07:25	P	18 volquetes, 2 Tractores			Descarga de material y conformación. Trabajo simultaneo de compactación.	
	04:40	05:30	00:50	P	2 Motoz, 3 Rodillos			Perfilado y compactación de material	
	05:30	06:00	00:30	P				Descarga de material y conformación.	

21/04/2012		TIEMPO	TIPO	RECURSOS PARA T. PRODUCTIVOS			
TURNO DIA	06:30	07:00	00:30	C		CH	Charla seguridad
	07:00	08:00	01:00	C		AST	AST
	08:00	12:00	04:00	P	2 RL 16 TN, 1 RL 19 TN / 23 VOLQUETES		Conformación de material / Descarga de material.
	13:00	14:00	01:00	P	2 RODILLOS 16 TN, 1 RODILLO 19 TN		Compactación de material 2' mitad.
	14:00	17:00	03:00	C		GA/QC	Prueba GA/QC.
	17:00	18:00	01:00	P	22 Volquetes - 2 Tractores		Descarga de material para siguiente capa
TURNO NOCHE	18:30	19:00	00:30	C		CH	Charla seguridad
	19:00	01:00	06:00	NP		CLIMA	Luvia
	01:00	03:00	02:00	NP		CLIMA	Oreo de material y evacuación de agua de escorrentía.
	03:00	04:00	01:00	C	2 Motos	MV	Mantenimiento de accesos y plataforma
	04:00	05:40	01:40	P	21 Volquetes - 2 Tractores		Descarga de material y conformación.
	05:40	06:00	00:20	P	22 Volquetes - 2 Tractores		Compactación de material/Transporte de material para sub obra

Cuadro 4.11. Control de tiempos de conformación de terraplén por jornada de trabajo.

Este análisis como se aprecia fue el inicio para mostrar y sacar a la luz los problemas que arrastraban un bajo rendimiento y que de no ser analizados y solucionados no se hubiese podido remontar para lograr los objetivos estipulados.

Para capas de espesor de 50cm se obtuvieron los siguientes cuadros de análisis iniciales los cuales consideraron un periodo del 19 de abril al 21 de abril del 2012:

ANÁLISIS DE TIEMPOS PARA CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN ESPEORES $e= 0.50 m.$			
<b>PRODUCCION DE RELLENO DEL 19-04 AL 21-04:</b>		<b>12842 M3</b>	
<b>TIEMPO PRODUCTIVO</b>	P	29:55:00	53%
<b>TIEMPO CONTRIBUTORIO</b>	C	13:10	24%
<b>TIEMPO NO PRODUCTIVO</b>	NP	12:55	23%
	<b>SUMA</b>	<b>56:00:00</b>	
<b>RENDIMI</b>			
	<b>428.05 M3/H</b>	<i>Solo considerando tiempos productivos</i>	
	<b>229.31 M3/H</b>	<i>Rendimiento promedio del 19-04 al 21-04 considerando todos los tiempos.</i>	
	<b>253.00 M3/H</b>	<i>Rendimiento según PPTD</i>	
CODIGO	ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
CH	Charla de seguridad	2:30:00	19%
GA/QC	Pruebas de Calidad	7:40:00	58%
AST	Llenado y firma de AST	2:00:00	15%
MV	Mantenimiento de Vias.	1:00:00	8%
CLIMA	Factor Climatológico	8:00:00	62%
QD	Demora de Calidad	0:20:00	3%
SM	Falta de suministro de Material	4:35:00	35%
			<b>CONTRIBUTORIOS</b>
			<b>NO PRODUCTIVOS</b>

Cuadro 4.12. Cálculo de porcentaje de tiempos durante jornada de trabajo del 19 al 21 de abril.

Los resultados iniciales se resumen en el cuadro tipo pie que se muestra en la figura 4.8.

