

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**ASEGURANDO EL FLUJO PRODUCTIVO: UN ESTUDIO DE  
TÉCNICAS Y HERRAMIENTAS DE GESTION EN LA ETAPA DE  
CONSTRUCCIÓN**

**TESIS**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**BACH. PERCY NAPOLEON MALAVER GIL**

**ASESORADO POR:**

**M.CS. ING° JAIME AMOROS DELGADO**

**CAJAMARCA – PERÚ**

**2013**

## DEDICATORIA

A mis padres, Napoleón y Celina,  
por brindarme su apoyo incondicional a cada instante,  
por estar siempre prestos a brindarme su aliento  
para seguir adelante en cada paso que doy.

A mis hermanos, Ely, Milagros y Frank por  
los buenos momentos que hemos vivido,  
y por el amor que nos han inculcado.

A mi novia Nataly por haberme cedido parte  
de su tiempo en mi formación Profesional, mi  
reconocimiento y amor, además es mi motivación  
y energía para mi actividad diaria.

Percy N. Malaver Gil

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis primeramente me gustaría agradecer a Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, por haber hecho realidad este sueño anhelado.

A la Universidad Nacional de Cajamarca por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional.

A mi asesor de tesis, MCS Ing° Jaime Amorós Delgado, por su esfuerzo y dedicación, quien con sus conocimientos, experiencia y paciencia ha logrado en mí que pueda culminar esta investigación.

Al jurado evaluador por sus valiosos aportes para que este trabajo pueda presentarse de la mejor manera posible.

Al gerente y jefe de oficina técnica de la empresa Graña y Montero por brindarme las facilidades para realizar los estudios en la obra a su cargo.

---

	Pág.
<b>RESUMEN</b>	v
<b>LISTA DE FIGURAS Y CUADROS</b>	vi
<b>GLOSARIO TECNICO</b>	vii
<b>CONTENIDO</b>	
<b>CAPITULO I: INTRODUCCION</b>	01
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	01
1.1.1. Características Locales	01
1.1.2. Justificación	02
1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION	02
1.2.1. Objetivo General	02
1.2.2. Objetivos Específicos	02
1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES	03
1.4. HIPOTESIS	03
<b>CAPITULO II: MARCO TEORICO</b>	04
2.1. PLANEAMIENTO	04
2.1.1. Definición	04
2.1.2. Interrelaciones	05
2.2. PROGRAMACION	05
2.2.1. Definición	05
2.2.2. Interrelaciones	06
2.2.3. Herramientas de Programación	06
2.2.4. Rutinas de Programación	07
2.2.4.1. Look Ahead de Producción	07
2.2.4.2. Análisis de Restricciones	08

---

2.2.4.3. Plan Semanal	10
2.2.4.4. Plan Diario	11
2.2.4.5. Análisis de Confiabilidad	11
2.3. PRODUCTIVIDAD	12
2.3.1. Definición	12
2.3.2. Clasificación del trabajo	14
2.3.2.1. Trabajos Productivos	14
2.3.2.2. Trabajos Contributorios	14
2.3.2.3. Trabajos No Contributorios	15
2.3.3. Flujo de Trabajo	16
2.3.4. Pérdidas	18
2.3.4.1. Pérdidas por Flujo	18
2.3.4.2. Pérdidas en los Procesos	18
2.3.5. Mediciones de la eficiencia	19
2.3.6. Informe de productividad	20
2.3.7. Interrelaciones	21
2.4. VARIABILIDAD	21
2.4.1. Definición	21
2.4.2. Impacto de la variabilidad en las obras	22
2.5. LEAN CONSTRUCTION	22
2.5.1. Antecedentes y Definición	22
2.5.2. Principios de Lean Construction	23
2.5.3. Sistema del Último Planificador (Last Planner System)	24
2.5.3.1. Antecedentes y Definición	24
2.5.3.2. Filosofía del Sistema del Último Planificador	25
2.5.3.3. Jerarquías	27
2.5.3.4. Control de la Unidad de Producción	28
2.5.3.5. Control del Flujo de Trabajo	29
2.5.3.6. Análisis de Restricciones	30
2.5.3.7. Sistemas Push y Pull	30
2.5.3.8. Carga y Capacidad	30

---

2.5.3.9. Ratio Meta	31
2.5.3.10. Medición de la Eficiencia	32
<b>CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION</b>	<b>35</b>
3.1. TIPO DE INVESTIGACION	35
3.2. POBLACION Y MUESTRA	35
3.2.1. Universo	35
3.2.2. Muestra	36
3.2.3. Tipo de Muestreo	36
3.2.4. Unidades de Muestreo	36
3.2.5. Unidad de Análisis	36
3.3. RECURSOS NECESARIOS	36
3.3.1. Recursos Humanos	36
3.3.2. Recursos Materiales	37
3.4. METODOLOGIA	37
3.4.1. Planificación Intermedia (Look Ahead)	37
3.4.1.1. Identificación de Restricciones	37
3.4.1.2. Fuentes de Variación	38
3.4.2. Análisis de Restricciones	38
3.4.2.1. Alternativas de Mejora	39
3.4.2.2. Plan de Implementación	39
3.4.2.3. Implementación en la Ejecución	40
3.4.3. Plan Semanal	41
3.4.3.1. Plan de Monitoreo y Control	41
3.4.4. PPC Y CI	43
3.4.4.1. Porcentaje de Plan Cumplido	43
3.4.4.2. Causas de Incumplimiento	43
<b>CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>45</b>
4.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO	45
4.2. ENFOQUE DE METODOLOGIA DE LA INVESTIGACIÓN	46

---

4.3. PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.3.1. Cálculo de Rendimientos	47
4.3.2. Elaboración de la Programación Intermedia	47
4.3.3. Análisis de Restricciones	47
4.3.4. Porcentaje de Utilización de Equipos	48
4.3.5. Medición de la Producción	49
4.3.6. Cronograma macro	51
4.3.7. Medición de la Productividad	51
<b>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>53</b>
5.1. CONCLUSIONES	53
5.2. RECOMENDACIONES	54
<b>CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA</b>	<b>55</b>
<b>CAPITULO VII: ANEXOS</b>	
A.1. ANEXO 01: PLANOS DEL ACCESO	
A.2. ANEXO 02: CALCULO DE RENDIMIENTOS	
A.3. ANEXO 03: PROGRAMACION INTERMEDIA (LOOK AHEAD)	
A.4. ANEXO 04: RUTINA DE PROGRAMACIÓN	
A.5. ANEXO 05: ANALISIS DE RESTRICCIONES	
A.6. ANEXO 06: CRONOGRAMA MACRO	
A.7. ANEXO 07: GRAFICOS DE UTILIZACION DE EQUIPOS	
A.8. ANEXO 08: PANEL FOTOGRAFICO	

## RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo es plantear un modelo metodológico fácilmente aplicable durante la ejecución de obras civiles (carreteras), que permita a las empresas de construcción controlar la utilización de los recursos principales de forma cuantitativa y mantener un flujo de trabajo continuo. De este modo se busca cerrar el círculo de mejora continua que contribuirá a incrementar el nivel de eficiencia general del sector y de esa manera elevar el nivel de competitividad.

Para lograr este objetivo, se utilizó como base la metodología Lean Construction, internacionalmente aplicada en muchas empresas de diversos sectores productivos. Principalmente se aprovechó la herramienta **Last Planner System** (LPS) para elaborar el esquema principal de nuestra metodología, partiendo de la hipótesis planteada "*La Utilización de Técnicas y Herramientas de Implementación, Optimizan el Trabajo, Utilización de Equipos y Plazo de Ejecución en el Proyecto*". En campo se realizó la recolección de datos de un grupo de equipos pesados (tractor, excavadora, motoniveladora, rodillo y volquetes), se identificó las variables que impiden la utilización al cien por ciento de las horas de trabajo programadas, se recopiló información de los volúmenes movidos semanalmente para representar el avance productivo cronológicamente mediante la utilización de la curva "S", dichos datos nos servirán como estadísticos para medir la eficiencia de la metodología utilizada.

Finalmente, la aplicación de la metodología a un proyecto real durante su ejecución nos permitió verificar en primer lugar que aún existe escepticismo respecto de los beneficios que se pueden obtener, y en segundo lugar que si bien existe la idea fundamental de un sistema de mejora continua en las empresas estas no se encuentran ensambladas metodológicamente y por lo tanto persisten deficiencias.



### LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 01. Representación del planeamiento inicial del proyecto	04
Figura N° 02. Representación de la programación como protección del plan.	06
Figura N° 03. Esquema de interrelación entre Producción y Áreas de Soporte.	07
Figura N° 04. Esquema de las rutinas de programación.	12
Figura N° 05. Representación esquemática para lograr una buena Productividad.	13
Figura N° 06. Representación del flujo de trabajo.	17
Figura N° 07. Representación de pérdidas en el flujo productivo.	18
Figura N° 08. Representación de la Planificación Usual y Planificación Lean.	27
Figura N° 09. Esquema Resumen de la Metodología Last Planer Sistem.	34

### LISTA DE CUADROS

	Pág.
Cuadro N° 01. Resumen de los aspectos que cubre el proceso de planeamiento.	05
Cuadro N° 02: Resumen Porcentual de Utilización Semanal de Equipos.	48
Cuadro N° 03: Resumen Porcentual de Utilización Semanal de Equipos de Soporte.	49
Cuadro N° 04: Reporte de Cantidades de Material Orgánico y Excedente.	50

## GLOSARIO TECNICO

**EFICACIA:** Es la capacidad de lograr el efecto deseado, es decir, cumplir con las expectativas iniciales como mínimo. Por lo tanto la eficacia está muy relacionada al logro de metas.

**EFICIENCIA:** Es la capacidad de utilizar de forma óptima los recursos disponibles para la obtención de los resultados esperados. Es decir, está relacionado al ahorro o racionalización de los recursos de los que se dispone para lograr las metas respecto de un resultado estándar esperado.

**FRENTE DE TRABAJO:** Es una de las particiones o segmentos en los que se subdivide físicamente un proyecto por motivos de mejoramiento del control, disminución de la variabilidad, especialización de trabajo, etc.

**METRADO:** Es la cuantificación de la producción en una partida o actividad productiva. Generalmente, se realiza para verificar el avance de una actividad (durante la ejecución) o estimar la cantidad de ejecución de una partida.

**PRODUCCION:** Con esta palabra nos podemos referir a dos cosas: La primera, es el proceso mediante el cual se utilizan los recursos para elaborar un producto determinado, que también es llamado "sistema productivo" y está inseparablemente ligado a la actividad humana. La segunda, es la cantidad de producto obtenido del proceso productivo en una determinada actividad.

**PROYECTO:** Es un conjunto de actividades interrelacionadas, coordinadas y controladas, que buscan alcanzar objetivos específicos bajo limitaciones de costo y plazo, y condicionado bajo requisitos predeterminados de calidad.

**RECURSO:** Son todos los elementos, tangibles o intangibles, disponibles para poder ejecutar las actividades que componen el proyecto y así alcanzar los objetivos planteados.

## CAPITULO I: INTRODUCCION

Actualmente la mayoría de los sectores centran sus esfuerzos en como agregar valor a sus productos, lo cual no siempre significa invertir en nueva tecnología para hacer los procesos más efectivos, sino que también a través de la implementación y uso de nuevas metodologías que no sólo buscan hacer los procesos más efectivos sino más eficientes.

El proyecto al cual se hará referencia para la obtención de información y aplicación de la metodología se denomina "Agua para Construcción - Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup>", en donde se ha considerado principalmente trabajos de corte y eliminación de material orgánico y excedente hacia los botaderos, para lo cual se realizó la medición de los porcentajes de utilización real de seis (06) clases de equipos (Tractor, Excavadora, Cargador Frontal, Volquetes, Motoniveladora y Rodillo) que tienen incidencia en la productividad durante la construcción del acceso, se identificaron y analizaron los factores que dificultan alcanzar un porcentaje óptimo de utilización.

Para la implementación de la metodología se comenzó por obtener los planos aprobados para construcción de donde se obtuvo los volúmenes que sirvieron como referente para programar, seguidamente se hizo un cálculo de rendimientos diarios de la eliminación de material orgánico y excedente hacia los botaderos, con éstos rendimientos se obtuvo la programación semanal (Look Ahead) y la proyección en el tiempo mediante la curva "S". En esta última se ingresaron tanto las cantidades programadas como las reales (obtenidas semanalmente de campo) para medir el avance. Semanalmente se revisó el avance para verificar si se cumplía o no con lo programado y saber así cuáles son las causas de incumplimiento mediante el análisis de restricciones.

### 1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La situación actual del sector construcción tiene la necesidad de hacer los procesos constructivos cada vez más eficientes, puesto que los recursos son escasos y generan gastos de utilización, mucho más cuando se trata de maquinaria pesada en donde cada hora sin utilización significa pérdidas, para lo cual es necesario mantener un flujo de trabajo continuo que optimice recursos y aumente la productividad.

### 1.1.1 CARACTERÍSTICAS LOCALES

a) UBICACIÓN:

La implementación de técnicas y herramientas de gestión tendrá lugar en la zona cuya ubicación es:

- ✓ Región : Apurimac
- ✓ Provincia : Cotabambas
- ✓ Distrito : Chalhuanhuacho

La zona de influencia se halla ubicada en:

- ✓ Norte : 8442582.40
- ✓ Este : 786819.59

b) ALTITUD: 3850 m.s.n.m.

c) CLIMA: En Apurimac el clima es variado, templado y solado durante el día y frío durante la noche.

- ✓ La temperatura máxima media anual es de 23.8°C
- ✓ La temperatura mínima es de 11.7°C.

La temporada de lluvia se inicia en noviembre y concluye en marzo.

### 1.1.2 JUSTIFICACIÓN.

En todo proceso constructivo se trata de conseguir el óptimo rendimiento posible que conlleve a un menor tiempo de ejecución; esto se puede lograr siempre y cuando se haga uso de técnicas y herramientas que permitan planificar y programar las actividades críticas; del mismo modo se debe conocer los rendimientos de la maquinaria a utilizar acorde al lugar en donde se hallen trabajando, llevar un control en el uso de los equipos de manera acertada y eficiente logrando así mantener un flujo de trabajo continuo durante todo el proceso.

## 1.2. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.

### 1.2.1. OBJETIVO GENERAL

- ✓ Lograr un flujo de trabajo continuo mediante la implementación de la metodología del Último planificador, el cual refleje una mejora de ratios productivos y plazo de ejecución haciendo una eficiente utilización de los recursos.

### 1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Utilizar e implementar como herramienta de gestión la metodología Lean Construction "Último Planificador".
- ✓ Seleccionar y programar las actividades del cronograma general para hacer una correcta utilización de los recursos mediante la distribución proceso-recurso clave.
- ✓ Proteger la programación de la incertidumbre y la variabilidad para lograr mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos durante los procesos.
- ✓ Realizar mediciones de la producción y porcentajes de utilización de equipos para verificar e identificar mejoras de productividad al finalizar la investigación.

## 1.3. ALCANCES Y LIMITACIONES

Los resultados de esta metodología servirá como fuente bibliográfica para estudiantes de la Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, así como a todos los profesionales que estén vinculados a la industria de la construcción y requieran un apoyo adicional para lograr mejores resultados en sus proyectos.

## 1.4. HIPOTESIS

"LA UTILIZACION DE TECNICAS Y HERRAMIENTAS DE IMPLEMENTACION, OPTIMIZAN EL TRABAJO, UTILIZACION DE EQUIPOS Y PLAZO DE EJECUCION EN EL PROYECTO."

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

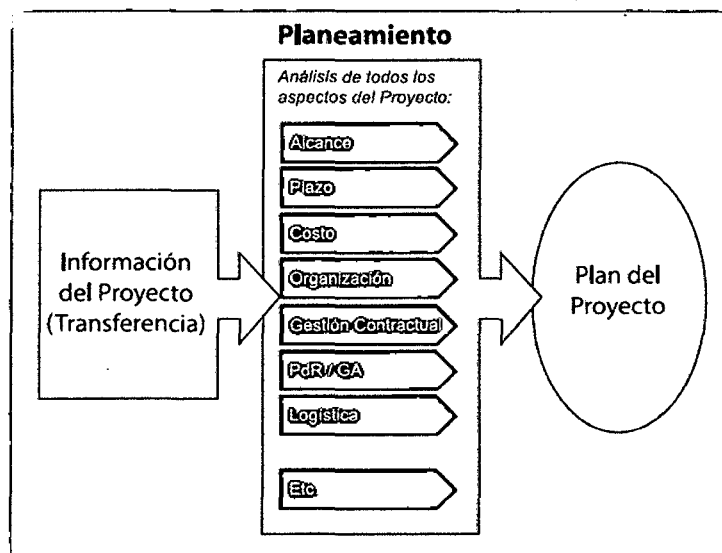
En este capítulo se realizó una revisión de las definiciones, teorías y herramientas actualmente existentes relacionadas al tema que abarca este informe y que servirán como base fundamental de la metodología que se desarrolló en el segundo capítulo.

### 2.1. PLANEAMIENTO

#### 2.1.1. DEFINICION

El *Planeamiento* es el análisis a través del cual se determinan de manera integral las estrategias de gestión y ejecución del proyecto.

*Figura N° 01: Representación del planeamiento inicial del proyecto.*



*Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM*

El planeamiento incluye tanto el diseño del sistema de producción como el análisis de los aspectos organizativos. El primero de ellos es clave y representa las estrategias de ejecución, sin embargo el segundo es también muy importante para cumplir satisfactoriamente con los alcances definidos por el contrato.

## 2.1.2. INTERRELACIONES:

El proceso de Planeamiento empieza con el inicio del proyecto, desde el momento en que inician los procesos de transferencia y arranque. Si bien el proceso de planeamiento es permanente hasta el final del proyecto, pueden considerarse dos etapas:

**Cuadro N° 01:** Resumen de los aspectos que cubre el proceso de planeamiento.

PLANEAMIENTO	
Planeamiento Inicial	Actualización del Planeamiento
<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ O simplemente "Planeamiento"</li> <li>✓ Corresponde al diseño de las estrategias de gestión del Proyecto descrito en este documento.</li> <li>✓ Finaliza con la Reunión de Compromisos, donde es revisado y validado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corresponde a la evaluación de los resultados reales de la ejecución del Proyecto respecto de los previsto en el Planeamiento inicial.</li> <li>✓ Permite la toma de decisiones para la mejora y adaptación del plan a las condiciones y requerimientos cambiantes a lo largo del proyecto.</li> </ul>

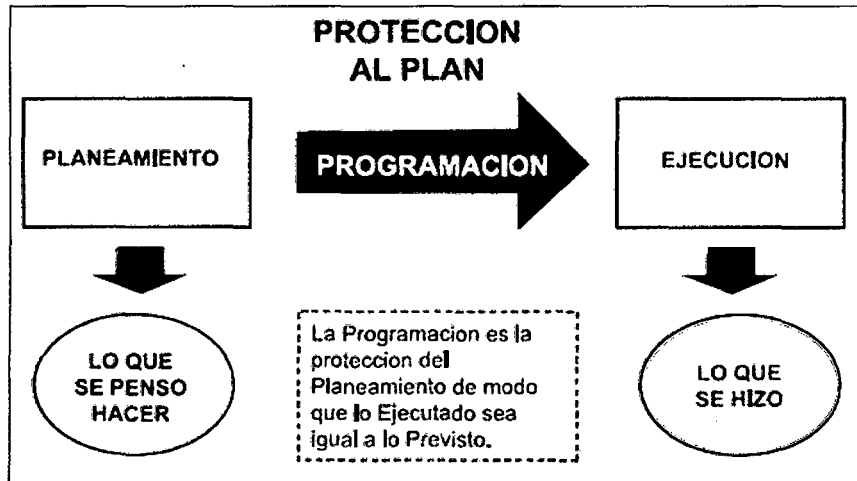
*Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM*

## 2.2. PROGRAMACION

### 2.2.1. DEFINICIÓN

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

Figura N° 02: Representación de la programación como protección del plan.



Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM

## 2.2.2. INTERRELACIONES:

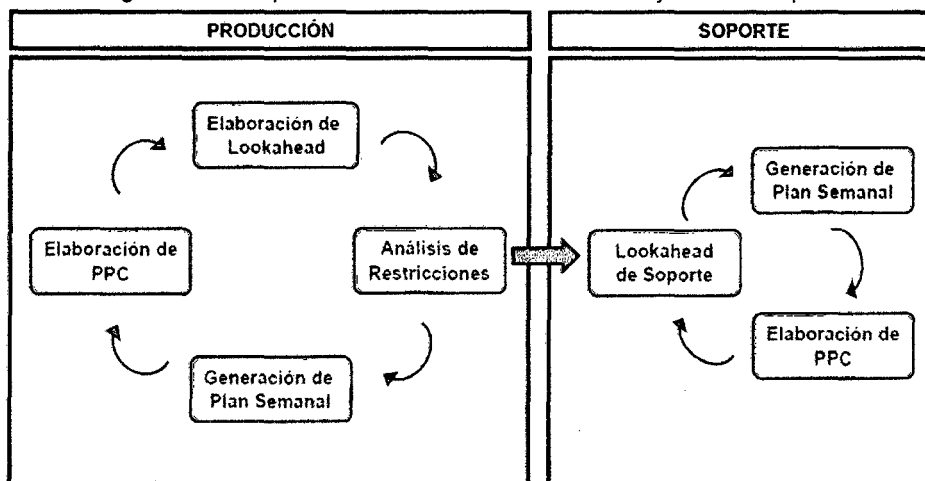
El proceso de Programación se inicia con las primeras actividades de construcción ejecutadas y se extiende a lo largo de todo el Proyecto. La Programación y el planeamiento son procesos dinámicos que se relacionan entre si y que se llevan a cabo en paralelo: la Programación parte del planeamiento y este a su vez se retroalimenta y actualiza, con base en los resultados de la Programación.

## 2.2.3. HERRAMIENTAS DE PROGRAMACION:

El objetivo de las Herramientas de programación es asegurar el cumplimiento de las estrategias de ejecución diseñadas en la etapa de Planeamiento y mejorar la Productividad a través de la reducción de pérdidas en los flujos.



Figura N° 03: Esquema de interrelación entre Producción y Áreas de Soporte.



Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM

#### 2.2.4. RUTINAS DE PROGRAMACION:

La Rutina de Programación se soporta en la utilización de las siguientes herramientas de gestión:

- Look Ahead de Producción
- Análisis de Restricciones
- Plan Semanal
- Plan Diario
- Análisis de Confiabilidad

##### 2.2.4.1. Look Ahead de Producción

Es un cronograma de ejecución a mediano plazo, que cubre el horizonte de tiempo más conveniente para el proyecto, el cual suele ser de 3 a 6 semanas. Este horizonte se define en función de las características de cada proyecto (duración, ubicación, plazo de abastecimiento, etc.). En general, la duración mínima del horizonte dependerá del plazo de abastecimiento y la duración máxima de la variabilidad que pueda afectar el planeamiento del proyecto, tal como cambios de ingeniería, plazos de llegada de suministros permanentes, etc.

Requisitos:

- Debe partir del Cronograma General actualizado.
- Debe ser elaborado con la participación del ejecutor.
- Debe tener una ventana de tiempo apropiada para el Proyecto.
- Debe actualizarse al menos semanalmente.

Las actividades del Look Ahead deben desprenderse del Cronograma General de ejecución del Proyecto actualizado y luego deben ser explotadas a un mayor nivel de detalle si fuera necesario.

Cada responsable de producción debe elaborar el Look Ahead correspondiente a su frente o área. Los Look Aheads deben ser entregados semanalmente al Oficina Técnica para su registro y distribución durante las reuniones de producción semanales del Proyecto.

2.2.4.2. Análisis de Restricciones

El análisis de restricciones consiste en analizar todas las actividades del Look Ahead de Producción, del horizonte determinado, e identificar los posibles obstáculos o limitaciones que pudieran hacer que las actividades consideradas en el mismo, no puedan ser programadas en su oportunidad. Tiene por finalidad identificar y proveer con adecuada anticipación de todo aquello que falta para poder ejecutar una tarea.

Requisitos:

- Debe partir del análisis de cada actividad del Look Ahead.
- Debe ser hecho entre la Oficina Técnica y producción.
- Cada restricción, para su levantamiento, debe ser asignada a un responsable con un plazo razonable definido.
- Debe abarcar todo tipo de temas: Contractuales, Logísticos, Ingeniería, etc.

Los criterios o tipos de restricciones (enunciativos más no limitativos) son los siguientes:

- ✓ Información: Evaluar si se cuenta con la información necesaria (planos, especificaciones, normas técnicas, procedimientos constructivos, etc.).
- ✓ Materiales: Evaluar si se cuenta con los materiales y consumibles necesarios. Para ello, el ingeniero de Producción deberá elaborar el Look Ahead de Materiales.
- ✓ Recursos Humanos: Evaluar si se cuenta con los recursos humanos necesarios (empleados, obreros, terceros, etc.) con la especialidad, la experiencia y en cantidad suficiente.
- ✓ Equipos y Herramientas: Evaluar si se cuenta con los equipos y herramientas necesarias (propias y/o alquiladas).
- ✓ Actividades Predecesoras: Evaluar si las actividades predecesoras ya están ejecutadas o se ejecutarán con anterioridad al inicio de esta actividad.
- ✓ Permisos o Licencias: Verificar si se cuentan con los permisos correspondientes.
- ✓ Cliente/Supervisión: Verificar si existen aprobaciones o permisos que deban ser otorgados por el cliente y/o la supervisión.

Luego de hacer todas las evaluaciones, se registran para cada actividad del Look Ahead de Producción las correspondientes restricciones, los responsables y las fechas límite de levantamiento de cada una, en el formato de Análisis de Restricciones.

Las restricciones determinadas por el Área de Producción deberán ser centralizadas por una persona responsable, la cual será asignada durante la personalización del Sistema de Gestión.

#### 2.2.4.3. Plan Semanal

En la medida que se levanten las restricciones detectadas en el análisis anteriormente descrito se irán generando actividades listas para ser programadas en las semanas siguientes. El plan Semanal se confecciona en base a las actividades libres de restricciones que cada ingeniero responsable de área se comprometa a ejecutar en la semana siguiente; no basta con duplicar la primera semana del Look Ahead.

El ejercicio a través del cual se establece el Plan Semanal, permite definir detalladamente las tareas que se ejecutarán en la semana y asignar los recursos necesarios para la ejecución de las tareas considerando rendimientos adecuados, estableciendo así los compromisos de producción para la semana.

Requisitos:

- Debe contener tareas que estén listas para ser ejecutadas; es decir, libres de restricciones.
- La descripción de las tareas deben ser específicas y cuantificables.
- El cumplimiento de las tareas deberá ser medidas.
- Debe ser hecho por la Oficina Técnica y Producción para que refleje compromisos asumidos por los ejecutores.

Se puede definir también actividades de reserva, "backlog" o colchón, que sirvan para redistribuir al personal obrero y equipos por si algún trabajo del Plan Semanal no pudiera ser ejecutado.

#### 2.2.4.4. Plan Diario

Se podrá usar un Plan Diario (el cual podrá reemplazar al Plan Semanal) en aquellos casos que lo requiera el proyecto, en función de sus características y/o metodologías de programación elegida.

El programa Diario consiste en la elaboración de un programa que contemple las actividades de producción a efectuar en el día, y se elaborará de acuerdo a los mismos criterios con los que se elabora el Plan Semanal.

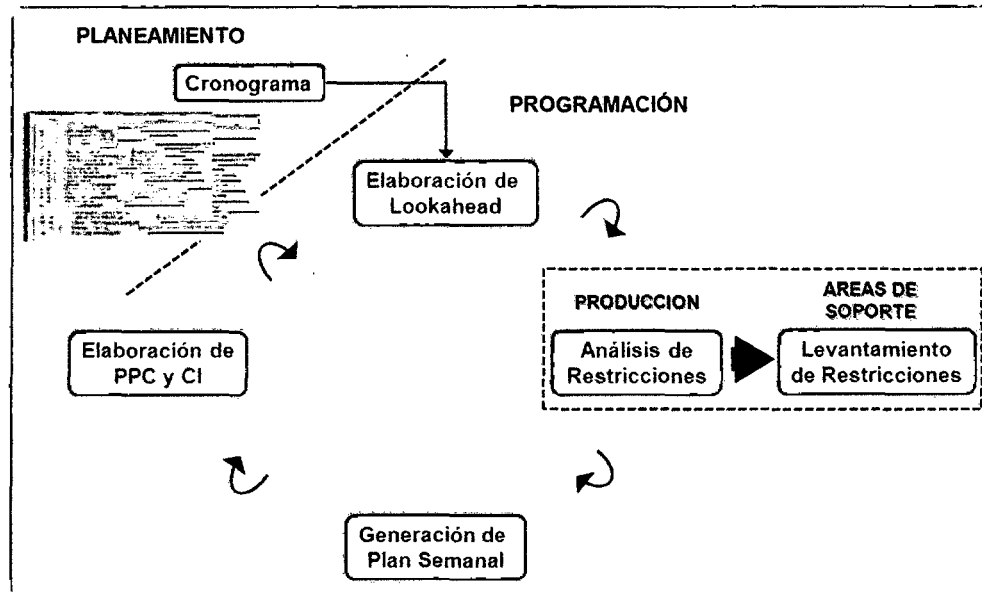
#### 2.2.4.5. Análisis de Confiabilidad

El análisis de confiabilidad tiene como objetivos:

- ✓ Medir la confiabilidad del sistema de programación, es decir, la precisión con la que podemos predecir lo que se hará en la semana siguiente.
- ✓ Identificar y eliminar las causas que no permitan obtener el 100% del cumplimiento del plan semanal.
- ✓ Aprender sistemáticamente de las experiencias que se estén obteniendo en el Proyecto, con el fin de no cometer errores repetitivos.

