

Diseño de un mecanismo de control y mejoramiento de procesos en la actividad de excavación en el proyecto hidroeléctrico San Lorenzo.



Abstract

The construction of hydroelectric projects in Panama is an activity that has had a boom along with the economic growth experienced by this nation.

The construction processes of a hydroelectric project generally have large volumes of excavation and earthworks, this mainly by the size of the structures to be built. To carry out the excavation process, a great expense and resources are involved, which can represent a significant percentage of the value of the work. This is why good management and control of these processes is essential in developing a hydroelectric project.

This project aims to provide the company with a document for monitoring and improving the process of excavation, where the responsible for these activities may go to it and cover all aspects that are involved to increase the productivity of work fronts, without neglecting the importance of security issues. It also provides methods for field information creation and processing in order to perform an adequate cost control on the activities implemented.

To achieve these goals we studied the plans and specifications of PHSL, carried out analysis on the excavation processes running in order to feedback the development of practical guidance.

This work allows us to conclude that the practical guide provides a simple way in which the managers of excavations and earthworks can improve and control the process of excavation.

Key words: Excavation and earthworks, practical guide, hydroelectric project.

Resumen

La construcción de proyectos hidroeléctricos en Panamá es una actividad que ha ido en auge de la mano del crecimiento económico que experimenta esta nación.

Los procesos constructivos de un proyecto hidroeléctrico generalmente cuentan con grandes volúmenes de excavaciones y movimientos de tierra, esto principalmente por la envergadura de las estructuras que se deben construir. Para la ejecución de los procesos de excavación se ven involucrados recursos de gran costo, que pueden llegar a representar un porcentaje importante del valor de la obra, es por esto que el buen manejo y control de estos procesos es fundamental en el desarrollo de un proyecto hidroeléctrico.

Con la realización de este proyecto se pretende dotar a la empresa de un documento para el control y mejoramiento de los procesos de excavación, en donde los encargados de estas actividades puedan acudir a él y de esta manera puedan contemplar los aspectos que se ven involucrados para aumentar la productividad de los frentes de trabajo, sin dejar de lado la importancia que requieren aspectos de seguridad. Además brinda metodologías para la toma y procesamiento de información en campo con el objetivo de realizar un adecuado control de costos sobre las actividades en ejecución.

Para lograr estos objetivos se estudiaron los planos y especificaciones del PHSL, se realizan análisis sobre los procesos de excavación en ejecución con el objetivo de retroalimentar la elaboración de la guía práctica.

Del trabajo realizado se puede concluir que la guía práctica establece una forma sencilla en la cual los encargados de excavaciones y movimiento de tierra pueden mejorar y controlar los procesos de excavación.

Palabras clave: Excavaciones y movimiento de tierras, guía práctica, proyecto hidroeléctrico.

Diseño de un mecanismo de control y mejoramiento de procesos en la actividad de excavación en el proyecto hidroeléctrico San Lorenzo.

WILSON PICADO MARCHENA

Proyecto final de graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

Marzo del 2012

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Contenido

Prefacio.....	9
Resumen ejecutivo.....	11
Introducción	15
Marco teórico	17
Productividad.....	17
Planificación temporal del proyecto.....	18
Metodología	23
Resultados.....	25
Factores que afectan la productividad en PH San Lorenzo	25
Factores internos	25
Factores externos.....	30
Guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación	33
Análisis de resultados.....	35
Factores que afectan la productividad del PHSL	35
Factores internos	35
Factores externos.....	38
Guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación	39
Conclusiones y recomendaciones	41
Conclusiones	41
Recomendaciones	41
Apéndices	43
Anexos.....	45
Referencias.....	47

Prefacio

En nuestros tiempos las grandes empresas se caracterizan por optimizar los recursos al máximo, lo cual se ve reflejado con altos índices de productividad. Sin embargo la industria de la construcción se ha caracterizado por presentar bajos índices de productividad en comparación con otras industrias, es aquí donde radica la importancia que se le debe prestar a la manera en que se obtienen los productos.

Son muchos los temas involucrados en el mejoramiento de la productividad en la construcción, se tienen herramientas como la disminución de los tiempos de ejecución sin afectar la calidad del producto. Otro de los aspectos que es sumamente importante en la obtención de mejores índices de productividad es una buena planificación, acompañada de mediciones diarias de rendimientos y productividades para así poder determinar de qué manera se están realizando las labores en campo y a partir de esto realizar análisis económicos en donde se puedan comparar costos del trabajo ejecutado contra costos presupuestados. La planificación es la base de una construcción eficiente.

El procedimiento utilizado para la elaboración de la guía práctica consistió en el análisis y documentación de los trabajos de excavación y movimiento de tierra presentados en el PHSL. Se pone especial atención a los factores que afectan la productividad en obra, así también como el diseño de una metodología de toma y procesamiento de información, lo cual beneficia a una buena administración de los recursos.

El tema desarrollado es de suma importancia, ya que con la elaboración de esta guía profesional se llena un vacío dentro de la empresa, en donde no existe un documento que pueda guiar y marcar las pautas a seguir durante un proceso de excavación sin dejar de lado la seguridad del personal.

La guía práctica elaborada impacta de diferentes maneras el entorno del desarrollo de un proyecto de la siguiente manera:

- Desde el punto de vista técnico, brinda una ayuda a los encargados de los procesos de excavaciones, en donde podrán encontrar los diferentes factores importantes a tener en cuenta para un buen desempeño de las labores.
- A manera de seguridad laboral, la guía proporciona los cuidados y requisitos mínimos que se deben tener al momento de enfrentarse a un proceso de este tipo.
- Desde el punto de vista económico, ayuda a que se disminuyan los costos de ejecución de las obras, optimiza los recursos y además brinda una metodología para el control de costos de las actividades.

Dedico este trabajo a mi padre Wilson Picado G. y a mi madre Heidy Marchena H. por todo el esfuerzo y apoyo incondicional que han realizado a lo largo de mi vida, para que mi persona se pueda formar tanto integral como profesionalmente, y de esta manera poner punto final a una gran etapa.

Agradezco al ingeniero Marco Salas Marín, ingeniero de obra civil del PHSL, por todo el apoyo brindado, y lo más importante por la amistad que hemos podido crear.

Al ingeniero Christer Gunnman, gerente del PHSL, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo de trabajo.

Al señor Carlos Elward, capataz general del PHSL, le agradezco su disposición de colaborar y compartir su gran experiencia adquirida a lo largo de su vida en la construcción de proyectos hidroeléctricos, y sobre todo por transmitir esa energía por sus innegables ganas de trabajar.

Agradezco a la profesora guía, la Ing. Ana Grettel Leandro, por su colaboración en la elaboración de este trabajo.

Resumen ejecutivo

Durante los últimos tiempos Panamá ha experimentado un desarrollo económico importante, es el segundo país en América Latina con mayor crecimiento de su producto interno bruto en el 2011, solo por detrás de Chile. Este crecimiento ha beneficiado al sector construcción enormemente, lo cual se ve reflejado en el acelerado avance de su infraestructura. Para mencionar solo un dato, en la provincia de Chiriquí entre los años 2005 y 2015 se tiene planeada la construcción de 64 centrales hidroeléctricas.

Dado el buen mercado que significa en este momento Panamá, la empresa costarricense Saret inicia operaciones en este país hace cuatro años, sin embargo es hasta en el Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo en el cual la empresa es la contratista principal, haciéndose cargo de todas las actividades para la construcción de la central hidroeléctrica.

El Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo se encuentra localizado en la provincia de Chiriquí, 50 km al este de la ciudad de David, República de Panamá. El dueño de la central hidroeléctrica es el Grupo Cuerva, comprendido por inversionistas de nacionalidad española.



Figura 1. Localización del PHSL

Fuente: <http://www.grupocuerva.com/produccion-energia-electrica/central-hidroelectrica-panama/>

La presente práctica profesional dirigida consistió en la elaboración de una guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación y movimiento de tierras, esto ante la necesidad de la empresa por contar con algún documento de respaldo en el cual los encargados de la ejecución del proyecto puedan asesorarse acerca de todos los aspectos que se pueden ver involucrados al momento de enfrentarse a este tipo de procesos.

El desarrollo de este documento es importante porque en la construcción de centrales hidroeléctricas generalmente existe un volumen considerable de excavaciones y movimiento de tierra, que involucran recursos económicos de gran envergadura, los cuales se deben administrar de buena manera, analizando las condiciones existentes y manteniendo un control sobre la ejecución de las actividades.

Para lograr los objetivos planteados, en primera instancia se realiza un estudio de los planos del proyecto, para así poder comprender de mejor manera los aspectos y características constructivas que este comprende. Dicho estudio se realiza con el enfoque puesto en las actividades de excavaciones y movimiento de tierras que se deben realizar, el volumen a excavar y movilizar es de aproximadamente 300 000 m³.

Posteriormente se realizan visitas a los sitios de trabajo para poder ir comprendiendo de mejor manera el funcionar de un proceso de este tipo y además poder determinar en sitio los principales factores que afectan la productividad de los frentes de trabajo en la ejecución de las actividades, así también como aspectos de seguridad y planificación que el proceso conlleva.

Se realizan levantamientos de información con la ayuda de hojas de verificación en campo, para así poder realizar en conjunto con el ingeniero de obra el análisis de la producción de los frentes de trabajo. Seguidamente se realiza el análisis económico de los costos de ejecución que se están obteniendo, con el objetivo de saber a ciencia cierta si el

costo del trabajo ejecutado está dentro de lo estipulado en la oferta, y de no ser así poder realizar las modificaciones pertinentes a tiempo.

De esta manera se logra documentar la información recolectada en campo, y a partir de esta se comienza a interpretar los aspectos importantes y en los cuales se debe poner especial atención para una buena realización de las tareas.



Figura 2. Vista general de excavación del canal de conducción y camino aledaño, PHSL



Figura 3. Vista general excavación realizada en casa de máquinas



Figura 4. Vista de excavación realizada en el sector de la presa, PHSL

Así, con toda la información recopilada en las etapas anteriores, se elaboró la guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación.

Como resultado del trabajo realizado se obtiene una guía práctica de uso sencillo, la cual servirá como orientación para los encargados de la actividad de excavación y movimiento de tierras, en la cual se toman en cuenta los principales factores que afectan la productividad de la actividad. También comprende aspectos importantes en el desarrollo de los procesos, como la seguridad laboral, la administración de los recursos y los análisis económicos necesarios para que las actividades se lleven a cabo de la mejor manera.



Figura 5. Portada de la guía práctica realizada.

Introducción

Durante los últimos años en Panamá se a dado un crecimiento económico importante, y es así un foco de atención para los inversionistas extranjeros. Dentro del tipo de proyectos en los cuales estos invierten están las centrales hidroeléctricas.

En el proceso constructivo de este tipo de proyectos generalmente lleva consigo un importante rubro característico de las excavaciones y movimientos de tierras, en donde se ven involucrados grandes volúmenes de material y recursos de alto costo, para los cuales se debe tener los controles adecuados en obra para el bienestar económico del proyecto.

El desarrollo de este documento va dirigido al control y mejoramiento de los procesos de excavación y movimiento de tierras, ya que como se mencionó anteriormente esta actividad representa grandes porcentajes de dinero en la ejecución de los mismos dentro del desarrollo de un proyecto hidroeléctrico.

El trabajo realizado se fundamenta teóricamente en conceptos relacionados a la productividad en los procesos constructivos, así como todos los factores que la afectan. Además se ven incluidos conceptos del manejo de maquinaria, la comprensión de las fases que representa todo el proceso de excavación y movimiento de tierras, así como la importancia de un inspector y el uso del libro de bitácora.

Cabe mencionar que actualmente dentro de la empresa Saret no se cuenta con ningún tipo de documento en el cual se haga énfasis en el proceso de excavación y movimiento de tierras, por lo cual la elaboración de este documento trata de resolver este problema con la aportación de una guía práctica para el control y mejoramiento de estos procesos. El propósito es que los encargados puedan acudir a ella y de esta manera puedan contemplar los aspectos que se ven involucrados para aumentar la productividad de los frentes de trabajo, sin dejar de lado la importancia que requieren aspectos de seguridad en la ejecución de las actividades. Además, esta

guía dota a las personas encargadas de esta área de una metodología en la cual se pueden apoyar para llevar un adecuado control de costos de las actividades que se ejecutan, para así poder realizar, en caso de ser necesario, las correcciones pertinentes.

El procedimiento aplicado para obtener los resultados se centró en analizar el estado actual de los procesos de excavación, para así poder ir retroalimentando la creación de la guía práctica. Al mismo tiempo se realizan correcciones en campo para el mejoramiento de los procesos, y por ende la obtención de una mejor productividad en el PHSL.

El objetivo general planteado para este proyecto fue diseñar un mecanismo de control y mejoramiento de los procesos de excavación, lo cual da como resultado la elaboración de la guía práctica que se puede encontrar en la sección de apéndices.

Como objetivos específicos se plantearon los siguientes:

- Estudiar y analizar los procesos de excavaciones del proyecto para identificar en cuáles actividades se está teniendo problemas.
- Implementar metodologías para la toma, procesamiento y documentación de la información obtenida en campo.
- Buscar alternativas para el mejoramiento de los procesos de excavación

Marco teórico

A continuación se mencionarán diferentes conceptos importantes, los cuales fueron utilizados en el desarrollo de este documento y con lo cual se busca que el lector comprenda de mejor manera cada uno de ellos.

Productividad

La productividad debe ir de la mano con los constantes desafíos que representa la globalización de nuestro mundo, en donde se debe tener en cuenta las nuevas demandas y precios de los mercados, y el nicho donde se desenvuelve la empresa. Además no se puede dejar de lado el comportamiento de la competencia y algo muy importante como las nuevas tecnologías.

Con respecto a lo escrito en el artículo *Índice de productividad en la construcción: Mito o Realidad*, de la revista Bit (2001), se entiende por productividad la relación que existe entre la producción obtenida por un sistema de producción y los recursos utilizados para obtenerla, entre los cuales se mencionan como recursos productivos el factor trabajo, capital y otros insumos como tierra, energía, materias primas e incluso la información.

$$\text{Productividad} = (\text{Resultados}) / (\text{Insumos})$$

De manera general podemos entender que el concepto productividad hace referencia a lo que se genera por el trabajo realizado, ya sea la producción de cada trabajador, la producción por hora trabajada o cualquier otro tipo de indicador de la producción proporcional al factor trabajo.

Por otro lado, Niebel (2001) recalca que el mejoramiento de la productividad se refiere al incremento de la producción por hora trabajo o por tiempo gastado.

Entonces, así podemos decir que para poder aumentar la productividad en un proyecto se puede hacer de varias maneras, regidas principalmente por la manera en obtener los productos a partir de la manipulación de los dos factores involucrados en dicha relación, que a continuación se mencionan.

a) Una de las alternativas es que con la misma cantidad de insumos que se utilizan se pueda crear una mayor cantidad de resultados, para esto es necesario realizar cambios o mejorar la manera de obtención de los recursos.

$$\text{Mayor productividad.} \\ (+ \text{ Resultados}) / (= \text{ insumos})$$

b) Otra de las maneras de obtener una mejor productividad es disminuyendo la cantidad de insumos pero sin que la producción de estos se vea disminuida, en otras palabras, hacer lo mismo con menos recursos.

$$\text{Mayor productividad.} \\ (= \text{ Resultados}) / (- \text{ insumos})$$

c) Por último, la otra alternativa que existe para mejorar la productividad es obtener mayor cantidad de resultados con menor cantidad de insumos. Esta alternativa es la que representa el mayor crecimiento de la productividad de las dos anteriores, en donde con menos recursos se obtienen mayores resultados.

$$\text{Mayor productividad.} \\ (+ \text{ Resultados}) / (- \text{ insumos})$$

El control de la productividad con que se realizan los trabajos en obra debe ser un aspecto importante para tener conocimiento de la manera en que se están realizando las labores, y así poder hacer cambios de ser necesario, además con esto se facilita poder llevar un control de

costos de ejecución de las tareas y así velar por el bienestar económico del proyecto.

En obra existen tiempos que no agregan valor a la ejecución de las actividades, estos tiempos se les conoce como tiempos improductivos o de poca productividad, mismos que están ligados al desempeño de los trabajadores. Leandro (2010) señala que, dentro de un proceso constructivo, la productividad se puede ver afectada por varias causas:

- Repeticiones del mismo trabajo.
- Falta de supervisión de las obras.
- Largas distancias en la ubicación de los materiales.
- Interferencia de trabajo entre cuadrillas.
- Actividades que se desempeñan que no corresponden a un puesto asignado.
- Tiempo de descanso.
- Tiempo necesario para realizar sus necesidades fisiológicas y cotidianas, como el traslado al lugar de trabajo.
- Atrasos por espera de equipos, materiales o herramientas.
- Falta de limpieza y control de la zona.
- Tiempo de espera de instrucciones.
- Tamaño de las cuadrillas al inicio y final de cada actividad.

Las causas mencionadas anteriormente van ligadas a diferentes factores tanto internos como externos. Los factores internos son los atribuibles a la empresa, que pueden ser controlados y minimizados en busca de una mejor productividad; por otro lado están los factores externos, los cuales están fuera del alcance o del control de la empresa, sin embargo se deben tener siempre en cuenta.

Dentro de los factores internos que se pueden mencionar está una incorrecta administración, que se puede ver reflejada en retrasos de la obra.

Según Leandro (2010), para mejorar la productividad de un proyecto se deben seguir los siguientes pasos:

- Planificación previa al inicio de las labores.
- Implementar procedimientos para el manejo del personal.
- Mejorar la seguridad del personal y del proyecto en general.

- Comunicación y recopilación de información en campo.

Planificación temporal del proyecto

Es una de las tareas que puede llegar a ser tan importante como la estimación económica del proyecto o la determinación del alcance del mismo, sin embargo es común que a esta tarea no se le preste la atención que requiere.

La descomposición de un proyecto en actividades y tareas es de gran beneficio para poder estimar el costo y el alcance del mismo. Una vez definidas y descritas las actividades, es importante analizar cuánto va a durar la ejecución de cada una de ellas y el orden en que se van a realizar.

La duración de cada actividad en el proyecto dependerá de múltiples factores, entre los que podemos mencionar la complejidad, el esfuerzo requerido y la cantidad de personas que se necesiten, sin dejar de lado el tiempo con que se dispone. El orden con que se ejecuten las actividades puede verse modificado por factores más restrictivos, como lo pueden ser:

- Actividades que no puedan ejecutarse sin antes haber obtenido el resultado de la ejecución de otras actividades.
- Actividades en las cuales se necesiten recursos que deben ser compartidos con otras actividades.
- Con el objetivo de reducir los costos se toma la decisión de ejecutar alguna actividad después de concluidas otras.

Las técnicas de planificación se ocupan de estructurar las tareas dentro del proyecto, definiendo la duración y el orden de la ejecución.

La comunicación

“ Si yo no comunico, otros ocuparán mi espacio; si no hablo de mí mismo, otros lo harán por mí, lo

harán menos bien que yo, y si no quiero estar en la situación de desmentir, hace falta que tome la iniciativa.” (Aimery de Narbone, 1990).