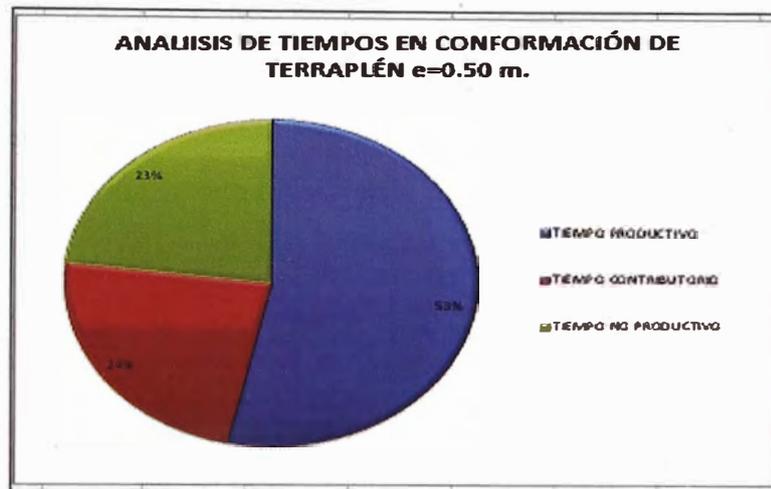


Figura 4.8. Resultados de porcentajes de tiempos durante una jornada de trabajo.

En el inicio de la actividad de conformación de terraplenes se aprecia que sólo se logró tener un 53% de tiempo productivo con respecto del total de una jornada laboral, es decir de 10 horas, mientras que se obtuvo un 24% de tiempo contributorio y un 23% de tiempos improductivos.

Así mismo se observa que el rendimiento horario de relleno no superó las expectativas del presupuesto pues se consiguió 229.31 m<sup>3</sup>/h teniendo como rendimiento del presupuesto de 253 m<sup>3</sup>/h.

Es gracias a esta información obtenida que se adoptan medidas para contrarrestar el poco tiempo productivo. Entre ellas se analizan.

Tiempos contributorios:

CODIGO	ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE	
CH	Charla de seguridad	2:30:00	19%	CONTRIBUTORIOS
QA/QC	Pruebas de Calidad	7:40:00	58%	
AST	Llenado y firma de AST	2:00:00	15%	
MV	Mantenimiento de Vías.	1:00:00	8%	

Cuadro 4.13. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.

### ANÁLISIS DE TIEMPOS CONTRIBUTORIOS

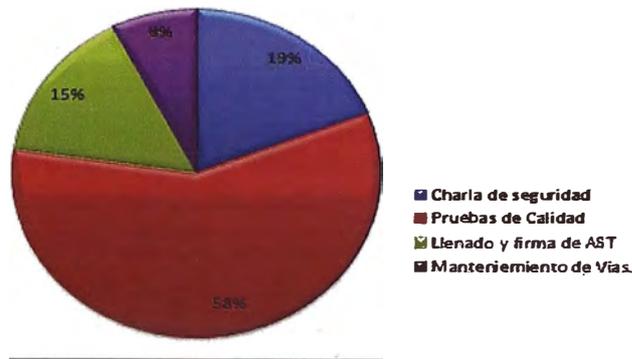


Figura 4.9. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.

El punto más incidente dentro de estos tiempos son las pruebas de calidad, se observó que ocupaban el 58% del total de tiempos contributorios y esto debido a que las pruebas que se realizaban implicaban el método de reemplazo de agua como se aprecia en la figura 4.11, y por procedimiento de prueba esta labor demanda un promedio de 1.5 horas, tiempo durante el cual no se realiza ninguna actividad de descarga, conformación o compactación hasta que se dé el visto bueno de la capa en prueba.

Ante ello se optó por generar valor al trabajo de campo y se coordinó con la supervisión que se realice cancha de prueba donde se controla y se estandariza el número de pasadas con rodillos según tonelaje y porcentaje de compactación deseado, con lo que se optimiza el tiempo de prueba. Adicional a ello, con fines de una aproximación de los resultados se efectuaron pruebas con densímetro nuclear con un factor de seguridad adicional, vale decir que si la prueba con reemplazo de agua debía obtener según especificación técnica un porcentaje de compactación del 92%, se optó por obtener un 95% de compactación con el densímetro nuclear.