Se establecerá una rutina de Programación que mantenga una secuencia definida en función de las características particulares de cada Proyecto, de tal manera que se garantice un oportuno flujo de información para efectuar las reuniones de programación.

Figura N° 04: Esquema de las rutinas de programación.



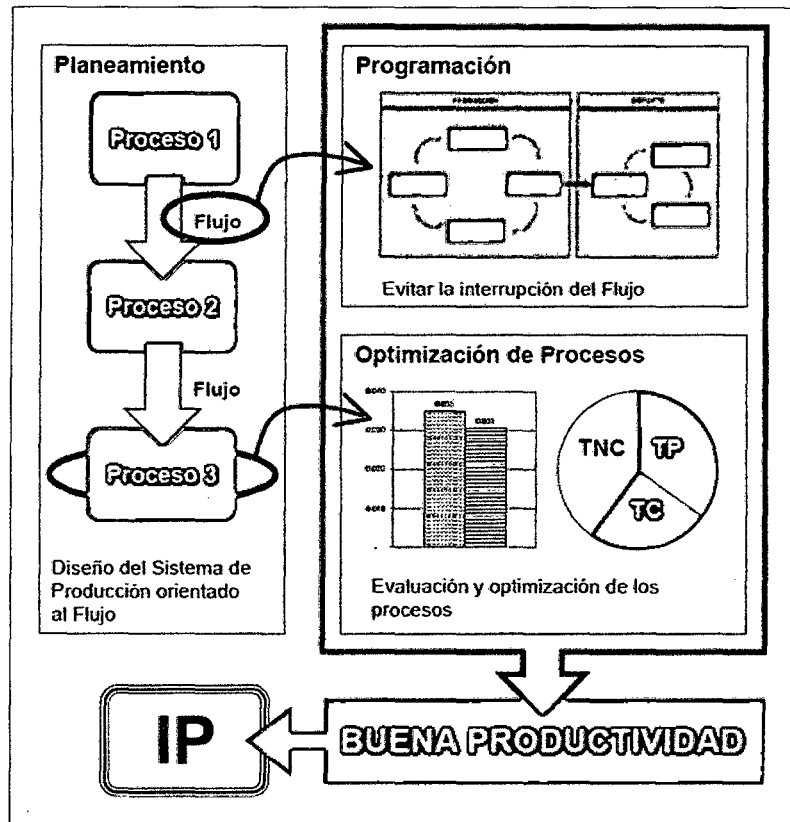
Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM.

## 2.3. PRODUCTIVIDAD

### 2.3.1. DEFINICION

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

Figura N° 05: Representación esquemática para lograr una buena Productividad



Fuente: Manual de Sistema de Gestión de Proyectos-GyM

La productividad es un indicador de eficiencia que se expresa como la relación entre la producción obtenida de un proceso productivo y los recursos que se utilizaron en el mismo.

Numéricamente se obtiene de la siguiente fórmula:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad de Productos Obtenidos}}{\text{Cantidad de Recursos Utilizados}}$$

Dependiendo de los factores que se utilicen en la fórmula planteada se pueden obtener productividades totales (que generalmente tiene como divisor unidades monetarias) o productividades parciales (cuando se utiliza como divisor un recurso en particular).

## 2.3.2. CLASIFICACION DEL TRABAJO

### 2.3.2.1. Trabajos Productivos

Es el trabajo que aporta en forma directa valor a la producción.

Ej.: Corte, acarreo y eliminación de material excedente, asentar ladrillos, vaciar concreto, etc.

### 2.3.2.2. Trabajos Contributorios

Es el trabajo necesario para hacer la producción.

#### a. *Transporte Manual*

Causas más Frecuentes:

- Deficiencias en el flujo de materiales
- Falta de programación y control del uso de equipos

#### b. *Mediciones*

Causas más Frecuentes:

- Por lo general, en las actividades de corte y excavación se requieren controles topográficos frecuentes para su correcta ejecución (definición de niveles de corte, taludes, etc).

#### c. *Aseo o Limpieza*

Causas más Frecuentes:

- La falta de cuadrillas especializadas en tareas de limpieza genera que las cuadrillas deban destinar a uno o más de sus integrantes para su ejecución.
- Debido a que tales actividades no corresponden a las cuadrillas regulares, la limpieza y el orden del lugar de trabajo origina en muchos casos la aparición de cuadrillas dedicadas a labores de limpieza.



- La mala distribución del personal en obra, junto a una mala planificación, origina que el personal sin actividades fijas para el día ocupe su tiempo en la limpieza.

d. *Instrucciones*

Causas más Frecuentes:

- La información que llega al personal obrero es deficiente, provocando que estos soliciten continuamente aclaraciones sobre la misma para poder realizar su trabajo.
- El desconocimiento de las actividades para realizar durante el día por parte de las cuadrillas trae consigo la búsqueda de instrucciones cada vez que se cambia el frente de trabajo

e. *Otros*

Causas más Frecuentes:

- Dado que estos trabajos forman parte de los procesos constructivos, un alto porcentaje puede deberse a las siguientes causas:
  - Trabajos lentos
  - Falta de diseño de los procesos constructivos

2.3.2.3. Trabajos No Contributivos.

a. *Viajes*

Causas más Frecuentes:

- Cuadrilla sobredimensionada
- Falta de supervisión
- Deficiencias en el flujo de materiales
- Mala distribución de instalaciones en obra

b. Tiempo Ocioso

Causas Frecuentes:

- Falta de Supervisión
- Cuadrillas sobredimensionadas
- Actitud del trabajador

c. Esperas

Causas más Frecuentes:

- Cuadrillas sobredimensionadas
- Falta de campo
- Deficiencias en el flujo de materiales

d. Trabajo rehecho

Causas más Frecuentes:

- Mala calidad
- Trabajos mal ejecutados
- Deterioros de trabajos ya realizados
- Cambios en los diseños

2.3.3. FLUJO DE TRABAJO:

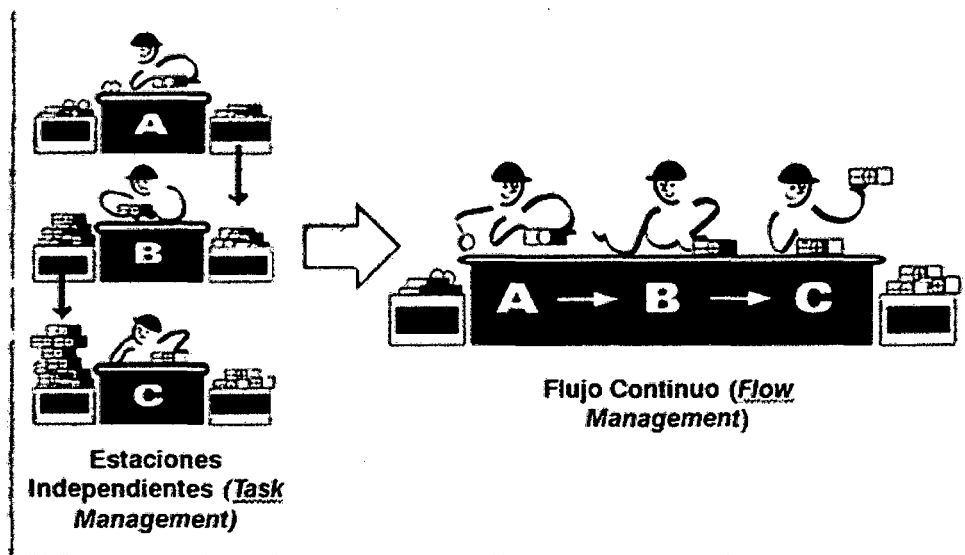
El Flujo de trabajo (workflow en inglés) es el estudio de los aspectos operacionales de una actividad de trabajo: cómo se estructuran las tareas, cómo se realizan, cuál es su orden correlativo, cómo se sincronizan, cómo fluye la información que soporta las tareas y cómo se le hace seguimiento al cumplimiento de las tareas.

Una aplicación de Flujos de Trabajo (workflow) automatiza la secuencia de acciones, actividades o tareas utilizadas para la ejecución del proceso, incluyendo el seguimiento del estado de cada una de sus etapas y la aportación de las herramientas necesarias para gestionarlo.

Se pueden distinguir tres tipos de actividad:

- Actividades colaborativas: Un conjunto de usuarios trabajan sobre un mismo repositorio de datos para obtener un resultado común. Tiene entidad el trabajo de cada uno de ellos en sí mismo.
- Actividades cooperativas: Un conjunto de usuarios trabajan sobre su propio conjunto particular, estableciendo los mecanismos de cooperación entre ellos. No tiene entidad el trabajo de ninguno de ellos si no es visto desde el punto de vista global del resultado final.
- Actividades de coordinación.

Figura N° 06: Representación del flujo de trabajo.



Fuente: Programa-Excelencia Académica-GyM

## 2.3.4. PERDIDAS

Es toda aquella actividad que tiene un costo, pero que no agrega valor al producto terminado. Las pérdidas que se generan en el proceso productivo afectan no solo al producto, sino a los recursos malgastados tanto de mano de obra, materiales y equipos.

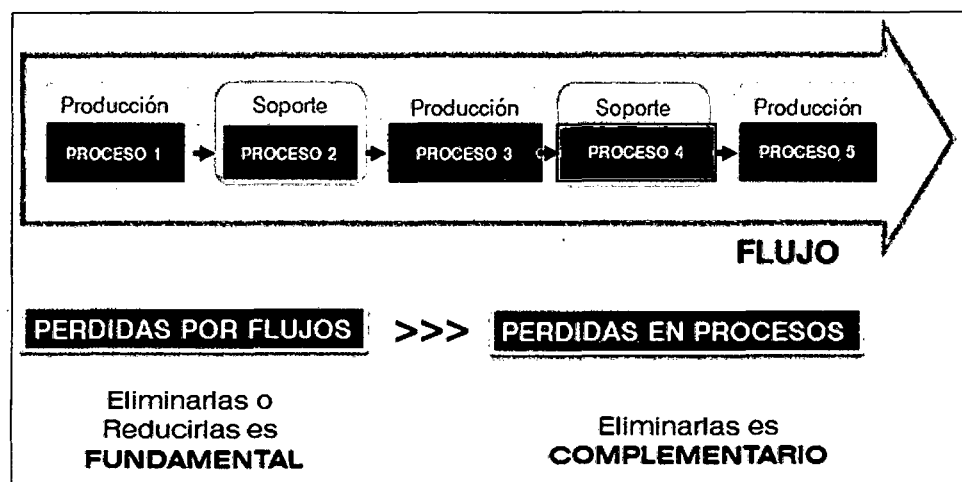
### 2.3.4.1. Pérdidas por flujo

Cuando los procesos se detienen por falta de información, recursos, directivos, etc.

### 2.3.4.2. Pérdidas en los Procesos

Cuando la cantidad de recursos (mano de obra, equipos, etc.) usados en un proceso son excesivos para la producción lograda.

Figura N° 07: Representación de pérdidas en el flujo productivo



Fuente: Elaboración Propia.

### 2.3.5. MEDICIONES DE EFICIENCIA

El primer paso para medir de forma útil la eficiencia de un sistema productivo es definir correctamente el objeto de medición. Es decir, de acuerdo a las necesidades propias de cada proyecto, se puede calcular la productividad (y en consecuencia el ratio) de la utilización de cualquier recurso en particular o de un conjunto de recursos o de todos los recursos utilizados en forma directa o indirecta en el proceso productivo. De la misma forma, el cálculo se puede realizar en base a la producción de un proceso, de una línea de producción, de un frente de trabajo, de un equipo de personas, de un sector productivo o del proyecto en general.

El segundo paso, dado que la medición es la obtención y registro de datos de forma ordenada y bajo ciertas circunstancias, es definir la precisión con la que se requiere la información (generalmente extraída de la producción diaria) y asegurar la confiabilidad de la toma de datos.

La precisión será determinada por cada proyecto en particular de acuerdo generalmente a la facilidad de toma de datos de los factores (producción y recurso utilizado) y la variabilidad de cada uno de ellos respecto del otro. La confiabilidad es la base de la futura correcta interpretación de los resultados y debe asegurarse utilizando herramientas de medición adecuadas.

Cabe señalar que la medición de la eficiencia se da en el marco de un determinado periodo de tiempo cuya delimitación dependerá de las características de cada proyecto en particular (puede ser diaria, semanal, mensual, estacional, etc.). Es decir, para ser totalmente correcta, cada medición debe estar identificada con el periodo en la cual fue tomada.

### 2.3.6. INFORME DE PRODUCTIVIDAD

El IP es un informe que mide la eficiencia con que se ejecutan las actividades que conforman el proyecto, comparando la eficiencia real con la eficiencia prevista en el presupuesto meta.

La eficiencia se expresa como la cantidad de recursos consumidos por cada unidad de trabajo realizado. En función al tipo de recursos controlados, se tienen normalmente dos Informes de Productividad:

a. IP de Mano de Obra:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o equipo de trabajo en el consumo de los recursos de Mano de Obra al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas hombre (HH), siendo esta la unidad utilizada para medir la Productividad de la mano de obra. Por ejemplo, HH consumidas por kilogramo de acero colocado (HH/Kg) o HH consumidas por metro de zanja excavada (HH/m).

b. IP de Equipos:

Mide la eficiencia de una cuadrilla o pull de equipos en el consumo de los recursos de equipos al ejecutar sus trabajos. La cantidad de recursos consumida se mide en horas maquina (HM). Sin embargo, no se puede usar las horas maquina como unidad de medida de la productividad, ya que generalmente el pull de equipos está conformado por equipos diferentes entre sí (distintos en función, en potencia, en consumo de combustible, etc.). Para medir la Productividad del pull de equipos se traducen las HM a su costo en dinero, siendo esta la unidad utilizada para medir la Productividad de los equipos. Por ejemplo, dólares consumidos metro cúbico de excavación masiva (\$ /m<sup>3</sup>) o soles consumidos por metro cuadrado de preparación de terreno (S/. /m<sup>2</sup>)

La actividad productiva es generalmente un proceso variable (en algunas industrias es más estable que en otras) y la medición de su eficiencia (productividad o ratio) está relacionada con un periodo de tiempo determinado, en consecuencia los ratios reales y

los índices de productividad periódicos son variables en el tiempo durante el desarrollo del proceso productivo. Por esta razón se utiliza el informe de productividad para visualizar de forma adecuada la evolución de la eficiencia, los efectos de las acciones que se toman en el proceso, las tendencias y las proyecciones de los resultados, identificar los puntos de mejor y peor eficiencia para análisis, etc.

Este informe es básicamente el ordenamiento periódico o temporal (de acuerdo al periodo de medición definido previamente) de los valores de ratio real obtenidos de la medición continua (durante toda la ejecución del proceso) y los índices de productividad cálculos a partir de ellos.

A partir del informe de productividad se puede construir una gráfica de líneas que nos ayudará con la visualización de los datos. Este se suele llamar gráfica de productividad.

#### 2.3.7. INTERRELACIONES:

El proceso de control de Productividad se inicia junto con el proceso de Programación, con la evaluación de las primeras actividades de construcción ejecutadas, y se extiende a lo largo de todo el Proyecto. Los resultados del control de Productividad son presentados y analizados por el Proyecto a través de las reuniones de Productividad prevista, ya que representan la medición de la eficiencia obtenida en la ejecución del Plan a través del proceso de Programación. Los resultados de control de Productividad son fuente de información para la identificación de oportunidades de mejora en la ejecución y para la toma de acciones orientadas a su implementación.

## 2.4. VARIABILIDAD

### 2.4.1. DEFINICION

Es una ocurrencia de eventos distintos a los previstos ya sea por efectos internos o externos al sistema; es decir sabemos que pueden ocurrir pero no sabemos con exactitud cuándo.

## 2.4.2. IMPACTO DE LA VARIABILIDAD EN LAS OBRAS

La variabilidad está presente en todos los proyectos y se incrementa con la velocidad y complejidad de los mismos.

- Una de las principales complejidades en los proyectos es el trabajo en paralelo de diferentes especialidades.
- Ubicación en lugares remotos, riesgos climáticos, factores sociales, etc.
- Dependencia del cliente por ingeniería o materiales.

La variabilidad está presente en todos los proyectos, no tomarla en cuenta hace que se incremente y su impacto sea mayor en el sistema de producción generando paras en los flujos y pérdidas de productividad.

- La estrategia debe estar orientada a manejar la variabilidad.
- Hay dos cosas que podemos hacer: reducirla y/o minimizar su impacto.

## 2.5. LEAN CONSTRUCTION

### 2.5.1. ANTECEDENTES Y DEFINICION

Según el Instituto de Lean Construction (ILC), Lean Construction es una filosofía orientada hacia la administración de la producción en construcción, cuyo objetivo fundamental es la eliminación de las actividades que no agregan valor (pérdidas). Se enfoca en crear un sistema de producción ajustado que minimice residuos y herramientas específicas aplicadas al proceso de ejecución de proyectos.

Lean Construction tiene su enfoque en productividad, a diferencia del modelo tradicional que tiene su enfoque en producción. Es importante aclarar que cuando el enfoque está en la producción se busca que los procesos sean más efectivos, y cuando el enfoque está en la productividad entonces se buscan procesos que sean más eficientes. Lean



Construction no sólo concibe en su planteamiento los procesos constructivos como una transformación de insumos en productos, forma en que el modelo tradicional concibe los procesos, sino que también como un flujo de materiales e información con el fin de obtener los resultados esperados, lo que nos demuestra que este sistema además busca agregarle valor al producto mejorando los procesos productivos.

## 2.5.2. PRINCIPIOS DE LEAN CONSTRUCTION

La industrialización de la construcción es muy compleja, por esto es importante regirse de normas o principios que encaminen hacia un mejor entendimiento de lo que implica la implementación de Lean Construction en cualquier proyecto de ingeniería civil. Algunos principios por los cuales podemos regirnos en la filosofía Lean son:

- ✓ Programar el flujo de valores.
- ✓ Simplificar y minimizar pasos y etapas
- ✓ Implementar la entrega por demanda (Pull)
- ✓ Buscar la perfección y el desarrollo continuo
- ✓ Reducir la variabilidad
- ✓ Reducir los tiempos de ciclo
- ✓ Incrementar de la flexibilidad
- ✓ Incrementar la transparencia
- ✓ Otorgar poder de decisión a los trabajadores

La forma en que esta metodología abarca el concepto de productividad es a través de la reducción de pérdidas mediante el incremento de la fiabilidad en los flujos de trabajo. Por lo que para lograr estos objetivos Lean Construction centra sus esfuerzos en el proceso de planificación y las técnicas de control. Su enfoque en el proceso de planificación es porque, actualmente (modelo tradicional) este proceso a diferencia del modelo Lean no es visto como un sistema si no que es entendido como una tarea y responsabilidad que recae sobre el profesional a cargo. Y sus esfuerzos con respecto a las técnicas de control de producción se centran en no sólo el control de rendimientos (enfoque modelo tradicional) pero también en la identificación de las causas de no cumplimiento y en la

introducción de procesos de planificación más acotados, de manera que la programación de actividades sea más realista.

Para lograr estos objetivos la metodología Lean propone una herramienta desarrollada para la gestión de proyectos, llamada Last Planner System (LPS). La cual es un sistema de control de producción que ayuda a rediseñar los sistemas de planificación tradicional. Lo que significa que es utilizada para controlar las interdependencias entre los procesos, es decir, ayuda a reducir la variabilidad entre ellos aumentando la fiabilidad del proceso. Para lo cual esta herramienta incluye, en términos generales; un proceso de planificación intermedia, que permite analizar las actividades en una ventana de tiempo más acotada y así poder liberarlas de restricciones que pudieran presentar; la medición de productividad a través de un índice que mide el Porcentaje de Actividades Completadas (PAC); un proceso de mejora continua a través del análisis de Causas de No Cumplimiento (CNC) de las actividades programadas; y la introducción de nuevos niveles jerárquicos que en base a sus compromisos serán incluidos en los procesos de planificación.

### 2.5.3. SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR (LAST PLANNER SYSTEM)

#### 2.5.3.1. ANTECEDENTES Y DEFINICION

Cada proceso de producción puede ser concebidos de tres diferentes maneras: (1) de conversión, para convertir entradas en salidas; (2) de flujo, como flujo de materiales e información a través del tiempo y el espacio; y (3) de generación de valor, para generar valor para los clientes. El modelo de conversión ha sido el dominante en la industria de la construcción.

La idea central del modelo de conversión es que el trabajo puede dividirse en partes y ser dirigido como si cada parte fuese independiente una de otra. La división del trabajo y la programación son componentes de esta visión. Todo ello facilita la contratación pero no la gestión de la producción o del flujo del trabajo; desafortunadamente este enfoque hace perder robustez a la planificación y cuando algo resulta equivocado, la estructura total resulta propensa a colapsar.

Si se quiere una filosofía de gestión y herramientas que integren totalmente las visiones de conversión, flujo, y generación de valor, hay que considerar los procesos de desarrollo empleados en la industria manufacturera.

El sistema denominado Último Planificador es la herramienta más utilizada dentro de la filosofía de Lean Construction, presenta cambios fundamentales en la manera como los proyectos son controlados y planificados. El método incluye la definición de unidades de producción y el control del flujo de actividades, mediante asignaciones de trabajo. Adicionalmente facilita la obtención del origen de los problemas y la toma oportuna de decisiones relacionada con los ajustes necesarios en las operaciones para tomar acciones a tiempo, lo cual incrementa la productividad.

#### 2.5.3.2. FILOSOFÍA DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR

¿Por qué se retrasan las obras?

La planificación de la obra no considera todas las variables específicas del proyecto, ya que se planifica considerando supuestos con un alto grado de incertidumbre. Algunas variables no valoradas habitualmente son: la disponibilidad de existencias por parte de los proveedores, la indefinición de diseños y requerimientos, los problemas de disponibilidad de mano de obra, los problemas administrativos o los rendimientos incorrectamente estimados.

Esto impide el desarrollo normal de los trabajos y provoca constantes interrupciones, afectando a la productividad de las actividades y al cumplimiento de plazos. Si planificar consiste en determinar lo que “debería” hacerse para completar un proyecto y decidir lo que “se hará” en un cierto período de tiempo, debe reconocerse que debido a restricciones no todo “puede” hacerse, produciéndose retrasos de forma reiterada. En la mayoría de las obras lo que “puede” y lo que “se hará” son ambos subconjuntos de lo que “debería” hacerse; si el plan (“se hará”) se desarrolla sin saber lo que “puede” hacerse, el trabajo realmente ejecutado será la intersección de ambos subconjuntos.

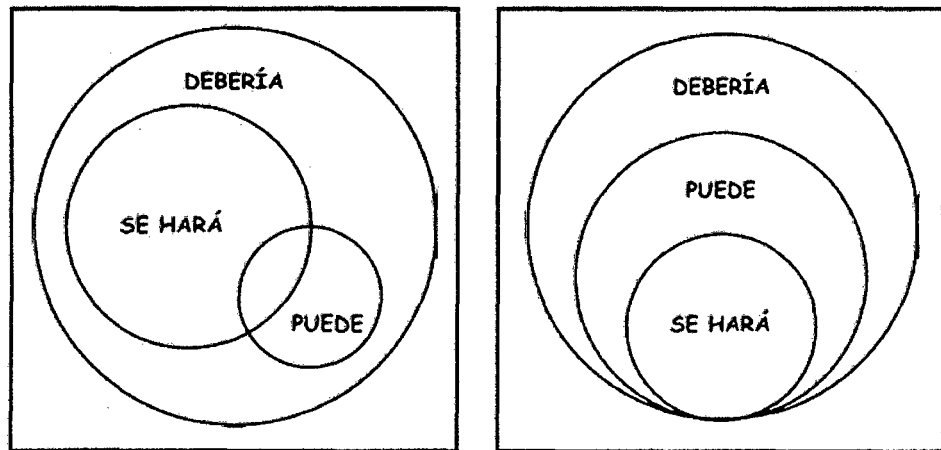
¿Cómo puede revertirse esta situación?

Es fundamental que antes de decidir lo que “se hará” se tenga un conocimiento adecuado de lo que “puede” hacerse.

En procesos periódicos de planificación, los gestores y los ejecutores de las actividades deben primero identificar lo que “puede” hacerse y posteriormente acordar lo que “se hará” durante la semana. De esta manera se evita que las actividades se detengan por alguna restricción no liberada. Esta situación ayuda notoriamente a la productividad de las tareas ya que sopesa las molestas detenciones por falta de materiales, mano de obra, etc. El proceso de planificación debe centrarse principalmente en la gestión del “puede”; mientras más podamos agrandar el “puede”, mayor será la posibilidad real de avance. El avance puede verse afectado si la cantidad de actividades que pueden ejecutarse es baja. Para evitar esto, la planificación debe concentrar sus esfuerzos en liberar las restricciones que impiden que la tarea pueda iniciarse o continuar. De esta forma se agranda el conjunto “puede” aumentando las opciones de avance. Es importante que la gestión se haga sobre el problema raíz ya que no se obtiene nada positivo con solicitar mayor rapidez a los ejecutores de las actividades si no se les entregan los recursos a tiempo.

El SUP define criterios explícitos de asignación que se consideran compromisos de producción anticipados con el fin de proteger a las unidades productivas de la incertidumbre y la variabilidad.

Figura N° 08: Representación de la Planificación Usual y Planificación Lean.



Fuente: Ultimo+Planificador: Rodríguez A.D., Alarcón L.F., Pellicer, E.

### 2.5.3.3. JERARQUÍAS

El más simple y pequeño de los trabajos requiere para su construcción de la planeación y control hechos por diferentes personas, en distintos lugares dentro de la organización, y para diferentes tiempos durante la vida de un proyecto. Objetivos globales y restricciones gobiernan el total del proyecto. Estos objetivos conducen a procesos de planeación a niveles más bajos para ser alcanzados. Finalmente, alguien (individuo o grupo) decide que trabajo específico debe ser hecho mañana. Este tipo de plan contiene asignaciones. La persona o grupo que produce las asignaciones es llamado el Último Planificador.

#### **Se quiere hacer - Debe ser hecho - Puede ser hecho**

Las asignaciones del Último Planificador obligan a la cuadrilla de construcción, los productos de la planeación a este nivel deben también comprometer al resto de la organización. Ellos dicen lo que será hecho, o lo que se quiere hacer, lo cual se espera sea concordante con lo que se desea dentro de las restricciones del poder hacer.

El sistema tiene dos componentes: el control de la unidad de producción y el control del flujo de trabajo. El primero se encarga de asignaciones a los trabajadores directos vía el aprendizaje continuo y la acción correctiva. El control del flujo de trabajo va dirigido a que el trabajo fluya a través de las unidades de producción en la secuencia y tasas que mejor sea posible alcanzar.

#### 2.5.3.4. CONTROL DE LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN

La calidad de los planes producidos por el Último Planificador se expresa en la calidad del producto de la unidad de producción. Las asignaciones deben tener las siguientes características:

- La asignación está bien definida. No hay ambigüedades en su descripción.
- Se ha seleccionado la correcta secuencia de trabajo. La secuencia es consistente con la lógica interna del trabajo, los objetivos del proyecto, y las estrategias de ejecución.
- Se ha seleccionado la correcta cantidad de trabajo. Como aquella que el planificador juzga que la unidad de producción es capaz de completar dado el presupuesto y el examen del trabajo.
- El trabajo seleccionado es práctico y puede ser hecho. Esto significa que todos los prerequisites están en el lugar y que todos los recursos están disponibles.

En correspondencia, cuando el Porcentaje del Plan Completado, PPC, no es conforme, puede ser por las siguientes razones:

- La incorrecta información proporcionada al Último Planificador.
- Ha fallado el criterio para las asignaciones: se ha asignado mucho trabajo.
- Ha fallado la coordinación de recursos compartidos.

- Por cambio de prioridades, los trabajadores han sido reasignados temporalmente a otra tarea urgente.
- Error del diseño o error del vendedor.

Obsérvese que el valor del PPC es una medida de lo que el supervisor quiere o desea que sea realizado.