Importancia de la comunicación en la empresa

El poder intercambiar ideas, información o pensamientos es la base más importante de cualquier tipo de organización, por lo que en una empresa la comunicación es un elemento indispensable para que esta sea exitosa y salga adelante con sus proyectos y objetivos. Es un hecho que si no existe comunicación, o la misma es pobre, la organización de la empresa será mala o será lo contrario a lo que se busca, será una empresa desorganizada. La comunicación es un aspecto que se encuentra en todos los niveles de la organización, y por eso su importancia.

Comunicación organizacional

Según Coghi (2010), la comunicación organizacional es el conjunto total de mensajes que se intercambian entre los integrantes de una organización, y entre esta y su medio. También Coghi (2010) la entiende como un conjunto de técnicas y actividades encaminadas a facilitar y agilizar el flujo de mensajes que se dan entre los miembros de la organización y entre la organización y su medio, además ayuda a influir en las opiniones, aptitudes y conductas de los trabajadores y personas externas a la organización, todo esto en beneficio al cumplimiento de los objetivos.

Es normal que en las empresas no existan elementos operativos con el fin de resolver problemas de comunicación, ni mucho menos se dan cuenta claramente de que la comunicación dentro de la empresa podría ser una herramienta muy útil de gestión. Una buena comunicación ayuda a un buen entendimiento, lo cual es un factor de motivación y una inagotable fuente de energía.

Niveles de comunicación en una empresa

Según Coghi (2010), en una empresa se dan diferentes niveles de comunicación:

- Comunicación vertical. En esta existen dos tipos. Está la vertical descendente que es la comunicación que transmite la alta gerencia a sus subordinados hasta llegar al trabajador, generalmente como doctrinas, normas y cualquier tipo de mensaje que se quiera transmitir. Por otro lado existe la comunicación ascendente, que es aquella que se da de los subordinados a sus superiores con el fin de comunicar problemas o situaciones que estén afectando directamente a la empresa.
- Comunicación Horizontal. Es la que se da en el mismo nivel jerárquico, como pueden ser juntas o mesas redondas.

Con una adecuada política comunicacional, se promueve la integración y la unión de los diferentes niveles de la organización por medio de un código común, y así se optimiza la participación de todo el personal y se da la motivación de formar parte de la empresa.

Excavación y movimiento de tierras

El desarrollo de proyectos hidroeléctricos generalmente representa grandes volúmenes de excavaciones y movimientos de tierras, debido a la envergadura y tipo de estructuras que se deben construir para la generación de energía.

Es importante hacer notar que la actividad de excavación y movimiento de tierras comprende un porcentaje significativo dentro del valor del proyecto, ya que en ella se ven involucrados recursos con costos elevados, a los cuales se les debe tener el control adecuado para el bienestar económico del proyecto.

Fases del proceso

Según Dondi (2008), el proceso de excavación y movimiento de tierras comprende las siguientes fases:

- Desagregación previa: En terrenos rocosos o muy compactos, es necesario antes de iniciar la excavación la disagregación del material en banco, por consiguiente se pueden realizar

ripiados, voladoras y/o también la utilización de martillos hidráulicos.

- Excavación: En esta fase se estudiará la maquinaria, las técnicas de excavación más adecuadas y la inclinación de los taludes para que estos sean estables en un corto y largo plazo.
- Carga: Generalmente esta fase da inicio inmediatamente después de la excavación, en ella se deben estudiar los movimientos de los equipos de carga, coordinar los rendimientos con el equipo de transporte y estudiar las posiciones en sitio.
- Transporte: Es cuando se lleva el producto de la excavación a su lugar de empleo o al botadero. Se debe prestar atención a las pendientes para los camiones, estado de los caminos y dimensiones, entre otros.
- Descarga: Es el depósito del material que acarrea el camión al lugar de utilización o botadero.
- Compactación y consolidación: Si el material excavado se va a reutilizar, puede que sea necesario realizar trabajos de compactación y consolidación para mejorar las propiedades soportantes del terreno.

Cambios de volumen

Durante el proceso de excavación y movimiento de tierras, se da una alteración al estado en que se encuentra el material en sitio. Esta alteración modifica el ordenamiento de las partículas que contiene el material, en el cual se crean mayores espacios vacíos y se provoca un crecimiento del volumen del material. Esto se debe tomar en cuenta para las etapas de transporte y compactación antes mencionadas.

Factores que influyen en la producción de la maquinaria

Durante el proceso de excavación y movimiento de tierras pueden haber involucrados diferentes factores que van afectar directamente el desenvolvimiento de la maquinaria, como los menciona Dondí (2008):

- Eficiencia horaria.
- Condiciones de trabajo en la obra.
- Organización de la obra.

- Habilidad y experiencia del operador.

Inspección de los procesos de excavación

La inspección de los procesos de excavación y movimiento de tierra es la verificación que se realiza durante la ejecución de las actividades con la finalidad de determinar si los procesos se están realizando de manera correcta según las especificaciones, planos y documentos pertenecientes a la obra, velando en todo momento por la calidad de los productos que se obtienen. La inspección se basa en el control de calidad y la observación de posibles pérdidas de tiempo de los equipos y condiciones de trabajo, y aporta recomendaciones de cómo se puede mejorar el proceso.

Inspector de procesos de excavación

El inspector de los procesos de excavación es un profesional con amplio conocimiento del tipo de proceso al que se enfrenta. La experiencia le permite hacerse responsable de la inspección del proceso que se realiza, y así poder verificar que la obra se lleve a cabo según lo indicado en normas, planos y especificaciones técnicas, además de velar en todo momento por la seguridad laboral.

El inspector de los procesos de excavación pertenece al grupo del departamento de calidad, y además de su experiencia debe contar con las siguientes características:

- Contar con criterios profesionales bien formados que le permitan tomar decisiones efectivas ante los problemas de ingeniería que se le pueden presentar en el transcurso del desarrollo del proyecto.
- Amplio conocimiento en el comportamiento de los suelos a excavar y movilizarse.
- Amplio conocimiento del control de calidad en excavaciones.
- Que sea ordenado y posea buena letra.
- Capacidad de decisión, saber analizar las circunstancias que se presentan en campo y a partir de esto tomar la mejor decisión.
- Que logre observar hacia el futuro, en donde esté en capacidad de divisar potenciales

problemas para el desarrollo de las actividades.

- Capacidad de expresión para dar órdenes, ya sea oral o por escrito, que puedan ser comprendidas e interpretadas correctamente.
- Disponibilidad para estar en el sitio de la obra el tiempo que sea necesario.
- Capacidad de expresión en dibujo o a mano alzada.
- Iniciativa para sugerir ideas propias que beneficien al desarrollo de los procesos.
- Debe medir rendimientos y productividades en el campo para realizar un análisis económico.

las mismas. Además debe hacer hincapié en la manera en que se realizan los trabajos para que estos se den de una manera segura.

Bitácora en obra

En toda obra el contratista general está en la obligación de llevar un libro de obra o bitácora, sellado y foliado por la entidad correspondiente. En ella debe quedar constancia de los trabajos realizados, modificaciones u otra información importante que se generó durante el desarrollo del proyecto.

Además en la bitácora se deja constancia de las fechas de los contratos, fechas de inicio de obra, de prórrogas solicitadas, de los avances de obras, obras extra, acuerdos que se tomen entre las partes. En ella se anotan los acontecimientos día a día del proyecto.

Los ingenieros encargados del proyecto deben firmar la bitácora y hacer sus comentarios, rectificaciones y recomendaciones.

Seguridad en la construcción

La seguridad dentro de la ejecución de un proyecto es un aspecto sumamente importante, los encargados del proyecto deben velar para que exista un apropiado sistema de seguridad para que los trabajadores y cualquier persona que visite el proyecto pueda realizar sus labores sin correr el riesgo de sufrir un accidente que afecte su integridad física y emocional.

La existencia de un buen sistema de seguridad en obra se puede ver reflejada en una mayor productividad de los frentes de trabajo, en donde no hay paralizaciones por accidentes ni por inconformidad de los trabajadores con las condiciones de trabajo.

El inspector de los procesos de excavación debe conocer las normas vigentes de seguridad en el país y además debe velar por el cumplimiento de

Metodología

Para realizar la práctica profesional dirigida se siguió el procedimiento que se describe a continuación:

- Estudio de planos: Se realiza el estudio de los planos con el objetivo de adquirir conocimiento acerca de los aspectos y características constructivas del proyecto, haciendo un enfoque en las actividades de excavaciones y movimiento de tierras requeridas en la ejecución de la obra.
- Investigación: Se realiza con el fin de ampliar los conocimientos y criterios adquiridos respecto al tema de productividad, administración y control de costos de los frentes de trabajo dedicados a excavación y movimiento de tierras, por medio de búsqueda en la web, visitas a bibliotecas.
- Inspecciones visuales y levantamiento de información en campo: Se realizan inspecciones visuales a los frentes de trabajo con el objetivo de ir familiarizándose con este tipo de procesos. Además se lleva a cabo el diseño de una hoja de verificación para la utilización en campo, en donde se anotan las características e información importante como duraciones, ciclo de trabajo, condiciones climáticas y demás, respaldado por videos con duración de una hora. Esto para poder realizar un buen control de costos y aumentar la productividad del frente de trabajo.
- Reuniones con el ingeniero a cargo de obra civil: Las reuniones con el Ing. Marco Salas se llevan a cabo semanalmente con el objetivo de hacerle saber cómo se están realizando las actividades de excavación y movimiento de tierra, para así poder realizar correcciones a la metodología empleada de ser necesario. También en estas reuniones se tocan temas importantes acerca de cómo mejorar la productividad de los frentes de trabajo y el desarrollo de esta práctica profesional.

- Documentación y análisis de la información: El objetivo primordial de esta etapa fue documentar y tomar la información proveniente del campo por medio de las hojas de verificación y los videos de las actividades, y a partir de esto realizar un análisis exhaustivo de rendimientos del frente. Se utiliza la metodología del crew balance para poder hacer un análisis de la productividad e identificar pérdidas de tiempo y aquellos posibles factores que impiden la realización de las actividades de la mejor manera. En esta documentación quedan plasmadas las condiciones con que se estaba trabajando, las recomendaciones dadas, la producción del frente durante el análisis, y finalmente, a partir de esto el cálculo del costo de ejecución de las actividades.

Confección de la guía práctica: Una vez realizados los pasos anteriores se cuenta con los insumos y conocimiento necesario para la elaboración de esta guía práctica, la cual tiene por objetivo servir de herramienta de fácil uso por parte de los encargados de las excavaciones y movimiento de tierras, en donde se contemplan los aspectos más importantes para una ejecución correcta de los procesos.

Resultados

Como primer resultado del trabajo realizado se logra determinar que existen factores tanto internos como externos que afectan la productividad de los frentes de trabajo en el PHSL, que se enfocan principalmente en las actividades de excavación y movimiento de tierras.

Factores que afectan la productividad en PH San Lorenzo

En el lapso de la realización de la práctica profesional dirigida se pudo constatar factores importantes a tomar en cuenta en el PH San Lorenzo, los cuales se merecen una especial atención cuando se realiza cualquier tipo de proyecto. Más aún si se trata de un proyecto hidroeléctrico donde se ven involucrados recursos económicos de gran envergadura, como lo pueden ser los equipos y el tiempo, el cual puede llegar a convertirse en multas por atrasos en la planificación del proyecto. Además no se deja de lado el recurso humano contratado, que afecta significativamente los costos del mismo.

Como bien se menciona en la sección del marco teórico, existen diferentes factores envueltos en el desarrollo de un proyecto, que afectan de manera directa la productividad de las actividades realizadas. Existen de dos tipos:

- Factores internos.
- Factores externos.

Factores internos

Estos factores son los incurridos por parte de la empresa, en los cuales se puede trabajar para

evitarlos o mitigarlos, entre los cuales podemos mencionar los siguientes:

- Falta de planificación de las tareas.
- Falta de comunicación.
- Errores administrativos.
- Respuesta y/o respaldo de proveedores.
- Sindicato.
- Estatus migratorio de extranjeros.
- Falta de limpieza y control de la zona.
- Administración de la bodega.
- Averías de los equipos.
- Mal manejo de aguas en el sitio de excavación.
- Diseño del sitio de trabajo.
- Falta de información relevante por parte del personal encargado del frente de trabajo.
- Estado de los caminos.

Para poder comprender de mejor manera el impacto de estos factores en la productividad del PHSL, se hará una descripción de sus características.

A) Planificación de las tareas: Durante la realización de la práctica profesional se realizan diferentes planificaciones para así tratar de solventar un poco el problema que esto significa, ya que se contaba con una planificación general y no a corto plazo.

B) Falta de Comunicación: Dentro de una organización, la comunicación es de los factores más relevantes, misma que debe darse a todos los niveles jerárquicos de la organización. La comunicación difunde las informaciones relacionadas con el trabajo y los objetivos de la organización, además regulariza las relaciones entre las personas, pues ajusta sus características individuales y contribuye a la creación de un lenguaje, un clima y una cultura en comunidad.

En este caso, la rama de la comunicación que nos interesa es la interna, la cual se da entre los trabajadores de la empresa.

Para obtener una buena comunicación interna es necesario contar con la motivación, eficacia, acometividad y productividad adecuadas.

Para mejorar la comunicación interna de la empresa, a continuación se mencionan algunas buenas prácticas que pueden llevar a mejorarla:

- Tratar a todos por igual: Si se trata a todas las personas de la misma manera independientemente del puesto que ocupen la comunicación se verá favorecida.
- Premiar las críticas negativas públicamente: Cuando algún trabajador de la empresa hace una crítica negativa, hacerle saber que se le tomará en cuenta y agradecerle el comentario, procurando que otros trabajadores escuchen.
- Realizar reuniones periódicamente tipo taller: Una buena comunicación en la empresa comienza en la dirección, es importante provocar conversaciones en grupo, así como dejar claro el interés en una buena comunicación. Se debe animar a los trabajadores para que aporten ideas de cómo mejorar la empresa, y darle valor a todos sus comentarios. En estas reuniones se mencionará el trabajo de la semana y cómo se debe realizar, asegurándose de que cada trabajador tenga entendido sus funciones.
- Fomentar la confianza: Cuando las personas se conocen se caen muchos mitos, donde los trabajadores tienden a compartir sin tener que estar sujetos a algún estatus.

C) Errores administrativos: Este tipo de factor es uno de los que se pueden contrarrestar de forma más inmediata, ya que precisa de una mejor administración de la información y recursos en el proyecto hidroeléctrico San Lorenzo.

Podemos mencionar algunos errores que se experimentaron durante el desarrollo de este documento, los cuales se mencionan a continuación:

- Déficit de combustible.
- Déficit de agua para consumo humano en sitio.
- Errores en el pago del salario.

- Mala elaboración de los contratos de trabajo. Es importante mencionar que el PHSL es el primer proyecto de ejecución completa por parte de Saret en Panamá, lo cual ha significado una curva de aprendizaje y todo un reto para la empresa. Sin embargo esta nueva experiencia ha cobrado su falta de conocimiento y asesoría respecto a las leyes de este país en lo que a legislación de trabajo se refiere.



Figura 6. Bloqueos por incumplimiento de contrato por parte del contratista de la planta trituradora

D) Respuesta y/o respaldo de los proveedores.

E) Sindicato: En Panamá los trabajadores tienen por derecho pertenecer a un sindicato sin importar el sector en que se desenvuelvan, ya sea público o privado. En el PHSL en un inicio no se contaba con ningún tipo de sindicato y se trabajaba de forma normal, sin embargo a finales del año pasado comenzaron los primeros problemas con los colaboradores, principalmente ligados al factor antes mencionado, errores administrativos y falta de conocimiento del código de trabajo panameño. Por esto, los trabajadores acudieron a un sindicato externo, el SUNTRACS (Sindicato Único de Trabajadores de la Construcción y Similares). Este sindicato es el más grande de Panamá y se caracteriza por su manera de protestar, en donde la violencia, el miedo, las amenazas, la represión y la paralización continua de las actividades son sus mejores aliados para poder conseguir sus intereses, son poco comprensivos y no cambian su postura en ningún momento.



Figura 7. Manifestantes del sindicato SUNTRACS bloqueando uno de los accesos al PH San Lorenzo

F) Extranjeros: En estos momentos Panamá se encuentra en una etapa de desarrollo de infraestructura importante, lo que ha hecho que muchas personas de diferentes nacionalidades se encuentren realizando proyectos de diferentes tipos en este país. En el PHSL existen trabajadores de diferentes nacionalidades, como costarricenses, argentinos y españoles, los cuales deben pasar por un largo proceso para obtener el debido permiso de trabajo y algunos laboran con su pasaporte como turista, lo cual representa problemas con los organismos correspondientes.

H) Falta de limpieza y control de la zona: La productividad de un frente de trabajo es directamente proporcional al orden y la limpieza con que se realizan las labores en el sitio. En un sitio sucio y desordenado aumentan las probabilidades de accidentes y pérdidas de tiempo por parte de los trabajadores, lo cual va en detrimento de la calidad con que se realizan los trabajos y de los rendimientos esperados.

I) Administración de la bodega: Es un tema importantísimo, probablemente por la bodega pase más de la mitad de los recursos con que se desarrollará el proyecto, es por esto que se debe tener un adecuado control de la misma. La persona encargada de la bodega debe tener como características:

- Ser estricto.
- Ordenado.
- Que sepa su función.
- Que lleve su trabajo al día.

A continuación se presenta el cuadro 1, donde se da una pequeña inducción del manejo de la bodega.

CUADRO 1 . MANEJO DE BODEGA.			
Aspecto	Característica	Documentación	Acciones
Ingreso de recursos	El encargado de la bodega debe hacer constar la cantidad de recursos que ingresan.	Debe quedar constancia del ingreso de los materiales, así como la hora y la fecha.	Comparar lo recibido con lo pendiente e informar la llegada a los interesados.
Pedidos	El encargado de la bodega debe asegurarse de que los pedidos se realicen de buena manera, con sus respectivas características y especificaciones, además de la fecha requerida para su llegada.	Realizar una orden o pedido con el departamento de compras.	Se debe estar en comunicación con el departamento de compras, darle seguimiento a los pedidos pendientes.
Inventario	El uso de una base de datos donde se controle la cantidad de recursos disponibles.	Se deben hacer cortes de inventario periódicamente para una mejor administración de los recursos.	Orden al manejo del espacio en la bodega, en donde sea de fácil acceso a los diferentes recursos como equipos o materiales. Se debe producir una bodega balanceada entre inventario y requerido en sitio.
Salida de recursos	El encargado de bodega debe hacer constar la cantidad de recursos que abandonan la bodega.	Se realiza una requisita en donde debe quedar detallado la cantidad, fecha, fase de costo y responsable de la salida del recurso.	Verificar que los equipos cumplan su vida útil antes de reemplazarlos. Con la ayuda de las requisitas se pueden establecer controles de productividad de los frentes de trabajo.

I) Avería de los equipos: Los equipos utilizados en el PHSL provenían de diferentes proveedores, sin embargo la mayoría de estos provienen de Saret maquinaria y equipo, como lo podemos observar más adelante en el gráfico de la distribución por proveedores de equipos en el proyecto.

El grado de impacto en la productividad que provocan las averías en los equipos, generalmente es de las más importantes y va ligado a la periodicidad de las averías, el soporte que puedan brindar los proveedores y la facilidad para la obtención de los repuestos. Es importante mencionar que dentro del trabajo que realiza la maquinaria pesada, las averías aparecerán tarde o temprano, esto debido al tipo de trabajo que realiza este tipo de máquinas, sin embargo la frecuencia de estas depende de varios factores que a continuación se mencionan:

- Antigüedad de los equipos.
- La existencia o no de programas de mantenimiento preventivo.
- Mantenimiento correctivo.
- Calidad de los operadores.