Figura 4.10. Pruebas de densidad método de reemplazo de agua.

Otro punto a mejorar que se visualiza de los cuadros de tiempos contributorios es el tiempo destinado a charlas de seguridad y elaboración de documentos de seguridad como los ATS's (Asignación de trabajo seguro). Se observó que las reuniones matutinas no se realizaban en el tiempo debido que es cinco minutos si no muchas veces se dilataban con temas pedidos por las áreas de soporte lo cual impactaba en el arranque de las labores. Por otro lado, por medidas adoptadas por el cliente no se daba la autorización de dar inicio a las actividades sin que el ATS haya sido firmado por el supervisor de campo. Esto, en coordinación con el área de seguridad de parte del cliente se concilió que se inicié las labores y que el supervisor puede pasar a firmar los documentos hasta 3 horas después del inicio de jornada. Esto debido a la cantidad de frentes que se ejecutaron en paralelo y la amplitud y lejanía de los mismos. Una vez levantada la observación en este punto se generó una dinámica mucho más fluida en el arranque de las actividades.

El último punto a considerar y sobre el cual se trabajó para mejorar la eficiencia es el mantenimiento de vías. Por un lado el poco mantenimiento de vías generaba que la calidad de la vía este en pésimas condiciones considerando que el factor lluvia mellaba en la carpeta de la vía generando a la larga condiciones inseguras de trabajo lo que podían ocasionar cuneteos, caminos peligrosos por terrenos

inestables, enfangamientos y todo aquello que generaba que el tránsito sea más lento, lo cual aumentaba el tiempo de transporte dentro del ciclo productivo.



Figura 4.11. Cuneteo de volquete por falta de mantenimiento de vías.

Por otro lado, el mantenimiento de vías más frecuente y en horas pico de trabajo generaba cortes en las vías por periodos de tiempo que afectaban el tránsito generando encolamientos y paradas en la vía de volquetes que transportan el material de préstamo para relleno, aquello genera pues improductividades que afectan a los equipos de conformación y compactación por tener mayor tiempo de esperas para inicio de sus actividades y además el tiempo de descarga por capa siendo 50 centímetros el espesor de cada capa aumentaba y en muchos casos no se llegaba a completar en si totalidad del área debido a ello.

Es por esa razón que se decidió hacer los mantenimientos de vía de preferencia en el turno de la noche para así mejorar la fluidez del tránsito durante el día, así mismo durante el día se optó por efectuar el mantenimiento durante la hora de almuerzo ya que ahí estaba paralizada la flota de volquetes y era el tiempo más propicio para efectuar la labor.

Tiempos no productivos:

CODIGO	ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE	NO PRODUCTIVO
CLIMA	Factor Climatológico	8:00:00	62%	
QD	Demora de Calidad	0:20:00	3%	
SM	Falta de suministro de Material	4:35:00	35%	

Cuadro 4.14. Porcentajes de tiempos contributorios por factores.

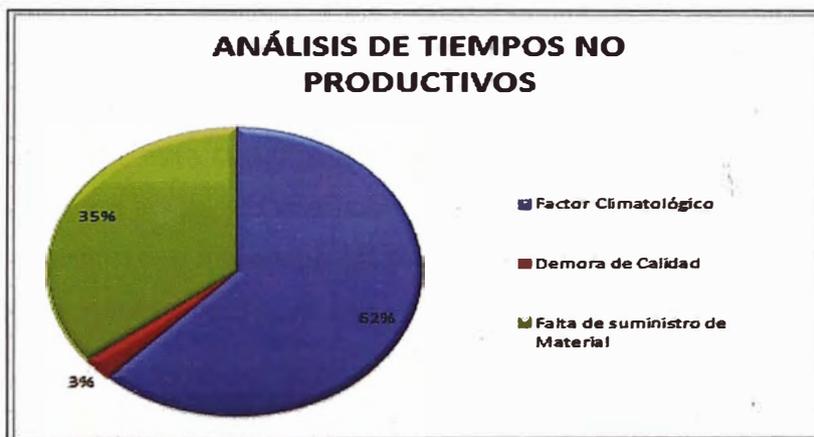


Figura 4.12. Porcentajes de tiempos improductivos por factores.