#### 2.5.3.5. CONTROL DEL FLUJO DE TRABAJO

El propósito es que el trabajo se mueva entre unidades de producción en la secuencia y velocidad deseadas. El control de la unidad de producción coordina la ejecución del trabajo dentro de las unidades de producción. El control del flujo de trabajo coordina el flujo de diseño, suministro, e instalación a través de las unidades de producción.

El control del flujo de trabajo está asociado a lo que debe hacerse, de ahí que esté encargado a un planeamiento preventivo, para 3 a 6 semanas, que en el sistema del Último Planificador cumple las siguientes funciones:

- Conformar la secuencia del flujo de trabajo y su velocidad.
- Concordar el flujo de trabajo y la capacidad.
- Descomponer las actividades de programación en paquetes y operaciones de trabajo.
- Mantener lista una reserva de trabajo.
- Actualizar y revisar según se necesite los mayores niveles de programación.
- Cada asignación es sometida a un análisis de restricciones para determinar lo que debe hacerse a fin de estar preparados para la ejecución.

#### 2.5.3.6. ANÁLISIS DE RESTRICCIONES

Al identificar cada asignación, se le debe someter al análisis de restricciones. Diferentes tipos de asignaciones tienen distintas restricciones. Están por ejemplo: la relación de contratos, el diseño, materiales, prerequisite de trabajo, espacio, equipo, trabajo, y una categoría para otras restricciones. Estas últimas podrían incluir: permisos, inspecciones, o aprobaciones, por ejemplo.

El análisis de restricciones requiere que los proveedores de bienes y servicios gestionen activamente su producción y envíos, y que den cuenta al coordinador de posibles problemas, con suficiente tiempo para ajustar el plan.

#### 2.5.3.7. SISTEMAS PUSH Y PULL

Las programaciones de construcción utilizan tradicionalmente el sistema push. En esta alternativa, las entradas ingresan al proceso según un pedido determinado o para completar avances. Por contraste, en el sistema pull se proporcionan materiales o información en un proceso de producción solamente si este proceso es capaz de hacer el trabajo.

#### 2.5.3.8. CARGA Y CAPACIDAD

Compatibilizar la carga a la capacidad es crítico para la productividad de las unidades de producción a través de las cuales fluye el trabajo en el sistema, así como para cumplir el ciclo de trabajo.

Para este efecto, el proceso de prevención mantiene una reserva de asignaciones trabajables para cada unidad de producción. Las tasas estimadas, como en el caso de horas de trabajo requerido para una tarea, en el mejor de los casos están basadas en promedios de datos históricos, los mismos que contienen cantidades importantes de desperdicios propios de la práctica convencional. De ahí que se necesitan datos más exactos de los que son típicamente disponibles.



Con los estimados de carga y capacidad, el planificador debe hacer algunos ajustes: cambiar la carga para ajustarla a la capacidad, o al revés, o una combinación de las dos. Ello va a retardar o apresurar el flujo de trabajo. El sistema pull ayuda a equilibrar la carga a la capacidad debido a que la unidad de producción requerirá lo que necesita.

#### 2.5.3.9. RATIO META

Los valores de ratio meta para cada proceso-recurso clave están de acuerdo a los objetivos de optimización de eficiencia que la dirección de proyecto establece en la etapa de planeamiento del mismo.

En los proyectos de construcción de carreteras generalmente se calculan por alguno de los siguientes dos métodos:

- Estimación empírica, que se basa en lograr un incremento porcentual del estándar en base a experiencias anteriores y a estimaciones de los efectos de las medidas de optimización que se planearon implementar.
- Estimación práctica, que se basa en el análisis detallado de un periodo de muestra del proceso donde se identifican defectos iniciales y oportunidades de mejora que posteriormente se ponderan para obtener un valor de eficiencia óptimo. Este periodo de muestra del proceso es del proyecto en ejecución o de otros proyectos similares anteriores con extensa información recolectada.
- Finalmente se calcula el impacto económico esperado y la relación costo-beneficio bajo la suposición de alcanzar los objetivos trazados. Estos valores se obtienen como criterio de toma de decisiones para la dirección del proyecto.

### 2.5.3.10. MEDICION DE LA EFICIENCIA

Se realiza el diseño del plan y la puesta en práctica de la recolección de información del proceso durante su ejecución para determinar la eficiencia real de utilización de recursos.

La etapa se divide en las siguientes sub-etapas:

- Plan de recolección de información
- Ejecución de plan

#### A. PLAN DE RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

Los procesos en la construcción de carreteras generalmente son de flujo similar a las funciones continuas. Es decir una vez iniciado el consumo de recursos empieza la producción que continúa sin pausa hasta el término de la jornada de trabajo, el proceso no se detiene hasta acabar.

Para representar adecuadamente la evolución de este tipo de funciones, sin ocasionar derroche de recursos y sin perder información valiosa, se utilizan los muestreos estadísticos. Esto quiere decir, tomar muestras periódicas de la función que además sea representativa de la población total en el periodo de medición.

En esta sub-etapa se elaboran los procedimientos para obtener la información de la eficiencia de los procesos durante su ejecución. Para que estos procedimientos estén totalmente claros se definen los siguientes parámetros:

- Información a recolectar:
  - o Las “variables de entrada y salida” del proceso, es decir, el consumo de una categoría de recursos específica y la producción total del proceso, respectivamente.
  - o Las “fuentes de variabilidad” del proceso, es decir, las causas que impiden la utilización del recurso al 100%.

- **Objetivos:**
  - o Calcular el “ratio real” del proceso en cada periodo de medición y poder representar correctamente su evolución en el tiempo.
  - o Identificar las fuentes de variabilidad que impidan el cumplimiento de la programación y poder anticiparnos para proteger el plan.
  
- **Metodología:**
  - o Se definen los “segmentos de medición”. Son las fracciones en las que se subdivide la toma de muestras del proceso para obtener representatividad de los valores de ratio obtenidos y evitar la pérdida de información.
  - o Se identifican las “fuentes de información”. Es decir de donde se obtendrán los valores de las variables del proceso. Por ejemplo, en el caso de la mano de obra generalmente se utilizan los tareas de personal, y en el caso de la producción los metrados de campo.
  
- **Etapas:**
  - o Se establece el “periodo de medición”. Es el tiempo en el cual se considera que el proceso puede variar y por lo tanto se toma la nueva medición de variables. En los proyectos de carreteras generalmente se utilizan valores ratios semanales de ejecución.
  
- **Equipo de trabajo:**
  - o Se nombran “responsables” y se les asignan tareas para que el plan de recolección pueda ser cumplido adecuadamente. Además se definen las fechas exactas de recolección y presentación de información.

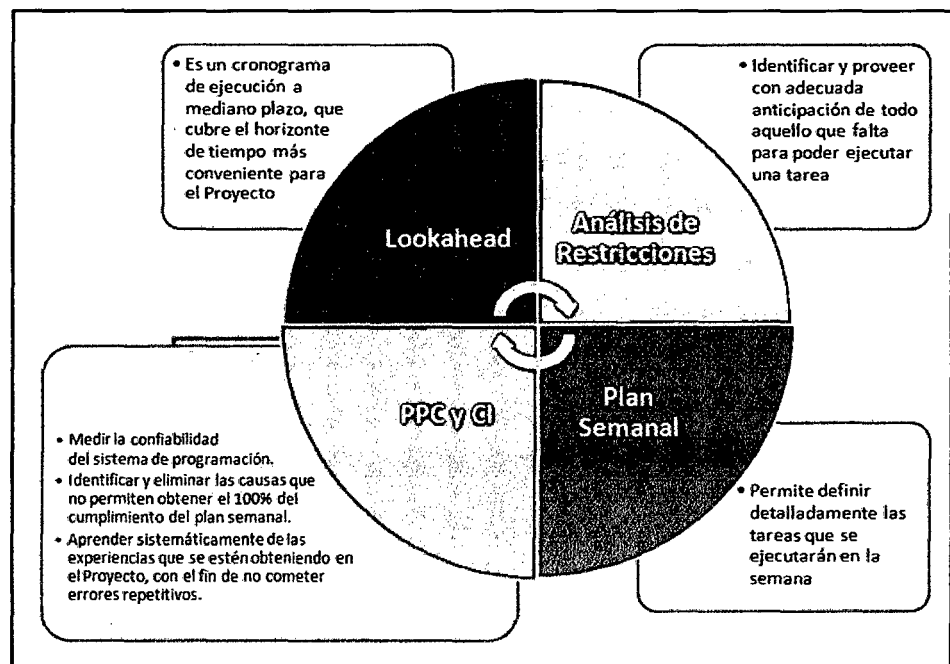
- Registro:
  - o Se especifican los formatos de presentación de la información recolectada, incluyendo comentarios de las observaciones presenciales realizadas, y el método de almacenaje de la misma. Los comentarios incluyen presunciones o hipótesis de diferencias entre la ejecución real del proceso y el método estándar establecido.

## B. EJECUCIÓN DEL PLAN

En esta sub-etapa se realiza la puesta en práctica del plan de recolección de información durante la ejecución de los procesos.

Finalmente, la información registrada de las variables y los ratios reales obtenidos de la puesta en práctica del plan de recolección se exponen en el formato de registro elegido.

Figura N° 09: Esquema Resumen de la Metodología Last Planner System.



Fuente: Programa-Excelencia Académica-GyM.

## **CAPITULO III: METODOLOGIA DE INVESTIGACION**

Utilizando los conceptos teóricos repasados en el capítulo anterior, se planteó una metodología sencilla para mantener continuo el flujo de trabajo e incrementar sosteniblemente la productividad, mediante la óptima utilización de los recursos durante la construcción de una carretera.

Para medir y/o identificar alguna variación de la productividad fue necesario hacer uso de software (Microsoft Excel) que nos permitió ingresar y procesar la información recolectada en campo con mayor exactitud.

De los planos aprobados para construcción de la obra Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup> (Anexo 01), se obtuvo principalmente el volumen de corte de material orgánico y excedente; los cuales fueron de gran utilidad al momento de programar y proyectar un plazo de ejecución.

Con base en la herramienta del Último Planificador que se enfoca en diferentes periodos de tiempo y a su vez en detalles de planificación, se estructuró la metodología en cuatro fases o componentes: Planificación Intermedia, Análisis de Restricciones, Plan Semanal, PPC y CI; tal como se muestra en la Figura N° 09 del capítulo anterior para el flujo de interrelación entre fases.

### **3.1. TIPO DE INVESTIGACION**

La presente investigación es un estudio de tipo:

- EXPERIMENTAL; ya que se evaluó la variación de la utilización de equipos, la productividad y plazo de ejecución.
- PROSPECTIVO Y EXPERIMENTAL; ya que la información se registró a través de un determinado tiempo y conforme se ejecutaba la obra.

### **3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.2.1. UNIVERSO**

El universo del presente trabajo de investigación fueron los equipos utilizados para la ejecución de la obra Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup> del Proyecto Minero Las Bambas.

### 3.2.2. MUESTRA

Se seleccionó seis (06) clases de equipos (Tractor, Excavadora, Cargador Frontal, Volquetes, Motoniveladora y Rodillo), a los cuales se les realizó lectura de horómetro inicial y final diariamente.

### 3.2.3. TIPO DE MUESTREO

El tipo de muestreo fue probabilístico ya que la utilización de los equipos se rige al azar, y la generalización de resultados nos permite calcular el error.

### 3.2.4. UNIDADES DE MUESTRA

La unidad de muestra estuvo conformada por los equipos utilizados durante la ejecución de la obra: Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup>, los cuales contaban con horómetros digitales.

### 3.2.5. UNIDAD DE ANALISIS

Fueron las mediciones que se realizaron para cada variable:

**HOROMETRO:** Medición diaria mediante lectura del horómetro inicial y final de cada equipo, anotando las observaciones por temas de variabilidad.

**PRODUCCION:** Medición de los volúmenes diarios movidos de material orgánico y excedente, mediante el registro de viajes.

## 3.3. RECURSOS NECESARIOS

### 3.3.1. RECURSOS HUMANOS

- Ingeniero asesor.
- Ingenieros que laboran en la Empresa peruana Graña y Montero del departamento de Control y Gestión de Proyectos.
- Capataz, operadores, peones y controlador de equipos.

### 3.3.2. RECURSOS MATERIALES

- 01 Tractor (Marca: Cat D8)
- 01 Excavadora (Marca: Kobelco 350; Cap. Lampón: 2 m3)
- 01 Cargador Frontal (Marca: Volvo L 120; Cap. Lampón: 3.5 m3)
- 04 Volquetes (Marca: Volvo FM; Cap. Tolva: 15.0 m3)
- 01 Motoniveladora (Marca: Komatsu)
- 01 Rodillo (Marca: Sakay; Peso: 09 Tn.)

## 3.4. METODOLOGÍA

### 3.4.1. PLANIFICACION INTERMEDIA (LOOK AHEAD)

Se identificaron e incorporan los suministros necesarios para el desarrollo de las actividades y los responsables de ellas. Se programaron las actividades de flujo necesarias para avanzar en el desarrollo de la planificación maestra tales como obras preliminares, ensayos, intervenciones de agentes externos, cálculo de rendimientos y producción semanal (Anexo 02), etc.

Durante esta etapa se realizó la planificación detallada de las actividades en un plazo intermedio tal como se muestra en el Anexo 03, tomando como base los cálculos del ciclo y producción semanal obtenidos en el paso anterior. Este plazo intermedio fue definido según las necesidades del caso en particular, pudiendo variar desde 3 a 6 semanas. De este modo, el programa intermedio define lo que se "puede" hacer en el periodo de tiempo que abarca.

#### 3.4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE RESTRICCIONES

Se identificaron las restricciones necesarias de eliminar para el desarrollo de la programación establecida, también los responsables de su eliminación y las fechas en las que es necesario que estas restricciones estén eliminadas. Aquellas actividades que "pueden" ejecutarse pasan a constituir el inventario de trabajo ejecutable. La integración de todos estos elementos en la programación intermedia

puede hacernos descubrir problemas no identificados en el programa maestro, siendo necesaria la incorporación a este de los retrasos o adelantos que se produzcan del análisis de los desajustes encontrados lo cual es expuesto durante la rutina de programación (Ver Anexo 04).

#### 3.4.1.2. FUENTES DE VARIACIÓN

Identificadas las restricciones se prosiguió con el estudio de los registros de información, observaciones y comentarios realizados en las etapas de medición y detección de modificaciones del proceso en el periodo de planificación intermedia. De este modo se investigaron las causas de dichas modificaciones.

Se elaboraron hipótesis de causa-efecto para investigar todas las posibles causas primarias de variaciones, las cuales se registran en distintas categorías. En la construcción del Acceso hacia la Piscina 4000m<sup>3</sup> las categorías más importantes que se logró identificar fueron: personal de operación, equipos o maquinarias, recursos materiales, proceso o método, supervisión.

Las fuentes de variación identificadas las podemos clasificar en dos estados: "controlables" (Administrativo, Logístico, Mecánico, Combustible, Relaciones Comunitarias, entre Otras) y "no controlables" (Factores Climáticos). Las primeras, se definen como aquellas posibles de modificar con la aplicación de acciones reales en la ejecución del proceso y las segundas, son consideradas invariables en el momento de planificación intermedia; esto lo podemos apreciar en los gráficos que presentaremos más adelante en donde la incidencia porcentual que tienen las fuentes de variación son considerables (Ver Cuadros 02 y 03).

#### 3.4.2. ANALISIS DE RESTRICCIONES

En esta etapa se analizaron todas las actividades del Look Ahead de Producción e identificaron los posibles obstáculos o limitaciones que pudieran hacer que las actividades consideradas en el mismo, no puedan ser programadas en su oportunidad. Tiene por finalidad identificar y proveer con adecuada anticipación de todo aquello que falta para poder ejecutar una tarea.



#### 3.4.2.1. ALTERNATIVAS DE MEJORA

Para cada una de las fuentes de variación controlables identificadas se formulan diversas alternativas prácticas de mejora de la eficiencia del proceso. Estas están enfocadas en la eliminación de las paras del flujo de trabajo. El objetivo es llegar al mejor estado de eficiencia posible mediante el cumplimiento de lo programado.

Se utilizaron registros de medición, los resultados de análisis, las observaciones presenciales y toda la información disponible del proceso para elaborar hipótesis lógicas que expliquen el efecto de las fuentes de variación en el proceso, y en base a ello idear cambios viables que puedan mejorar su eficiencia. Se realizaron reuniones de coordinación y análisis de restricciones (Ver Anexo 05), en donde participan los ejecutores, los registradores, y personal de experiencia en proyectos similares para lograr la elaboración de estas alternativas.

#### 3.4.2.2. PLAN DE IMPLEMENTACIÓN

Se diseñaron métodos de aplicación para cada alternativa de mejora seleccionada para implementación. Es decir, el procedimiento para materializar los cambios requeridos en la ejecución del proceso y así mejorar su eficiencia, además se validaron las hipótesis causa-efecto en la que se basó la alternativa.

Para que estos procedimientos sean totalmente claros se definieron los siguientes parámetros:

- *"Línea de acción"*. Se definió claramente la acción a realizar y el objetivo general que se pretende alcanzar, es decir el efecto que se espera conseguir de la aplicación de la alternativa para mejorar de esta manera la eficiencia del proceso logrando alcanzar que se cumpla lo programado en el tiempo establecido con los recursos asignados. Aunque el efecto final que se espera es la mejora del valor del ratio real del proceso físico (Ver Graficas 01 y 02).

- *“Cronograma de aplicación”. Se definieron las fases de aplicación y su secuencia lógica de acuerdo a los periodos de medición definidos en etapas anteriores. Además, se establecen claramente los objetivos propios de cada fase, su duración, fechas de inicio y término, y los recursos que serán requeridos en cada una de ellas (Ver Anexo 06).*
- *“Indicadores”. Se definieron índices que muestren el progreso de la implementación y la evolución del proceso para controlar el avance hacia el objetivo general (Ver Anexo 06).*
- *“Equipo de trabajo”. Se nombraron responsables y se les asignó tareas en cada fase de aplicación para asegurar la ejecución correcta del plan. Además se definen las fechas de exposición de resultados de cada fase (Ver Anexo 06).*
- *“Registro”. Se tomó nota de los efectos de las acciones implementadas en el proceso y en otros procesos contemporáneos, similares o relacionados para medir posteriormente el impacto real completo (Ver Anexo 05).*

#### 3.4.2.3. IMPLEMENTACIÓN EN LA EJECUCIÓN

Se puso en práctica las alternativas de mejora seleccionadas, siguiendo sus planes de implementación, durante la ejecución de la obra “Acceso hacia la piscina 4000m<sup>3</sup>”.

Se comprobaron los efectos de la aplicación de las alternativas de mejora de eficiencia durante la ejecución de la obra con lo que se valida la hipótesis causa-efecto. Los nuevos valores de ratio real del proceso son los indicadores de la efectividad de las alternativas de mejora implementadas.

### 3.4.3. PLAN SEMANAL

En esta etapa la programación semanal es la encargada de definir lo que “se hará” durante la semana entrante en función de los objetivos cumplidos en la planificación semanal finalizada, de los previstos en la planificación intermedia y de las restricciones existentes. Las actividades a realizar tienen que formar parte del inventario de trabajo ejecutable definido en la etapa anterior.

#### 3.4.3.1. PLAN DE MONITOREO Y CONTROL

En esta sub-etapa se desarrolla el diseño de los procedimientos de monitoreo y control de la metodología (Ver Gráficas de Utilización de Equipos).

El monitoreo está compuesto de procedimientos de supervisión permanente del cumplimiento de la aplicación, de los métodos utilizados y los resultados obtenidos en cada etapa de la metodología con el objetivo de identificar complicaciones conocidas en el proceso durante su ejecución y tomar medidas correctivas de forma anticipada al impacto de sus efectos.

El control contempla mecanismos de acción correctiva para afrontar complicaciones no conocidas que se hicieran presentes en el proceso de forma inesperada y se manifiesten a través de sus efectos.

El plan de monitoreo y control agrupa los dos criterios anteriores y las aplica a cada una de las etapas de la metodología del sistema del último planificador. Para su elaboración se tienen en cuenta las siguientes pautas:

- *(M) Medición de la eficiencia.*
  - **Monitoreo:** Se revisa periódicamente la operatividad de los parámetros de los planes de recolección de datos y su correcta adecuación a la ejecución real de los procesos. Además se revisa periódicamente el cumplimiento de los planes durante su ejecución para verificar que no se producen errores de recolección que otorguen datos incorrectos.

- Control: Se establecen opciones para cambiar los parámetros de los planes de recolección si fuera necesario y acciones para mejorar la aplicación práctica de los mismos.
- (P) *Planificación intermedia.*
- Monitoreo: Se revisan periódicamente las actividades, los formatos y las gráficas de los informes de productividad para verificar que muestren los resultados correctos. Se revisan los valores de ratio, las restricciones y las observaciones de los periodos para anticipar interrupciones en los flujos de trabajo por causas conocidas y aplicar las medidas necesarias. Se revisan los registros de identificación de fuentes de variación y su clasificación para buscar la posibilidad de cambiar de estado a las no controlables y aprovechar las lecciones aprendidas.
  - Control: Se revisa constantemente y se corrige rápidamente errores de introducción de datos, formulas en el formato o defectos de la visualización de los informes de productividad que causen errores de interpretación. Además se tiene procedimientos para aplicar rápidamente mejoras sobre restricciones de fuentes de variación conocidas.
- (A) *Análisis de restricciones:*
- Monitoreo: Se revisaron periódicamente los resultados de aplicación de las alternativas de mejora para validar sus hipótesis causa-efecto y calcular su impacto real. Se revisaron periódicamente los planes de implementación para verificar la idoneidad de sus parámetros y se supervisa su correcta aplicación durante la ejecución del proceso.
  - Control: Se establecieron procedimientos para cambiar de alternativas de mejora en caso de no validarse o identificar paralizaciones en el flujo de trabajo. Se establecieron medidas para mejorar la aplicación en caso de errores durante la ejecución.

### 3.4.4. PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO Y CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO (PPC Y CI)

En esta etapa se calculó el PPC y CI en base a los mediciones obtenidas de campo (Ver Gráficas de Utilización de Equipos), los cuales se hacen en base al Plan Semanal y sirve para medir la confiabilidad del sistema de programación, es decir, la precisión con la que podemos predecir lo que se hará en la semana, e identificar y eliminar las causas que no permiten obtener el 100% del cumplimiento del plan semanal y aprender sistemáticamente de las experiencias que se estén obteniendo en el Proyecto, con el fin de no cometer errores repetitivos.

#### 3.4.4.1. PORCENTAJE DE PLAN CUMPLIDO

- Sólo se consideraron las tareas 100% completadas, no se tomó en cuenta el % parcial de avance de las mismas. Tener en cuenta que la información plasmada en el Plan Semanal debe ser específica y cuantificable para su medición.
- Lo que se logró medir no es el avance sino la efectividad y confiabilidad del Plan Semanal, es decir, la calidad de la Programación (Ver Cuadros 02 y 03).
- En algunos casos durante la semana se tuvo que descartar una tarea y hacer otra, esta nueva tarea no entró al conteo de tareas completadas, así como las actividades de reserva o "backlog" programadas.

#### 3.4.4.2. CAUSAS DE INCUMPLIMIENTO

Se identificaron las razones o causas de incumplimiento de las actividades del Plan Semanal que no se completaron al final de la semana, se llevó un registro estadístico de las mismas para entender la frecuencia de su ocurrencia y buscar soluciones para las más importantes (Ver Cuadros 02 y 03).

Los responsables de determinar las causas de incumplimiento son los jefes de cada frente de producción. Dichas causas deben ser validadas por el Oficina Técnica, y/o Ingeniero Residente, y/o Gerente de Proyecto durante las reuniones semanales de obra.

A fin de uniformizar la información generada por medio de este análisis, se ha definido las siguientes categorías de causas de incumplimiento como obligatorias para tener en cuenta dentro de este análisis:

- Ingeniería (ING); Cambios en la ingeniería durante el desarrollo del Plan Semanal, incongruencias de los planos con la realidad del campo.
- Mantenimiento de Equipos (EQ); Averías o fallas en los equipos.
- Topografía (TOP); Falta de replanteo topográfico.
- Logística de Personal (LOG PER); Problemas en el reclutamiento de personal.
- Permisos (PER); Incumplimiento de los organismos responsables de otorgar las licencias o permisos solicitados de antemano por el Proyecto.

## **CAPITULO IV: PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

En este capítulo se presenta la recopilación de datos obtenidos durante la ejecución de actividades propias de la construcción de una carretera "Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup>", se han obtenido mediciones que incurren en la producción tales como: Porcentajes de utilización de equipos, cantidad de recursos utilizados (Horas Maquina y Horas Hombre) por las cuadrillas en la jornada de trabajo; en este capítulo se presenta el procesamiento de los mismos para posteriormente poder evaluar y analizar los resultados y así dar lineamientos de mejora para el sistema de producción en estudio.

### **4.1. DESCRIPCION GENERAL DEL PROYECTO**

El proyecto al cual se hará referencia como ejemplificación se denomina "Agua para Construcción-Acceso a Piscina 4000m<sup>3</sup>". Se trata de una vía de acceso de 1,800 ml que va desde el Heavy Haul y llega hasta la Piscina de 4000m<sup>3</sup>, está ubicado en el Sector Chuspiri, Distrito de Chalhuanhuacho, Provincia Cotabambas y Departamento de Apurímac.

Antes del inicio de la construcción, la dirección de proyecto conforme a las directivas de la empresa dio la instrucción de seguir la metodología de control de la productividad comúnmente utilizadas.

La metodología propuesta en el segundo capítulo de este informe que no discrepa con las directivas de la empresa constructora y que tiene por objetivo la mejora continua de la eficiencia de los procesos, fue implementada como prueba piloto solamente en el frente de trabajo con la intención de verificar su utilidad como se muestra en los sub-capítulos que continúan.

#### 4.2. ENFOQUE DE LA METODOLOGIA DE INVESTIGACIÓN

El enfoque de esta investigación es mantener constante el flujo de trabajo y aumentar los tiempos productivos mediante la mejora de eficiencia, se han tomado datos sobre las actividades específicas de obra para reproducir de manera fehaciente lo que sucede en el sistema de producción, conjuntamente, también se recogió información sobre la cantidad de horas-máquina útiles que se consumieron en la jornada de trabajo para la realización del sistema de producción; estas mediciones se tomaron a lo largo de la jornada de trabajo, también se realizaron mediciones diarias que fueron procesadas semanalmente durante dos meses, y con las muestras se hizo una evaluación para saber qué porcentaje del tiempo empleado es productivo en la construcción del "Acceso hacia la piscina 4000m<sup>3</sup>".

Se analizó el porcentaje de utilización de equipos para conocer las causas de ineficiencia que aparecen en el desarrollo de nuestro sistema de producción, luego de esto, se tomó las causas más incisivas y se propusieron medidas de mejora para optimizar el tiempo productivo y aumentar la productividad del sistema de producción.

La medición se realizó durante la ejecución de los trabajos de construcción del Acceso hacia la piscina 4000m<sup>3</sup>, la cantidad de personal y equipos para las cuadrillas del sistema de producción fue consultada con el capataz de la cuadrilla. Se utilizó un Tractor D8 marca Cat, una Excavadora SK350 marca Kobelco de 1.6m<sup>3</sup> de capacidad, un Cargador Frontal Volvo de 2.5 m<sup>3</sup> de capacidad, cuatro Volquetes Volvo de 15 m<sup>3</sup> de capacidad, una Motoniveladora Cat y un Rodillo Sakay, los cuales fueron distribuidos acorde al principio proceso-recurso clave.



### 4.3. PRESENTACION Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

#### 4.3.1. CALCULO DE RENDIMIENTOS

Se elaboró una hoja de cálculo para obtener el rendimiento promedio diarios de material a eliminar considerando la cantidad de equipos disponibles y los factores externos obtenidos de campo tales como: distancia entre frente de trabajo y botadero, velocidad de acarreo permitida, velocidad de carga y descarga y esponjamiento del material; con lo cual podemos tener una idea del volumen diario a mover. Se ha calculado el rendimiento promedio diario tanto para la eliminación del material orgánico como excedente (Anexo 02).

#### 4.3.2. ELABORACIÓN DE LA PROGRAMACIÓN INTERMEDIA

Para elaborar la programación intermedia (Look Ahead) ha tomado como base los rendimientos promedios diarios obtenidos anteriormente, en donde se incluyen las actividades preliminares, de excavación, relleno y colocación de alcantarillas. Acorde a los rendimientos promedios diarios obtenidos se ha distribuido la cantidad de recursos necesarios para la ejecución de cada una de las actividades planteadas. Se ha elaborado una programación intermedia de 06 semanas (Anexo 03) la cual fue actualizada semanalmente colocando los volúmenes movidos semanalmente y el saldo por mover, la cantidad de recursos empleados, modificación de fechas y comentarios especiales indicando las causas de incumplimiento con lo programado de ser el caso.