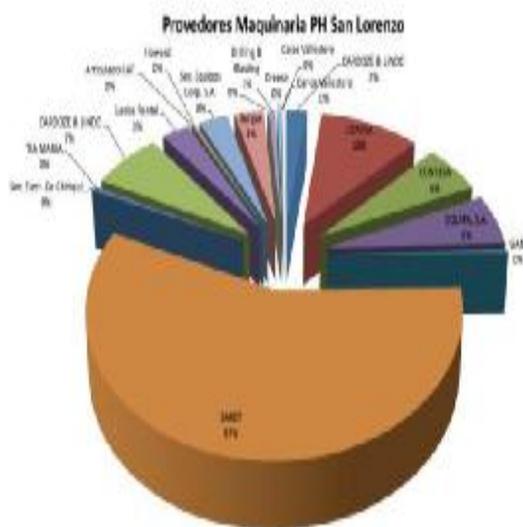


Figura 8. Distribución de proveedores, PHSL

A continuación se muestra el análisis realizado para medir el impacto en costos de las averías sufridas por los equipos suministrados por Saret maquinaria desde el inicio del proyecto hasta febrero del 2012. Entiéndase impacto por la

repercusión de una avería en el costo de otros equipos.

CUADRO 2. IMPACTO DE AVERIAS EN COSTOS DE EQUIPO		
MAQUINARIA	DESCRIPCIÓN IMPACTO	COSTO
Excavadora KOMATSU450-615	Atraso	\$23.854,00
Excavadora KOMATSU450-648	Atraso	\$42.550,00
Excavadora KOMATSU300-1037	Atraso	\$64.284,00
1017 Excavadora Cat 345	Atraso	\$24.189,00
Excavadora CAT 320-1019	Sustitución	\$111.837,00
Tractor Komatsu-5051	Sustitución	\$77.316,00
Articulado Cat 1020	Sustitución	\$59.367,00
Articulado Cat 1021	Sustitución	\$41.185,00
Articulado Cat 1028	Devolución Sust	\$51.430,00
Volquete International 1070 20-06	Atraso	\$23.041,00
Volquete International 1065 20-04	Atraso	\$37.426,00
Volquete Mack 1042 20-02	Atraso	\$21.649,00
Concreteira Mack 1113 22-03	Atraso	\$0,00
Concreteira Mack 1114 22-01	Atraso	\$0,00
Concreteira Mack 1116 22-04	Atraso	\$0,00
Concreteira 495	Atraso	\$0,00
Concreteira 498	Atraso	\$0,00
Camion 4x4 Mercedes 1056	Atraso	\$0,00
Auto Hormigonera 260	Atraso	\$0,00
Manipulador telescópico 1480	Atraso	\$0,00
Manipulador telescópico 1440	Atraso	\$0,00
Camion Cisterna 2501	Atraso	\$0,00
BOBCAT (SARET) s118	Atraso	\$0,00
1018 Compactadora Caterpillar CS - 533	Atraso	\$14.886,00
1023-Niveladora Caterpillar 140H	Devolución	\$55.350,00
TOTAL		\$648.364,00

J) Mal manejo de aguas en el sitio de excavación: Cuando de excavaciones se trata, el manejo de las aguas es un aspecto que se debe tener siempre en cuenta, ya sea que se trate de agua llovida o si se está trabajando por debajo del nivel freático, darle el manejo adecuado por medio de bombas para la facilitación de las labores de excavación y acarreo del material.

K) Diseño del sitio de trabajo: Antes de iniciar con el proceso de excavación en algún frente de trabajo, hay que sentarse a analizar las condiciones reales que se tienen en sitio, como lo son el tipo de material, el lugar en donde se va a depositar, la manera en que se van a organizar los equipos. También escoger la mejor ruta para el ciclo de trabajo, y distribuir de mejor manera el espacio disponible. Con esto se trata de eliminar la improvisación, los tiempos indeseados que aumenten el costo de la excavación y poder ver mejorado el rendimiento del frente de trabajo en conjunto.

L) Falta de información relevante por parte del personal encargado del frente de trabajo: La falta de información puede ocasionar que los trabajos no se realicen de la mejor manera. Es importante que el capataz a cargo tenga conocimiento de los planos pertenecientes

a las labores que está ejecutando, para así poder evitar sobre costos en correcciones posteriores o la realización de trabajos extra innecesarios.

M) Estado de los caminos: Durante el proceso de excavación este factor juega un papel relevante, ya que si las condiciones del camino no son las adecuadas se verá afectado el rendimiento del frente de trabajo debido a ciclos de acarreo más duraderos, esto por la dificultad que representa transitar en un camino malo. Además, una mala condición de los caminos producirá un mayor desgaste por parte de los equipos, lo cual aumenta las posibilidades de averías y accidentes durante el proceso. Abonado a esto, un mayor consumo de combustible, debido al sobre esfuerzo de los equipos, y un acelerado deterioro de las neumáticos.



Figura 9. Mejoramiento de caminos con roca proveniente de voladura, PHSL



Figura 10. Caminos en mal estado, PHSL

Factores externos

Como bien se entiende, estos factores son los que están lejos del control de la administración de la empresa, con los cuales no se pueden tomar medidas para poder aplacarlos, simplemente se presentan y afectan la productividad directamente. Durante la realización de la práctica profesional se vivieron los efectos de los factores externos que a continuación se mencionan:

A) La comunidad: Por su ubicación, el PH San Lorenzo se encuentra cercano a comunidades indígenas que tienen acceso a sus pueblos por un camino público, mismo que se utiliza en el proyecto para la movilización de equipos y personas. Sin embargo se han presentado manifestaciones de estas personas que bloquean el puente principal colgante porque aluden un mal uso del mismo y el deterioro de los caminos por parte de la empresa, a pesar de que Saret siempre ha presentado su interés en mantener las buenas relaciones con la comunidad, con el afán de evitar posibles inconvenientes. También es importante recalcar que en el PH San Lorenzo hasta el mes de diciembre existió la dificultad de que las principales obras del proyecto se encuentran en la margen izquierda del río, y que el único acceso a este sector es por medio del puente colgante antes mencionado, lo cual significa que si este es bloqueado, se paralizan la mayoría de actividades en el proyecto ya que el personal no puede llegar hasta el sitio de trabajo.



Figura 11. Equipo de Saret en mantenimiento del camino público



Figura 12. Personas de la comunidad en manifestación bloqueando el único puente de acceso al margen izquierdo del río en ese momento



Figura 13. Maquinaria del PH San Lorenzo detenida por manifestaciones de las personas de la comunidad

B) Dificultad para el paso de los equipos debido al nivel del río: Durante el primer año de actividades en el PH San Lorenzo, el acceso para los equipos pesados al margen izquierdo del río Fonseca, estuvo limitado y dependía en todo momento del nivel del agua del río. Por este motivo hubo actividades que vieron afectada su productividad y planificación. Por poner un ejemplo, la perforación de la roca para la colocación de la dinamita y poder realizar la voladura en el sector de casa de máquinas se retrasó una semana, ya que se encontraba en pleno invierno y las aguas del río estaban crecidas, lo que impedía el paso de la máquina perforadora.

Es por lo anterior mencionado que la empresa opta por la construcción de un puente provisional, mismo que se coloca en el mes de diciembre y representa una gran ventaja para el desarrollo del proyecto.



Figura 14. Colocación de puente provisional, PHSL

C) La naturaleza: Siempre es un factor que hay que tener en cuenta para estar preparados ante cualquier evento. Las actividades de excavación durante la época lluviosa se ven afectadas diariamente, ya que de las ocho horas laborables generalmente la mitad de estas son aprovechables, en el resto de horas se ven paralizadas las actividades por lluvia.

Probablemente el factor naturaleza es el que más fuerte ha impactado en el desarrollo del proyecto hidroeléctrico San Lorenzo; el 8 de octubre del 2011 se presenta el evento más importante. Durante la tarde de ese día comienza una fuerte tormenta que hace que el río crezca de forma rápida y violenta, y transporte aproximadamente un caudal de $1400 \text{ m}^3/\text{s}$ que representa la avenida del río en 20 años, contrario a los $900 \text{ m}^3/\text{s}$ que representa la avenida de 10 años, y que fue con la que se realizaron los diseños de las ataguías y el canal de desvío. La tragedia se presenta, la ataguía superior cede ante la fuerza del agua y se inunda toda la zona de presa.



Figura 15. Sitio de presa inundado por crecida de río Fonseca, PHSL



Figura 16. Ataguía aguas abajo destruida, PHSL



Figura 17. Equipo arrastrado por crecida del río, PHSL

La reparación de los daños toma dos meses, en donde las principales actividades fueron la reconstrucción de las ataguías y la limpieza de la zona de presa.

Con el objetivo de saber el impacto económico de este evento se realiza un análisis de los daños obtenidos y se obtienen los siguientes resultados.

CUADRO 3. COSTO REPARACIÓN DE DAÑOS	
ITEM	COSTO
Maquinaria	\$171.781,75
Equipo menor	\$35.499,25
Mano de obra	\$44.571,65
Materiales	\$15.686,60
Costo administrativo	\$15.144,23
Total	\$282.683,48

D) Huelgas, bloqueos por parte de los indígenas:

Por su ubicación, el PH San Lorenzo se encuentra cercano a poblaciones indígenas del pueblo Gnobe Bugle. Esta población está en constantes protestas contra el gobierno panameño y la manera de actuar es por medio del bloqueo de vías. Estas protestas se dan debido a que los indígenas no están de acuerdo con la explotación de los recursos hídricos por medio de los proyectos hidroeléctricos dentro y en los alrededores de sus territorios. Durante el mes de febrero se llevaron a cabo las protestas más fuertes, que tuvieron una duración de más de una semana y que por la ubicación del PH San Lorenzo se hizo imposible ingresar por diez días. En estos, la paralización de las actividades fue total.

CUADRO 4. COSTO DIARIO DE PARALIZACIÓN	
ITEM	COSTO
Vertedero	\$2.289,52
Canal de conducción	\$3.470,00
Casa de máquinas	\$89,28
Topografía	\$216,57
Equipo	\$5.026,99
Colocación malla a tierra	\$471,20
Plantas de concreto	\$5.491,29
Gastos generales	\$1.920,57
Total	\$18.975,42

Guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación

Como segundo y principal resultado del trabajo realizado se muestra la guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación, misma que se basa en los procedimientos, cuidados y buenas prácticas que deben existir al momento de verse envuelto en un proceso de excavación y movimiento de tierras. El principal objetivo de esta guía es dotar de un documento que los encargados de las excavaciones y movimientos de tierras puedan tener como referencia, en donde se toman en cuenta los factores que pueden afectar dicho proceso, cuidados que deben tener y de qué manera se deben administrar los recursos.



Figura 18. Portada de la guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación.

Análisis de resultados

La culminación de esta práctica profesional tiene como objetivo primordial la creación de una guía práctica, la cual podrá servir de orientación para el desarrollo de procesos de excavación y movimiento de tierras.

Para poder alcanzar este objetivo se realizaron diferentes estudios en los procesos de excavación y movimientos de tierras experimentados durante el tiempo de la realización de la práctica profesional en el Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo.

El desarrollo de este proyecto se realizó en dos etapas. La primera consistió en familiarizarse con el proyecto, estudiar los planos de excavaciones y realizar inspecciones tanto visuales como documentadas a los diferentes frentes de trabajo dedicados a excavación y movimiento de tierras. Respecto a esta primera fase se tiene como resultado los diferentes factores que afectan la productividad en el PHSL, tanto internos como externos.

En la sección de apéndices se encuentra un extracto de los análisis realizados en campo, en donde el principal objetivo era identificar factores que afectan a la productividad del frente de trabajo, así como poder dar recomendaciones y saber a ciencia cierta de qué manera se estaban realizando los trabajos en campo, cómo se podía mejorar y en qué se estaba fallando.

Factores que afectan la productividad del PHSL

A continuación se realizará el análisis de resultados los factores que se pudo constatar en campo que afectan la productividad de los frentes de trabajo.

Factores internos

Respecto a los factores internos es importante mencionar que muchos de estos factores se dan o aparecen durante la realización de las actividades, en muchas ocasiones por falta de cuidado, por personas que no están realizando su trabajo de buena manera o simplemente no se toman las medidas del caso para poder contrarrestarlos de la mejor manera. Este tipo de factores son a los que se les debe prestar la mayor atención ya que son los únicos en donde la empresa puede tomar cartas en el asunto y tratar de eliminarlos o mitigarlos.

Planificación de las tareas, este factor es sumamente importante para no experimentar atrasos o pérdidas de tiempo debido a la falta de planificación de las tareas a realizar. Esto se puede ver reflejado con equipo y personal detenido en campo esperando recibir instrucciones de qué y cómo hacer las labores.

Es de gran interés mantener una buena planificación en la ejecución de tareas para poder mirar hacia adelante y poder identificar posibles problemas constructivos y de logística que puedan originarse en el transcurso de la ejecución de las actividades. Además, que estos puedan ser resueltos en un lapso de tiempo previsible, en donde no afecte la duración programada para dicha actividad.

Otra de las ventajas que brinda una buena planificación de las tareas es al momento de realizar los pedidos y las órdenes de compra de los materiales y equipos, ya que si estos no están disponibles in situ al momento que se determina el inicio de las labores, las mismas se verán retrasadas. Este mismo efecto se puede presentar también con la mano de obra contratada, la cual puede que sea escasa, o al contrario excesiva para lo que se pretende realizar. Por otro lado, la planeación ayuda a tener en cuenta los gastos en que se va a incurrir y con esto saber cuánto es el flujo de caja con que se debe contar para no experimentar

retrasos y poder llevar a cabo las labores de buena manera.

Falta de Comunicación, uno de los aspectos en que se debe estar en constante crecimiento dentro de una empresa. Una buena comunicación hará que los objetivos se puedan cumplir de una mejor manera. Con la experiencia que significó desarrollar esta práctica profesional en el PHSL, en ocasiones se pudo constatar la falta de comunicación entre los diferentes niveles jerárquicos de la empresa. Por poner ejemplos se puede mencionar la falta de comunicación que existe entre los encargados de maquinaria y los administradores del proyecto, ya que en ocasiones llegaba equipo sin autorización o que simplemente no se pidió ni se estaba necesitando, también se dio que retiraban equipo del proyecto sin previa autorización, todo esto causaba una serie de confusiones entre las partes.

También se pudo constatar la falta de comunicación que existe entre la bodega, administración y departamento de compras. En ocasiones se agotaban los materiales, lo que impedía el desarrollo normal de las actividades; a los pedidos u órdenes de compra no se les daba el seguimiento adecuado por lo que se perdían de camino y las órdenes de compra no se ejecutaban.

Una buena manera para mejorar la comunicación entre ingenieros, capataces y demás personal es que siempre es recomendable la realización de reuniones semanales en donde se expliquen las labores a realizar, cómo se van hacer y además intercambiar opiniones con los trabajadores, esto es una buena práctica que se utiliza en escasa cantidad en el PHSL.

Una mala comunicación se puede ver repercutida en atrasos de obra, mala calidad de los trabajos realizados, baja productividad de los frentes de trabajo, corrección de errores debido a malos entendidos, entre otros.

Es por estas razones por las cuales la falta de comunicación en la ejecución de un proyecto como el estudiado en esta práctica profesional puede dar como resultado que el mismo finalice siendo un éxito, o al contrario siendo un fracaso.

Los errores administrativos, factor que se debe ir eliminando para el beneficio del proyecto. Este tipo de errores tienen como característica la negligencia, desconcentración o falta de orden y asesoramiento por parte de las personas

encargadas de la parte administrativa del proyecto. Se vivieron situaciones como la falta de combustible, en donde se vieron afectadas todas las actividades de excavación y movimiento de tierra, lo que tiene un impacto negativo en la planificación y el avance de las obras.

Otra de las circunstancias que se vivieron y afectan el desarrollo de las actividades del proyecto es la falta de agua para consumo humano en los sitios de trabajo, lo que crea malestar entre los trabajadores hasta llegar al punto de la paralización de las labores.

Un error administrativo que ha afectado significativamente al PHSL es la mala elaboración de los contratos de trabajo. Como se ha mencionado anteriormente, el PHSL es el primer proyecto de este tipo de SARET en Panamá, lo cual ha incrementado las posibilidades de cometer este tipo de errores por falta de asesoramiento o desconocimiento de las legislaciones de este país. El impacto se vio reflejado en el desarrollo del proyecto por diferentes motivos como bloqueos por problemas con el contratista de la planta trituradora de agregados, huelga de trabajadores, equipos detenidos.

En los primeros seis meses de ejecución del proyecto no se contaba con ningún tipo de sindicato interno, sin embargo y aprovechando roces que se dieron entre la parte administrativa y los trabajadores, comienzan las primeras huelgas y el sindicato externo SUNTRACS (Sindicato Único de Trabajadores de la Construcción y Similares) comienza a interferir entre la empresa y trabajadores, y utilizan medios como represión y amenazas hacia la empresa, hasta el punto en donde llega a establecerse como el sindicato oficial dentro del proyecto. Esto ha afectado significativamente la productividad del PHSL. Dentro de los aspectos observados durante el desarrollo de este documento fueron las constantes huelgas de los trabajadores gestadas por los dirigentes de este sindicato. En una ocasión la paralización de labores por parte de SUNTRACS se dio por más de una semana, lo que afectó el desarrollo normal del proyecto, su planificación y aumento de costos. Ante estos acontecimientos se debe tratar al máximo de no cometer errores ni crear algún motivo que disguste a los trabajadores y pueda significar la paralización de labores.

Siguiendo con el análisis de los factores que afectan la productividad, se puede decir que

la bodega juega un papel sumamente importante en el buen caminar del desarrollo de un proyecto constructivo.

Un mal manejo de la bodega puede ocasionar atrasos en las labores de campo y aumento de los costos presupuestados. Como se mencionó anteriormente, la comunicación es indispensable, el bodeguero debe estar informando constantemente a los administradores si se recibe o se entrega algún material u equipo. En ocasiones se pudo comprobar que en el PHSL llegaban los materiales y nadie se daba cuenta, no se tenía pleno control en lo que se utilizaba, y se le daba poco seguimiento a las órdenes de compra de materiales pendientes, mismos que en incontables veces tardaban más tiempo de lo debido. Debido a la importancia que representa el manejo de la bodega se realizó de manera general la tabla 1, en donde se da una pequeña orientación de cómo deben desempeñarse las labores dentro de este departamento.