El punto con mayor incidencia dentro de los tiempos no productivos es obviamente el factor climático y sobre este punto podemos decir que las lluvias afectaron no solo las capas en proceso de conformación y compactación si no también el material preparado en las canchas de acopio con el óptimo contenido de humedad saturándolo y generando pérdidas de horas máquina de trabajo de batido y combinado de materiales para tener la proporción 3:1 entre lastre y arcilla.

Ante ello, se vio en la necesidad de contar con una cantidad adicional de personal ayudante y aumentar la cantidad de mantas para cubrir el material preparado, debido a que la cantidad que se tenía como stock era considerable y se tenía que cubrir dichos conos de material a fin de no perder todo el trabajo previo de batido y combinado.

Así mismo, se tuvo que dar pendientes y salidas en las bermas para desfogue de agua de lluvias a fin de que los acopios temporales de arcillas no se sobresaturen, el material más superficial se encontraba sobresaturado por tanto había que

retirarlo previo al inicio del carguío del mismo para evitar que sea usado para la preparación de material para relleno.

Otro punto importante fue la falta de suministro de material para relleno. Lógicamente este material era depositado en una cancha de intermedia de preparación a menos de 2Km de la ciudad en la cual se tiene el acopio de arcilla, donde se prepara en proporción 2 a 1 el material grueso de cantera con la arcilla respectivamente.

La falta de suministro de material gira en torno a la falta de material grueso que viene de canteras. Las voladuras que no eran bien controladas generaban el cuello de botella en esta cadena productiva pues al poseer mucha bolonería se tenía que hacer una preparación en cantera por el método del coneo a fin de poder segregar el material que superaba el tamaño máximo, en algunos casos poseer y usar zarandas estáticas que puedan separar el material muy grueso.



Figura 4.13. Cancha de acopio para preparación de material para relleno.

Todas estas actividades mencionadas generaban trabajos adicionales a cuenta del contratista, y lo que es peor demandaba recursos llámese equipos y personal desempeñando dicha labor, recursos que no estaban considerados dentro del planeamiento de movimiento de tierras ni tampoco estaba considerando todo ese tiempo que ocupa el re trabajo en mención.

Para este fin el equipo de movimiento de tierras tuvo la necesidad de contar con un especialista interno de perforación y minado con el cual se debía hacer seguimiento al sub contratista de voladura para que el diseño de la malla de perforación sea lo suficientemente justa para obtener un tamaño de grano molido que esté por debajo del tamaño máximo que está en función del espesor de capa a rellenar.



Figura 4.14. Control interno de diseño de malla de voladuras.



Figura 4.15. Material grueso producto de una voladura bien controlada

El control a través de la hoja del tiempo con la cual se pudo visualizar los defectos existentes en el proceso productivo logró generar una mejora en la gestión lo cual se vio reflejado en los siguientes periodos controlados como se muestra a continuación del 20 al 26 de mayo del 2012:

Del 20-05 al 26-05			
<b>ANALISIS DE TIEMPOS PARA CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN ESPESORES e= 0.50 m.</b>			
<b>PRODUCCION DE RELLENO DEL 20-05 al 26-05:</b>		<b>65635.50</b>	<b>M3</b>
<b>TIEMPO PRODUCTIVO</b>	P	98:10:00	<b>70%</b>
<b>TIEMPO CONTRIBUTORIO</b>	C	35:40:00	<b>25%</b>
<b>TIEMPO NO PRODUCTIVO</b>	NP	6:05:00	<b>4%</b>
	<b>SUMA</b>	<b>140:00:00</b>	
<b>RENDIMIENTO:</b>			
<b>669.48</b>	<b>M3/H</b>	<i>Solo considerando tiempos productivos</i>	
<b>469.66</b>	<b>M3/H</b>	<i>Rendimiento promedio del 20-05 al 26-05 considerando todos los tiempos.</i>	
<b>253.00</b>	<b>M3/H</b>	<i>Rendimiento según PPTO</i>	

Cuadro 4.15. Cálculo de porcentaje de tiempos durante jornada de trabajo del 20 al 26 de mayo.

Para las mismas condiciones de trabajo se puede observar los resultados obtenidos con una alta eficiencia reduciendo los tiempos contributorios y no productivos al máximo obteniendo un 70% de tiempo productivo promedio dentro de las jornadas de trabajo que eran a doble turno durante el periodo de sequía.

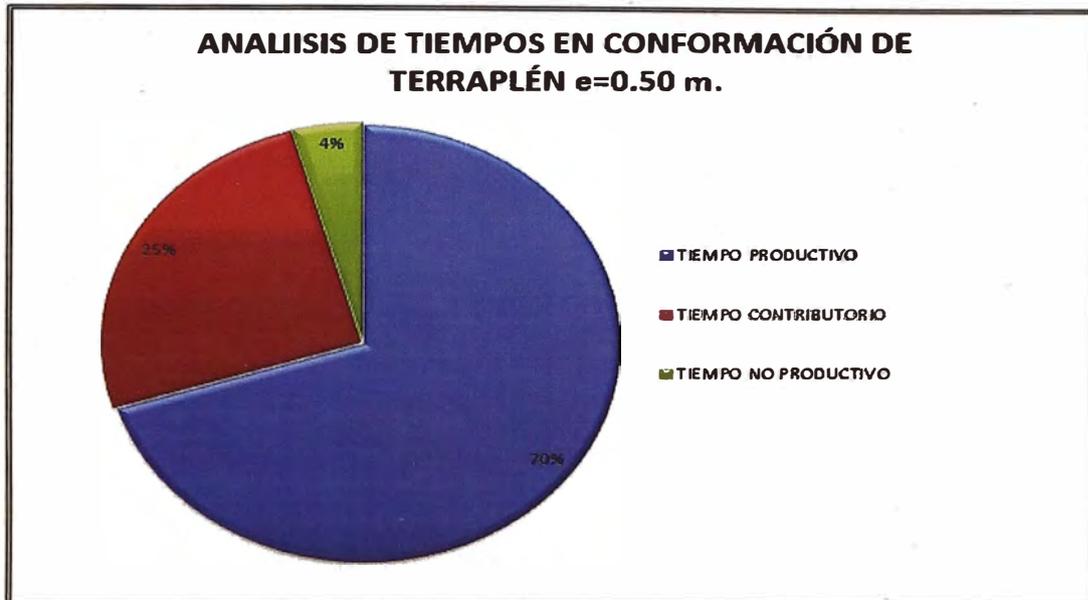


Figura 4.16. Resultados de porcentajes de tiempos durante una jornada de trabajo del 21 al 26 de mayo del 2012.

Estas fueron las observaciones remanentes logradas con el seguimiento y control:

- Se observó que se tiene mayor cumplimiento en la llegada de calidad para la evaluación de las pruebas de densidad de campo es debido a esto que el porcentaje de incumplimiento del área ha disminuido.
- Se está mejorando la llegada de topografía al área de operaciones.
- Se ha reducido los atrasos en la llegada de material a campo, teniendo como causa la reducción en el traslado de material de la cantera Amaru II a los puntos de descarga.
- La Diversidad del tipo de material hace que en las pruebas de densidad de campo se obtengan resultados muy variables, situación que retrasa la entrega de plataformas.
- Se tuvieron equipos inoperativos para la preparación de material.
- Se tiene como restricción la falta de operadores de línea amarilla y volquetes.