#### 4.3.3. ANALISIS DE RESTRICCIONES

Durante las reuniones semanales de producción y obra se analizaron las restricciones que impiden o dificultan el normal desenvolvimiento de los trabajos, se contó con la participación de las áreas de soporte y producción, para lo cual se elaboró un cuadro

resumen con las restricciones, responsables de área y fechas propuestas para levantar las restricciones indicadas por cada responsable (Anexo 05), después de dicho análisis se procedió a coordinar el plan semanal.

#### 4.3.4. PORCENTAJE DE UTILIZACION DE EQUIPOS

La recolección de información se realizó en forma permanente durante dos meses todos los días, haciendo la lectura de los horómetros iniciales y finales de los equipos para obtener las horas efectivas trabajadas, además se registraron las horas perdidas por diferentes motivos ya sea por falla mecánica, falta de operador, relaciones comunitarias, falta de combustible y/o factor clima.

La utilización de equipos fue analizada partiendo de la premisa, que se contaba con 10Hrs programadas de las cuales 02Hrs fueron perdidas en transporte de personal tanto en horas de ingreso, almuerzo y salida; por lo que se consideró únicamente la utilización efectiva de 08Hrs de trabajo. Cada hora programada representa el 10% de utilización de equipos, logrando llegar en el mejor de los casos a un 80% de utilización debido a los inconvenientes antes mencionados.

Cada gráfica representa la evolución en el tiempo de la utilización de los equipos semanalmente, mostrando los porcentajes de utilización efectiva, stand by y otros; también se muestra la utilización individual de cada equipo por semana, lo cual es de gran ayuda para identificar su eficiencia y disponibilidad (Anexo 07).

De las mediciones realizadas en campo se obtuvo los siguientes resultados:

**Cuadro N° 02:** Resumen Porcentual de Utilización Semanal de Equipos.

Semana	Uso de Equipos	Sin operador	Inoperativo	Clima	Comunidad	Sin Combustible	Stand by
Sem 19	29%	0%	16%	0%	0%	24%	31%
Sem 20	52%	0%	11%	4%	0%	12%	22%
Sem 21	53%	1%	2%	1%	0%	16%	27%
Sem 22	54%	1%	2%	0%	0%	14%	28%
Sem 23	61%	1%	11%	0%	0%	0%	28%
Sem 24	65%	2%	1%	1%	3%	0%	28%
Sem 25	67%	0%	16%	0%	0%	0%	17%
Sem 26	71%	0%	7%	0%	0%	0%	23%

**Cuadro N° 03:** Resumen Porcentual de Utilización Semanal de Equipos de Soporte.

Semana	Uso de Equipos	Sin operador	Inoperativo	Clima	Comunidad	Sin Combustible	Stand by
Sem 19	23%	0%	0%	0%	0%	7%	71%
Sem 20	30%	0%	0%	1%	0%	12%	57%
Sem 21	44%	0%	0%	0%	0%	18%	39%
Sem 22	50%	0%	0%	0%	0%	12%	38%
Sem 23	57%	0%	4%	0%	0%	3%	36%
Sem 24	54%	0%	6%	1%	3%	0%	36%
Sem 25	65%	0%	4%	0%	0%	0%	31%
Sem 26	70%	0%	4%	0%	0%	0%	26%

De los resultados obtenidos se puede apreciar que el porcentaje de utilización de equipos ha ido progresivamente en aumento, y que las restricciones más incidentes que dificultan obtener un mayor porcentaje de utilización son la falta de abastecimiento de combustible y fallas mecánicas.

#### 4.3.5. MEDICION DE LA PRODUCCION

Para obtener de los volúmenes movidos se consideró la medición diaria de éstos mediante el conteo de viajes trasladados hacia los botaderos con lo cual se logró tener un registro de los reportes de producción diaria acumulados tanto para el material orgánico (topsoil) y excedente. Los volquetes tienen de una capacidad de 15m<sup>3</sup>, para los cálculos se ha considerado 13m<sup>3</sup> por razones de esponjamiento del material y debido a que éstos no iban bien cargados por temas de seguridad.

**Cuadro N° 04:** Reporte de Cantidades de Material Orgánico (MO) y Excedente (ME).

Semana	Día	Cant. Viajes MO		Promedio m3/Volq.	Volumen Parcial [m3] MO		Volumen Acumulado [m3] MO	
19	07-may-12	37		13	481.00	-	481.00	-
19	08-may-12	35		13	455.00	-	936.00	-
19	09-may-12	36		13	468.00	-	1,404.00	-
19	10-may-12	35		13	455.00	-	1,859.00	-
19	11-may-12	36		13	468.00	-	2,327.00	-
19	12-may-12	33		13	429.00	-	2,756.00	-
20	13-may-12	35	21	13	455.00	273.00	3,211.00	273.00
20	14-may-12	36	24	13	468.00	312.00	3,679.00	585.00
20	15-may-12	33	27	13	429.00	351.00	4,108.00	936.00
20	16-may-12	29	26	13	377.00	338.00	4,485.00	1,274.00
20	17-may-12	28	24	13	364.00	312.00	4,849.00	1,586.00
20	18-may-12	31	29	13	403.00	377.00	5,252.00	1,963.00
20	19-may-12	32	32	13	416.00	416.00	5,668.00	2,379.00
21	20-may-12	39	39	13	507.00	507.00	6,175.00	2,886.00
21	21-may-12	42	42	13	546.00	546.00	6,721.00	3,432.00
21	22-may-12	42	46	13	546.00	598.00	7,267.00	4,030.00
21	23-may-12	45	48	13	585.00	624.00	7,852.00	4,654.00
21	24-may-12	32	46	13	416.00	598.00	8,268.00	5,252.00
21	25-may-12	46	48	13	598.00	624.00	8,866.00	5,876.00
21	26-may-12	45	51	13	585.00	663.00	9,451.00	6,539.00
22	27-may-12	37	51	13	481.00	663.00	9,932.00	7,202.00
22	28-may-12	39	57	13	507.00	741.00	10,439.00	7,943.00
22	29-may-12	38	59	13	494.00	767.00	10,933.00	8,710.00
22	30-may-12	36	54	13	468.00	702.00	11,401.00	9,412.00
22	31-may-12	42	56	13	546.00	728.00	11,947.00	10,140.00
22	01-jun-12	39	57	13	507.00	741.00	12,454.00	10,881.00
22	02-jun-12	44	56	13	572.00	728.00	13,026.00	11,609.00
23	03-jun-12	45	54	13	585.00	702.00	13,611.00	12,311.00
23	04-jun-12	34	52	13	442.00	676.00	14,053.00	12,987.00
23	05-jun-12	35	56	13	455.00	728.00	14,508.00	13,715.00
23	06-jun-12	33	56	13	429.00	728.00	14,937.00	14,443.00
23	07-jun-12	37	53	13	481.00	689.00	15,418.00	15,132.00
23	08-jun-12	39	56	13	507.00	728.00	15,925.00	15,860.00
23	09-jun-12	38	58	13	494.00	754.00	16,419.00	16,614.00
24	10-jun-12		64	13	-	832.00	16,419.00	17,446.00
24	11-jun-12		63	13	-	819.00	16,419.00	18,265.00
24	12-jun-12		66	13	-	858.00	16,419.00	19,123.00
24	13-jun-12		65	13	-	845.00	16,419.00	19,968.00
24	14-jun-12		64	13	-	832.00	16,419.00	20,800.00
24	15-jun-12		65	13	-	845.00	16,419.00	21,645.00
24	16-jun-12		65	13	-	845.00	16,419.00	22,490.00
25	17-jun-12		62	13	-	806.00	16,419.00	23,296.00
25	18-jun-12		60	13	-	780.00	16,419.00	24,830.00
25	19-jun-12		58	13	-	754.00	16,419.00	24,791.00
25	20-jun-12		56	13	-	728.00	16,419.00	25,558.00
25	21-jun-12				-	-	16,419.00	25,558.00

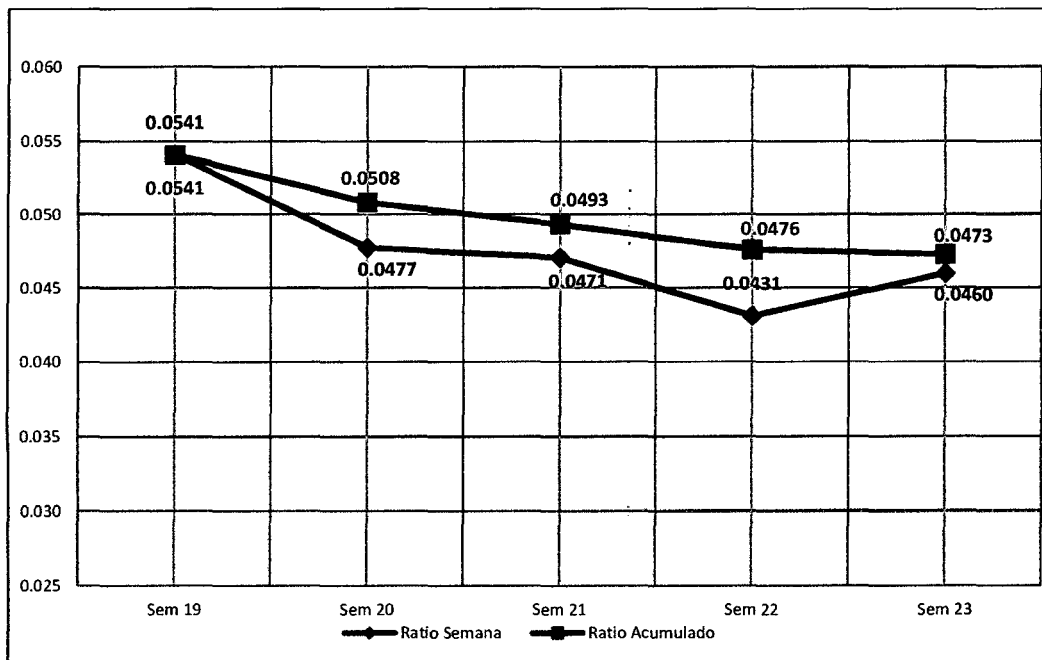
#### 4.3.6. CRONOGRAMA MACRO

Para medir la producción y verificar la eficiencia en la utilización de los equipos se generó un cuadro que nos ayudó a visualizar las cantidades programadas vs las reales mediante la utilización de la curva "S", en el análisis de esta curva se pudo constatar que a partir de la semana 21 las cantidades movidas fueron aumentando progresivamente; lo cual conversa con el aumento de utilización de equipos, quiere decir que mediante la aplicación de la metodología expuesta en el capítulo anterior se puede mantener un flujo constante de trabajo, identificadas las restricciones y fuentes de variabilidad (Anexo 06).

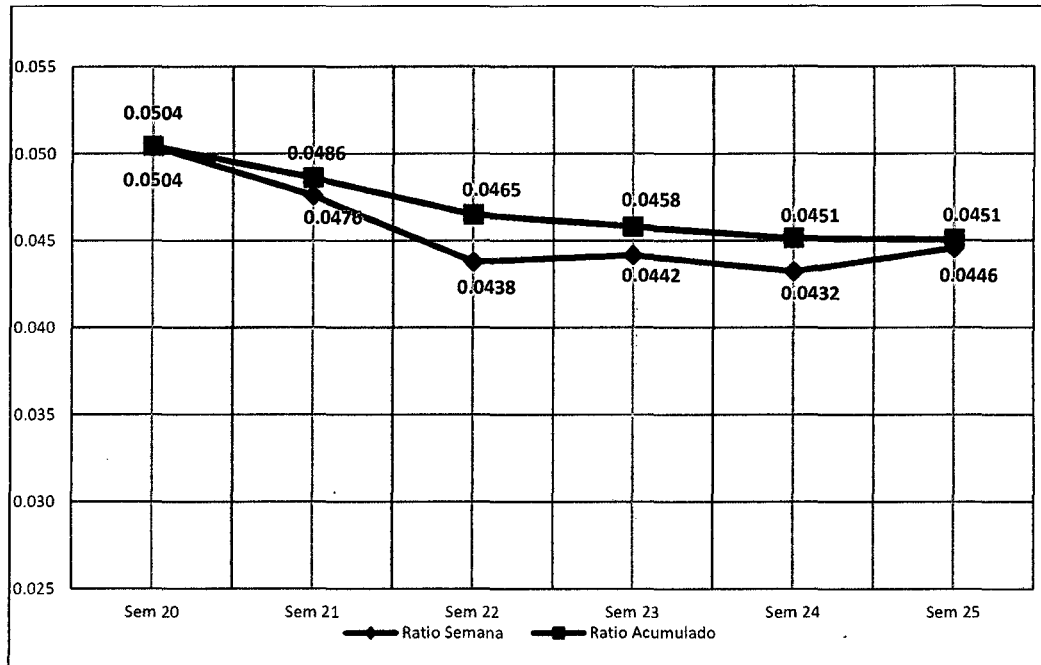
#### 4.3.7. MEDICION DE LA PRODUCTIVIDAD

La metodología planteada para el presente informe fue implementada a partir de la semana N° 23 pudiéndose observar una evolución en la productividad ya que se obtuvo una relación directa entre producción semanal (m3) y utilización de equipos, tal como se puede apreciar en la gráfica siguiente:

**Gráfica N° 01: Productividad "Transporte Material Orgánico - EQ"**  
 Acceso a Piscina 4000 m3



**Gráfica N° 02: Productividad "Transporte Material Excedente - EQ"**  
 Acceso a Piscina 4000 m3



Las gráficas anteriores representan los ratios semanales y acumulados (HM/M3), a medida que van transcurriendo las semanas desde que se aplicó la metodología se puede observar que la gráfica acumulada tiende a descender y/o mantenerse por ese rango; esto quiere decir que la metodología empleada para asegurar un flujo de trabajo continuo cumplió satisfactoriamente su objetivo tanto para los trabajos de eliminación de material orgánico como excedente.

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

- ✓ Se implementó como herramienta de gestión la metodología Lean Construction “Último Planificador”, para lo cual se tuvieron en cuenta las cuatro fases o etapas de las que está compuesta como son: la Programación Intermedia (Look Ahead), Análisis de Restricciones, Plan semanal, Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento.
- ✓ Se elaboró la programación como herramienta de gestión en donde se programaron las actividades en base al cronograma general, obteniendo información de los planos para construcción, además se realizó el cálculo de los rendimientos promedio diario para una correcta utilización de los equipos mediante la distribución de actividades.
- ✓ Mediante el análisis de restricciones y rutinas de programación (reuniones) se logró proteger la programación de la incertidumbre y la variabilidad para lograr mejorar la eficiencia en la utilización de los recursos durante los procesos.
- ✓ Para verificar las variaciones desde el momento de la implementación de la metodología se realizaron mediciones de la producción y porcentajes de utilización de equipos constatando mejoras de productividad logrando obtener un ratio de 0.0451 (HM/M3) menor a la unidad al finalizar de la investigación.
- ✓ Se utilizó la herramienta de planificación-curva “S” para llevar el control de la producción y medir brechas e hitos cronológicamente; mediante el cruce de información planificada con la real obtenida de campo.
- ✓ Se logró demostrar la hipótesis, *La Utilización de Técnicas y Herramientas de Implementación, Optimizan el Trabajo, Utilización de Equipos y Plazo de Ejecución en el Proyecto*, de forma positiva ya que mediante la implementación de la metodología del Último Planificador se logró mantener el flujo de trabajo continuo que permitió aumentar la productividad y entregar la obra en el plazo establecido, para lo cual se hizo una eficiente utilización de los recursos.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- ✓ Para elaborar el programa intermedio se debe establecer con claridad lo que se puede hacer de lo programado y gestionar las restricciones existentes para que estas no introduzcan retrasos en la programación.
- ✓ Para elaborar el plan semanal y protegerlo es necesario la intervención de todas las áreas de soporte en donde los representantes de área se comprometan a levantar las restricciones de su área y así logra mantener el flujo de trabajo constante.
- ✓ Se debe llevar un registro de todas las actividades realizadas en el día tanto de movimiento de volúmenes, utilización de equipos y fuentes de variabilidad, lo cual nos puede servir como un histórico para futuras obras.



## CAPITULO VI: BIBLIOGRAFIA

- ✓ Alfredo Serpell B., 2002, "Administración de Operaciones de Construcción", 2ª Edición, Edit. UCCH, 163 pág.
- ✓ Ing. Walter Ibáñez, 2011, "Costos y Tiempos en Carreteras", 2ª Edición, Edit. EEM, 42 pág.
- ✓ Paredes, Francis; "Lean Production, Gestión del Flujo de Valor"; Presentación del Lean Manufacturing Center; Lima – Perú 2003.
- ✓ Cantarín Cano, Ricardo; "Aplicación de Métodos de Productividad en la Operación de Equipos de Movimiento de Tierras"; Tesis para optar el título de Ingeniero Civil. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas – Facultad de Ingeniería Civil; Lima – Perú 2004.
- ✓ Revista de Obras Públicas, 2011, "La gestión de la Obra desde la Perspectiva del Último Planificador", [www.leanconstruction.es/app/download/.../Ultimo+Planificador.pdf](http://www.leanconstruction.es/app/download/.../Ultimo+Planificador.pdf)
- ✓ GyM, 2006, "Manual de Gestión de Proyecto", Planeamiento, Programación y Productividad.
- ✓ [http://portalgym.gym.com.pe/programa\\_de\\_excelencia\\_academica](http://portalgym.gym.com.pe/programa_de_excelencia_academica)

CAPITULO VII:

ANEXOS

# **ANEXO 01**

## **PLANOS DEL ACCESO**

# **ANEXO 02**

## **CALCULO DE RENDIMIENTOS**

## CALCULO DE RENDIMIENTOS MATERIAL ORGANICO

<b>Obra</b>	CONSTRUTION WATER - PISCINA 4000M3	<b>Elaborado</b>	PNMG
<b>Cliente</b>	XTRATA COOPER	<b>Fecha</b>	07-May-12
<b>Dpto</b>	CONSTRUCCION	<b>Provincia</b>	APURIMAC
		<b>Distrito</b>	
<b>PARTIDA</b>			
	<b>TRANSPORTE MATERIAL ORGANICO</b>		
<b>Unidad</b>	M3		
<b>Rendimiento</b>	1,654.55 m3/dia		
<b>DATOS GENERALES</b>			
Distancia de transporte			<b>1.00 km</b>
Velocidad del Volquete Cargado			15.00 km/hr
Velocidad del Volquete Descargado			20.00 km/hr
Tiempo de Viaje Cargado	(Tc)		4 min
Tiempo de Viaje Descargado	(Td)		3 min
Volumen de la Tolva del Volquete	(a)		13.00 m3
<b>CALCULO DE RENDIMIENTOS</b>			
Tiempo de Carguio al Volquete	Tcv		3.50 min
Tiempo de Descarga del Volquete	Tdv		3.00 min
Tiempo Útil : 10.0 hrs Efectivas: 80%	(b)		480 min
Tiempo de Ciclo del Volquete	(c) Tciclo = Tcv+Tdv+Tc+Td		<b>13.50 min</b>
Numero de ciclos	(d) = (b) / (c)		35 ciclos
Volumen Transportado por el Volquete	(e) = (a) x (d)		455.00 m3/día
Nº volquetes para completar ciclo	(f)		<b>4.00 volquetes</b>
<b>RENDIMIENTO PARA UNA DISTANCIA d =</b>			
			1.00 km
Esponjamiento del Material (Terreno Suelto sin Cohesión)			110.0%
Rendimiento = (e) / Esponjamiento	(g)		<b>414 m3/dia</b>
<b>VOLUMEN DIARIO A TRANSPORTAR (CICLO COMPLETO)</b>			
Esponjamiento del Material (Terreno Suelto sin Cohesión)			110.0%
Volumen = (f) x (g)	(h)		<b>1,654.55 m3/dia</b>

PROPUESTA	PUNTOS DE CARGUÍO	# VOLQ. (UND)	VOLUMEN TOTAL (M3)	VOLUMEN DIARIO (M3)	# DÍAS
P1	1 PUNTO DE CARGUÍO	4.00	11,000.00	1,654.55	7
P2	2 PUNTO DE CARGUÍO	6.00	11,000.00	2,481.82	4
P3	3 PUNTO DE CARGUÍO	9.00	11,000.00	3,722.73	3
P4	4 PUNTO DE CARGUÍO	12.00	11,000.00	4,963.64	2



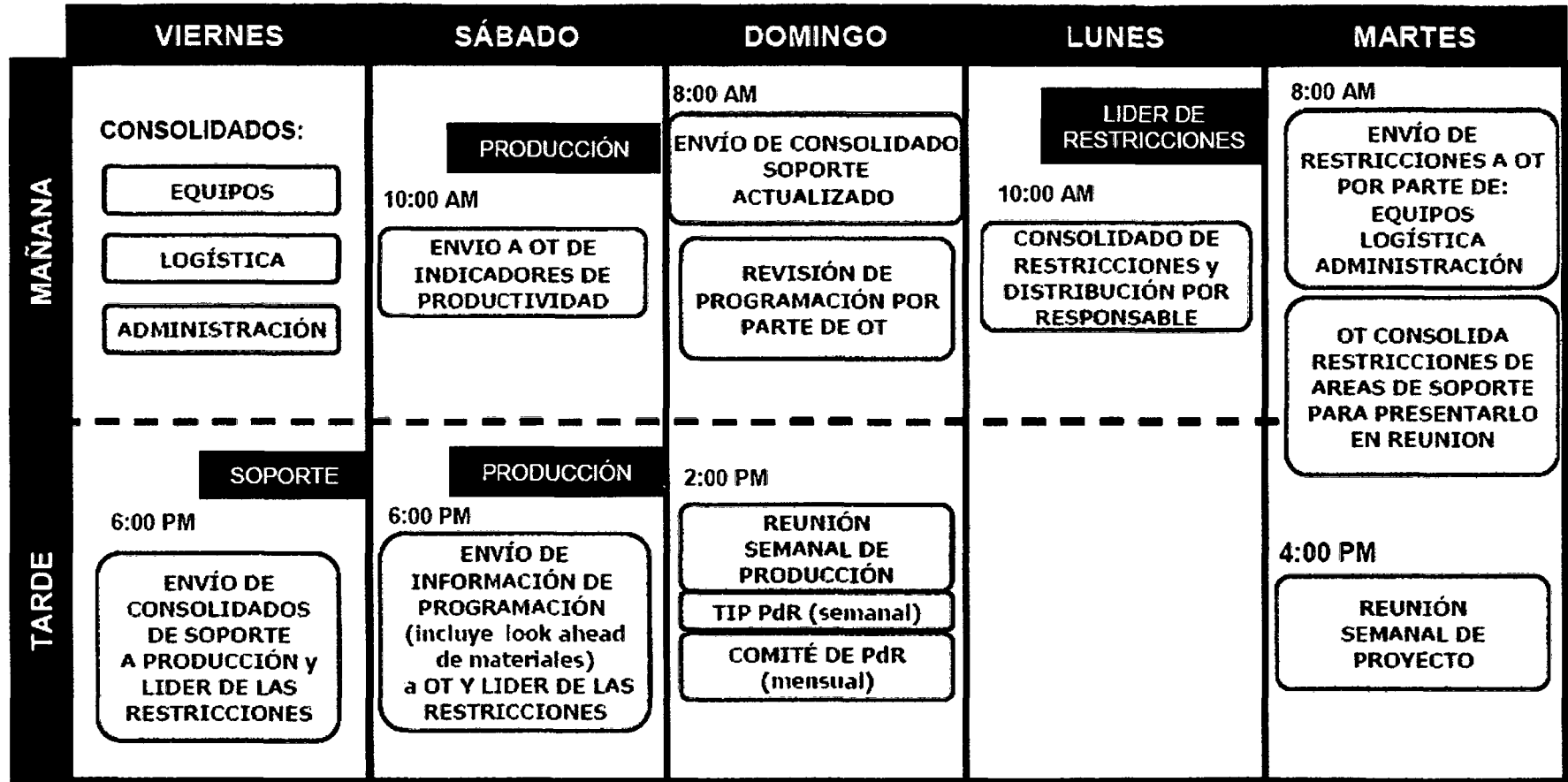
# **ANEXO 03**

## **PROGRAMACION INTERMEDIA (LOOK AHEAD)**

# **ANEXO 04**

## **RUTINA DE PROGRAMACIÓN**

Esquema de la Rutina de Reuniones Utilizada.





# **ANEXO 05**

## **ANALISIS DE RESTRICCIONES**

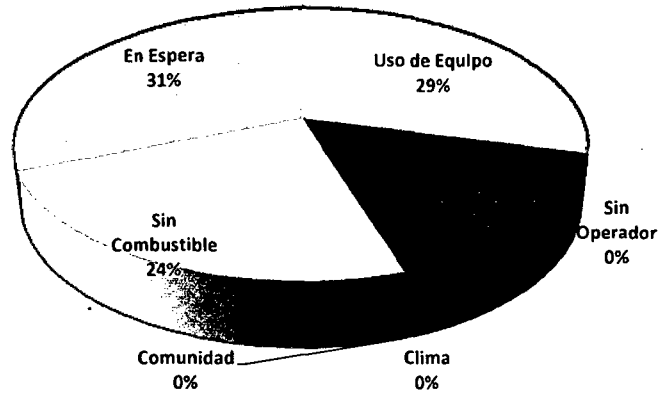
# **ANEXO 06**

## **CRONOGRAMA MACRO**

# **ANEXO 07**

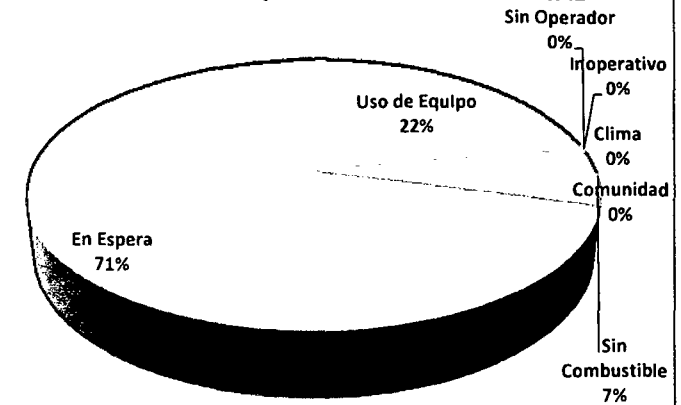
## **GRAFICOS DE UTILIZACION DE EQUIPOS**

RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL



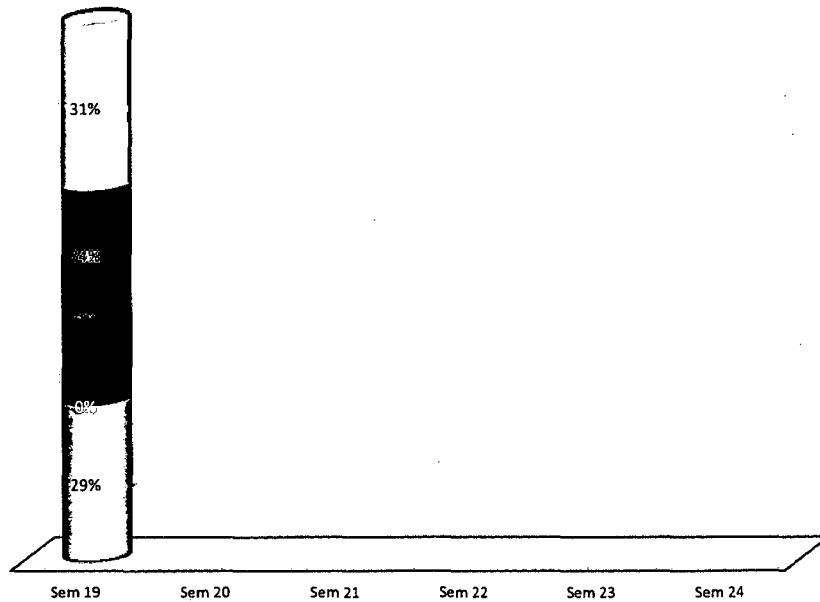
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9

RESUMEN DE EQUIPOS DE SOPORTE TOTAL



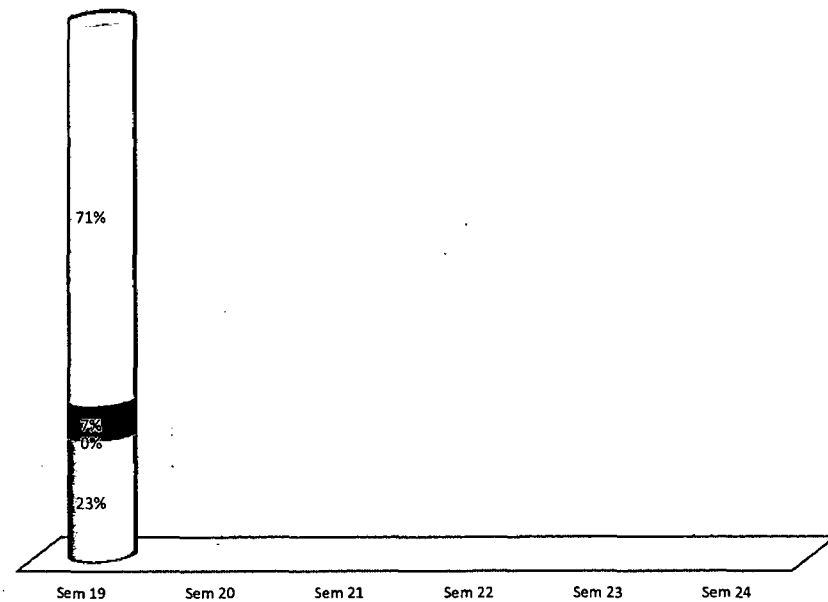
REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS

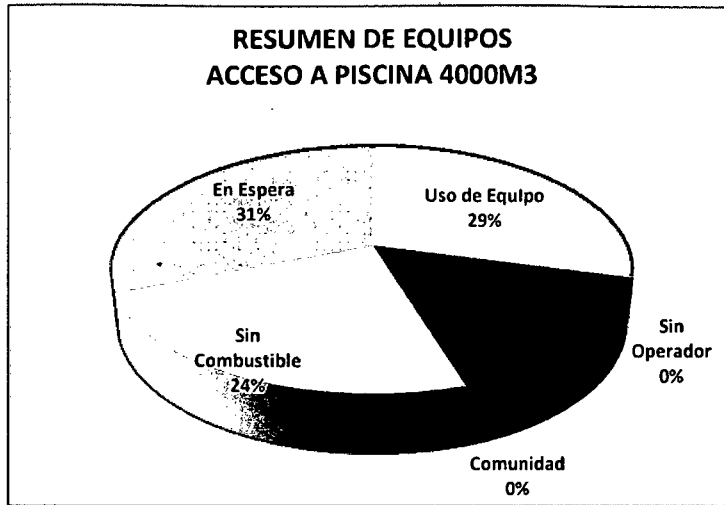
Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera



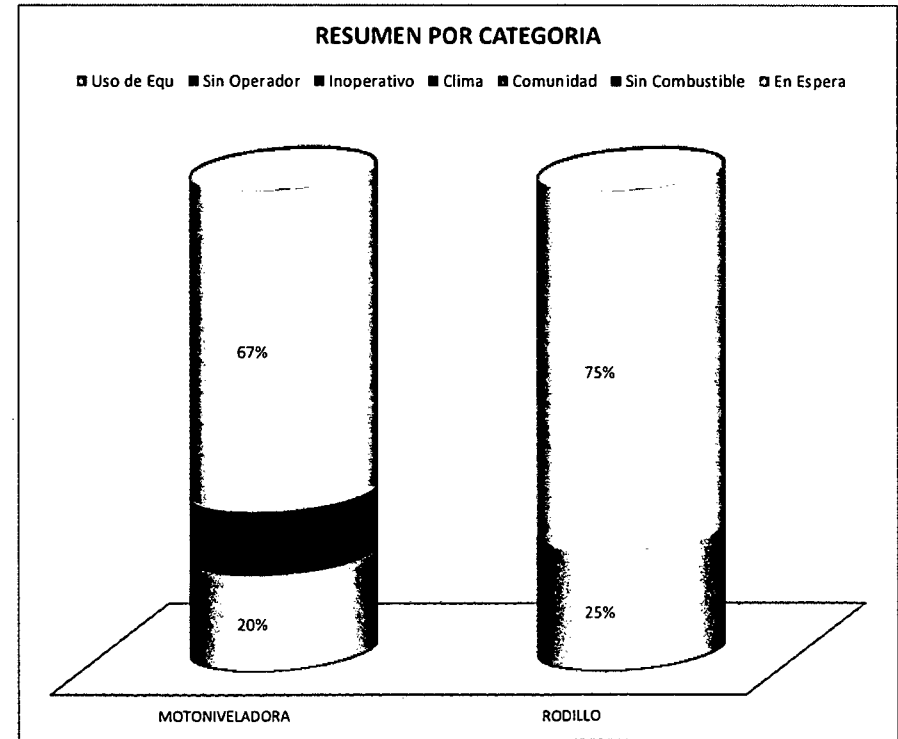
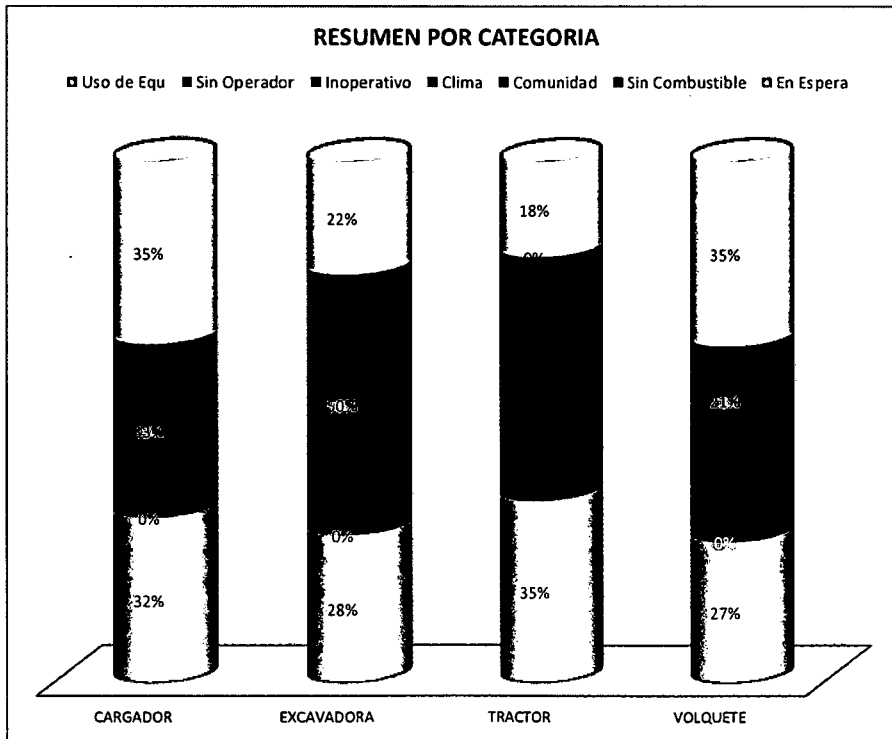
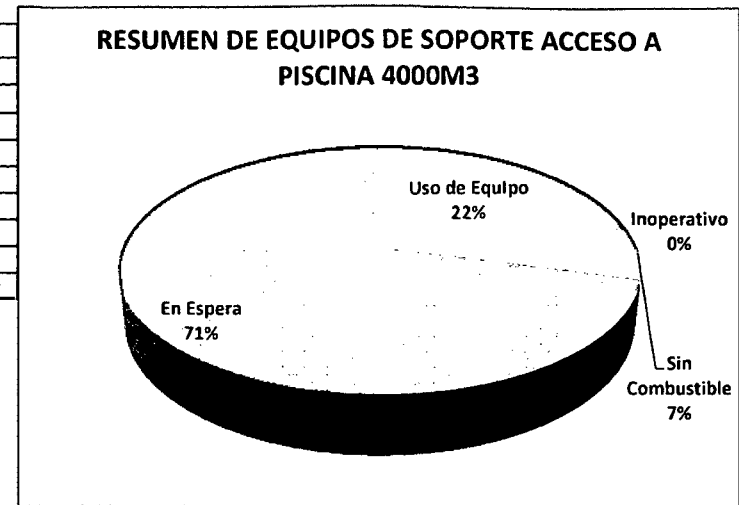
REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS DE SOPORTE

Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera



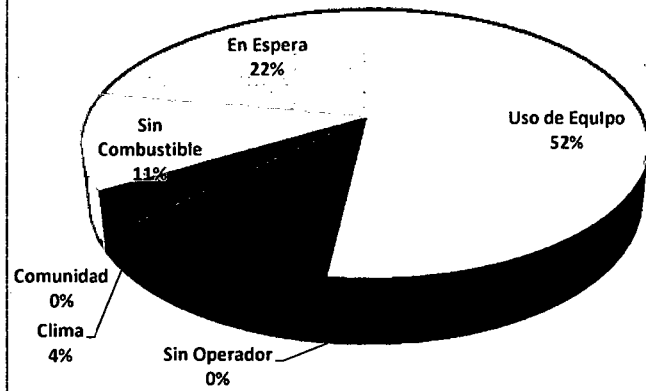


EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>



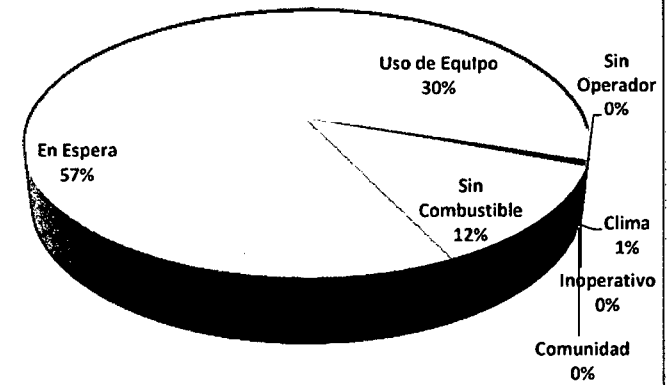
REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
19	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos solo llegó a un 29%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (16%), falta de combustible (24%) y equipos en espera (31%) del cual el 11% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 22%, se tuvieron pérdidas de utilización por falta de combustible (7%) y equipos en espera (71%) del cual 50% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=29%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas, falta de combustible y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=23%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falta de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y falla mecánica son los de mayor influencia seguido de los tiempos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>

RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL



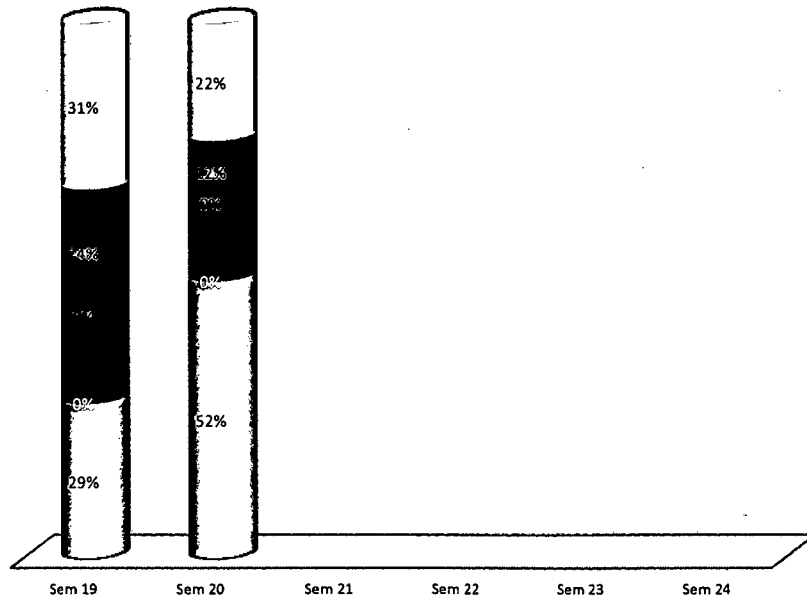
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

RESUMEN DE EQUIPOS DE SOPORTE TOTAL



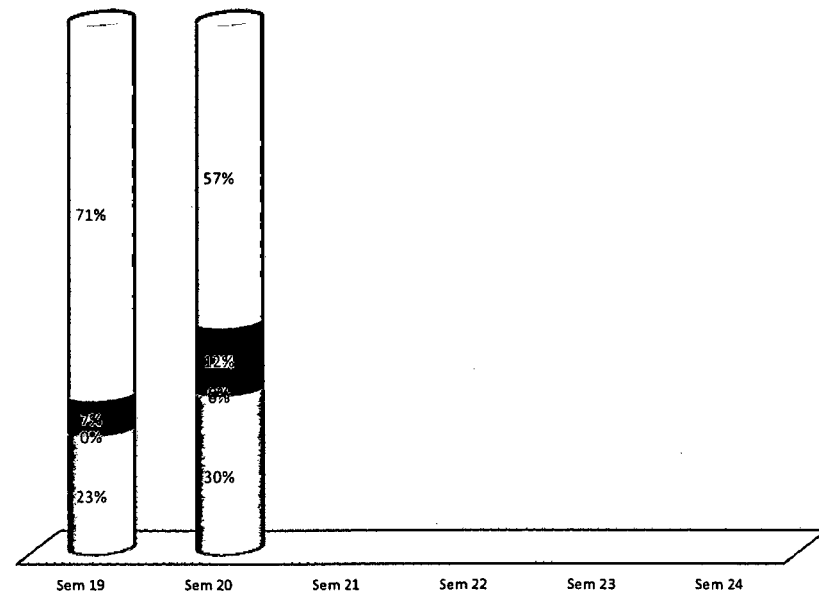
REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS

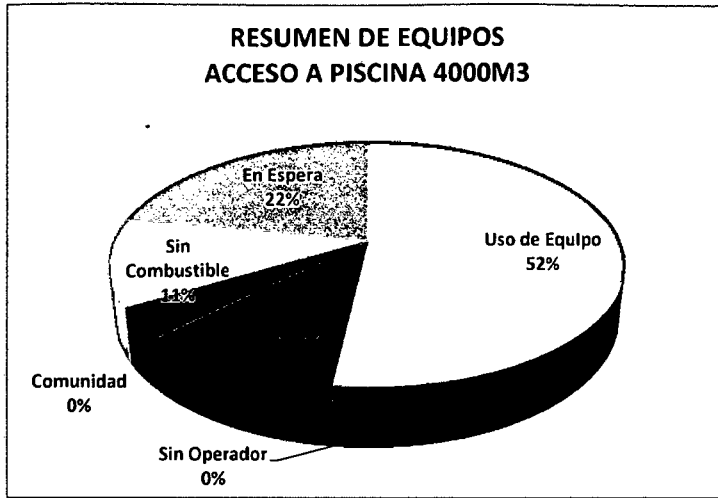
Uso de Equ 
 
 Sin Operador 
 
 Inoperativo 
 
 Clima 
 
 Comunidad 
 
 Sin Combustible 
 
 En Espera



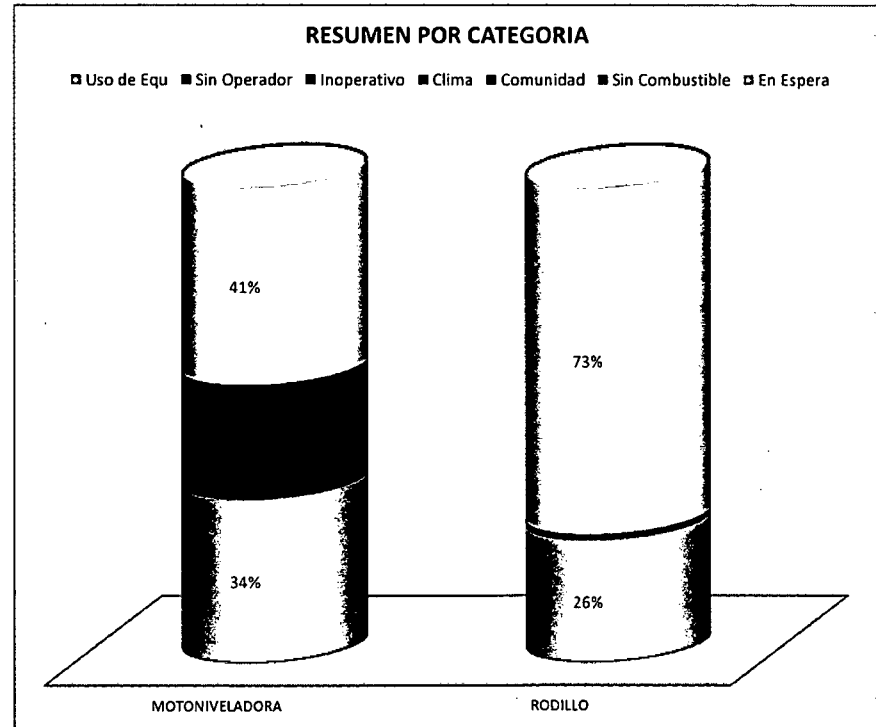
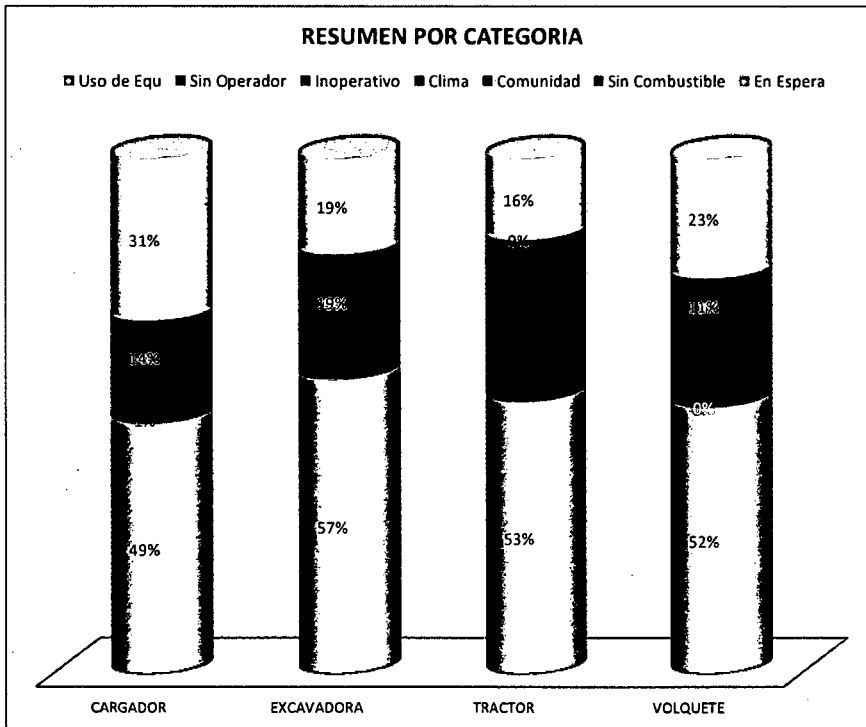
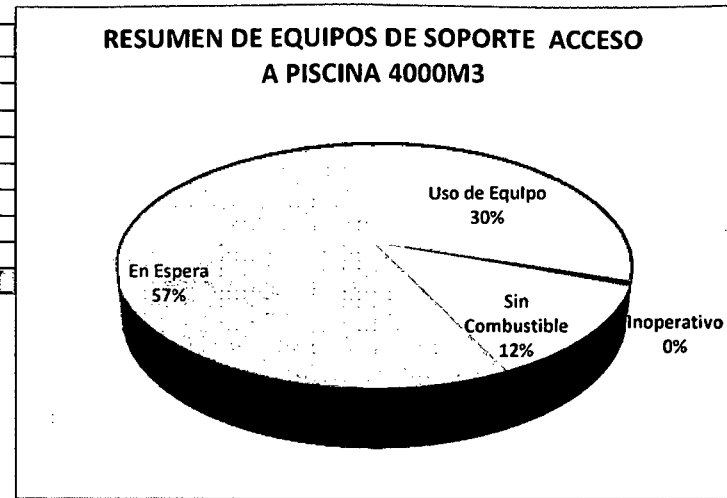
REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS DE SOPORTE

Uso de Equ 
 
 Sin Operador 
 
 Inoperativo 
 
 Clima 
 
 Comunidad 
 
 Sin Combustible 
 
 En Espera



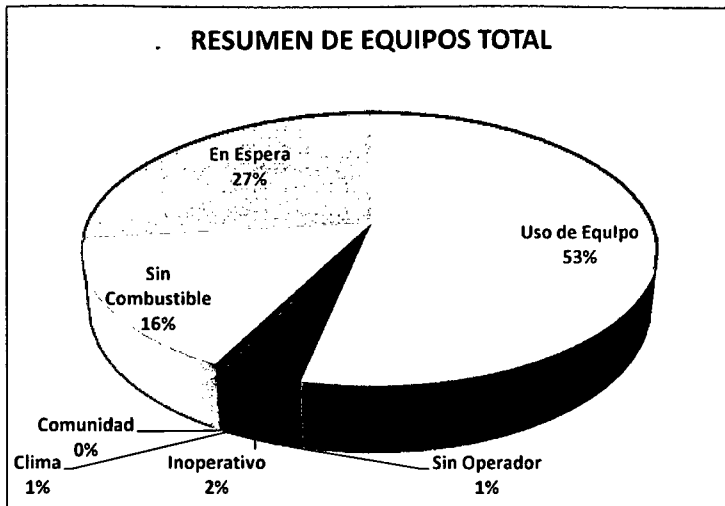


EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

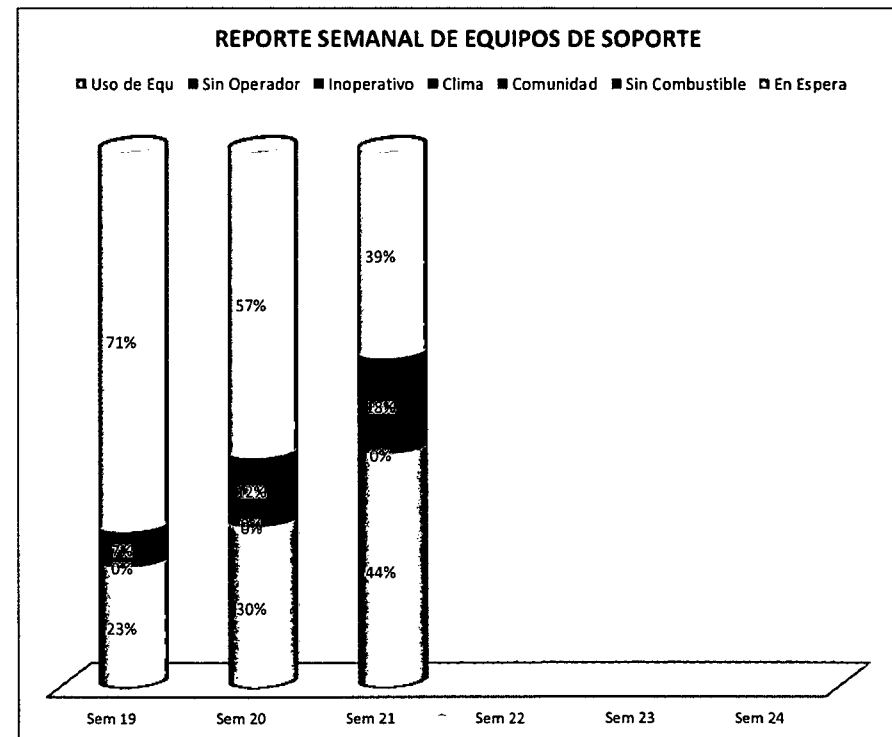
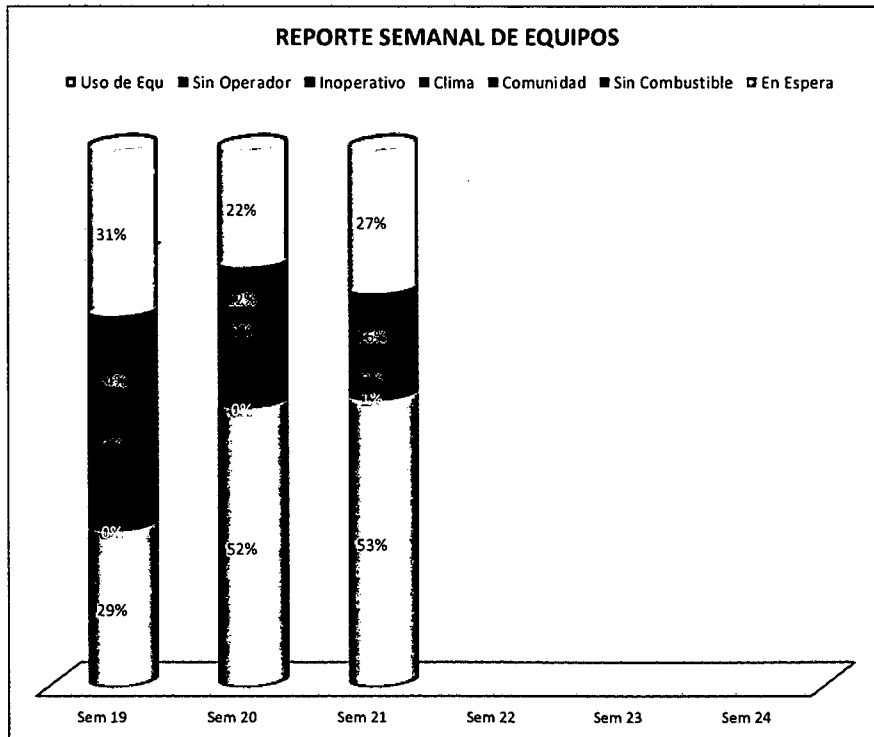
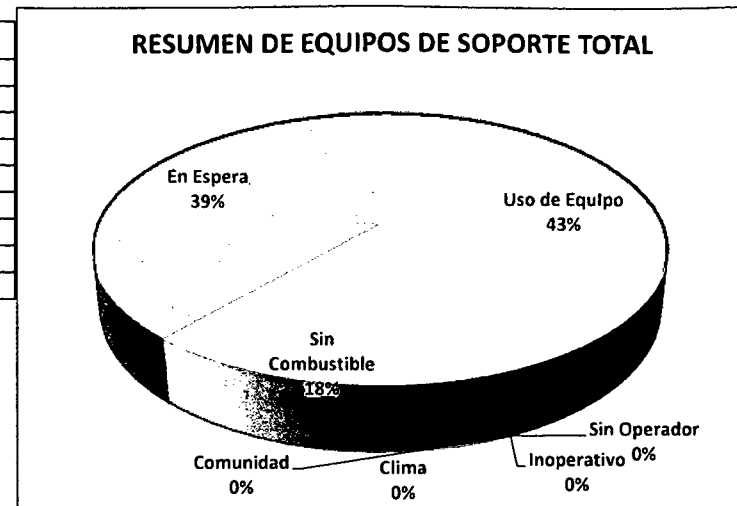




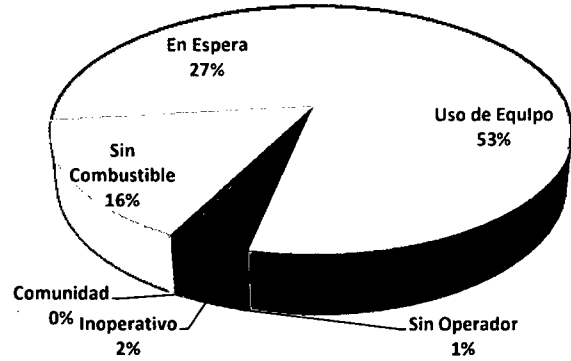
REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
20	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 52%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (11%), clima (4%), falta de combustible (11%) y equipos en espera (22%) del cual el 2% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 30%, se tuvieron pérdidas de utilización por clima (1%), falta de combustible (12%) y equipos en espera (57%) del cual 37% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=52%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas, falta de combustible y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=30%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falta de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y falla mecánica son los de mayor influencia seguido de los tiempos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

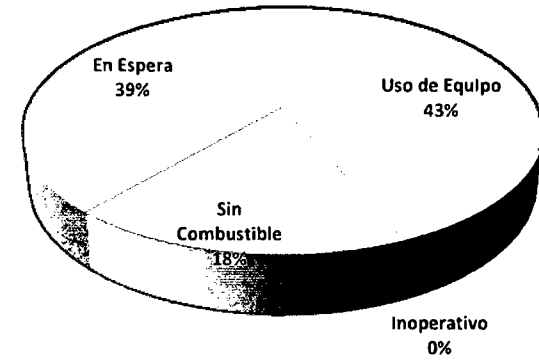


**RESUMEN DE EQUIPOS  
ACCESO A PISCINA 4000M3**



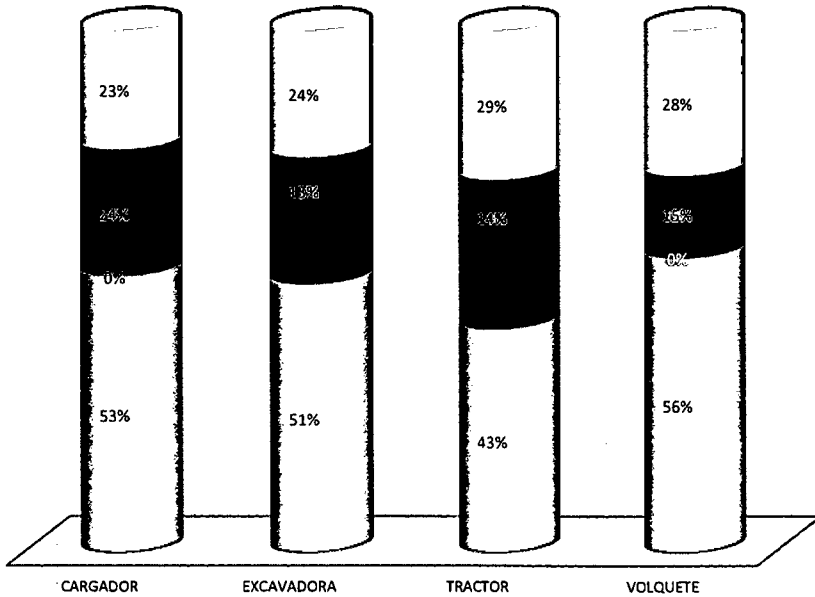
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9