En la ejecución de un proyecto hidroeléctrico como el PHSL se ve involucrada una cantidad importante de equipo pesado como lo son excavadoras, vagonetas articuladas, tractores, grúas, compactadoras, los cuales significan grandes sumas de dinero en alquileres y combustible. Además también existen equipos muy importantes en la ejecución de las actividades como lo son bombas de agua, generadores, compresores y torres de luz, entre otros. Cabe mencionar que como se ve reflejado en la figura 8, el 57% de los equipos utilizados en el PHSL es propiedad de Saret maquinaria, el restante 43% corresponde a equipos alquilados a proveedores externos. Durante la estancia en el proyecto se pudo comprobar cómo las averías afectan significativamente el desarrollo del proyecto y merecen toda su atención, ya que pueden representar pérdidas significativas de tiempo y dinero. Es importante recalcar que existen averías más graves o costosas que otras, por ejemplo, un equipo de acarreo de material entra en avería y su impacto en el costo, planeación y productividad es mucho menor que el que puede representar una excavadora en avería, por el hecho que de ella depende el resto de equipo. En el PHSL se vivieron situaciones en donde la respuesta del proveedor externo ante alguna avería es deficiente, tardándose mucho tiempo en desplazarse al proyecto para realizar las debidas reparaciones. Por otro lado también se dieron malas experiencias con el mismo

proveedor interno de maquinaria en donde el mantenimiento preventivo de los equipos no existía. Es por estos motivos que se debe velar por la contratación de equipos en buen estado en donde el proveedor posea la confiabilidad necesaria en lo que a respaldo y mantenimiento de los equipos se refiere. En la sección de resultados se puede observar, en el cuadro 2, cómo las averías del equipo proporcionado por Saret maquinaria han impactado económicamente al PHSL. El análisis realizado consistió en estudiar cuáles equipos se veían afectados por la avería de otros y cuánto representa ese tiempo en dinero. Como resultado se tiene que desde que se inició el proyecto en marzo del 2011 hasta el mes de febrero del 2012 se tiene un sobrecosto por averías de aproximadamente \$648 000, viéndolo de otra manera, el sobre costo por las averías representa un 4% del valor del proyecto, una suma realmente alta.

En un lugar con excesiva cantidad de agua en el sitio de excavación, los equipos presentan rendimientos inferiores debido a la dificultad que representa trabajar en estas condiciones. Por ejemplo, para una excavadora trabajar en un sitio inundado, su rendimiento puede decaer notablemente por el atascamiento de material en el balde o exceso de barro en la zona; por otro lado si trabaja en roca puede representar peligros de deslizamiento de la máquinas, ya que se ve disminuido su agarre con el suelo. Viéndolo desde el punto de vista de los equipos de acarreo, esto ocasiona que los caminos se deterioren y tarden más en su ciclo de trabajo, lo que se traduce en mayores tiempos en mejoramiento de caminos y condiciones en sitio. Además de la creciente posibilidad de averías, así como también se aumenta el peligro de las maniobras.

En los análisis realizados en campo del PHSL, se logra determinar que los trabajos en ocasiones se realizan sin ningún tipo de diseño de sitio, por lo cual los camiones transitaban por cualquier lugar y su ruta de trabajo no era la óptima, se estorban o simplemente realizaban maniobras que tomaban más tiempo de acarreo o de espera, lo cual va en detrimento de la productividad del frente de trabajo. Otro de los factores que se logró visualizar en campo es la falta de información y conocimiento por parte del personal encargado del frente de trabajo respecto a los trabajos que se realizan. Las personas

encargadas del frente de trabajo deben estar conscientes y tener claras las ideas de lo que se va a realizar, y de esta manera evitar inconvenientes por trabajos mal ejecutados. También se puede mencionar que como resultado de estos análisis se desprende otro factor que juega un papel relevante dentro del movimiento de tierras, como lo es el estado de los caminos. Se pudo observar cómo en diferentes frentes de trabajo en ocasiones las vagonetas articuladas se quedaban atascadas o transitaban de manera lenta por el estado en que se encontraba el camino. El mejoramiento de las condiciones de la superficie de ruedo debe ser algo constante que favorecerá a un mejor desempeño de los equipos de acarreo, mejor productividad, menos riesgos por accidentes, menos maltrato del equipo y menor consumo de combustible.

Factores externos

Los factores externos experimentados en el PHSL durante el tiempo de la elaboración de esta práctica profesional tuvieron una repercusión considerable en la productividad de los frentes de trabajo, así como también en la programación de las actividades y el desarrollo en general del proyecto. Es importante tener presente que este tipo de factores están fuera del alcance del proyecto, por lo cual pueden volverse muy peligrosos en el sentido de que pueden representar pérdidas importantes de dinero y ante los cuales se debe estar preparado para cualquier evento.

Situaciones externas como el malestar de la comunidad con el proyecto hicieron que en diferentes ocasiones estas personas tomaran medidas de presión como bloqueos de las zonas de acceso y puente, de esta manera se detenía toda actividad en el proyecto. Es de acá de donde se desprende la importancia del cumplimiento con los compromisos adquiridos por parte de los inversionistas con la comunidad, como en este caso es el mantenimiento del camino público y puente peatonal colgante, así también como emplear personas de la zona para que laboren en el proyecto.

Otro de los aspectos a tomar en cuenta en todo momento es el factor ambiental, mismo que golpeó fuertemente el desarrollo del proyecto el 8 de octubre del 2011 con un evento magnífico

en donde el río se salió de su cauce artificial e inundó el sitio de presa y la excavación en casa de máquinas. La reparación de los daños ocasionados tardó poco más de dos meses, sin duda un atraso bastante significativo. Se realiza también un análisis económico para saber un monto aproximado del costo de reparación del proyecto, como se observa en el cuadro 3, da como resultado \$282.683,48 que es equivalente a un 1,5% del valor de la obra.

Por otro lado, es importante tener presente que en labores de excavación y movimiento de tierra el factor ambiental es uno de los rubros que colabora en las pérdidas de tiempo por parte de los equipos, aproximadamente un 9% del tiempo perdido es consecuencia de la factor ambiental, y se ven reducidos los rendimientos y directamente la productividad del frente de trabajo.

En los últimos años en Panamá se ha dado un crecimiento económico importante en donde el desarrollo de proyectos hidroeléctricos ha sido beneficiado y se encuentran en construcción un gran número de ellos, sin embargo en Panamá existe una gran cantidad de pueblos indígenas que se oponen a este tipo de proyectos y esto ha ocasionado que el país viva en constantes huelgas y bloqueos. Sin embargo, el momento crítico se alcanzó en febrero del presente año, en donde los bloqueos en la vía interamericana y los disturbios mantuvieron a el país en vilo por más de una semana y las repercusiones en el PHSL fueron directas. El impacto de las protestas y disturbios indígenas en la productividad de las actividades se extendió hasta por aproximadamente tres semanas, en donde el proyecto quedó sin suministro de combustible y cemento. Además la violencia de los enfrentamientos de la policía con los indígenas imposibilitaba el transporte del personal hasta el proyecto. Como se puede observar en el cuadro 4, se calcula el impacto económico diario que significan estas huelgas, en aproximadamente \$18.975,42. Como se mencionó anteriormente tanto con los resultados arrojados por el cuadro 3 y cuadro 4, hacemos constancia del gran impacto negativo tanto económico como de ejecución que representan los factores externos para un proyecto.

Guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación

La guía práctica elaborada para el control y mejoramiento de los procesos de excavación es una herramienta que simplifica y hace referencia a los principales factores y elementos que se deben tener en cuenta al momento de iniciar un proceso de excavación y movimiento de tierras, así como también expone ideas de cómo se debe administrar y llevar el control de costos de la maquinaria. Además posee un lenguaje claro y preciso con el objetivo de que el documento se pueda utilizar como una orientación para las personas encargadas de este tipo de procesos.

Su utilización es muy sencilla, sigue la secuencia lógica del desarrollo de un proceso de excavación y movimiento de tierras.

Cuenta con información actualizada y por medio de los análisis realizados en campo se trató en todo momento de que los errores cometidos en el PHSL quedaran contemplados en la guía, y así poder evitar inconvenientes en futuros procesos de excavación y movimiento de tierras.

Esta guía práctica constituye un elemento auxiliar para el manejo de los procesos de excavación y movimiento de tierras, sin embargo este no reemplaza los conocimientos técnicos y profesionales que se puedan añadir.

La guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación es una herramienta que, para su elaboración, se realizaron diferentes análisis de los procesos que se estaban ejecutando en el PHSL. Así, toma en cuenta los errores cometidos, factores y cuidados importantes que se deben tener en cuenta para la realización del proceso de buena manera, además expone temas de administración de recursos y seguridad.

Dentro de las características y ventajas de la guía están las siguientes:

- Suministra a los ingenieros o encargados de las excavaciones y movimiento de tierras conocimiento acerca de los aspectos que este proceso conlleva.
-

Ayuda a administrar de mejor manera los recursos involucrados.

- Ayuda a incrementar la productividad mediante la optimización de recursos, y buenas prácticas en campo.
- Contribuye a la obtención de calidad en los trabajos realizados, evitando así trabajos extra por correcciones.
- Contribuye a realizar procesos con mayor seguridad laboral.
- Capacita al lector para que pueda realizar un adecuado control de costos.

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se logra analizar las actividades de excavación y movimiento de tierra en el PHSL, de esta manera se identifican problemas en el desarrollo de los procesos, los cuales se tratan de contrarrestar y disminuir su impacto negativo con la productividad de los frentes de trabajo.
- Durante el desarrollo de la práctica profesional se logra implementar metodologías para la toma de datos en campo por medio del diseño de hojas de verificación.
- La experiencia adquirida durante el tiempo de estancia en el PHSL permitió comprender de mejor manera los procesos de excavación y movimiento de tierras.
- Se logra determinar los principales factores tanto internos como externos que afectaron la productividad del PHSL.
- Por medio de los análisis en sitio se logra tomar decisiones en campo para aumentar la productividad de los frentes de trabajo.
- La guía práctica diseñada para el mejoramiento de procesos establece una forma sencilla en la cual los encargados de excavaciones y movimiento de tierras pueden mejorar y controlar los procesos.
- La guía práctica ofrece una serie de cuidados y buenas prácticas para evitar accidentes laborales.
- En la guía práctica se logra establecer mecanismos sencillos para el control de costos de las actividades en ejecución.

- La guía práctica establece los criterios de escogencia del equipo a utilizar, de igual manera da una pequeña guía del tipo de equipo necesario según las condiciones del sitio.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar charlas semanales entre los capataces de obra y los ingenieros, en donde se promuevan temas como el trabajo en equipo, y así mejorar la productividad.
- Se recomienda al proveedor interno Saret maquinaria que cuente con un programa de mantenimiento preventivo, tanto para el equipo pesado como para el equipo menor.
- Mejorar la comunicación interna de la empresa, principalmente con el departamento de compras para tratar de agilizar los procedimientos y evitar malentendidos.
- Se debe contar con proveedores comprometidos con el desarrollo del proyecto en donde no causen pérdidas de tiempo por falta de responsabilidad y puntualidad.
- Es recomendable contar con un inspector en campo por parte del departamento de control de calidad, en donde con la ayuda de las hojas de verificación levante información real acerca de la manera en que se ejecutan los procesos de excavación y movimiento de tierras para poder tomar decisiones a tiempo.

- Velar en todo momento para que el equipo que se alquila se encuentre en buenas condiciones y no represente pérdidas de tiempo por averías.
- Dar capacitaciones al personal para que estos puedan desempeñar sus labores de mejor manera y contribuyan al mejoramiento de la productividad por medio de la calidad de los productos.
- Realizar planificaciones de las actividades de excavación y movimiento de tierras a corto plazo.

Apéndices

- Guía práctica para el control y mejoramiento de los procesos de excavación.
- Documentación del análisis del trabajo en campo asistido con cámara de video.

SARET

GRUPO CORPORATIVO SARET DE PANAMÁ S.A.

**GUÍA PRÁCTICA PARA EL MEJORAMIENTO Y CONTROL
DE LOS PROCESOS DE EXCAVACIÓN**

Chiriquí, República de Panamá

2012

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN.....	5
PROPÓSITO.....	5
ALCANCE.....	5
1. EXCAVACIÓN.....	6
1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES.....	6
1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES.....	8
2.0 ACTIVIDADES PREVIAS.....	10
2.1 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO.....	11
2.2 CONDUCCIONES SUBTERRÁNEAS.....	12
2.3 CONDUCCIONES ELÉCTRICAS AÉREAS.....	13
3.0 ESTABILIDAD DE LOS TERRENOS, FACTORES QUE INFLUYEN.....	14
3.1 PROFUNDIDAD CRÍTICA.....	16
4.0 TALUDES.....	20
5. El BOMBEO.....	21
6. MARCACIÓN TOPOGRÁFICA.....	23
7. MOVIMIENTO TIERRAS.....	24
7.1 FASES DEL PROCESO.....	24
7.2 CAMBIOS DE VOLUMEN.....	28
7.3 EL ESPONJAMIENTO.....	30
7.3.1 FACTOR DE ESPONJAMIENTO.....	30
7.3.2 PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO.....	31
7.4 COMPACTACIÓN Y CONSOLIDACIÓN.....	31
7.4.1 FACTOR DE CONSOLIDACIÓN.....	32
7.4.2 PORCENTAJE DE CONSOLIDACIÓN.....	33
7.5 VALORES DE ESPONJAMIENTO.....	33
8. COSTOS Y PRODUCCIÓN DE LA MAQUINARIA.....	35
8.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN.....	35
8.2 EFICIENCIA HORARIA.....	39
8.3 CICLO DE TRABAJO.....	43
8.3.1 CARGA, ACARREO Y SOBRECARGO.....	45

8.3.2 ESCOGENCIA DEL EQUIPO	47
8.3.3 CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN.....	49
8.4 CÁLCULO DE COSTOS.....	49
8.5 CONTROL DE COSTOS.....	50
8.5.1 CONTROL DE CALIDAD.....	51
8.5.2 HOJAS DE VERIFICACIÓN.....	52
8.5.3 BITÁCORA.....	55
9. SEGURIDAD Y SALUD	55
9.1 PREVENCIÓN.....	55
9.2 SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS.....	56
9.3 ORGANIZACIÓN DE LA OBRA	56
9.4 PRECAUCIONES GENERALES EN EXCAVACIONES.....	57
10. RECOMENDACIONES GENERALES.....	58

INTRODUCCIÓN

La presente guía describe el proceso de excavaciones y movimientos de tierra, y los aspectos técnicos y de seguridad que esto conlleva para que se garantice que el proceso se lleve a cabo de la mejor manera, al optimizar los recursos, evitar accidentes a la integridad física de los trabajadores, aumentar la productividad en el sitio de trabajo y llevar un control de costos adecuado.

PROPÓSITO

Crear una idea clara de los diferentes factores y los pasos a seguir que se deben tomar en cuenta al momento de enfrentarse a un proceso de excavación y movimiento de tierras.

ALCANCE

La presente guía práctica es aplicable para las excavaciones masivas o de gran envergadura, principalmente para proyectos de construcción de centrales Hidroeléctricas.

1. EXCAVACIÓN

Es la actividad necesaria para la extracción de material del suelo o terreno con diferentes objetivos, como puede ser alcanzar el nivel de desplante de una cimentación, la construcción de un túnel o la rasante en la construcción de un camino, así como también para la instalación de una tubería.

1.1 CLASIFICACIÓN DE LAS EXCAVACIONES

Las excavaciones se pueden clasificar de tres maneras:

1. Clasificación de acuerdo con el procedimiento: El procedimiento a utilizar para la realización de una excavación depende de las características del terreno, los materiales por extraer o remover y las necesidades o características para lo que es necesaria la excavación.



Figura 1. Clasificación según procedimiento

2. Clasificación de acuerdo con la profundidad: La profundidad es uno de los factores que nos puede dar una idea de la dificultad que puede significar la realización de la excavación.



Figura 2. Clasificación según profundidad

3. Clasificación respecto al nivel freático: La presencia del agua en el sitio de excavación representa una condición muy importante para poder hacer una valoración de la actividad a realizar.

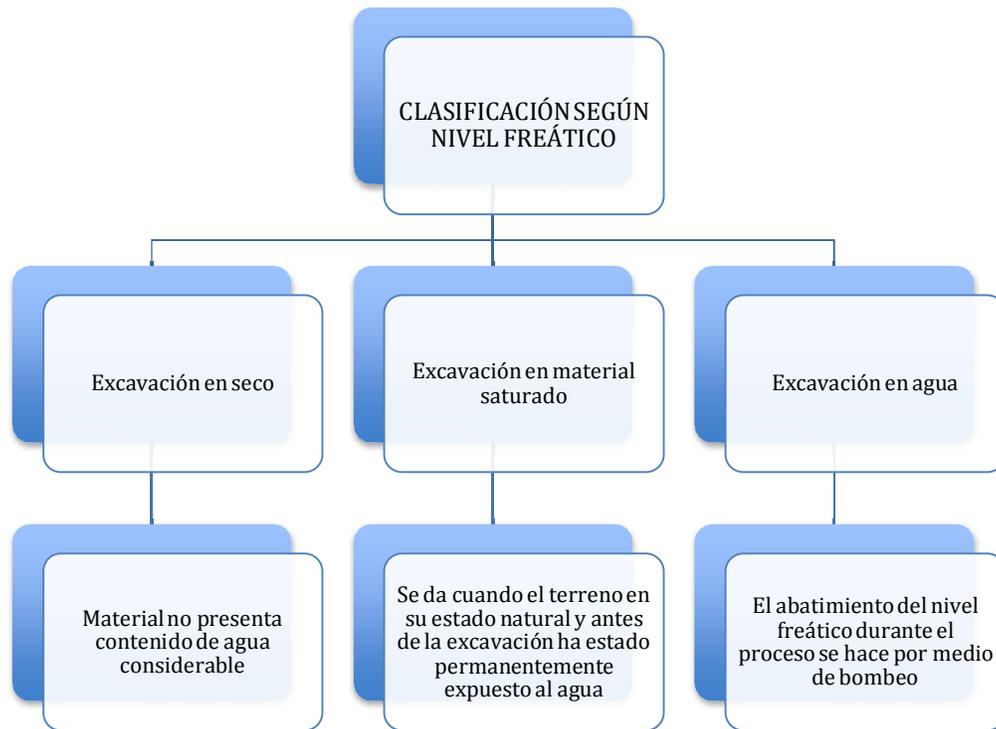


Figura 3. Clasificación según nivel freático

1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES

Los suelos a excavar se podrán clasificar tomando en cuenta las características cualitativas de estos, tales como pueden ser la granulometría, capacidad soportante, deformabilidad y permeabilidad, entre otras.

Para el proceso de excavación, la clasificación de suelos se define según la dificultad para ejecutar la actividad.