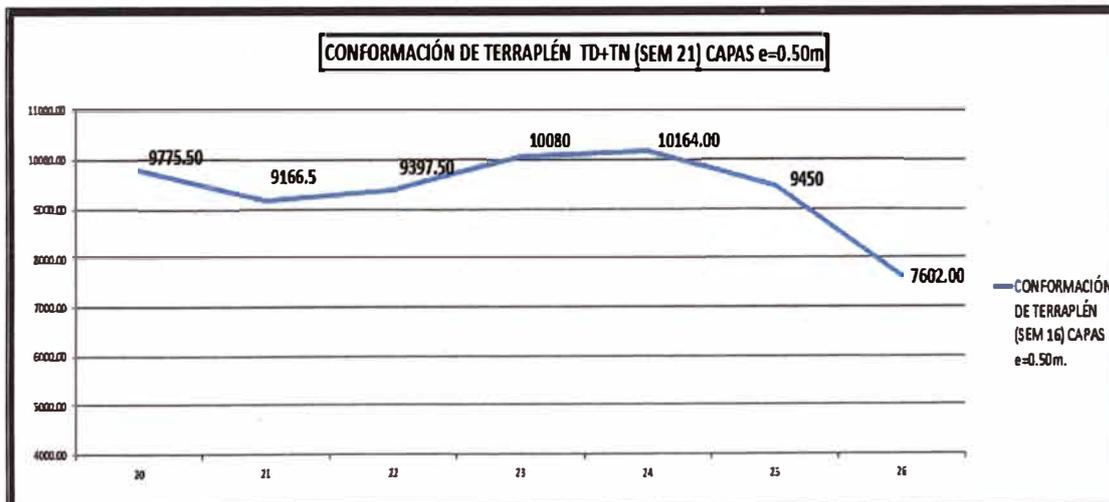
Gracias a haber levantado las observaciones iniciales se obtuvo un rendimiento por encima del esperado que fue de 469.66 m<sup>3</sup>/h sobre un meta de 253 m<sup>3</sup>/h considerado para espesores de capa de 50 cm con lo que se llegó a tener

volúmenes diarios trabajando a doble turno nunca antes vistos ni obtenidos gracias a la gestión implantada.

GyM RESUMEN DE REPORTE DE PRODUCCIÓN FRENTE NORTE		SEMANA 21														PROMEDIO DE PRODUCCIÓN SEMANA 21
		20		21		22		23		24		25		26		
SECTOR		TD	TN	TD	TN	TD	TN	TD	TN	TD	TN	TD	TN	TD	TN	
02-A	RELLENO DE CIUDAD PLATAFORMA 3	7917.00	1058.50	3255.00	5397.00	3485.00	4599.00	4389.00	3139.50	4395.50	3454.50	2877.00	2329.50	1505.50	924.00	5008.00
02-B	EXCAVACIÓN DE MEJORAMIENTO	0.00	0.00	0.00	0.00	997.50	0.00	154.50	0.00	1816.50	0.00	1239.00	0.00	1512.00	0.00	7129.50
02-B	RELLENO DE CIUDAD PLATAFORMA MZ D y E	0.00	0.00	594.50	0.00	1333.50	0.00	1491.00	1060.50	1071.00	1322.00	1910.00	1732.50	2482.00	2100.50	15529.50
4	RELLENO DE MEJORAMIENTO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	399.00	0.00	525.00	0.00	924.00
4	EXCAVACIÓN DE MEJORAMIENTO	1470.00	0.00	483.00	0.00	1480.50	0.00	640.50	0.00	378.00	0.00	82.50	0.00	0.00	0.00	4504.50
POR PARTIDAS DE CONTROL		20		21		22		23		24		25		26		
4046	CONFORMACIÓN DE TERRAPLEN	9775.50		9166.50		9397.50		10080.00		10164.00		9450.00		7602.00		9376.50
4024	RELLENOS DE MEJORAMIENTO	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		399.00		525.00		132.00
4021	EXCAVACIÓN DE MEJORAMIENTO	1470.00		483.00		2478.00		2205.00		2894.50		1291.50		1512.00		1662.00
												(DEL 20 AL 26)		PROMEDIO:	9376.50	m <sup>3</sup>
														TOTAL:	65635.50	m <sup>3</sup>