**RESUMEN DE EQUIPOS DE SOPORTE ACCESO A  
PISCINA 4000M3**



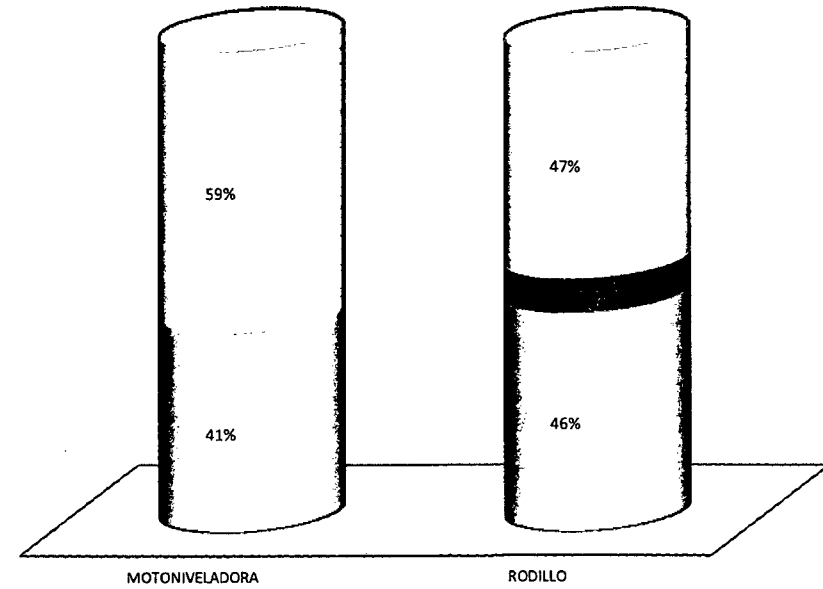
**RESUMEN POR CATEGORIA**

Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera

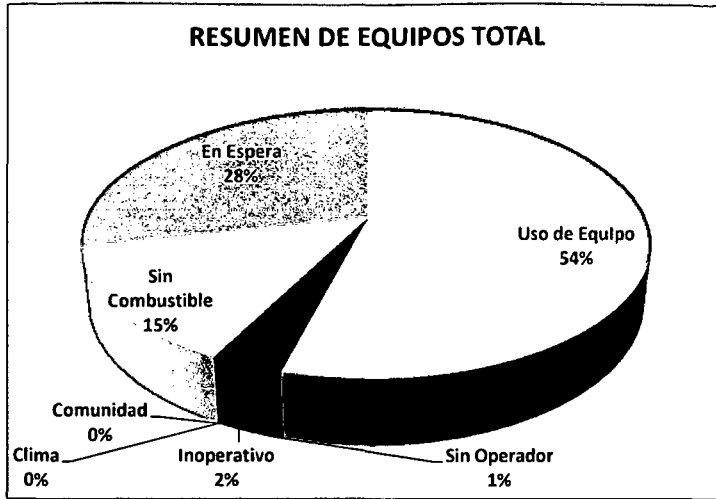


**RESUMEN POR CATEGORIA**

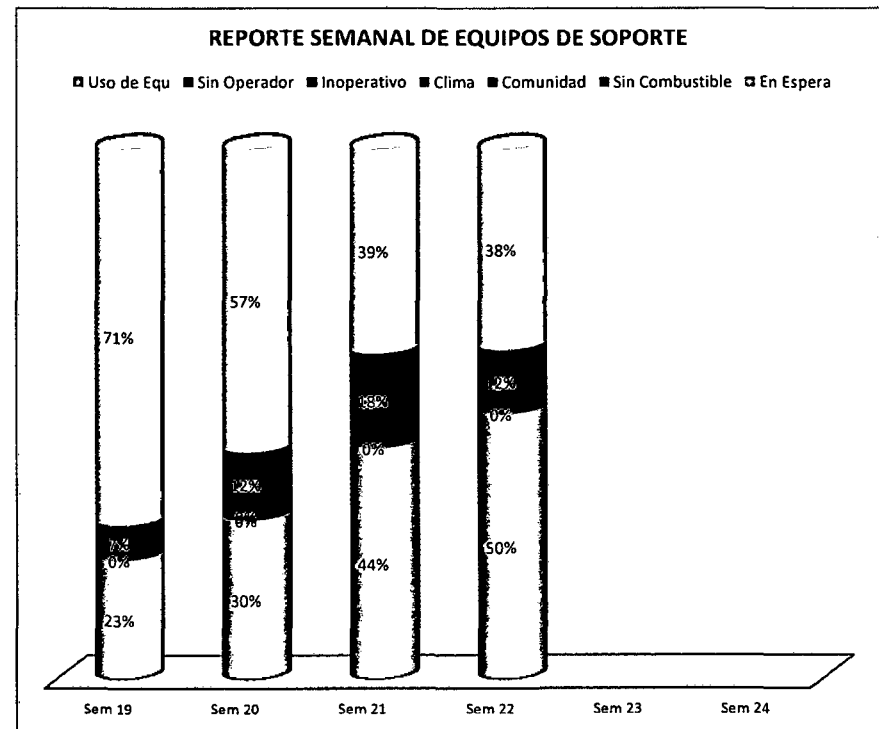
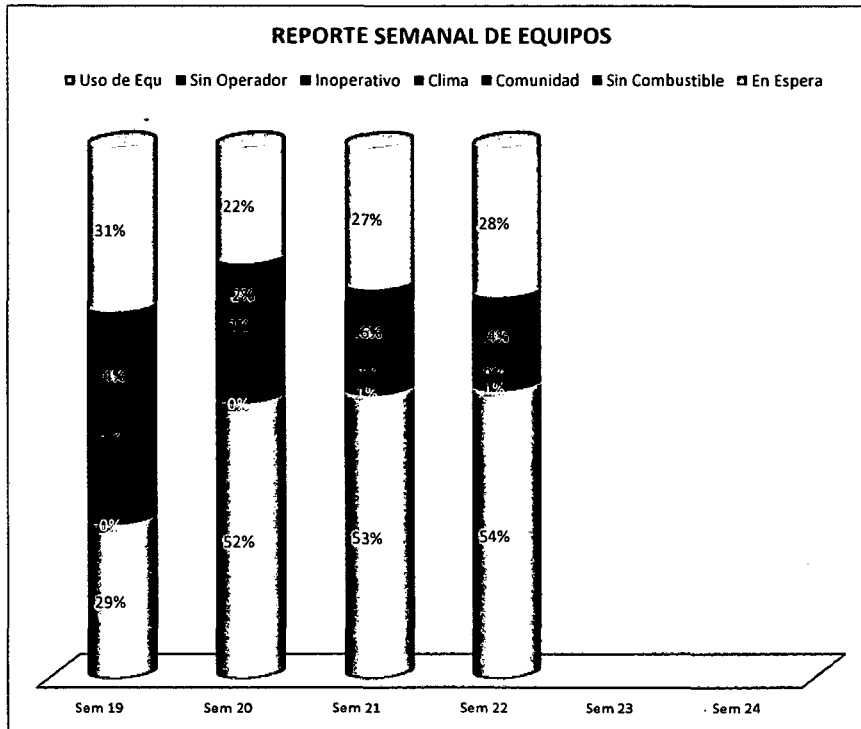
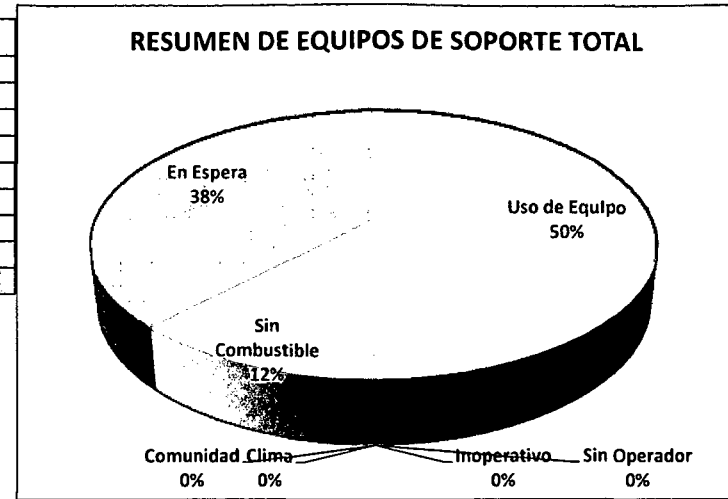
Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera



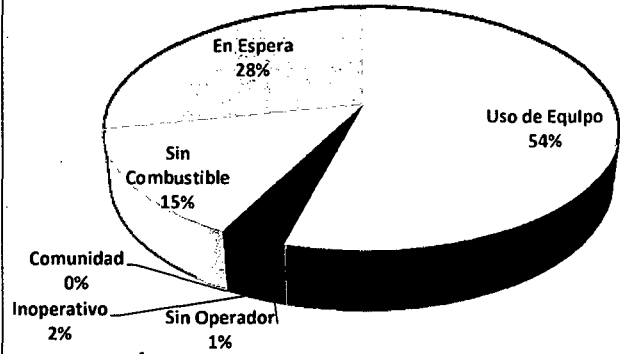
REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
21	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 53%, se tuvieron pérdidas de utilización por falta de operador (1%), falla mecánica (2%), falta de combustible (16%), clima (1%) y equipos en espera (27%) del cual el 7% viene a ser responsabilidad del constructor y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 43%, se tuvieron pérdidas de utilización por falta de combustible (18%) y equipos en espera (39%) del cual 19% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=53%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas, falta de combustible y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=43%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falta de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible, falta de operador y falla mecánica son los de mayor influencia seguido de los tiempos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

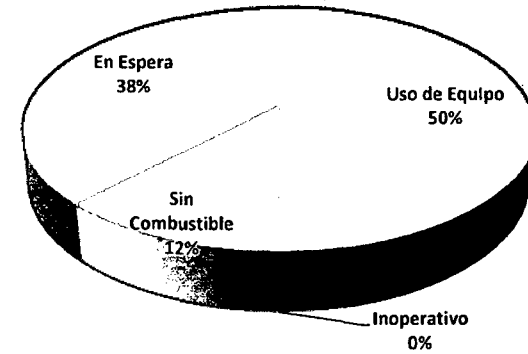


**RESUMEN DE EQUIPOS  
ACCESO A PISCINA 4000M3**



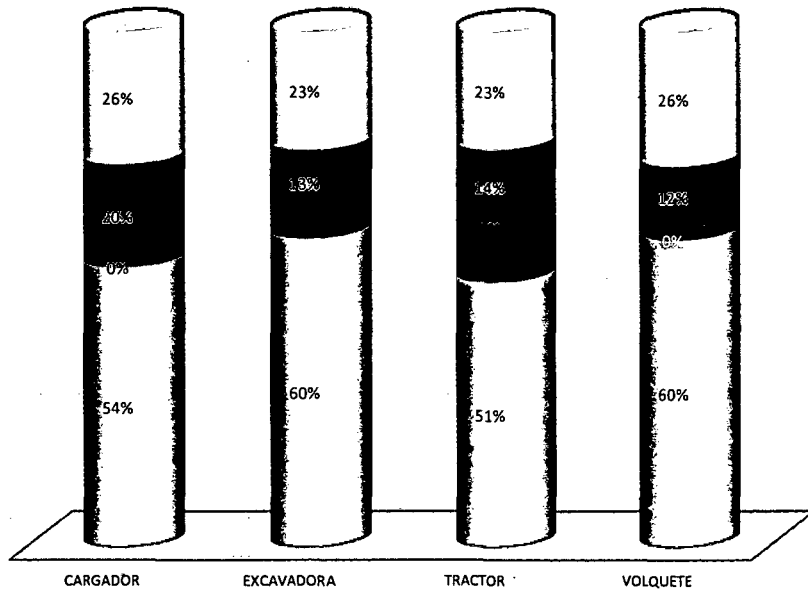
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

**RESUMEN DE EQUIPOS DE SOPORTE ACCESO A  
PISCINA 4000M3**



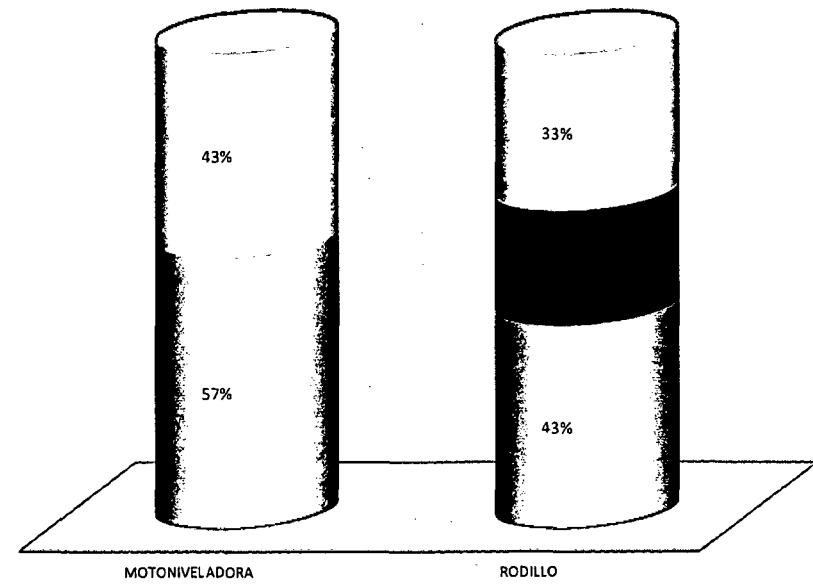
**RESUMEN POR CATEGORIA**

Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera



**RESUMEN POR CATEGORIA**

Uso de Equ 
  Sin Operador 
  Inoperativo 
  Clima 
  Comunidad 
  Sin Combustible 
  En Espera

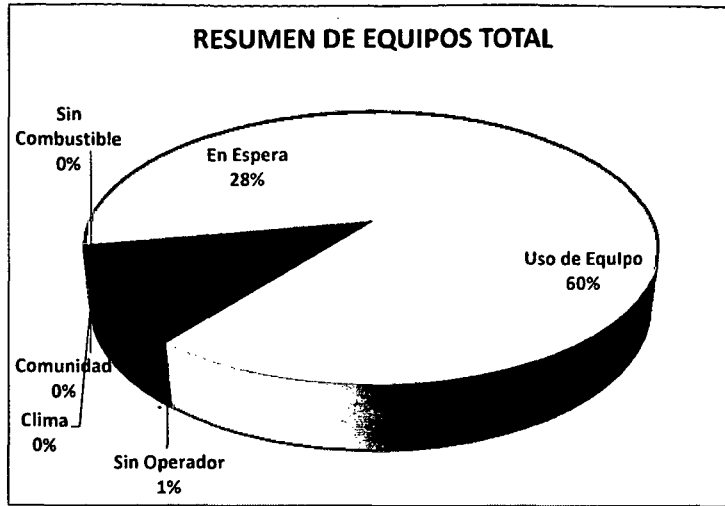


REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
22	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 54%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (2%), falta de operador (1%), falta de combustible (15%) y equipos en espera (28%) del cual el 11% viene a ser responsabilidad del constructor y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 50%, se tuvieron pérdidas de utilización por falta de combustible (12%) y equipos en espera (38%) del cual 18% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=54%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas, falta de combustible y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=50%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falta de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y falla mecánica son los de mayor influencia seguido de los tiempos en espera que van en disminución.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>

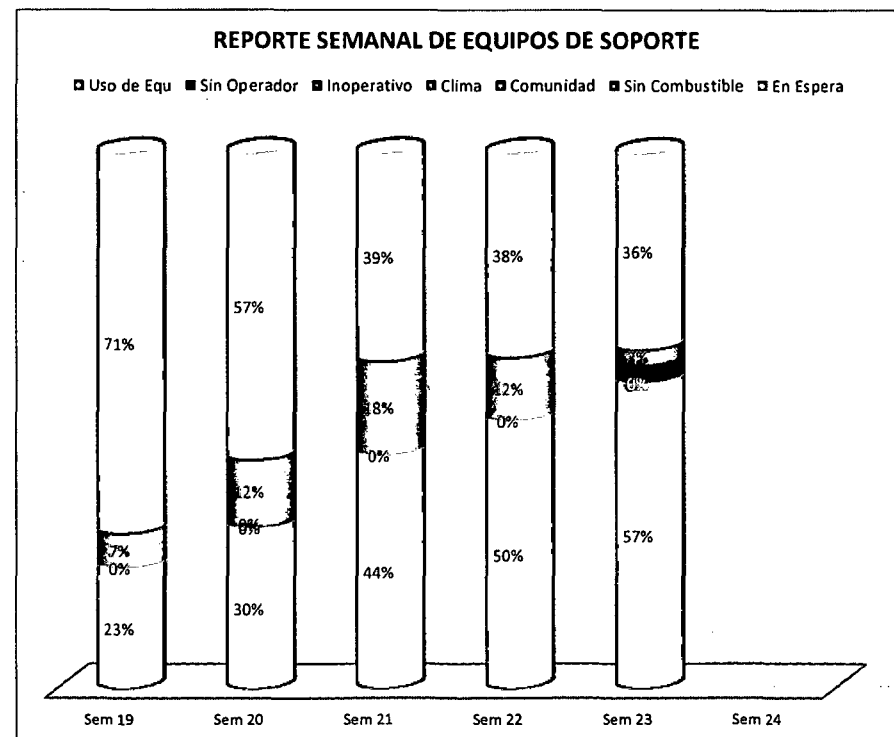
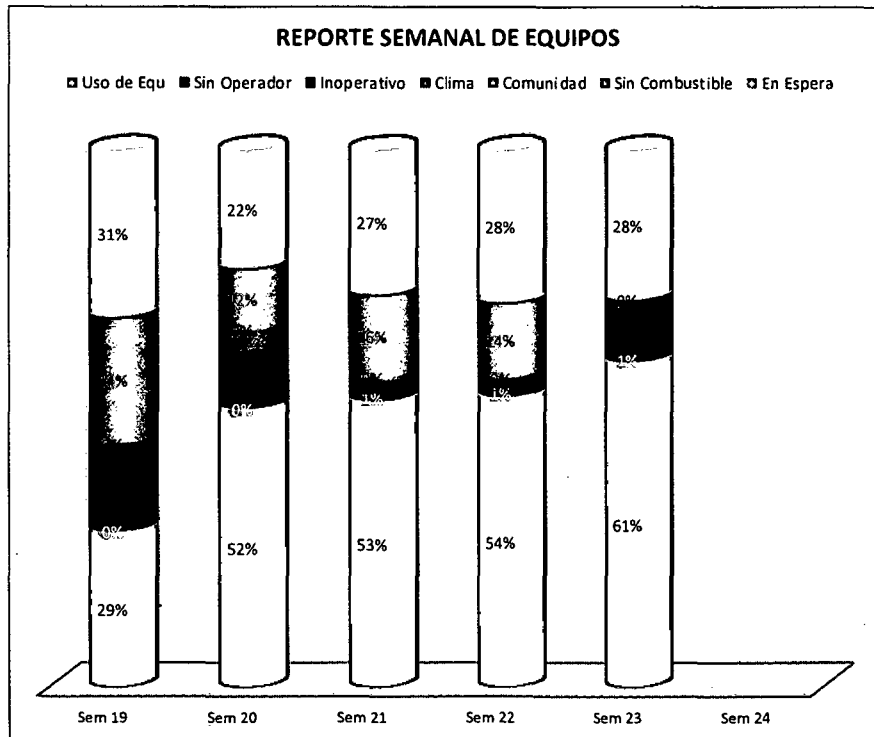
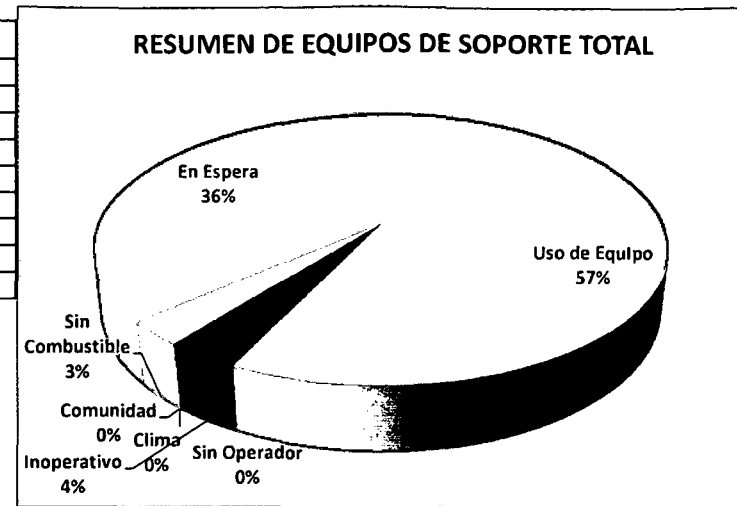
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 23

09 DE JUNIO



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
<b>SUBTOTAL</b>	<b>7</b>
GRADER	1
ROLLER	1
<b>SUBTOTAL</b>	<b>2</b>
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

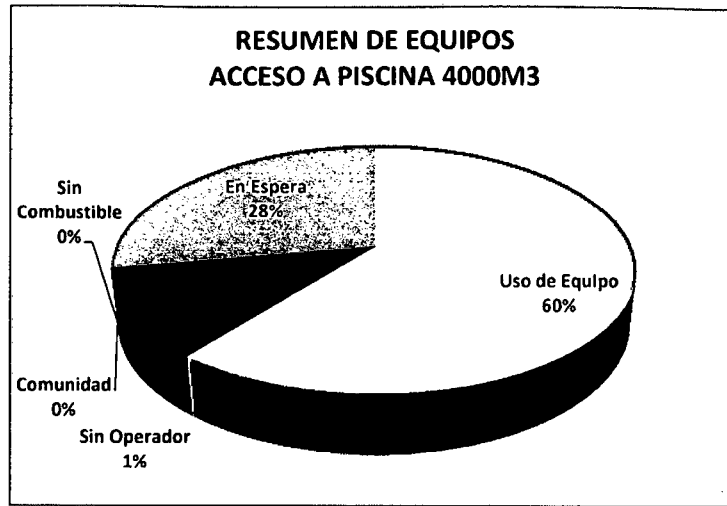




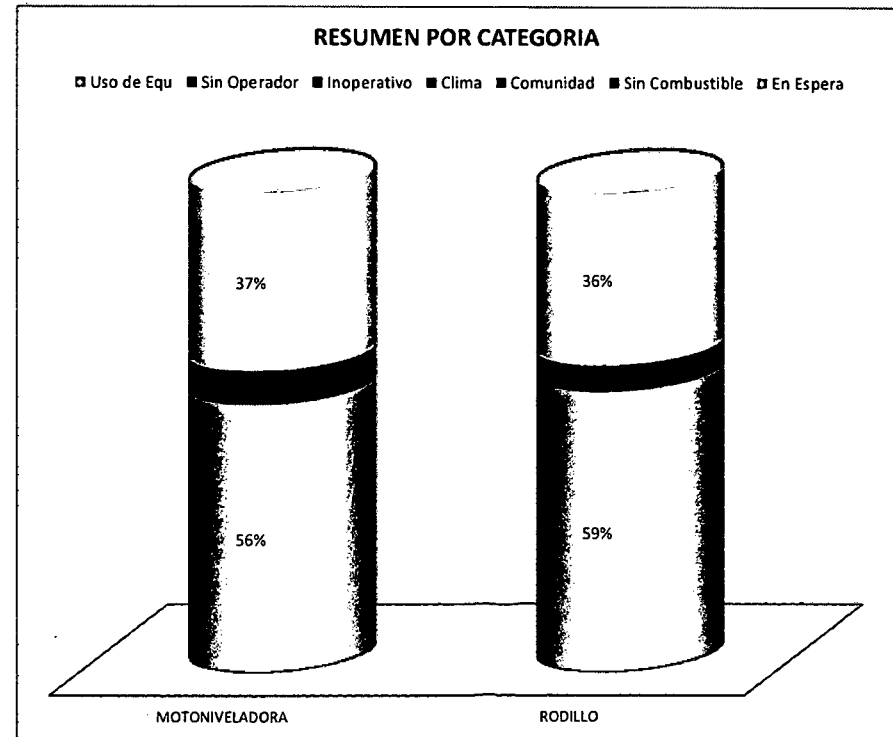
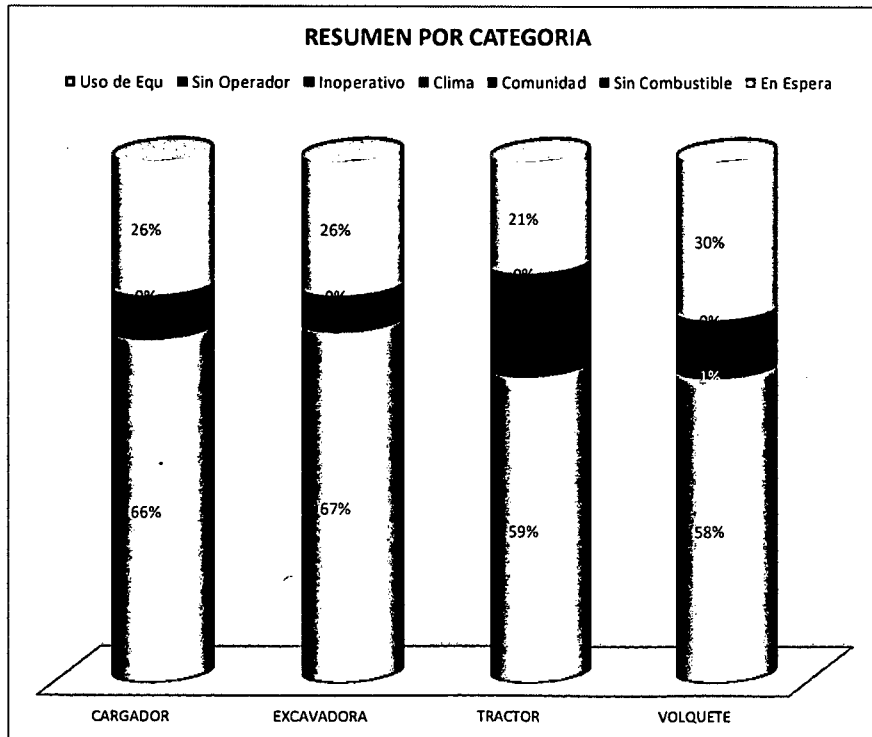
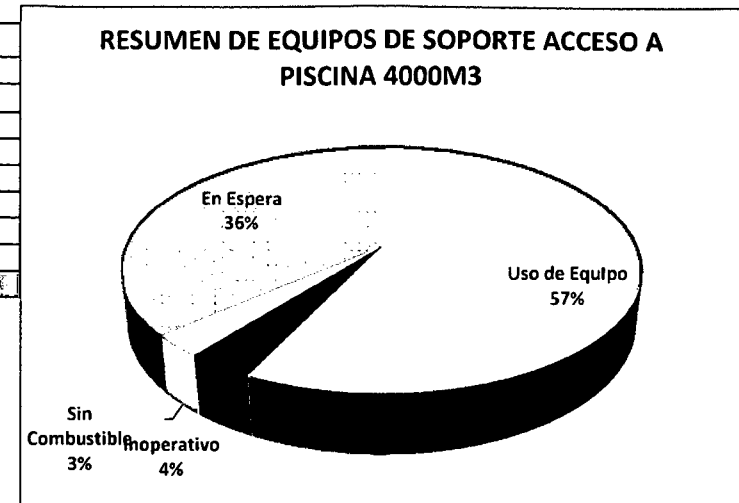
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 23

09 DE JUNIO



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
GRADER	1
ROLLER	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

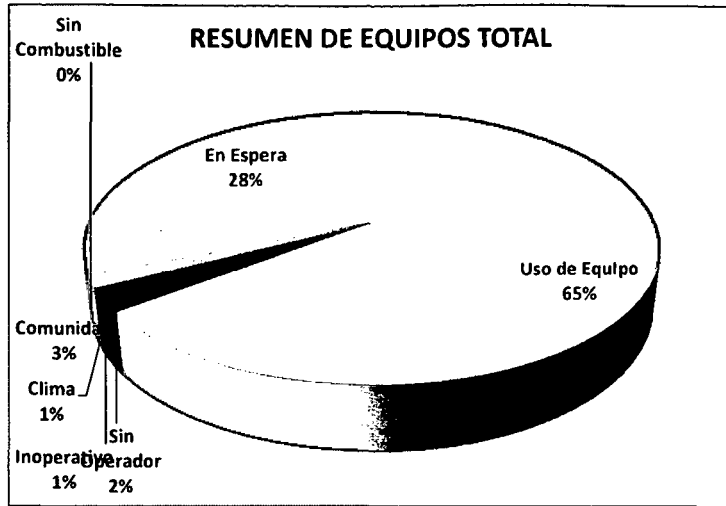


REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
23	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 60%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (11%) y falta de operador (1%) y equipos en espera (28%) del cual el 8% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 57%, se tuvieron pérdidas de utilización por falta de combustible (3%), falla mecánica (4%) y equipos en espera (36%) del cual 16% viene a ser responsabilidad del constructor y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=60%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas, falta de operador y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=57%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos, falla mecánica y la falta de combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falla mecánica es la de mayor influencia seguido de los tiempos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible, la falla mecánica y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>