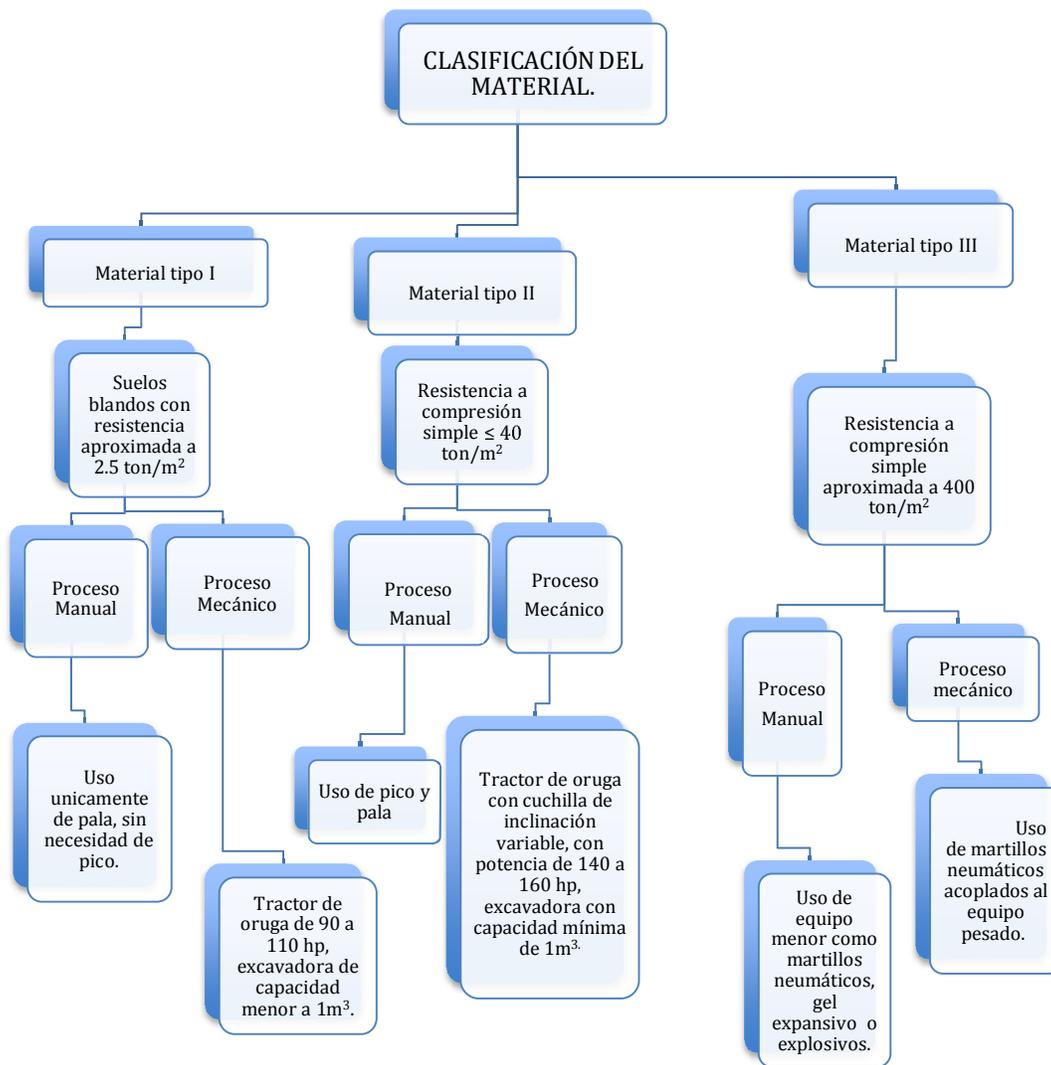


Figura 4. Clasificación general de los materiales

2.0 ACTIVIDADES PREVIAS

Antes de iniciar con los trabajos en campo para la excavación, es indispensable conocer una serie de circunstancias que pueden incidir en la seguridad de dichos trabajos, como lo son:

- Propiedades y características del terreno en relación con los trabajos que se van a realizar. Entre estos se pueden mencionar: nivel freático, contenido de humedad, estratificaciones, capacidad soportante, talud natural, filtraciones, alteraciones anteriores al terreno, permeabilidad.
- La proximidad con otras edificaciones y la característica de sus cimentaciones, como también no hay que dejar de lado las posibles sobrecargas que se puedan presentar en las proximidades de las paredes de excavación.
- La existencia o proximidad de instalaciones y conducciones como acueductos, oleoductos, tuberías de gas y electricidad, entre otros.
- La existencia de obras que produzcan vibración, como pueden ser una carretera, un fábrica, vía férrea, etcétera.

2.1 RECONOCIMIENTO DEL TERRENO

Siempre antes de iniciar con las excavaciones será necesario un estudio geotécnico que nos dé información acerca del tipo de terreno con que vamos a trabajar, sus propiedades y comportamiento, para así poder realizar una serie de cálculos con los cuales hacerle frente a la actividad, además de poder contemplar y controlar los tipos de riesgos que se pueden presentar.

Es importante la existencia en todo momento de un técnico al frente de los trabajos de excavación, mismo que con su experiencia, y al recopilar información de la zona o de personas que conozcan posibles cambios realizados en el terreno, como rellenos, causes, pueda llegar a hacerse una idea bastante certera del tipo de material con que va a trabajar.

El técnico al frente de los trabajos deberá estar en capacidad de poder observar el terreno y a partir de esto tomar decisiones de forma intuitiva respecto al comportamiento del mismo, como por ejemplo si el terreno puede o no ceder, desplomarse o derrumbarse. Si se trata de terreno rocoso, la seguridad en la estabilidad aumenta, y por contrario si es terreno en que la mayor parte de su composición es tierra, aumenta la inseguridad y la atención se agudiza.



Imagen 1. Excavación para el análisis del terreno, PHSL

2.2 CONDUCCIONES SUBTERRÁNEAS

Es preciso antes de iniciar con los trabajos de excavación conocer con exactitud la situación de los servicios públicos que pueden atravesar el área a excavar. Esta información debe ser recopilada en las entidades competentes, y en caso de existencia se deberá marcar y elegir un sistema que perdure hasta la realización de la excavación de la zona, en donde se indique con exactitud la profundidad a la que se encuentra la instalación. Así se les protege ante eventuales sobrecargas que puede producir el equipo pesado.

En caso de existencia de instalaciones públicas en el área, la metodología para realizar la excavación mediante medios mecánicos es de la siguiente manera:

1. Se realizará mecánicamente la excavación hasta un metro por encima de la instalación subterránea.
2. Se excava el metro restante con medios manuales como perforadores neumáticos, picos y palas, entre otros.

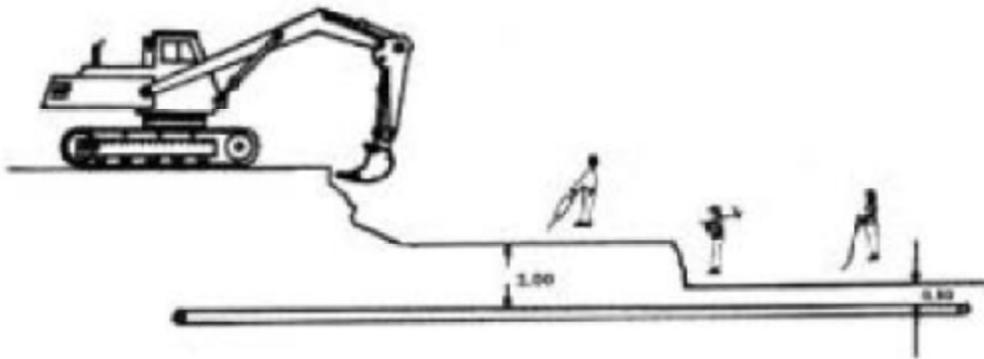


Imagen 2. Niveles de excavación con seguridad

2.3 CONDUCCIONES ELÉCTRICAS AÉREAS

Los riesgos que pueden representar las líneas eléctricas aéreas dependerán de dos cosas:

- Si estas cruzan por el lugar de excavación.
- Si estas se encuentran próximas al lugar de la excavación.

Para la primera situación no se deben iniciar los trabajos de excavación hasta que la compañía responsable haya tomado las medidas del caso, ya sea que elimine la línea o que la haya levantado lo suficiente para poder realizar las maniobras que la excavación requiere.

Para el segundo caso, lo más recomendable es tomar las medidas de seguridad pertinentes, como las siguientes:

- Guardar una distancia segura por medio de dispositivos de apantallamiento u obstrucción del paso, que impidan el acercamiento peligroso, se recomienda mínimo respetar 6 metros de distancia.
- Colocar letreros que identifiquen y hagan saber el tipo de riesgo que estas líneas representan; además estas placas deberán indicar la necesidad de avisar a la empresa encargada de la línea que en caso de incendio suspenda el servicio antes de proceder a extinguir el fuego con agua.

3.0 ESTABILIDAD DE LOS TERRENOS, FACTORES QUE INFLUYEN

Cuando se altera el estado natural de un terreno, se rompe el equilibrio que existe dentro de un sistema. Dicho equilibrio (es algo) que el sistema logró a través del tiempo, y este tiempo depende del tipo de terreno que se está alterando por medio de la excavación.

Para entender mejor, ponemos un ejemplo: cuando se realiza una excavación en arena, el sistema que se está alterando prácticamente busca el equilibrio de

inmediato, ya que los granos de arena en la pared se deslizan hacia el fondo, por lo cual este desplazamiento se detiene cuando se consigue un cierto ángulo de talud natural. Si se realiza la misma práctica en una arcilla, se podría obtener cierta profundidad con paredes casi verticales, en otras palabras el sistema reacciona más lento en la busca de ese equilibrio, esto debido a que la arcilla posee mayor cohesión que la arena y eso le brinda una mayor estabilidad. Entre los factores que afectan la estabilidad se tienen:

- Ángulo de rozamiento
- Granulometría
- Humedad
- Estratigrafía, buzamientos y fallas
- Factores climáticos
- Vibraciones
- Consistencia
- Permeabilidad



Imagen 3. Excavación en roca, casa de máquinas, PHSL

3.1 PROFUNDIDAD CRÍTICA

Cuando se realiza una excavación se le llama profundidad crítica a la profundidad máxima que se puede lograr en pared vertical sin ningún tipo de fortificación.

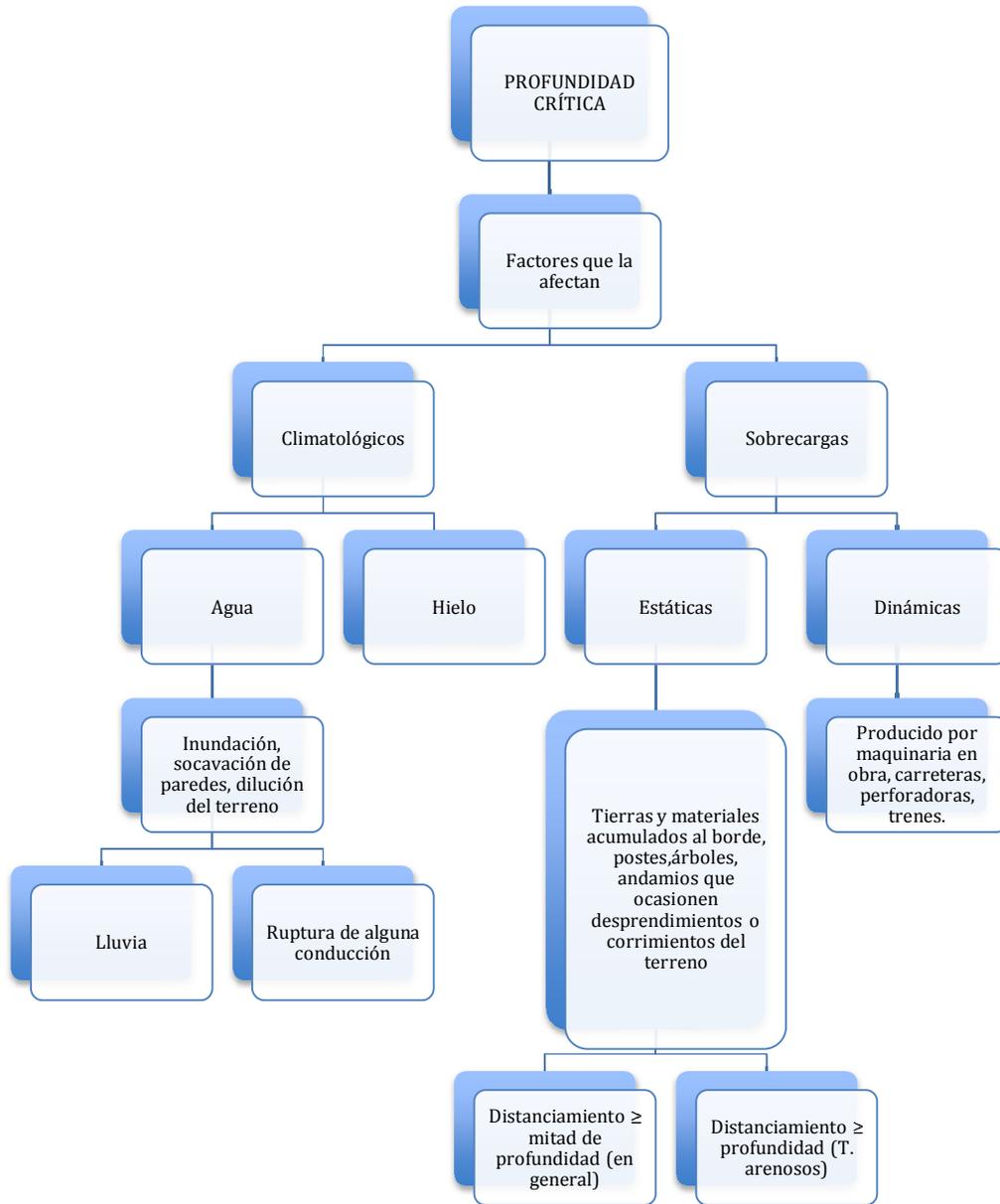


Figura 5. Profundidad crítica, factores que la afectan



Imagen 4. Sobrecarga estática ejercida por la torre grúa, casa de máquinas, PHSL

Los terrenos se pueden clasificar según su estabilidad en:



Figura 6. Clasificación de terrenos según estabilidad

CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- Generalmente los terrenos rocosos no representan problemas, sin embargo hay que tener precaución si estos presentan fisuras o inclinaciones entre estratos hacia el corte.
- Especial atención con los terrenos arcillosos, ya que estos son sensibles a cambios de humedad, y eso produce contracciones y fisuras que ayudan al desprendimiento y rotura del terreno.
- En estratos de arenas y gravas, el tiempo que tarda en disgregarse las partículas es directamente proporcional a la compactación del mismo.

- Los terrenos de relleno son peligrosos si no se les da el adecuado tratamiento de compactación, además debe existir una buena cohesión entre el relleno y el terreno natural.

4.0 TALUDES

Es importante para los trabajos en campo tener conocimiento del límite de estabilidad de un terreno, el cual viene dado por el ángulo del talud natural característico. Ese ángulo es el de máxima pendiente con la horizontal, el cual puede mantener el terreno indefinidamente sin que el material tienda a deslizarse o desmoronarse. A continuación se adjunta una tabla con inclinaciones y pendientes de los taludes que dependen de la naturaleza y contenido de agua en el terreno.

Naturaleza del terreno	Excavaciones en terreno virgen o terraplenes homogéneos muy antiguos				Excavaciones en terreno removido recientemente o terraplenes recientes			
	TERRENOS				TERRENOS			
	Secos		Inmersos		Secos		Inmersos	
	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente	Angulo con la horizontal	Pendiente
ROCA DURA	80°	5/1	80°	5/1	-	-	-	-
ROCA BLANDA O FISURADA	55°	7/5	55°	7/5	-	-	-	-
RESTOS ROCOSOS, PEDREGOSOS, DERRIBOS	45°	1/1	40°	4/5	45°	1/1	40°	4/5
TIERRA FUERTE (MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA) MEZCLADA CON PIEDRA Y TIERRA VEGETAL	45°	1/1	30°	3/5	35°	7/10	30°	3/5
GRAVA, ARENA GRUESA NO ARCILLOSA	35°	7/10	30°	3/5	35°	7/10	30°	3/5
ARENA FINA NO ARCILLOSA	30°	3/5	20°	1/3	30°	6/10	20°	1/3

Tabla 1. Ángulo de inclinación y pendiente de los taludes. (Fuente. Mecánica de suelos, Crespo)

5.0 EI BOMBEO

Cuando se realizan labores de excavación, el control de los niveles de agua en el subsuelo es una parte de suma importancia para poder realizar los trabajos de buena manera. En este sentido, se debe entonces drenar o abatir el agua del sitio de excavación con el fin de obtener condiciones relativamente secas, lo cual para lograrlo, se debe optar por el bombeo.



Imagen 5. Abatimiento del agua por medio de bombeo, PHSL

La ausencia del agua, sin llegar a un estado totalmente seco, proporciona ventajas para la realización de las actividades en el sitio de excavación. Se mencionan algunas a continuación:

- Se obtiene mayor estabilidad en el fondo y en los taludes de la excavación.
- Se reducen las cargas hidrostáticas en los taludes.
- Permite que el material que se está excavando sea más liviano y fácil de manipular.
- Se evita un fondo movedizo y lleno de lodo.
- Se ve favorecido el transitar de los equipos en el sitio.

Para poder realizar una adecuada selección de la metodología de abatimiento, es importante tener en cuenta ciertos criterios resultantes del estudio de mecánica de suelos realizado con antelación, como son:

- Estratigrafía.
- Clasificación del suelo.
- Permeabilidad.
- Disponibilidad de fuentes de energía para el equipo de bombeo.
- Nivel freático probable existente durante la realización de las actividades de excavación.

CONSIDERACIONES IMPORTANTES

- La descarga de agua proveniente del bombeo deberá realizarse lo más lejos posible de la zona de trabajo, para así evitar su retorno.
- En excavaciones con suelos densos o cementados, se recomienda realizar zanjas o cárcamos en el fondo para conducir el agua hasta la bomba, teniendo en cuenta que esto no afecte la realización de las actividades.
- Importante contar con equipo de repuesto para que en caso de avería sustituir y evitar la inundación del sitio.

6.0 MARCACIÓN TOPOGRÁFICA

Antes del inicio del proceso de excavación y movimiento de tierras, en campo debe existir la adecuada demarcación del terreno por parte de equipo de topografía, en donde se indique claramente las dimensiones y niveles de las excavaciones a realizar. El capataz responsable del frente de trabajo debe tener perfecto conocimiento de la demarcación, así como también debe estar en capacidad para interpretar dicha demarcación y así estar consiente del trabajo que va a iniciar.

La intervención topográfica también se debe hacer después de la excavación para cerciorarse que los niveles y dimensiones realizados sean los correctos.



Imagen 6. Equipo de topografía, PHSL

7.0 MOVIMIENTO TIERRAS

7.1 FASES DEL PROCESO

A continuación un cuadro resumen con una pequeña descripción de cada fase que constituye el proceso:

Fases del proceso de movimiento de tierras	
1. Desagregación previa	En terrenos rocosos o muy compactos es necesario antes de iniciar la excavación la disgregación del material, por consiguiente se realizan rípiados, voladuras y/o también la utilización de martillos hidráulicos.

2. Excavación	En esta fase se estudiará la maquinaria, las técnicas de excavación más adecuadas y la inclinación de los taludes, para que estos sean estables en un corto y largo plazo.
3. Carga	Generalmente esta fase se da inicio inmediatamente después de la excavación; en ella se deben estudiar los movimientos de los equipos de carga, coordinar los rendimientos con el equipo de transporte y estudiar las posiciones en sitio.
4. Transporte	Se lleva el producto de la excavación a su lugar de empleo o al botadero. Se debe prestar atención a las pendientes para los camiones, estado de los caminos y dimensiones, entre otros.
5. Descarga	Es la descarga del material que acarrea el camión al lugar de reutilización o botadero del material.
6. Compactación y consolidación	Si el material excavado se va a reutilizar, puede que sea necesario realizar trabajos de compactación y consolidación para mejorar sus propiedades soportantes.