Cuadro 4.16. Resultados de producción obtenidos del 20 al 26 de mayo.

Con dicho rendimiento promedio para la conformación de terraplén se obtuvieron en el periodo del 21 a 26 de mayo del 2012 un volumen acumulado de 65 635 m<sup>3</sup> de material colocado, conformado y compactado lo cual nos da un promedio de 9376 m<sup>3</sup> diarios trabajando a doble turno.



Cuadro 4.17. Volúmenes de relleno por día a doble turno del 20 al 26 de mayo.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 CONCLUSIONES

1. Siendo la culminación del proyecto Ciudad Nueva Fuerabamba un hito importante para el inicio de la explotación minera, la empresa que gerenció el proyecto decidió contratar a un socio estratégico para dar inicio temprano a la ejecución del proyecto bajo un contrato de modalidad EPC y modalidad de pago de costos reembolsables, esto debido a no contar con una ingeniería desarrollada que asegure el tiempo y costo.
2. Se inició un proyecto sin tener estudios de viabilidad lo suficientemente elaborados que minimicen la incertidumbre que engloba el terreno para el movimiento de tierras que generará las plataformas donde se fundará la ciudad.
3. Se ejecutó el proyecto a modo fast-track con el fin de adelantar el inicio de la ejecución, sin embargo lo que se obtuvo fue la aparición de nuevos problemas al no prever el factor agua subterránea que discurre por el área, terrenos tipo bofedales que implica que no se pueda cimentar hasta encontrar suelo competente, lo que a su vez conlleva a incrementar los volúmenes de excavación por mejoramiento de suelos, reemplazos de terreno, construcción de sub-drenes perimetrales en toda la ciudad para encauzar y derivar las aguas del subsuelo, etc. Estos cambios bajo la marcha no son tan fáciles de solucionar en el tiempo pues implica un desarrollo de ingeniería luego de ciertos estudios, por lo cual no se pudo garantizar el flujo productivo y por ende el cronograma de trabajo que respete el plazo inicial.
4. La decisión de la gerencia del proyecto de mantener la ubicación inicial llevó a sobrecostos e incremento del plazo de ejecución pues vio en las recomendaciones del socio estratégico intenciones de satisfacer los intereses económicos de dicha empresa y no los del proyecto. La propuesta fue para no lidiar con el problema del agua elevar la ciudad a fin de que no se cimente sobre los terrenos tipo bofedales. Esto significó

mayores costos porque el volumen de corte y eliminación se duplicaría y generaría la necesidad de conseguir más áreas para depósitos de material excedente, tema que implica negociar con las comunidades y nuevos terrenos. De igual manera cantidades elevadas de material de filtro para la construcción de sub-drenes, por ende explotación de canteras de río que generan nuevas restricciones como permisos del ANA (Autoridad Nacional del Agua).