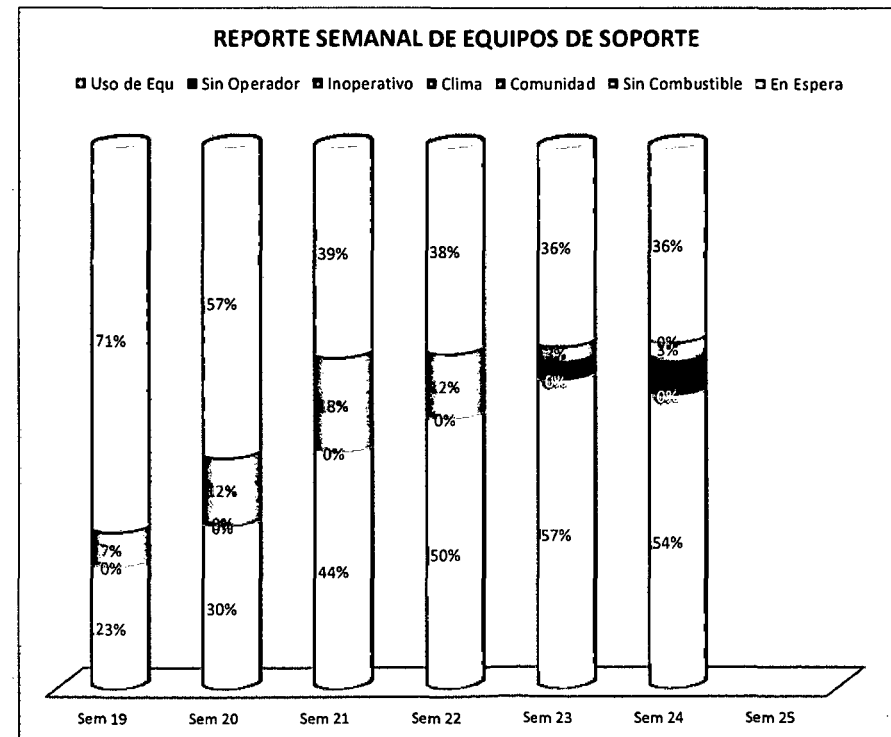
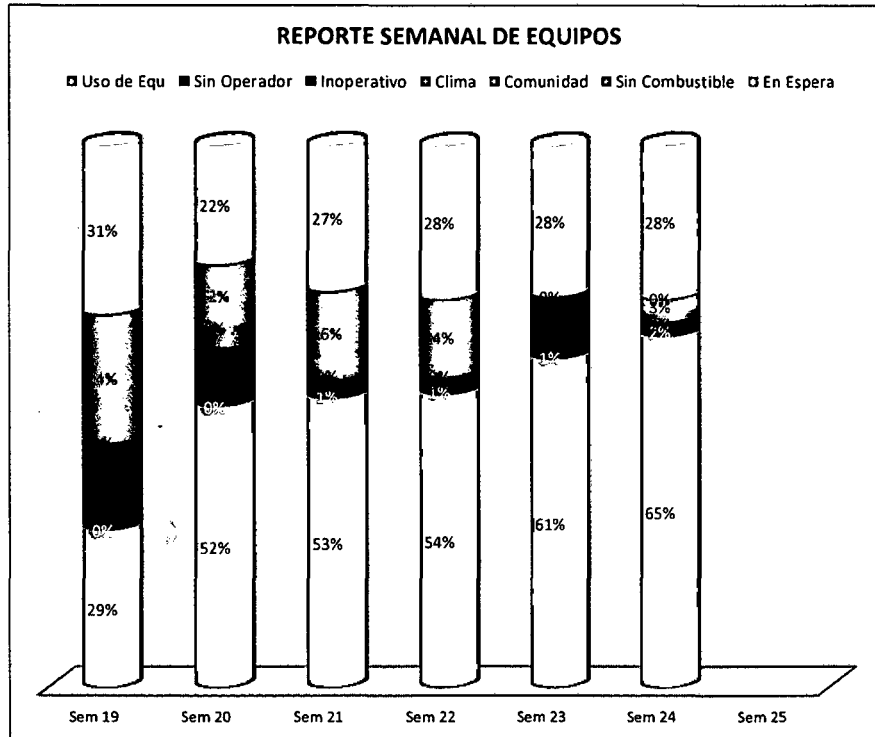
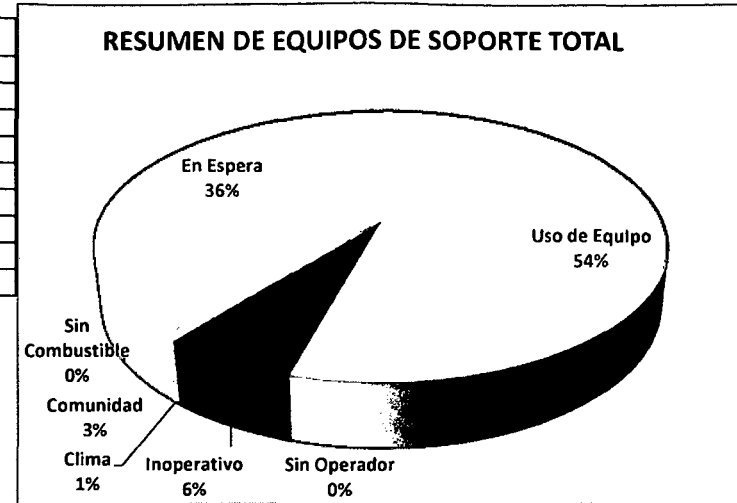
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 24

16 DE JUNIO



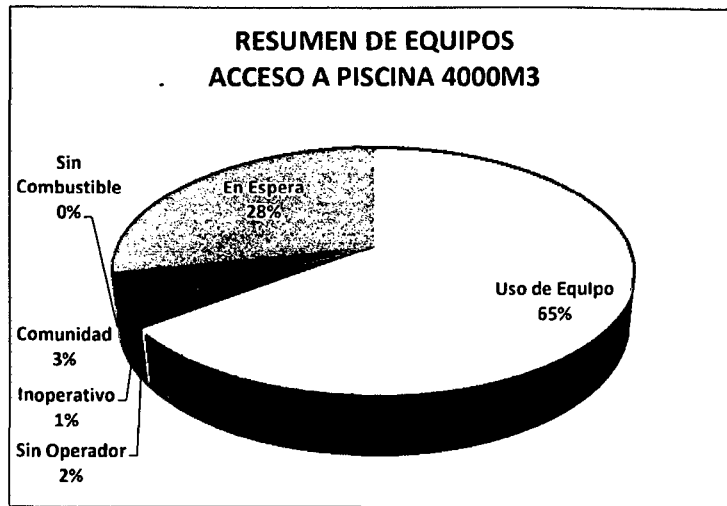
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9



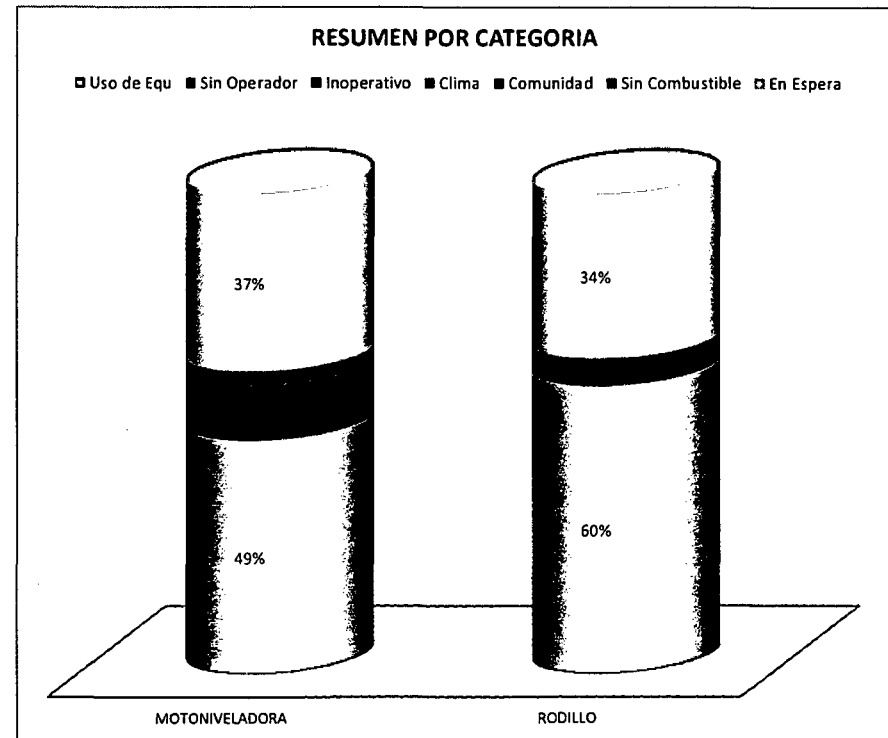
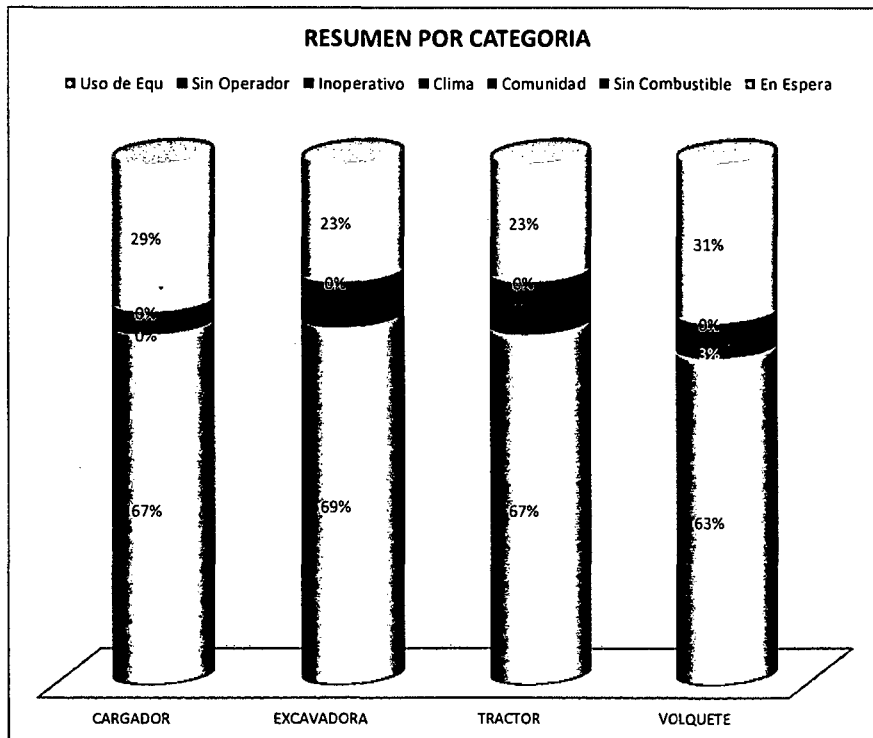
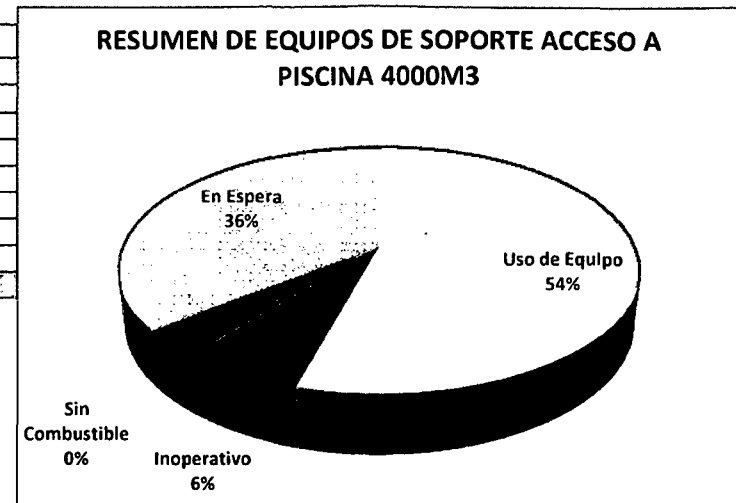
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 24

16 DE JUNIO



EQUIPMENT	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

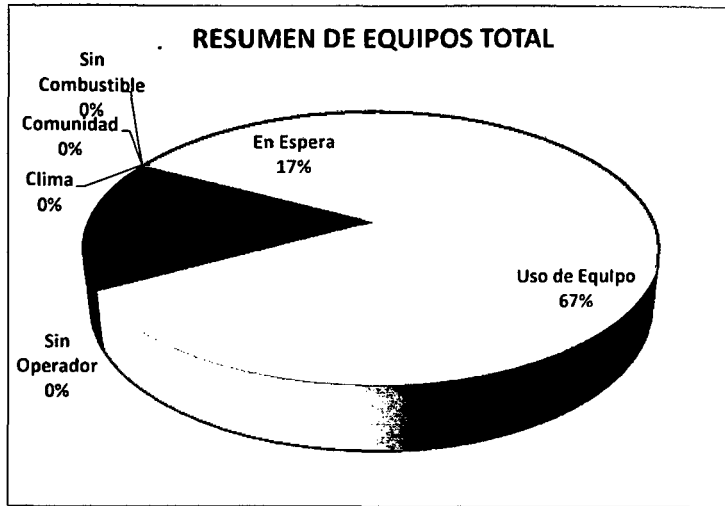


REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
24	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 65%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (1%), falta de operador (2%), relaciones comunitarias (3%), clima (1%) y equipos en espera (28%) del cual el 8% viene a ser responsabilidad del constructor y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 54%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (6%), clima (1%), comunidad (3%) y equipos en espera (36%) del cual 16% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=65%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso los equipos en espera y comunidad.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=54%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falla mecánica y comunidad.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde comunidad y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falla mecánica, comunidad y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>

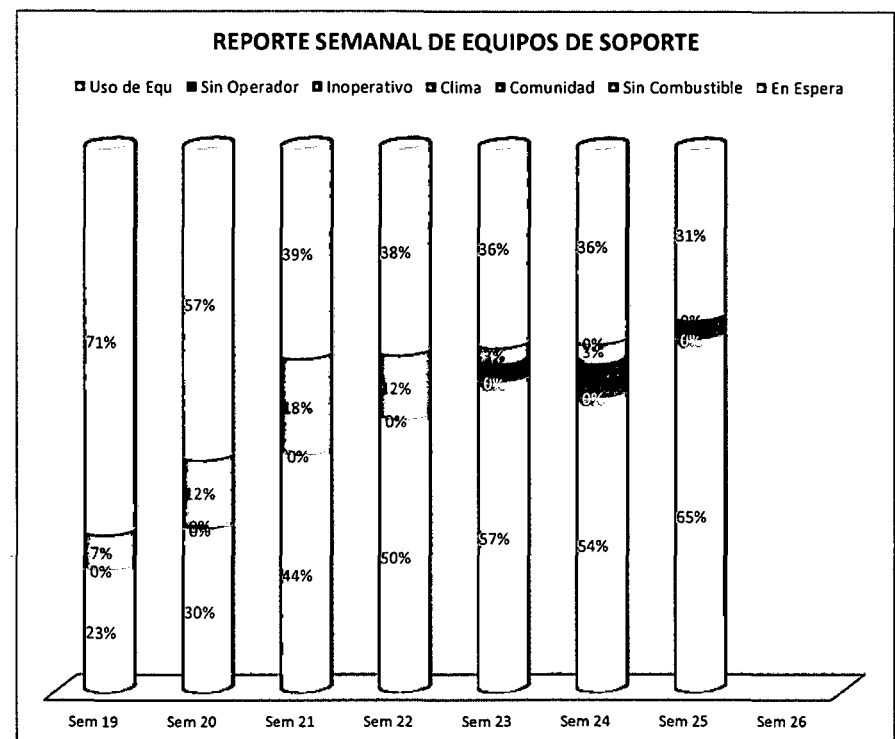
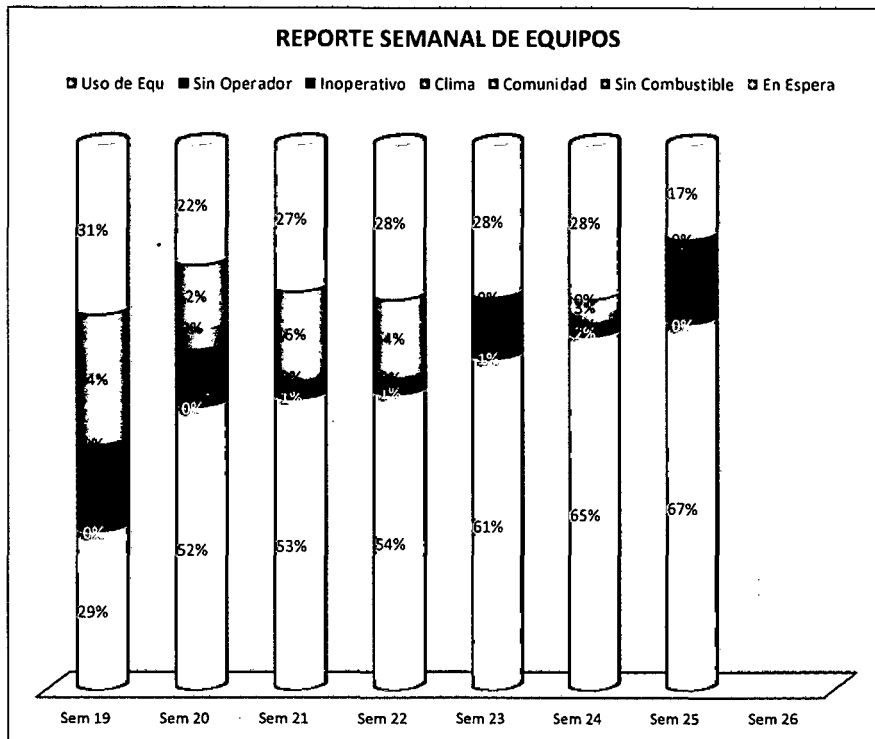
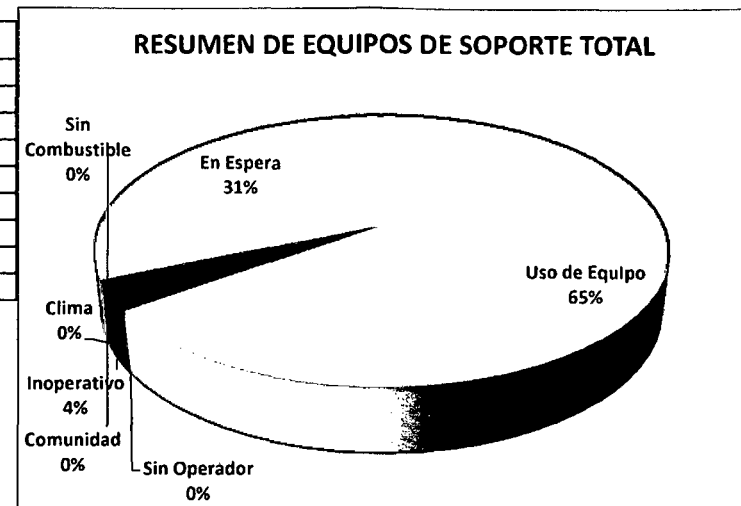
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 25

23 DE JUNIO



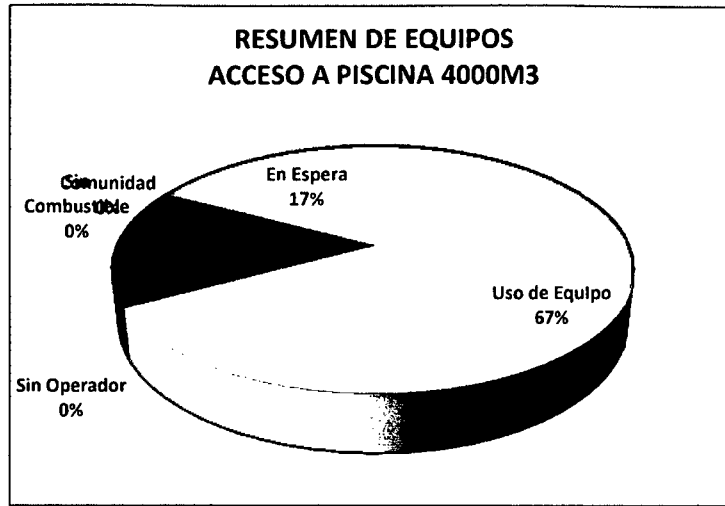
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9



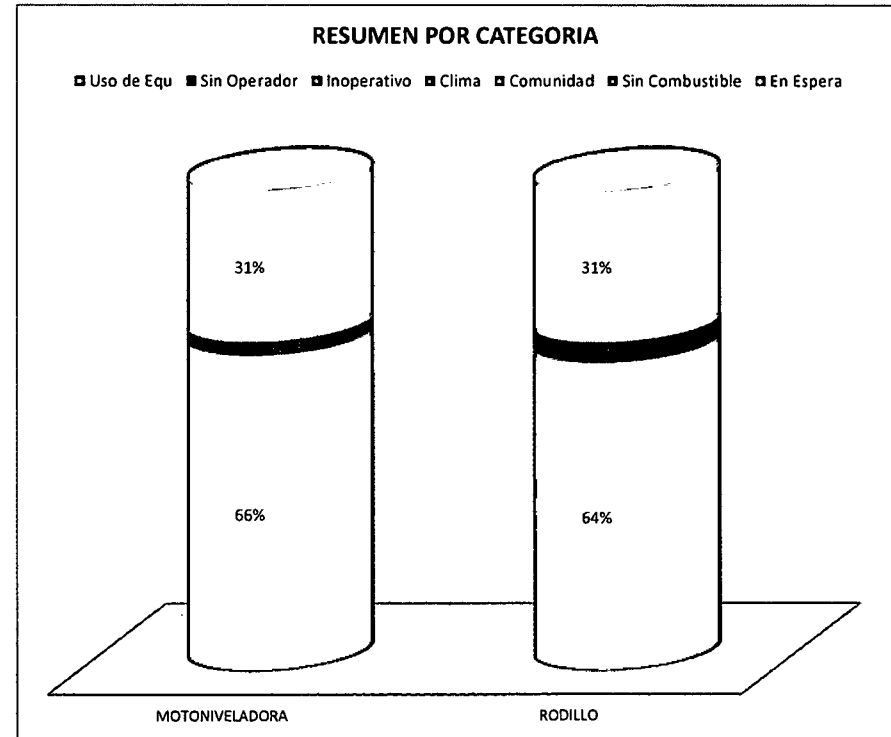
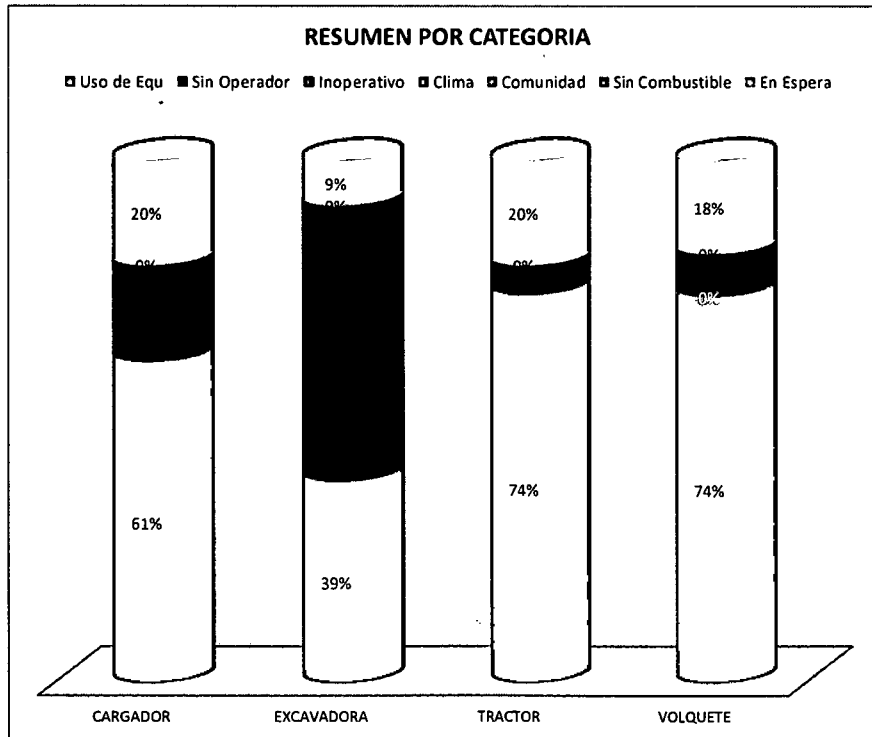
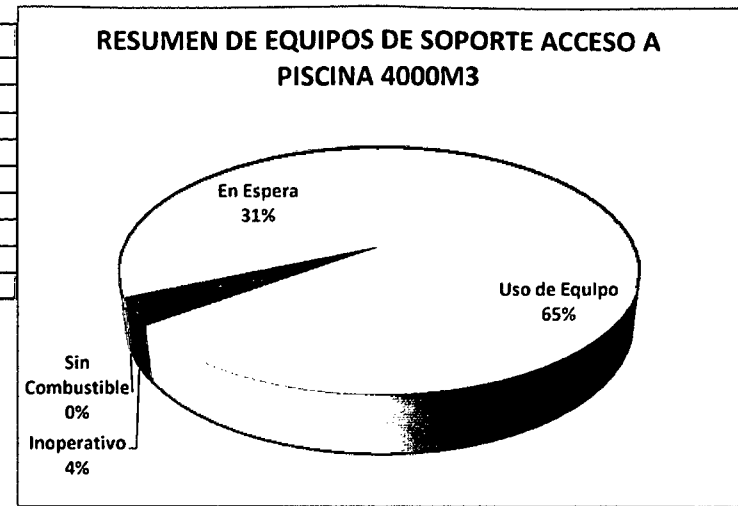
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 25

23 DE JUNIO



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9



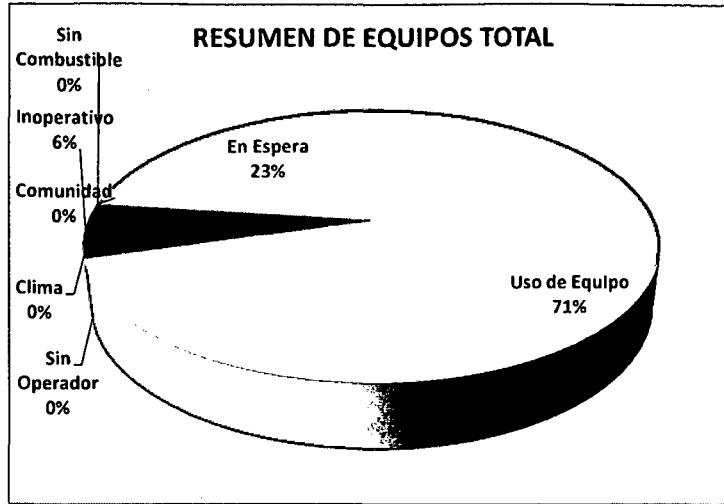
REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
25	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 67%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (16%), equipos en espera tubo un 18% atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; es así que se notó una mejora en la reducción de los tiempos en espera de los equipos lo cuales son considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 65%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (4%) y equipos en espera (31%) del cual 11% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=67%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas impidieron llegar a un resultado ideal de utilización de equipos.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=65%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falla mecánica son los de mayor incidencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falla mecánica es la de mayor incidencia, logrando obtener un alto porcentaje del uso de los equipos.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falla mecánica y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>