Los materiales en su forma natural se encuentran en diferentes tipos de formaciones, mismas que se denominan bancos. La fase de excavación se da al extraer o dividir este material del banco. Como característica general, cada terreno presenta su nivel de excavabilidad, que hay que tener en cuenta para poder hacerle frente a la excavación con éxito.



Imagen 7. Desagregación previa con martillo hidráulico, PHSL



Imagen 8. Carga y transporte del material, PHSL



Imagen 9. Descarga y extendido del material excavado, PHSL

7.2 CAMBIOS DE VOLUMEN

Es importante para el movimiento de tierras tener en cuenta los cambios de volumen que se dan en los materiales, ya que en el proyecto de ejecución de una obra, al momento de calcular los volúmenes en planos, estos están en sus magnitudes geométricas y las mediciones son en m^3 de los perfiles transversales indicados. Estos cambios de volumen se deben tener en cuenta en el acarreo, en la compactación y consolidación.

Todos los terrenos están constituidos por la agregación de partículas de diversos tamaños, y entre estas partículas quedan espacios vacíos ocupados por aire y agua. Cuando el material en su estado natural experimenta acciones mecánicas, se ve modificada la ordenación de las partículas que lo constituyen, y por ende el espacio que ocupan el aire y el agua también es alterado. Es decir, el volumen de una porción de material no es fijo, sino que depende de las acciones mecánicas a las que se somete. El volumen que ocupa un material en un instante dado se conoce como volumen aparente.

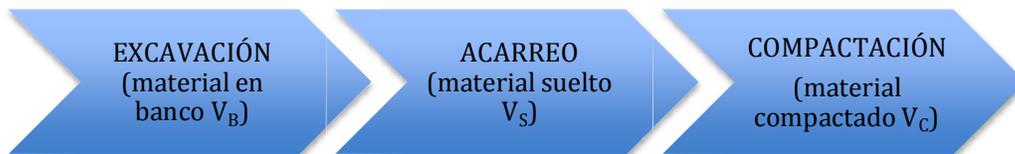


Figura 7. Esquema de cambio de volumen del material



Imagen 10. Zona de excavación, cambio de volumen del material

VOLUMENES APARENTES				
	EXCAVACION	CARGA	TRANSPORTE	COMPACTACION
EXCAVACION EN TIERRAS	 1,0 VOLUMEN APARENTE	CARGADA 	 1,20 a 1,30	VERTIDA PISADA 1,10 1,0 1,20 1,10 0,95 RELLENOS 1,0
	EN BANCO 1,0 VOLADA 2,0		 1,25 a 1,50	MACHAQUEO PRIMARIO 1,30 a 1,40 TRITURACION 1,20 a 1,30

Imagen 11. Relación de volúmenes aparentes en el movimiento de tierras. Fuente: Material curso carreteras II, ITCR

7.3 EL ESPONJAMIENTO

El esponjamiento, que se da en un material al momento en que se altera su estado natural en banco, se debe tener en cuenta para calcular la producción de excavación y así poder dimensionar adecuadamente los medios de acarreo necesarios para realizar las labores.

Para poder tomar en cuenta este fenómeno existen dos parámetros importantes:

- El factor de esponjamiento.
- El porcentaje de esponjamiento.

7.3.1 FACTOR DE ESPONJAMIENTO

Se conoce como factor de esponjamiento a la relación que existe entre el volumen antes de la excavación y el volumen después de la excavación.

$$F_W = V_B / V_s$$

Donde:

F_W = Factor de esponjamiento.

V_B = Volumen que ocupa el material en banco.

V_s = Volumen que ocupa el material suelto.

Para efectos prácticos, en la ejecución de un proyecto se tienen los planos, en los cuales vienen indicadas las excavaciones a realizar por medio de cortes, y

además la representación de la superficie natural del terreno. Con esta información podemos calcular el volumen en banco o volumen a excavar (V_B), de manera que para poder dimensionar el volumen a mover o volumen suelto (V_s), la ecuación pasa a ser:

$$V_s = V_B / F_w$$

7.3.2 PORCENTAJE DE ESPONJAMIENTO

Se le llama porcentaje de esponjamiento al incremento del volumen que experimenta el material excavado respecto al volumen en banco.

$$S_w = ((V_s - V_B) / (V_B)) * 100$$

Donde:

$$S_w = \text{Porcentaje de esponjamiento}$$

De la misma manera que se mencionó en el punto anterior, con la información en planos se obtiene el (V_B), y para el cálculo del V_s la ecuación pasa a ser:

$$V_s = ((S_w / 100) + 1) * V_B$$

7.4 COMPACTACION Y CONSOLIDACIÓN

Cuando se compacta y consolida un material se reduce la cantidad de espacios vacíos entre las partículas que lo componen. La razón de la compactación nace con el objetivo de conseguir un mejor desempeño mecánico del material, mismo que debe estar acorde con el uso que se le va a dar.

La disminución del volumen por medio de la compactación es un factor que se debe tomar en cuenta al momento de mover el material necesario para la construcción de alguna obra de tierra de volumen conocido.

7.4.1 FACTOR DE CONSOLIDACIÓN

Es la relación que existe entre el volumen del material en banco y el volumen que se necesita compactado.

$$F_h = V_B / V_C$$

Donde:

F_h = factor de consolidación.

V_C = Volumen material compactado.

7.4.2 PORCENTAJE DE CONSOLIDACIÓN

Se conoce como porcentaje de consolidación al porcentaje que representa la variación del volumen del material en banco al material compactado, respecto al primero.

$$S_h = ((V_B - V_C) / V_B) * 100$$

7.5 VALORES DE ESPONJAMIENTO

Lo más recomendable es que para cada proyecto se realice un estudio para determinar los valores de F_w y S_w y así poder calcular con exactitud los cambios de volúmenes que van a experimentar los materiales, sin embargo existen tablas con valores aproximados que se pueden utilizar como referencia.

MATERIAL		d_L (t/m ³)	d_B (t/m ³)	S_w (%)	F_w
Caliza		1,54	2,61	70	0,59
Arcilla	Estado natural	1,66	2,02	22	0,83
	Seca	1,48	1,84	25	0,81
	Húmeda	1,66	2,08	25	0,80
Arcilla y Grava	Seca	1,42	1,66	17	0,86
	Húmeda	1,54	1,84	20	0,84
Roca Alterada	75% Roca - 25% Tierra	1,96	2,79	43	0,70
	50% Roca - 50% Tierra	1,72	2,28	33	0,75
	25% Roca - 75% Tierra	1,57	1,06	25	0,80

Tierra	Seca	1,51	1,90	25	0,80
	Húmeda	1,60	2,02	26	0,79
	Barro	1,25	1,54	23	0,81
Granito Fragmentado		1,66	2,73	64	0,61
Grava	Natural		1,93	2,17	13
	Seca	1,51	1,69	13	0,89
	Mojada	2,02	2,26	13	0,89
Arena y Arcilla		1,60	2,02	26	0,79
Yeso Fragmentado		1,81	3,17	75	0,57
Arenisca		1,51	2,52	67	0,60
Arena	Seca	1,42	1,60	13	0,89
	Húmeda	1,69	1,90	13	0,89
	Empapada	1,84	2,08	13	0,89
Tierra y Grava	Seca	1,72	1,93	13	0,89
	Húmeda	2,02	2,23	10	0,91
Tierra Vegetal		0,95	1,37	44	0,69
Basaltos ó Diabasas Fragmentadas		1,75	2,61	49	0,67

Tabla 2. Densidades en banco y sueltas, además de factor de esponjamiento y porcentaje de esponjamiento para diferentes tipos de materiales. (Fuente. Mecánica de suelos, Crespo)

Es importante mencionar que al momento de dimensionar el equipo de carga no únicamente hay que tener en cuenta la capacidad (m^3), hay que tomar en cuenta también su carga máxima, que para esto se utiliza la densidad suelta (d_L).

$$\text{Carga del camión (ton)} = \text{Capacidad (m}^3\text{)} * d_L \text{ (ton/m}^3\text{)}$$

8.0 COSTOS Y PRODUCCIÓN DE LA MAQUINARIA

Se conoce como producción de una máquina a la cantidad de unidades de trabajo producidas por unidad de tiempo.

Producción = Unidades de trabajo / tiempo

Para el movimiento de tierras las unidades más utilizadas son el m³ o la tonelada, por otro lado la unidad de tiempo más utilizada es la hora.

8.1 FACTORES QUE INFLUYEN EN LA PRODUCCIÓN

La productividad de una maquinaria depende de múltiples factores particulares, como son:

- Eficiencia horaria.
- Condiciones de trabajo de la obra.
 - Naturaleza, disposición y humedad del terreno: Cuando el material se encuentra en estado húmedo presenta mayor adherencia entre partículas, lo que hace aumentar la capacidad; sin embargo si la humedad es excesiva la capacidad de la máquina se ve disminuida. En el caso de las arcillas, el rendimiento de la maquinaria de excavación y acarreo se ve disminuida por su adherencia con las paredes de los baldes y las góndolas de las volquetas. En estado seco los materiales presentan el volumen aparente de la capacidad de la máquina.

- Accesos (pendiente, estado de los caminos): Es uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta, ya que estos pueden tener un gran impacto en el costo de las actividades de los equipos. La importancia del mantenimiento adecuado de los caminos internos de la obra, así como velar por que las pendientes no sean mayores al 15%, se da porque estos pueden repercutir de diferentes maneras.
 - Potencia de los equipos: el camino en mal estado significa el desarrollo de más potencia por aparte de las máquinas, y esto se traduce en un mayor consumo de combustible.
 - Tiempo de transporte: un mal estado de los caminos hace que los equipos se muevan a menor velocidad, lo que disminuye la productividad, y aumenta costos.
 - Capacidad de transporte: con una buena superficie de ruedo la maquinaria puede desarrollar de mejor manera su potencia, y con esto mayor capacidad de transporte de material.
 - En la logística: se debe contar con espacio de estacionamiento para la maquinaria en avería, con esto se evita la obstrucción del paso.
 - Integridad del equipo: si las condiciones de los caminos no son las adecuadas los equipos se maltratarán de mayor manera y se incrementa el riesgo de avería.

- El clima: factor importante, ya que además de paralizar las actividades de excavación y acarreo también afecta el estado de los caminos, se crea barro y la humedad reduce la tracción de las máquinas.
- Altitud: Reduce la potencia de las máquinas.
- Organización de la obra:
 - Planificación: Sin una adecuada planificación se ve afectada la producción de las máquinas, que se traduce en esperas, maniobras, embotellamientos y retrasos. Se debe cuidar el orden de los trabajos para reducir al mínimo la cantidad de máquinas necesarias.
 - Incentivos a la producción.
- Habilidad y experiencia del operador. Repercute directamente en la productividad de la actividad, así como en la integridad de los equipos.



Imagen 12. Humedad del terreno, PHSL



Imagen 13. Accesos en mal estado PHSL



Imagen 14. Camino en mal estado debido a lluvias, PHSL



Imagen 15. Mejoramiento de accesos, PHSL

8.2 EFICIENCIA HORARIA

En la productividad de los equipos se conoce como producción óptima (P_{op}) a la máxima alcanzable al trabajar los 60 minutos de cada hora.

En las labores de campo, generalmente se trabaja de 45 a 50 minutos en una hora, por lo que la producción normal (P_n) será el cociente de los minutos trabajados entre 60 minutos, multiplicado por la producción óptima de la siguiente manera.

$$P_n = (\text{min. Trabajados} / 60 \text{ min.}) * P_{op} = f_h * P_{op}$$

Donde:

P_n = Producción normal.

f_h = Eficiencia horaria o factor operacional.

P_{op} = Producción óptima.

Como bien es conocido, la producción depende de diferentes valores, mismos que determinan la eficiencia horaria de una actividad. En la siguiente la tabla se muestran diferentes valores de f_h para diferentes condiciones.

Condiciones de trabajo	Organización de obra		
	Buena	Promedio	Mala
Buenas	0,90	0,75	0,60
Promedio	0,80	0,65	0,50
Malas	0,70	0,60	0,45

Tabla 3. Valores de factor operacional para diferentes condiciones. (Fuente. Material curso carreteras II, ITCR)

Ejemplo: Se tiene que una excavadora tarda 2 minutos en excavar 13 m^3 , por lo que su producción óptima sería:

$$(13 \text{ m}^3 / 2 \text{ min.}) \times 60 \text{ min.} = 390 \text{ m}^3 = P_{op}$$

Ahora, suponiendo buenas condiciones de trabajo y mala organización, la producción normal sería:

$$P_n = 0,60 \times 390 \text{ m}^3 = 234 \text{ m}^3$$

Otro de los aspectos que hay que tener en cuenta cuando se busca el mejoramiento de la producción, es el uso de incentivos a los trabajadores. Sin embargo, de cualquier manera será difícil que se presenten valores superiores a 90 % de eficiencia horaria. Por otro lado es válido acotar que en condiciones adversas de trabajo y organización, la eficiencia horaria puede llegar a ser el 50%.

Incentivo	Organización	Min./hora	Fh
Si	Buena	50	0,83
Si	Mala	42	0,70
No	Mala	30	0,50

Tabla 4. Incentivos a la producción

(Fuente. Material curso carreteras II, ITCR)

En la práctica, los principales factores que afectan la eficiencia horaria de los equipos de excavación son:

- Averías
- Mantenimiento
- Condiciones atmosféricas

Durante la realización de las actividades normales de la maquinaria, se dan diferentes tipos de pérdidas de tiempo. En el siguiente cuadro se muestran de manera porcentual.

Pérdidas de tiempo	
Meteorología	9%
Maniobras	8%
Esperas	11%
Averías mecánicas	6%
Habilidad del operador	15%
Total máximo	60%

Tabla 5. Porcentajes de pérdidas de tiempo

(Fuente. Material curso carreteras II, ITCR)

Del cuadro anterior podemos observar que la calidad del operador es uno de los aspectos a los cuales hay que prestarle mucha atención, también es importante que antes de iniciar con la obra se haga un estudio de las posibles condiciones meteorológicas con que se contará.

Se puede decir que con una buena planificación en sitio y coordinación de los equipos se verán disminuidos los porcentajes de maniobras y espera.

Por otro lado, el factor averías puede llegar a ser importante, y para disminuirlo se debe prestar atención a:

- Habilidad del operador.
- Rudeza del trabajo.
- Fiabilidad de la máquina.
- Mantenimiento.
- Respuesta de los proveedores y rapidez de repuestos.

DISPONIBILIDAD DE LA MAQUINARIA

Este es uno de los aspectos que no se puede dejar de lado, ya nos da una idea clara del estado de la maquinaria con que se cuenta y a partir de este valor permite tomar decisiones importantes. Generalmente para que las cosas caminen bien se debe tener como mínimo un porcentaje de disponibilidad del 90%.

$\% \text{ de disponibilidad} = (\text{horas de trabajo} / (\text{horas de trabajo} + \text{horas de reparaciones})) * 100$

8.3 CICLO DE TRABAJO

Se conoce como ciclo de trabajo al tiempo que toma la realización en conjunto de una serie de operaciones que se repiten constantemente.

El tiempo de un ciclo puede dividirse en fijo y variable.

- Tiempo fijo: Hace referencia a tiempos generalmente constantes dentro del ciclo de trabajo, como pueden ser cargar, descargar, girar y acelerar entre otros.
- Tiempo variable: Es el tiempo transcurrido en el acarreo, mismo que depende de la pendiente, la distancia, el operador. Se debe considerar por aparte el tiempo de ida y el de vuelta, esto debido al efecto del peso de la carga y pendientes positivas o negativas, según sea el caso.

En movimiento de tierras, generalmente el ciclo de trabajo está dado de la siguiente manera:



Figura 8. Ciclo de trabajo para movimiento de tierras

En la práctica, para obtener un resultado más preciso de la duración de los ciclos, se debe utilizar un valor medio, obtenido de la medición de una cantidad

significativa de ciclos. De no ser así, esto podría llevar a resultados erróneos, ya que pueden existir cambios en las condiciones externas con que se realiza el trabajo.

8.3.1 CARGA, ACARREO Y SOBREACARREO

Se define carga como la acción que se realiza para depositar material proveniente de trabajos varios como una excavación, voladura o demolición, para ser transportado posteriormente.

El acarreo es la maniobra de trasladar o transportar el material cargado hasta su lugar de disposición, ya sea dentro o fuera de la obra.

Existen dos tipos de acarreos:

- Acarreo libre: Se da cuando el traslado del material se efectúa a una distancia definida en el proyecto, generalmente no mayor a 1 km.
- Sobreacarreo: Se da cuando el traslado del material es mayor a lo contemplado en el acarreo libre y se determina por secciones, mismas que se dan en estaciones subsecuentes al primer kilómetro, y de kilómetro en kilómetro.

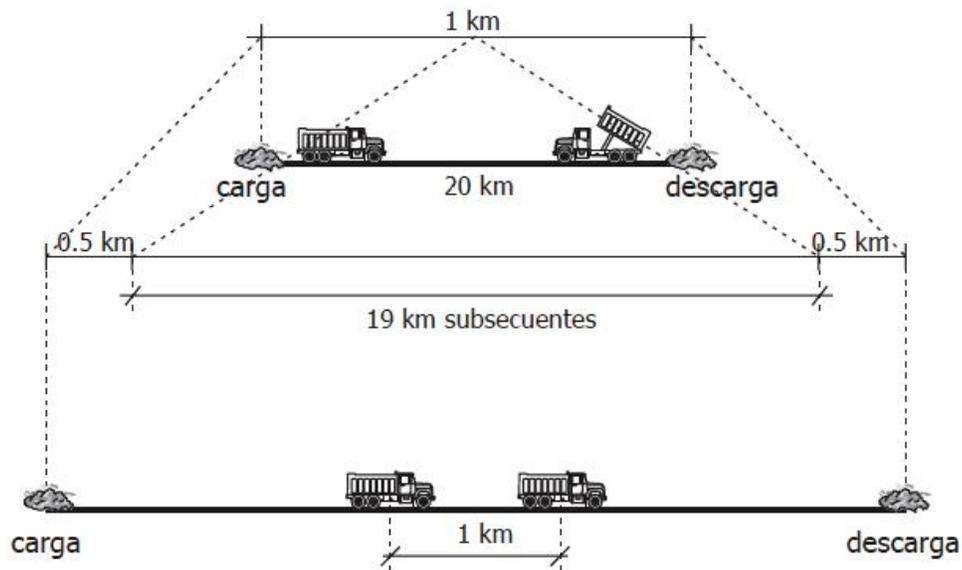


Figura 9. Acarreo y sobreacarreo

(Fuente. Manual Técnico de la construcción.)

Dentro de los factores que determinan la eficiencia de los acarreo se pueden mencionar:

- Cantidad de camiones a utilizar.
- Habilidad del operador de la maquinaria.
- Característica, estado y tránsito del camino.
- Capacidad de carga de los camiones.
- Capacidad y velocidad de la maquinaria.
- La distancia hasta la zona de descarga.

Se dice que cuando se da una combinación balanceada de estos factores se evitarán los tiempos muertos durante el proceso de carga y acarreo.

Los tiempos muertos en la maquinaria de carga se dan cuando:

- La distancia de descarga es considerable.
- La cantidad de camiones es reducida.
- La capacidad y velocidad de maquinaria es elevada.