5. Al tener definido la ubicación de la ciudad se desarrolla un planeamiento de detalle y un presupuesto clase 4 (a nivel de partidas) con los lineamientos proporcionados por el área de producción al área de costos y planeamiento. Se concluye que gracias a reuniones de “kick off meeting” se anticipó e identificó las futuras restricciones de cada área con lo cual se tuvo una logística de justo a tiempo y un soporte eficiente que asegure el flujo productivo.
6. Para poder proteger el planeamiento del proyecto PMS - Plan Master Schedule, se hizo un esfuerzo diario de recopilación de información de campo, análisis y comparación de los resultados obtenidos diariamente y replanteos frecuentes con el objetivo de obtener la mejora continua en el proceso constructivo, alinear los esfuerzos al objetivo principal que es culminar los trabajos dentro del tiempo y margen demostrando eficiencia en la gestión denotada por el área de producción.
7. Las herramientas de planeamiento de corto plazo usadas fueron el Lookahead con un horizonte de trabajo de 6 semanas, esto debido a la variabilidad del proyecto y la ubicación geográfica en la que se encuentra la obra, lo cual dificulta las labores logísticas, reclutamientos de personal, factores climáticos adversos, problemas sociales coyunturales, etc. Así mismo se tuvo el análisis de restricciones donde se puede ver con anticipación las carencias de ingeniería, procura, soporte por parte de calidad, seguridad y así tener levantadas a tiempo dichas restricciones que atentan el flujo productivo.

## 5.2 RECOMENDACIONES

1. Ante todo lo expuesto se recomienda una buena etapa de planificación antes del inicio de la ejecución, llámese estudios de pre factibilidad y factibilidad donde se debe prever las dificultades que se pueden suscitar en el camino que podrían impactar negativamente a la viabilidad de la obra. Una buena planificación mantiene un margen de tiempo necesario para develar las inquietudes o variabilidades que se puedan presentar con lo cual se plantean las estrategias constructivas, ingeniería de valor; todo ello logra mantener el flujo productivo.
2. Se recomienda la planificación oportuna de una obra pues mantiene el orden en todas las áreas de trabajo, de tal manera que de haber cambios bajo la marcha se tiene un precedente de la ruta que a seguir y así poder cuantificar los impactos en tiempo y costo. Una vez hecha la evaluación del impacto en relación a los cambios, se puede hacer un replanteo del cronograma en función a las nuevas condiciones constructivas.
3. Se recomienda el uso de la herramienta conocida como EDT (Estructura Desglosada del Trabajo) pues es una herramienta sencilla que permite una mejor visualización del conjunto de entregables que integran al proyecto ayudando a la planificación y organización.
4. Del mismo modo, EDO (Estructura de Descomposición de la Organización) permite organizar y repartir la carga laboral en los distintos puestos que conforman la estructura general de la obra, es decir cada integrante del proyecto sabrá qué responsabilidades cumplir y qué grupo humano dirigir o formar parte para así lograr sinergia y tener un solo norte que lleve al éxito del proyecto partiendo del éxito de cada área del conocimiento.
5. Se recomienda la interacción constante entre las áreas de producción y planeamiento a fin de marcar los lineamientos para la secuencia constructiva y durante el proceso de ejecución contar con la información real de tiempo y alcance para invertir los esfuerzos que sean necesarios en el momento apropiado. Esto fomenta el proceso de mejora continua.

6. Se sugiere desarrollar herramientas de gestión propias que complementen las herramientas de gestión recomendadas líneas arriba. El principio del uso de estas herramientas es lograr visualizar a través de la comparación los resultados obtenidos de cierta manera de proceder y cómo poder replantear la realización de los trabajos para obtener mejores resultados dentro de lo previsto o mejores.

## BIBLIOGRAFÍA

APAZA, Daniel Antonio. Planificación, Programación y Control de Tiempo de la Construcción de una sub-estación eléctrica. Lima, 2012.

CANTURÍN, Ricardo. Aplicación de métodos de productividad en las operaciones de equipos de Movimiento de Tierras. Lima, 2004.

GHIO, Virgilio, Productividad en Obras de Construcción. Perú, 2001.

KOSKELA, Lauri. Application of the new production philosophy to construction. California, 2010.

PMI, Project Management Institute, Fundamentos para la Dirección de Proyectos. Guía del PMBOK. EEUU, 2008.

ROSELL, Ricardo, Propuesta de Gestión de la Productividad y Calidad Total en obras en Construcción. Iquitos, 2003.