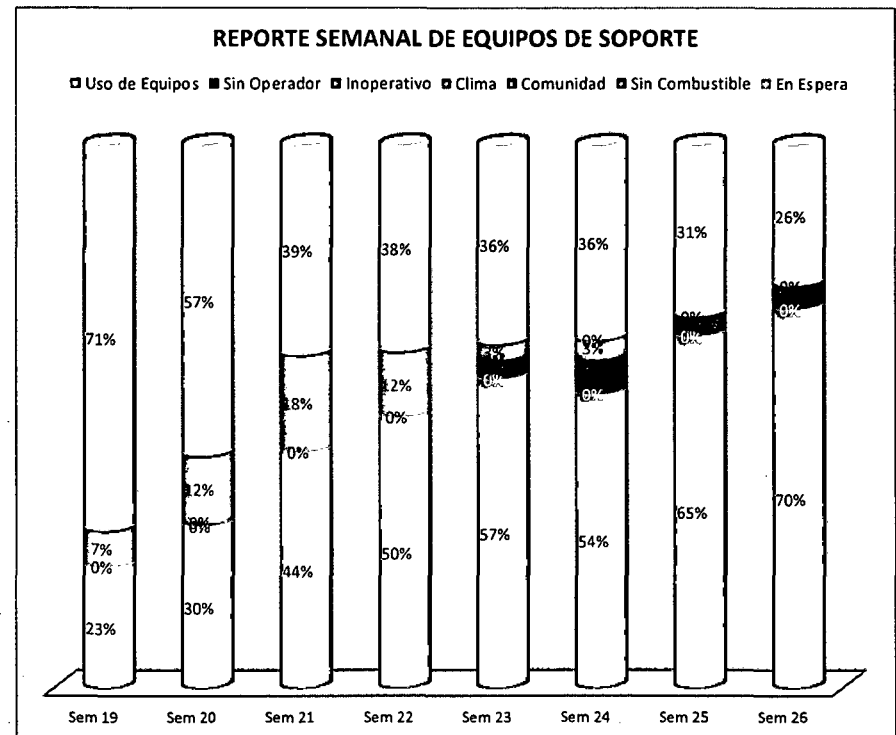
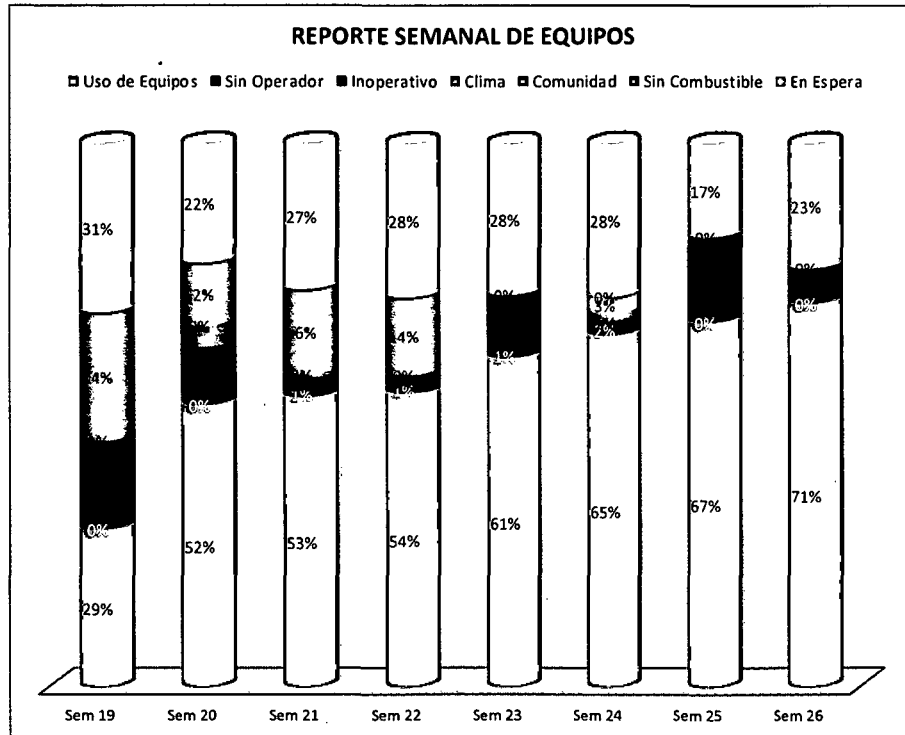
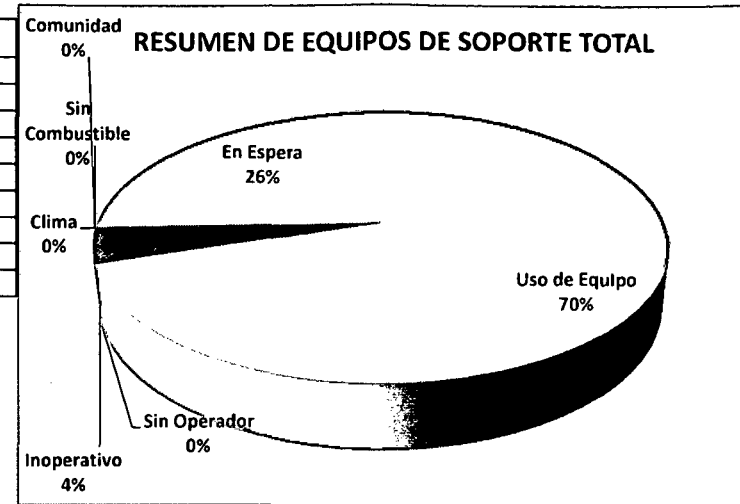
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 26

30 DE JUNIO



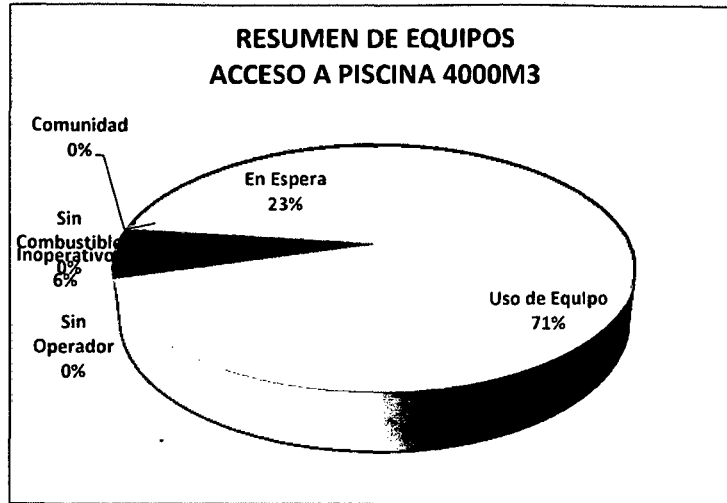
EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9



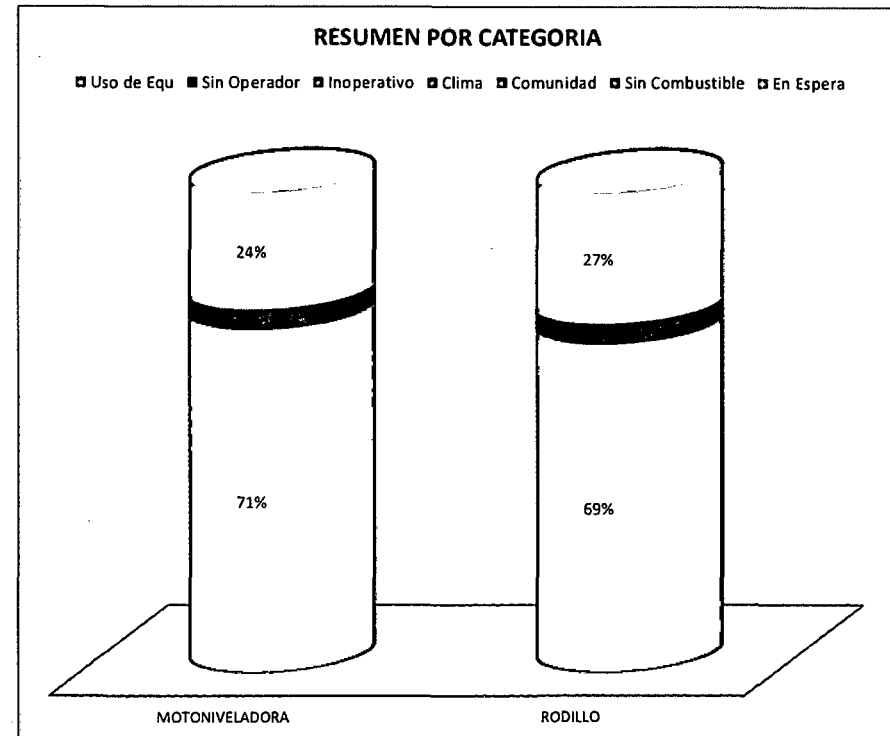
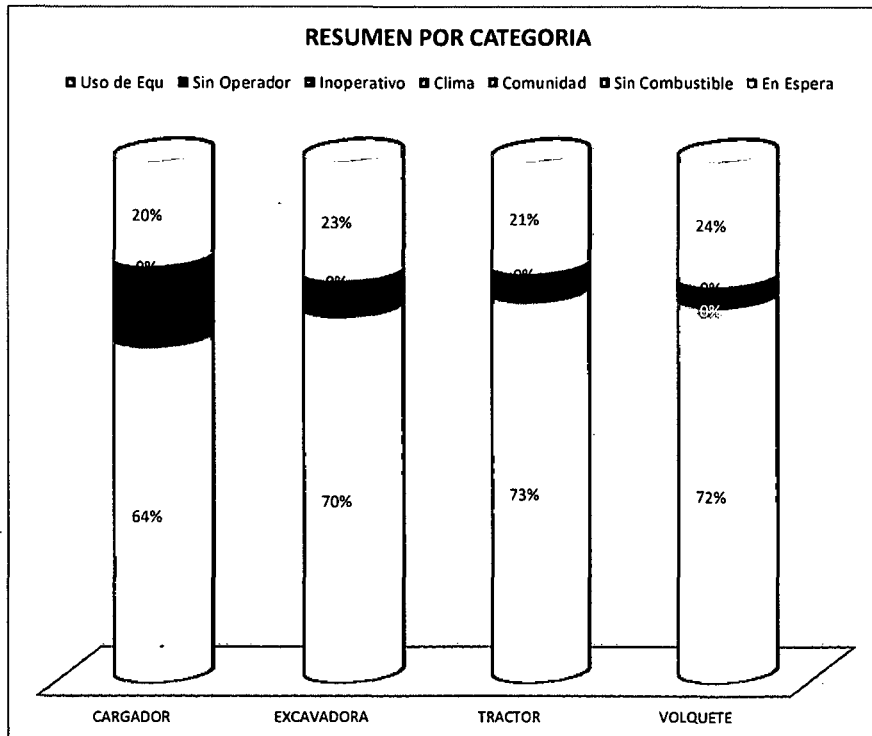
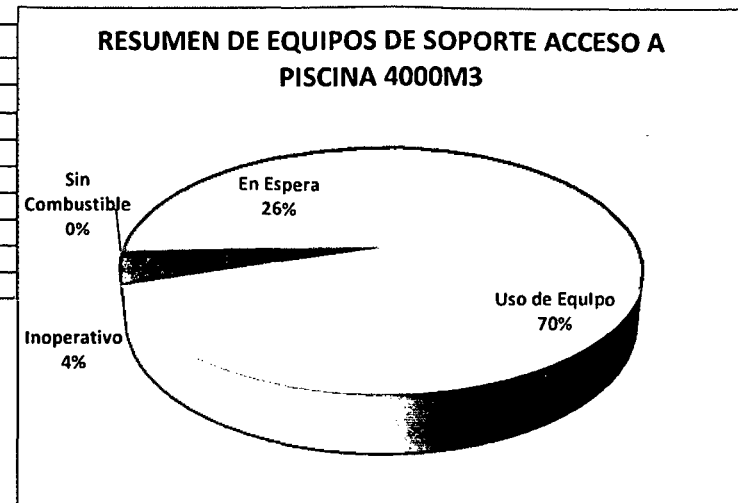
# REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS

SEM 26

30 DE JUNIO



EQUIPOS	TOTAL
CARGADOR FRONTAL	1
EXCAVADORA	1
TRACTOR	1
VOLQUETE	4
SUBTOTAL	7
MOTONIVELADORA	1
RODILLO	1
SUBTOTAL	2
TOTAL	9



REPORTE SEMANAL DEL USO DE EQUIPOS			
SEM	RESUMEN DE EQUIPOS TOTAL	REPORTE SEMANAL DE EQUIPOS	RESUMEN POR CATEGORIA
26	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ La utilización de equipos llegó a un 71%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (6%) y equipos en espera (23%) del cual el 3% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo tanto a la hora de entrada, almuerzo y salida; lo que impide llegar al 100% de utilización, es así que se considera solamente un 80% de horas efectivas.</li> <li>✓ La utilización de los equipos de soporte llegó a un 70%, se tuvieron pérdidas de utilización por falla mecánica (4%) y equipos en espera (26%) del cual 6% viene a ser responsabilidad del constructor, ya sea por falta de frente o instrucciones y el 20% restante es atribuible al transporte de personal hacia el frente de trabajo. Los equipos de soporte son los que presentan mayor tiempo en espera tal como se puede apreciar en los gráficos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de equipos, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=71%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso las fallas mecánicas y los equipos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante una barra los porcentajes de utilización de equipos de soporte, mostrando semanalmente la evolución de los porcentajes, en donde se requiere que el Uso de Equipos (color amarillo=26%) siga en aumento y el resto de factores o variables disminuyan, en este caso el tiempo en espera de los equipos y la falla mecánica.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos (Cargador Frontal, Excavadora, Tractor y Volquetes), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falta de combustible y falla mecánica son los de mayor influencia seguido de los tiempos en espera.</li> <li>✓ Se muestra mediante barras los porcentajes de utilización de cada uno de los equipos de soporte (Motoniveladora y Rodillo), identificando los porcentajes de utilización efectiva y factores de variabilidad, en donde la falla mecánica y los tiempos en espera son los que resaltan.</li> </ul>

### SUMARIO DE ESPECIFICACIONES

<b>EXCAVADORA KOBELCO SK350</b>	
PESO OPERATIVO	36100 Kg
MOTOR	HINO J08
POTENCIA NETA	264 HP @2100 RPM
CAPACIDAD DEL CUCHARON	2.1 a 2.7 m3
FUERZA MAXIMA DE EXCAVACION	65.1 Lbf
PROFUNDIDAD MAXIMA DE EXCAVACION	6.25 Mts.
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	3.3 a 5.6 Km/Hr
VELOCIDAD DE GIRO	10 RPM
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	580 Lts.

<b>CARGADOR FRONTAL VOLVO L120F</b>	
PESO OPERATIVO	19210 Kg
MOTOR	VOLVO D7E LA E3
POTENCIA NETA	208 HP
CAPACIDAD DEL CUCHARON	3.5 m3
CARGA DE VUELCO	140 Kg
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	7.3 a 35.5 Km/Hr
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	954 Lts.

<b>TRACTOR DE CADENAS D8</b>	
PESO OPERATIVO	38568 Kg
MOTOR	Cat® C15 ACERT™
POTENCIA NETA	310HP
CAPACIDAD DE LA HOJA	8.7 M3
FUERZA MAXIMA DE PENETRACION	26620 lb
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	2.1 a 6.6 Km/Hr
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	644 Lts.

<b>VOLQUETE VOLVO FMX</b>	
PESO OPERATIVO	9560 Kg
MOTOR	VOLVO D13A400
POTENCIA NETA	1400@1800 RPM
CAPACIDAD DE CARGA	15 m <sup>3</sup>
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	30 a 60 Km/Hr
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	420 Lts.

<b>RODILLO SAKAI SV512D-9TN</b>	
PESO OPERATIVO	11000 Kg
MOTOR	PERKINS 1104-44TA
POTENCIA NETA	125@2200 RPM
VELOCIDAD DE DESPLAZAMIENTO	6 a 10 Km/Hr
ANCHO DE LA ROLA	2.13 m.
FRECUENCIA DE VIBRACION	1650vpm – 2200vpm
AMPLITUD DE VIBRACION	0.9 – 0.2 mm
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	320 Lts.

<b>MOTONIVELADORA KOMATSU</b>	
PESO OPERATIVO	13050 Kg
MOTOR	SA6D102E
POTENCIA NETA	160@2000 RPM
VELOCIDAD DE AVANCE	3.3 a 42.9 Km/Hr
VELOCIDAD DE RETROCESO	4.4 a 39.0 Km/Hr
CAPACIDAD TANQUE DE COMBUSTIBLE	340 Lts.
VERTEDERA	3710x645x19 mm.
ANGULO DE CORTE DE LA HOJA	40° Hacia delante, 5° Hacia atrás.

# **ANEXO 08**

## **PANEL FOTOGRAFICO**

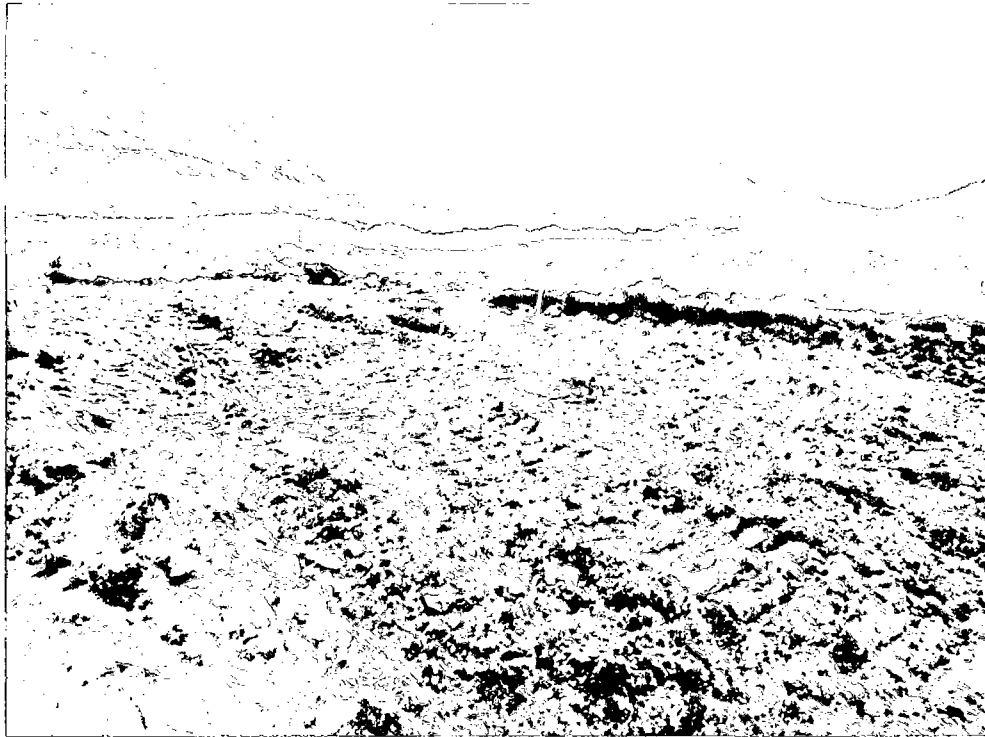


Foto 01: Remoción de Material Orgánico (Topsoil)

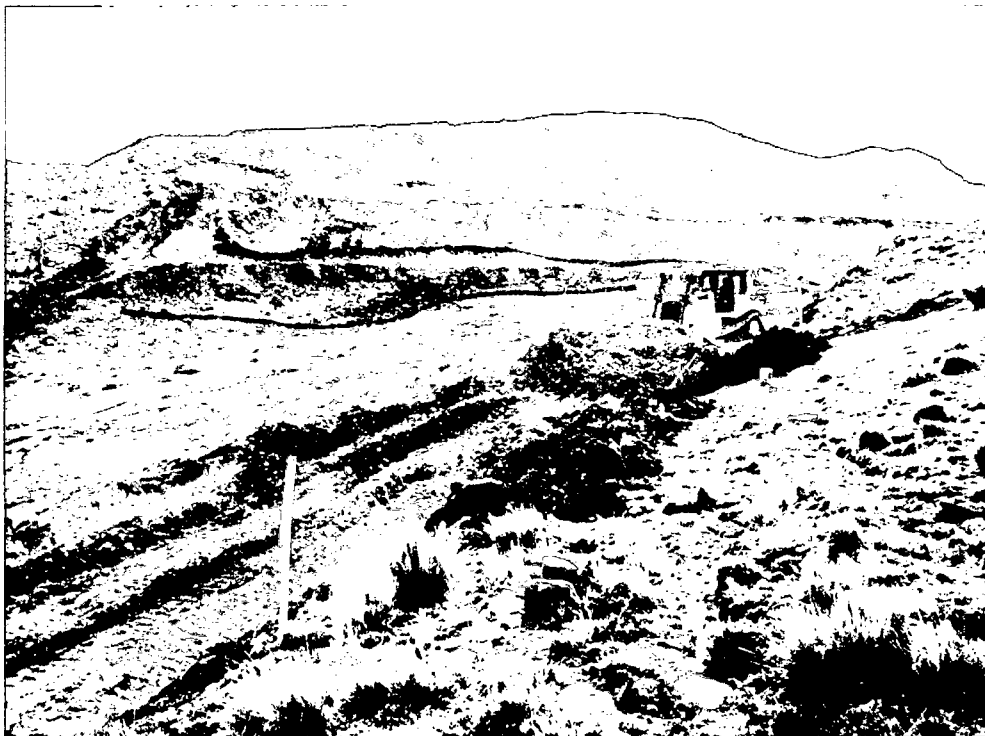


Foto 02: Corte y Empuje de Material Excedente para Eliminación.



**Foto 03:** Corte de Material Excedente con Tractor y Excavadora.



**Foto 04:** Conformación de acceso para eliminación de Material Orgánico y Excedente.





Foto 05: Eliminación de Material Contaminado (Topsoil + Excedente)



Foto 06: Acopio de material excedente para eliminación

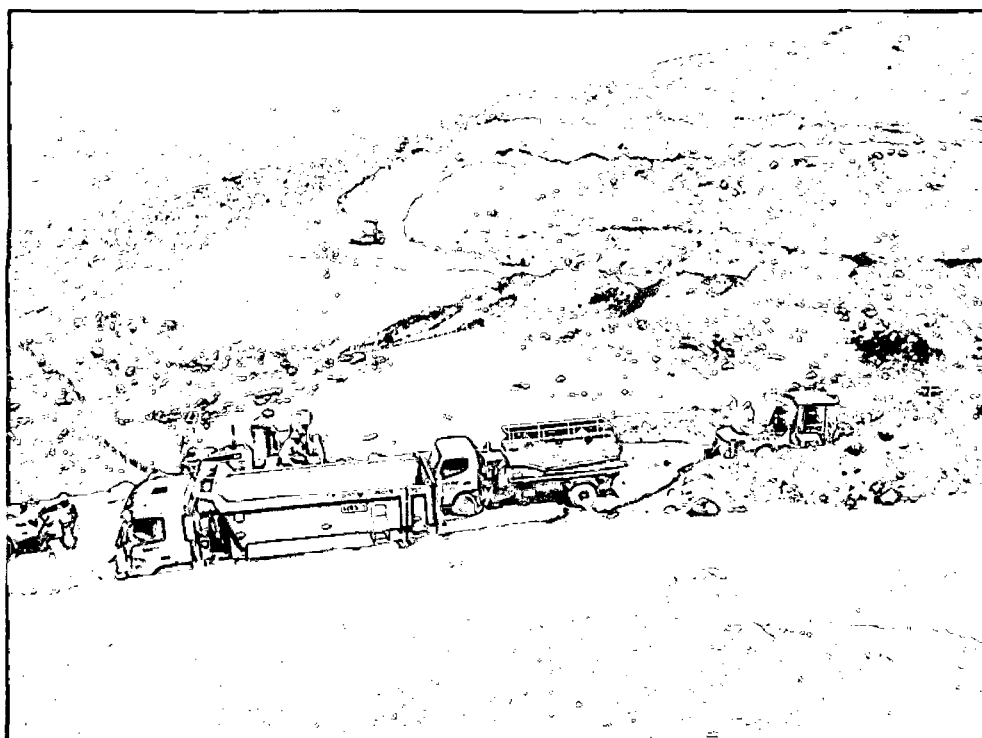


Foto 07: Abastecimiento de Combustible a los equipos.



Foto 08: Conformación y Nivelación de Acceso.



Foto 09: Trazo y Replanteo Topográfico para identificar límites de corte.



Foto 10: Remoción de Topsoil a la altura del km 1+600.

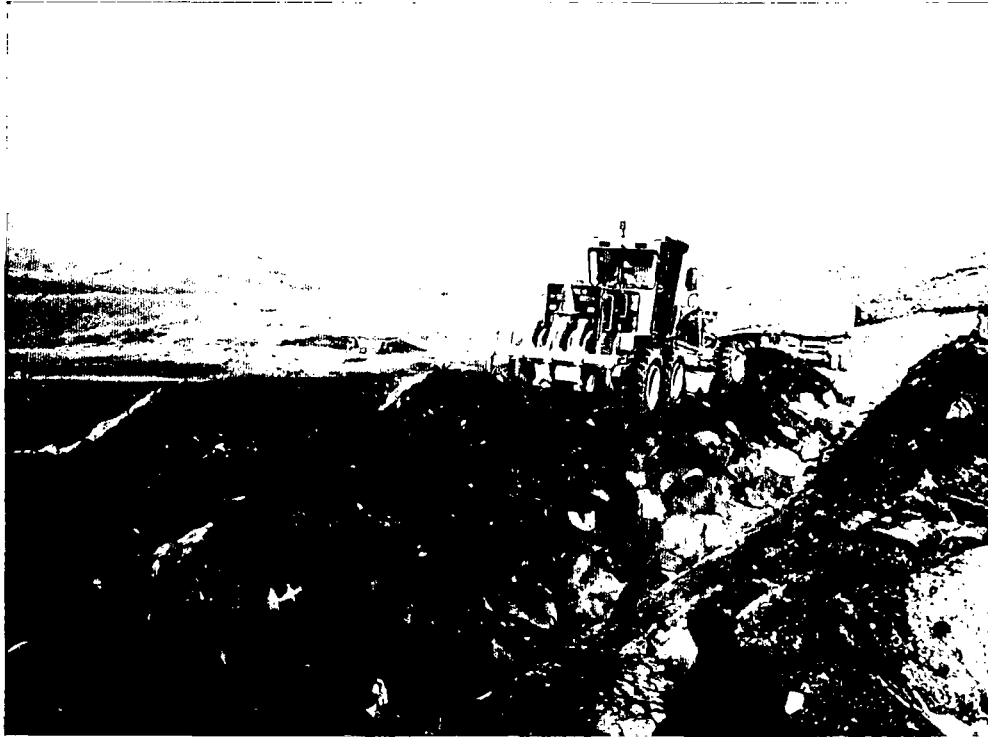


Foto 11: Traslado y Tendido del Material de Relleno para Conformación de Acceso.



Foto 12: Armado de alcantarillas en sitio para su colocación.

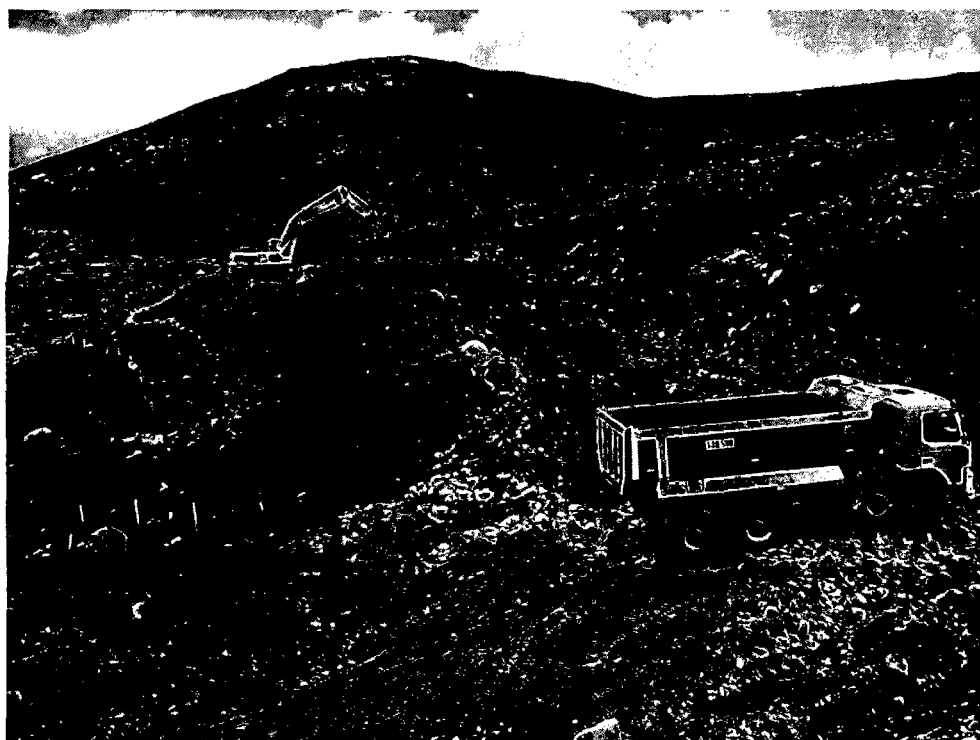


Foto 13: Corte y perfilado de taludes con excavadora para eliminación de material.



Foto 14: Taludes y Plataforma del Acceso Conformados.