Por otro lado, si se aumenta el número de camiones, estos presentarán tiempos ociosos cuando esperan su turno para cargar, por lo que es de consideración tener en cuenta:

- El mantenimiento del equipo en las condiciones adecuadas.
- Mantener cerca los combustibles y lubricantes necesarios para la realización de la actividad.
- El análisis en campo de la ejecución del proceso.

8.3.2 ESCOGENCIA DEL EQUIPO

Para la escogencia del equipo a utilizar en la ejecución de movimientos de tierra y excavación, se debe tener en cuenta como requisitos mínimos los siguientes:

- El equipo debe cumplir con la producción requerida.
- Que se adapte y sea flexible a las distintas condiciones que se puedan presentar en el transcurso de la ejecución del proyecto.
- Que posea fiabilidad suficiente.
- Que tengan una buena asistencia técnica y respaldo de repuestos.
- Que provoque una organización lo menos costosa y complicada.

Respecto a la información importante que se debe tener en cuenta al momento de escoger el equipo, podemos mencionar:

- Tipo de material que se va a excavar o mover.
- Distancia a la zona de descarga de material.
- Tipo de camino para el acarreo.
- Tiempo máximo disponible.

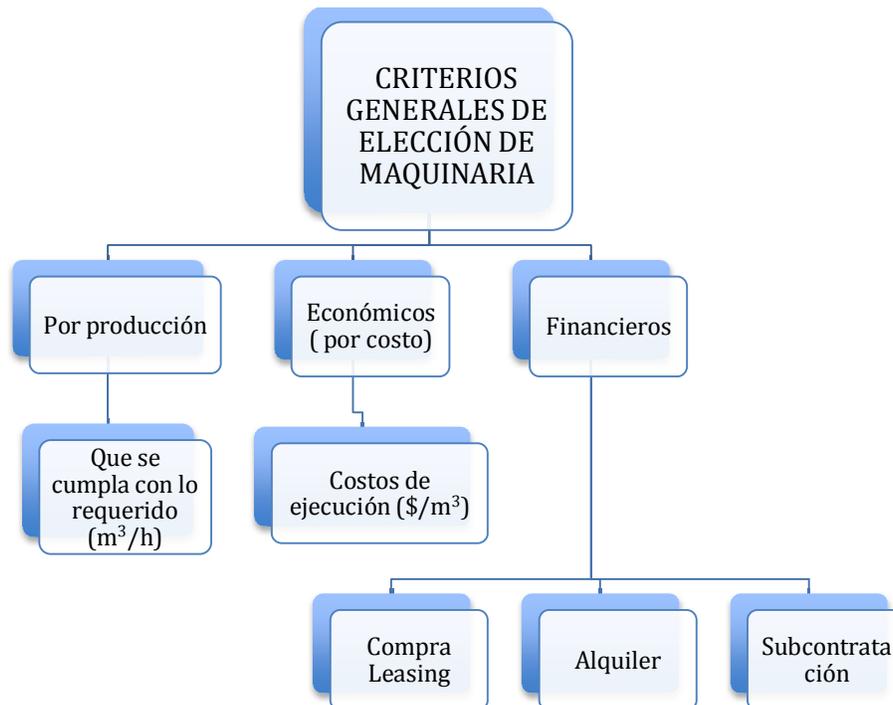


Figura 10. Criterios para la selección de maquinaria

8.3.3 CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN

Una vez estudiado el proceso y su ciclo de trabajo, se puede hacer un cálculo de la producción horaria del frente de trabajo, para esto se necesita un dato certero de la duración del ciclo y la capacidad de los equipos de acarreo.

Producción teórica (m³) = Capacidad (m³/ciclo) * (# de ciclos/hora)

Sin embargo, esta formula de producción sería la producción teórica, la producción efectiva es el resultado de multiplicar la producción teórica por aquellos factores antes mencionados.

Producción Real = Producción teórica (m³) * f₁ * f₂ ... f_n.

8.4 CÁLCULO DE COSTOS

En la ejecución de proyectos se contará con equipo de muy alto costo horario, es por esto que se debe buscar su utilización de manera óptima, con el fin de no desperdiciar los recursos con los que se cuenta. Para esto es indispensable encontrar la mejor relación entre la producción y los costos de esta.

Para el costo de la producción se necesitan dos datos, el costo horario de toda la maquinaria involucrada en el proceso y la producción real de ese grupo de maquinaria, de la siguiente manera:

Costo de producción = costo horario (\$/hr) / producción real (m³).

8.5 CONTROL DE COSTOS

El control de costos de los equipos es indispensable para el buen caminar económico del proyecto.

En obra se debe llevar una estadística actual de los costos horarios totales de las distintas máquinas. De esta manera y en conjunto con la producción de los distintos equipos se puede conocer día con día los costos de dichas unidades; y así, en caso de que existan diferencias negativas respecto a los precios que se indican en la oferta, poder realizar a tiempo los cambios o ajustes necesarios.

En obra se existen dos tipos de costos:

1. Costos directos: Son los costos producidos por todas las unidades de obra subcontratadas y aquellas actividades que la empresa ejecuta con su propio personal.
2. Costos indirectos: Dentro de estos se encuentran la parte administrativa y los del propio personal de control de calidad, de modo que aunque los costos de subcontratistas son fijos, los retrasos de estos repercuten en los costos indirectos. Ejemplo de esto son los sueldos del personal, si la obra se atrasa o se paraliza por alguna razón, el sueldo del personal se sigue pagando, por lo que un atraso significa aumento de costos.

Como bien se sabe, los costos fijos de una empresa son proporcionales al tiempo de ejecución de la obra, por lo cual para reducirlos es indispensable reducir los plazos de ejecución.

Siempre es importante realizar un estudio económico y tener en cuenta que normalmente existen costos de producción que aumentan al disminuir los plazos de ejecución, mismos que están determinados ya sea porque existe una fecha fija de inauguración o por asuntos de rentabilidad por la existencia de multas, entre otras cosas. Este aumento de costos puede darse por el aumento de horas extra, mayor requerimiento de equipos, o mayor cantidad de personal.

Para lograr un adecuado control de costos se debe contar con una adecuada planificación informatizada, la cual se divide en:

- Plan de obra: Es el estudio del proceso constructivo descompuesto en actividades, redes de precedencias en donde queden establecidos los pasos a seguir, y se cuente con una correcta estructura detallada de trabajo.
- Planificación económica: Es un plan de objetivos, seguimiento de costos y producciones con actualizaciones periódicas.

8.5.1 CONTROL DE CALIDAD

Se debe contar en obra con personal capacitado para velar por la calidad con que se realizan los trabajos de excavación y movimiento de tierras. El control de

la calidad de las obras tiene su espacio importante dentro del control de costos, ya que obras realizadas con calidad baja pueden representar mayores costos en correcciones, traslados y pérdidas de tiempo, entre otros factores. Para realizar labores de excavación y movimiento de tierra de buena calidad se debe contar con la planificación, organización y coordinación adecuada, lo cual va a ir en sustento de la economía de la empresa.

Para un buen control de costos no solamente se necesitan personas en oficina que estén llevando control de producciones, rendimientos, costos, planificaciones, sino que también el control de costos debe comenzar en el campo. En el sitio de excavación y movimientos de tierras se debe contar con una o varias personas del departamento de control de calidad encargadas del análisis y documentación de las condiciones con que se realizan las actividades.

8.5.2 HOJAS DE VERIFICACIÓN

Se realiza el diseño de hojas de verificación en campo para el uso por parte del inspector de control de calidad.

El objetivo de estas hojas es verificar las condiciones con que se están realizando las tareas de excavación y movimiento de tierras, visualizar problemas y aportar recomendaciones para el mejoramiento del proceso. A partir del análisis de esta información, tomar decisiones relevantes y con esto poder mejorar la productividad de los frentes de trabajo, evitar tiempos muertos, longitudes de acarreo innecesarias y sobre todo controlar la calidad y los costos de ejecución de buena manera.

SARET		EXCAVACIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS	
ANÁLISIS TRABAJO EN CAMPO			Hoja 1
INFORMACIÓN GENERAL			
Proyecto:		Fecha:	
Inspector:		Firma:	
Frente de trabajo:		Responsable frente:	
Hora de inicio:		Hora final:	
CONDICIONES DE TRABAJO			
1. Condición del clima:	Soleado _____	Nublado _____	Lluvioso _____
2. Longitud de acarreo:	_____	metros	
3. Condición del camino:	Bueno _____	Regular _____	Malo _____
4. Manejo de aguas:	Bueno _____	Regular _____	Malo _____
5. Tiempo ocioso equipo excavación:	Sí _____	No _____	
6. Tiempo ocioso equipo acarreo:	Sí _____	No _____	
7. Dimensiones, niveles marcados en sitio correctamente:		Sí _____	No _____
Recursos utilizados			
1.		7.	
2.		8.	
3.		9.	
4.		10.	
5.		11.	
6.		12.	

Imagen 16. Hoja de verificación 1

SARET		EXCAVACIÓN Y MOVIMIENTO DE TIERRAS					
		ANÁLISIS TRABAJO EN CAMPO				Hoja 2	
INFORMACIÓN GENERAL							
Proyecto:				Fecha:			
Inspector:				Firma:			
Frente de trabajo:				Responsable frente:			
Hora de inicio:				Hora final:			
COMENTARIOS/RECOMENDACIONES/OBSERVACIONES							
DURACIÓN CICLOS DE TRABAJO							
Equipo	Duración	Equipo	Duración	Equipo	Duración	Equipo	Duración
Ciclo de trabajo promedio:				Producción diaria respecto a ciclo prom. (m3/h)			

Figura 11. Hoja de verificación 2

8.5.3 BITÁCORA

El departamento de control de calidad deberá llevar una bitácora con la información importante día a día relacionada a la excavación y movimiento de tierras, para que así quede plasmado un respaldo de decisiones tomadas, problemas potenciales, metodología de trabajo, frentes de trabajo y recursos utilizados, entre otra información que los profesionales de este campo creen necesaria para el mejoramiento del proceso.

9.0 SEGURIDAD Y SALUD

9.1 PREVENCIÓN

Cuando de seguridad se trata no hay mejor manera de lograrla que evitando que los accidentes ocurran, para esto se deben realizar análisis de riesgo y a partir de estos acatar medidas que ayuden a reducir la posibilidad de un accidente.

Los factores de riesgo provienen por lo general de cuatro causas:

- La maquinaria.
- El ambiente
- El personal.
- La organización de la obra.

9.2 SEGURIDAD EN LAS MÁQUINAS

La maquinaria de movimiento de tierras debe contar con sistemas de seguridad, los cuales se deben de inspeccionar periódicamente para asegurar su buen funcionamiento. Entre los sistemas que se pueden mencionar están:

- Cabinas antivuelco. Estas cabinas contienen un sistema de refuerzo dentro de su estructura interna, el cual evita que en caso de vuelco, la cabina no aplaste al conductor.
- Cinturones de seguridad. Su principal ventaja es que impide la expulsión de los conductores del vehículo en un choque.
- Espejos retrovisores y limpia parabrisas.
- Señal acústica de retroceso.
- Frenos de emergencia y calzas para estacionamiento en pendientes.
- Focos en buen estado para trabajos nocturnos.
- Señal acústica normal, bocina de alerta.
- Señales intermitentes colocadas en la cabina para avisar cuando se acerca a un operario.

9.3 ORGANIZACIÓN DE LA OBRA

La organización con que se lleva a cabo la ejecución de las actividades puede repercutir en la seguridad y ocasionar choques, vuelcos y atropellos.

Las máquinas, cuanto más grandes son, mayores ángulos muertos de visibilidad tienen, como resultado mayor probabilidad de accidente a personas y objetos próximos.

En el tráfico interno de la obra, ya sea de vehículos o de personas, se debe contar con zonas debidamente señalizadas para movimiento de personas y de maquinaria. Con esto se entiende que en las áreas de movimiento de las máquinas no deben existir personas no autorizadas, así como también deben existir espacios de acopio de materiales y parqueo para la maquinaria.

En ocasiones por la topografía de terreno es necesario la utilización de personas que regulen y dirijan el tránsito del equipo.

Para excavaciones en laderas o zonas de caída se debe indicar los recorridos y giros por medio de conos.

Las pendientes en las proximidades a zanja en época de lluvias y la formación de barro pueden ocasionar el deslizamiento de los camiones y vuelcos.

9.4 PRECAUCIONES GENERALES EN EXCAVACIONES

- Se debe tener en cuenta en todo momento los riesgos por sepultamiento, caídas de personas, tierras, materiales y objetos.
- Se deberá contar permanentemente con vías y accesos seguros para entrar y salir de la excavación.

- En excavaciones confinadas se debe garantizar una adecuada ventilación.
- Los movimientos de equipos sobre las excavaciones, acumulaciones de materiales, tierras u otros deberán mantenerse alejados de la excavación y tomar las medidas adecuadas como barreras de contención y mallas para evitar la caída de estas.
- Toda excavación debe estar señalada perimetralmente.
- Prevenir en todo momento la irrupción de agua y materiales en la zona de trabajo.

10.0 RECOMENDACIONES GENERALES

- Las excavaciones para cimentaciones deberán contar con la holgura mínima necesaria de excavación para poder realizar los trabajos adecuadamente.
- El material resultante de las excavaciones deberá colocarse ya sea para su utilización posterior en otra actividad o en un lugar asignado para su disposición.
- Los niveles, dimensiones y profundidades de las excavaciones deben estar debidamente indicados en el sitio.
- En excavaciones con suelos blandos se deberá considerar el sistema de sostenimiento adecuado.
- En caso de contar con exceso de agua y que la misma invada los niveles de desplante será necesario el uso de una bomba para abatirla.

- El estado de los caminos es un aspecto importantísimo.
- Se debe contar con la adecuada coordinación en el proceso de excavación para que este no interfiera en las operaciones simultáneas que se realizan en el proyecto.
- A los taludes y fondos de excavación se les dará el terminado y afinado de acuerdo con las secciones indicadas en planos. Todo material inestable como piedras sueltas y derrumbes serán removidos.
- Se debe llevar control de costos diarios de las actividades para poder realizar correcciones a tiempo.
- Toda excavación debe estar señalizada perimetralmente.
- Se debe contar con una estructura detallada de trabajo.
- En todo momento hay que procurar tener la zona de trabajo limpia y ordenada.
- Es indispensable el uso de equipo personal de seguridad.
- La maquinaria debe constar con buen respaldo tanto técnico como de repuestos.
- El manejo de aguas en el sitio de excavación debe ser el adecuado para evitar desprendimiento de material, daños al camino y deslizamiento de la maquinaria.

BIBLIOGRAFIA

- Artavia, M. (2010). *Presentación del Tema: Definición del alcance*. Material del curso Control de Costos. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Chamoun, JY. (2002). *Administración profesional de proyectos, la guía*. México: McGraw-Hill.
- Coghi, JC. (2010). *Presentación del Tema: Conceptos sobre la administración*. Material del curso Administración de Empresas Constructoras. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Leandro, A G. (2010). *Material del curso Procesos Constructivos*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ajenjo, D. (2000). *Dirección y Gestión de Proyectos, un enfoque práctico*. Madrid, España: Alfaomega.
- Castillo, Chen, A. 2011. *Estandarización de los procesos de inspección de obra civil en proyectos de celdas celulares*. Proyecto final de graduación. ITCR. Costa Rica.
- Luna, Rodríguez, R. 2011. *Propuesta de mejoramiento de los procesos constructivos de las vías de acceso del proyecto Ampliación Cachí*. Proyecto final de graduación. ITCR. Costa Rica.
- Dondi, (2010). *Presentación del Tema: Movimiento de tierras*. Material del curso Carreteras II. Instituto Tecnológico de Costa Rica.

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

PROYECTO HIDROELÉCTRICO SAN LORENZO

SARET



ANÁLISIS DE TRABAJO EN CAMPO ASISTIDO CON CÁMARA DE VIDEO.

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

ANÁLISIS 1

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación canal de desfoque.

Fecha: 05-ago.

Condiciones del tiempo: Soleado, mucha agua en lugar de excavación.

Tipo de material: Roca fragmentada por voladura.

Longitud de acarreo: 500m

Duración del análisis: 1 hora

Hora inicio: 10 30 AM

Hora final: 11 30 AM

Producción (m3): 231

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CAT725 R04 (Cardoze y Lindo).

2.2 Vagoneta articulada CAT725 #1 (Serviequipos).

2.3 Vagoneta articulada CAT725 #2 (Serviequipos).

2.4 Excavadora Komatsu PC450 #2 (SARET).

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

3. Observación y/o comentarios.

3.1 Al tratarse de excavación en roca el trabajo se vuelve más complicado para excavadora.

3.2 Existe descoordinación entre el frente en estudio y el frente del canal de conducción al momento de mejorar accesos.

3.3 Se puede observar del video que existe un buen ritmo de trabajo en el frente de excavación, donde el tiempo improductivo de la excavadora es bajo al igual que el de las vagonetas articuladas.

3.4 Velocidad de articuladas se ve afectada debido a que acceso es bastante empinado.

3.5 Exceso de agua en el sitio de excavación.

4. Recomendaciones.

4.1 Evacuar el exceso de agua en el frente de trabajo.

4.2 Hacer cerramiento perimetral de seguridad a la excavación.

4.3 Mejorar la pendiente de las rampas de acceso.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5. Registro fotográfico.



Imagen 1. Excavación en roca, canal de desfogue.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

6.1 Excavadora komatsu PC 450.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duracion del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:38	0:02:00	0:00:00	0:00:38	0:00:00	0:00:00	0:02:00
0:00:00	0:00:00	0:02:00	0:03:36	0:03:36	0:04:37	0:04:37
0:08:36	0:09:58	0:04:37	0:08:36	0:00:00	0:00:00	0:07:58
0:10:43	0:12:44	0:09:58	0:10:43	0:00:00	0:00:00	0:02:46
0:13:15	0:15:18	0:12:44	0:13:15	0:00:00	0:00:00	0:02:34
0:16:16	0:17:52	0:15:18	0:15:40	0:15:40	0:16:16	0:02:34
0:19:42	0:21:56	0:17:52	0:19:05	0:19:05	0:19:42	0:04:04
0:22:49	0:24:22	0:21:56	0:22:49	0:00:00	0:00:00	0:02:26
0:25:20	0:26:44	0:24:22	0:25:20	0:00:00	0:00:00	0:02:22
0:28:39	0:30:00	0:26:44	0:28:39	0:00:00	0:00:00	0:03:16
0:00:00	0:01:03	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:03
0:01:46	0:03:59	0:01:03	0:01:46	0:00:00	0:00:00	0:02:56
0:05:20	0:07:19	0:03:59	0:05:20	0:00:00	0:00:00	0:03:20
0:08:25	0:09:43	0:07:19	0:08:25	0:00:00	0:00:00	0:02:24
0:10:53	0:12:07	0:09:43	0:10:22	0:10:22	0:10:53	0:02:24
0:15:34	0:17:02	0:12:07	0:15:34	0:00:00	0:00:00	0:04:55
0:18:49	0:20:11	0:17:02	0:18:49	0:00:00	0:00:00	0:03:09
0:20:49	0:22:58	0:20:11	0:20:49	0:00:00	0:00:00	0:02:47
0:25:08	0:27:26	0:22:58	0:25:08	0:00:00	0:00:00	0:04:28
0:28:29	0:30:00	0:27:26	0:28:29	0:00:00	0:00:00	0:02:34
0:31:31		0:25:44		0:02:45		1:00:00
52,53%		42,89%		4,58%		

CUADRO 2. RENDIMIENTO PARA EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,003
2	0,012
3	0,004
4	0,004
5	0,004
6	0,006
7	0,004
8	0,004
9	0,004
10	0,005
11	0,005
12	0,002
13	0,004
14	0,005
15	0,004
16	0,004
17	0,007
18	0,005
19	0,004
20	0,007
21	0,004
Rendimiento General	0,0043

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA (HM/m3)	
Media	0,005
Mediana	0,004
Rango	0,010
Varianza	0,0000045
Desviación estandar	0,0021
Coefficiente de variacion	44,62%

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CAT725 R04.

CUADRO 4 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CAT725 R04				
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:02:00	0:12:10	0:12:10	0:13:15	0:11:15
0:15:18	0:20:42	0:20:42	0:22:49	0:07:31
0:24:22	0:32:00	0:00:00	0:00:00	0:07:38
0:03:59	0:10:53	0:00:00	0:00:00	0:06:54
0:12:07	0:17:45	0:17:45	0:20:49	0:08:42
0:22:58	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:07:02
	0:31:58		0:06:16	0:49:02
	53,28%		10,44%	Mejor 0:06:54
				Peor 0:11:15
				Promedio 0:08:10

CUADRO 5. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 R04	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,017
2	0,011
3	0,012
4	0,010
5	0,013
6	0,011
Cantidad de viajes	6
Rend. General	0,015 HM/m3

CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 R04 (HM/m3)	
Media	0,012
Mediana	0,011
Rango	0,007
Varianza	0,0000061
Desviación estandar	0,0025
Coefficiente de variación	20,02%

6.3 Vagoneta articulada CAT725 R04.

CUADRO 7 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CAT725 #1				
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:09:58	0:16:16	0:00:00	0:00:00	0:06:18
0:17:52	0:25:20	0:00:00	0:00:00	0:07:28
0:26:44	0:05:20	0:00:00	0:00:00	0:08:36
0:07:19	0:15:34	0:00:00	0:00:00	0:08:15
0:17:02	0:25:08	0:00:00	0:00:00	0:08:06
	0:38:43		0:00:00	
	64,53%		0,00%	Mejor 0:06:18
				Peor 0:08:36
				Promedio 0:07:45

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 8. RENDIMIENTOS PARA VAGONETA ARTICULADA CAT725 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,010
2	0,011
3	0,013
4	0,013
5	0,012
Cantidad de viajes	5
Rend. General	0,018 HM/m3

CUADRO 9. ANALISIS ESTADISTICO VAGONETA CAT725 #1 (HM/m3)	
Media	0,012
Mediana	0,012
Rango	0,003
Varianza	0,0000019
Desviación estandar	0,0014
Coefficiente de variacion	11,69%

6.4 Vagoneta articulada CAT725#2.

CUADRO 10 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CAT725 #2				
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:12:44	0:19:42	0:00:00	0:00:00	0:06:58
0:21:56	0:28:39	0:00:00	0:00:00	0:06:43
0:07:19	0:15:34	0:00:00	0:00:00	0:08:15
0:01:03	0:08:25	0:00:00	0:00:00	0:07:22
0:09:43	0:18:49	0:00:00	0:00:00	0:09:06
0:20:11	0:28:29	0:00:00	0:00:00	0:08:18
0:46:42		0:00:00		Mejor 0:06:43
77,83%		0,00%		Peor 0:09:06
				Promedio 0:07:47

CUADRO 11. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,011
2	0,010
3	0,013
4	0,011
5	0,014
6	0,013
Cantidad de viajes	6
Rend. General	0,015

CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 #1 (HM/m3)	
Media	0,012
Mediana	0,012
Rango	0,004
Varianza	0,0000019
Desviación estandar	0,0014
Coefficiente de variacion	11,77%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Diagrama del proceso.

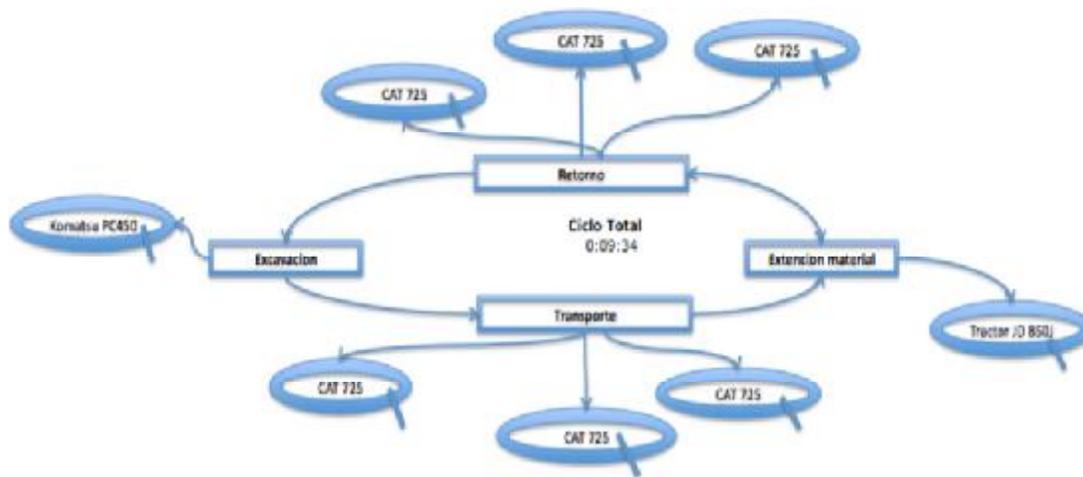


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso.

6.6 Análisis estadístico general.

CUADRO 13. FACTOR DE AFECTACIÓN		
Tipo	Tiempo	Unidad
Jornada de trabajo	9	Horas
Tiempo consumido en otras actividades	1,25	Horas
Almuerzo	60	min
Necesidades fisiológicas	12	min
Toma de agua	3	min
Factor de afectacion (fa)	16,13	%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 14. ANALISIS ESTADISTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excavación	Vagoneta articulada CAT725/Acarreo	Vagoneta articulada CAT725/Acarreo	Vagoneta articulada CAT725/Acarreo
Media/Rendimiento calculado	0,0047	0,012	0,012	0,012
Mediana	0,0042	0,011	0,012	0,012
Rango	0,0105	0,007	0,003	0,004
Varianza	0,000004	0,000	0,000	0,000
Desviacion estándar	0,0021	0,002	0,001	0,001
Coficiente variación	44,6%	20,0%	11,7%	11,77%
Factor de afectación (%)	16,13%			
Rendimiento Afectado	0,0047	0,0025	0,0014	0,0014
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,00433			

6.7 Análisis de la productividad, Crew Balance.

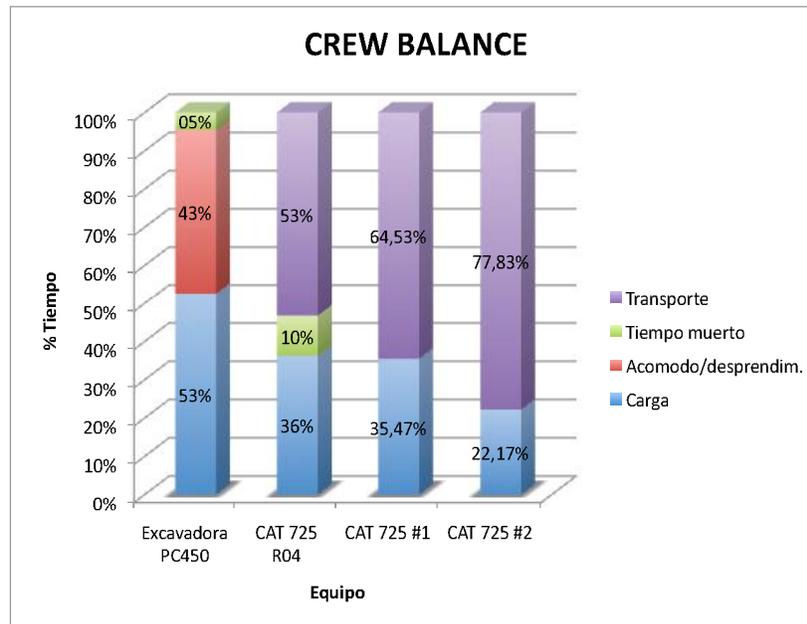


Figura 1. Crew Balance.

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.8 Análisis al crew balance.

1. Se puede observar que para el frente de trabajo en general existe poco porcentaje de tiempo que no agrega valor a la actividad, reflejando una buena dinámica de trabajo.
2. Al tratarse de excavación en roca, la dificultad que esto representa se puede ver en el crew balance, un porcentaje alto de desprendimiento y acomodo del material (43%).
3. Para las vagonetas articuladas se puede decir que la mayoría del tiempo en la actividad lo gasta en el recorrido de aproximadamente un kilómetro, sin embargo para la cantidad de equipo de acarreo con que se trabaja se da un bajo porcentaje de tiempo muerto por lo que la cantidad es la adecuada.

6.9 Análisis de Costos.

Para esta actividad el monto unitario presupuestado por m³ de excavación en roca es de \$10.1 y según análisis realizado el costo real se ve reflejado en el siguiente cuadro.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 15. COSTO REAL PARA EL FRENTE DE TRABAJO			
Cantidad	Tipo	Precio	Unidad
1	Excavadora Komatsu PC450	120	\$/h
3	Vagoneta articulada CAT 725	327	\$/h
1	Tractor	70	\$/h
1	Capataz	6,75	\$/h
1	Ayudante	3,26	\$/h
1	Voladura	2,88	\$/m3
1	Precorte	1,34	\$/m3
Total equipo		527,01	\$/h
Total drill and blasting		4,22	\$/m3
Total General		6,50	\$/m3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

ANÁLISIS 2

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación canal de conducción.

Fecha: 10-ago

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla, aluvión.

Longitud de acarreo: 130m

Duración del análisis: 1 hora

Hora inicio: 10 20 AM

Hora final: 11 20 AM

Producción (m3): 315

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CAT 725 #1.

2.2 Vagoneta articulada CAT 725 1028.

2.3 Vagoneta articulada CASE #1.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2.4 Excavadora Komatsu PC450 #2.

2.5 Tractor JD D9.

3. Observación y/o comentarios.

3.1 Condiciones adversas para el transitar de las vagonetas articuladas, esto por la existencia de caminos en mal estado.

3.2 En la zona del botadero existen condiciones adversas, mucha cantidad de agua y los equipos se quedan atascados, se necesita la movilizacion de otros equipos para poder sacarlos del problema.

3.3 Se trabaja en espacio confinado.

3.4 Accesos a los botaderos limita la entrada de los camiones.

4. Recomendaciones.

4.1 El buen estado de los caminos es fundamental para poder realizar los trabajos con mayor dinamismo, con esto se mejora la productividad y tambien el equipo sufre menos desgaste.

4.2 Se debe de realizar un mejor manejo de aguas en la zona de los botaderos, asi se evitan paros en el ciclo de los equipos, además es importante mencionar que sin un buen manejo de aguas, los sedimentos que

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

esta transporta pueden ir a parar a cualquier lado, el cual puede que no sea el más adecuado.

4.3 Al tratarse de trabajos en una zona de espacio limitado, se debe realizar un diseño de sitio de trabajo adecuado para evitar perdidas de tiempo por falta de coordinacion entre los equipos de acarreo y por esta razón se vea afectada la productividad del frente de trabajo.

4.4 Ingresar un equipo de acarreo adicional.

5. Registro fotográfico.



Imagen 2. Trabajos en canal de conducción.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.



Imagen 3. Excavación en arcilla y aluvión, canal de conducción.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

Para la obtención de los siguientes resultados se realizan análisis antes y después de recomendaciones en campo.

6.1 Excavadora komatsu PC 450.

CUADRO 1. DURACIONES PARA EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duracion del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:00	0:01:03	0:01:03	0:01:36	0:00:00	0:00:00	0:01:36
0:01:36	0:02:41	0:02:41	0:03:16	0:03:16	0:04:48	0:03:12
0:04:48	0:05:55	0:05:55	0:06:17	0:00:00	0:00:00	0:01:29
0:06:17	0:07:20	0:08:22	0:08:42	0:07:20	0:08:22	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:08:42	0:09:40	0:03:23
0:09:40	0:10:49	0:10:49	0:11:12	0:00:00	0:00:00	0:01:32
0:11:12	0:12:20	0:12:50	0:13:11	0:12:20	0:12:50	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:13:11	0:14:42	0:03:30
0:14:42	0:16:06	0:16:06	0:16:32	0:00:00	0:00:00	0:01:50
0:16:32	0:17:41	0:17:41	0:18:18	0:18:18	0:20:03	0:03:31
0:20:03	0:21:25	0:21:25	0:21:48	0:00:00	0:00:00	0:01:45
0:21:48	0:22:26	0:22:26	0:23:41	0:23:41	0:25:17	0:03:29
0:25:17	0:26:45	0:26:45	0:27:06	0:00:00	0:00:00	0:01:49
0:27:06	0:28:12	0:28:12	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:02:54
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:58	0:02:58
0:02:58	0:04:05	0:04:05	0:04:34	0:00:00	0:00:00	0:01:36
0:04:34	0:05:59	0:05:59	0:06:16	0:00:00	0:00:00	0:01:42
0:06:16	0:07:22	0:07:22	0:08:10	0:08:10	0:08:38	0:02:22
0:08:38	0:09:47	0:09:47	0:10:31	0:10:31	0:12:19	0:03:41
0:12:19	0:13:24	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:05
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:13:24	0:20:43	0:07:19
0:20:43	0:21:54	0:21:54	0:22:20	0:00:00	0:00:00	0:01:37
0:22:20	0:23:42	0:23:42	0:24:05	0:00:00	0:00:00	0:01:45
0:24:05	0:25:13	0:25:13	0:25:44	0:25:44	0:26:28	0:02:23
0:26:28	0:27:38	0:27:38	0:28:13	0:00:00	0:00:00	0:01:45
0:28:13	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:47

Realizado por:

Wilson Picado Marchena

Revisado por:

Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,002
2	0,004
3	0,002
4	0,004
5	0,002
6	0,004
7	0,002
8	0,004
9	0,002
10	0,004
11	0,002
12	0,003
13	0,002
14	0,002
15	0,003
16	0,004
17	0,001
18	0,002
19	0,002
20	0,003
21	0,002
22	0,002
Rendimiento General	0,0032

CUADRO 3. ANALISIS ESTADISTICO PARA EXCAVADORA. (HM/m3)	
Media	0,0026
Mediana	0,0021
Rango	0,0030
Varianza	0,0000010
Desviación Stand	0,0010
Coef. variacion	37,05%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CAT 725 #1, sin recomendación.

CUADRO 4 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA #1					
Vagoneta articulada CAT725					
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:03	0:04:48	0:00:00	0:00:00		0:03:45
0:05:55	0:09:40	0:00:00	0:00:00		0:03:45
0:10:49	0:14:42	0:00:00	0:00:00		0:03:53
0:16:06	0:20:03	0:00:00	0:00:00		0:03:57
0:21:25	0:25:17	0:00:00	0:00:00		0:03:52
0:26:45	0:30:30	0:00:00	0:00:00		0:03:45
0:22:57		0:00:00			
76,50%		0,00%		Mejor	0:03:45
				Peor	0:03:57
				Promedio	0:03:50

CUADRO 5. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,004
2	0,004
3	0,005
4	0,005
5	0,005
6	0,004
Cantidad de viajes	6
Rendimiento General	0,0058 HM/m3

CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 #1 (HM/m3)	
Media	0,004
Mediana	0,004
Rango	0,000
Varianza	0,00000001
Desviación estandar	0,0001
Coficiente de variacion	2,27%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.3 Vagoneta articulada CAT 725 1028, sin recomendación.

CUADRO 7 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT725 1028					
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:36		0:01:36
0:02:41	0:05:51	0:05:51	0:06:17		0:03:36
0:07:20	0:10:30	0:10:30	0:11:12		0:03:52
0:12:20	0:15:45	0:15:45	0:16:32		0:04:12
0:17:41	0:21:22	0:21:22	0:21:48		0:04:07
0:22:26	0:26:26	0:26:26	0:27:06		0:04:40
	0:17:26		0:04:37		
	58,11%		15,39%	Mejor	0:03:36
				Peor	0:04:40
				Promedio	0:04:05

CUADRO 8. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 1028	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,004
2	0,005
3	0,005
4	0,005
5	0,005
Cantidad de viajes	5
Rend. General	0,007 HM/m3

CUADRO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 1028 (HM/m3)	
Media	0,005
Mediana	0,005
Rango	0,001
Varianza	0,0000002
Desviación estandar	0,0005
Coefficiente de variacion	9,74%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.4 Vagoneta articulada CAT 725 #1, con recomendación.

CUADRO 10 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT725 #1					
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:05:59	0:12:19	0:00:00	0:00:00		0:06:20
0:13:24	0:20:10	0:20:10	0:24:05		0:06:46
0:25:13	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:04:47
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:17:53		0:00:00			
59,61%		0,00%		Mejor	0:04:47
Otro	0:03:55			Peor	0:06:46
13,67%				Promedio	0:05:58

CUADRO 11. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,007
2	0,008
3	0,006
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,012 HM/m3

CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 #1 (HM/m3)	
Media	0,007
Mediana	0,007
Rango	0,002
Varianza	0,00000148
Desviación estandar	0,0012
Coefficiente de variacion	17,49%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Vagoneta articulada CAT 725 1028, con recomendación.

CUADRO 13 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT725 1028					
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:03:46	0:03:46	0:06:16		0:06:16
0:07:22	0:16:00	0:16:00	0:24:05		0:08:38
0:25:13	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:04:47
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:17:11		0:02:30			
	57,28%		4,17%	Mejor	0:04:47
Otro	0:08:05			Peor	0:06:16
	26,94%			Promedio	0:05:32

CUADRO 14. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT725 1028	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,007
2	0,010
3	0,006
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,012 HM/m3

CUADRO 15. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT725 1028 (HM/m3)	
Media	0,008
Mediana	0,007
Rango	0,004
Varianza	0,0000051
Desviación estandar	0,0023
Coefficiente de variacion	29,60%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Vagoneta articulada CASE #1, sin recomendación.

CUADRO 16 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA						
Vagoneta articulada CASE #1						
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo		
Inicio	Fin	Inicio	Fin			
0:00:00	0:02:58	0:00:00	0:00:00			0:02:58
0:04:05	0:08:38	0:00:00	0:00:00			0:04:33
0:09:47	0:14:33	0:14:33	0:20:43			0:04:46
0:27:38	0:30:00	0:00:00	0:00:00			0:02:22
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00			0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00			0:00:00
0:14:39		0:00:00				
48,83%		0,00%		Mejor		0:02:22
Otros	0:06:10			Peor		0:04:46
	20,56%			Promedio		0:03:40

CUADRO 17. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,003
2	0,005
3	0,006
4	0,003
Cantidad de viajes	4
Rend. General	0,009 HM/m3

CUADRO 18. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE #1 (HM/m3)	
Media	0,004
Mediana	0,004
Rango	0,003
Varianza	0,0000019
Desviación estandar	0,0014
Coefficiente de variacion	32,19%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Análisis estadístico general.

CUADRO 19. FACTOR DE AFECTACIÓN.		
Tipo	Tiempo	Unidad
Jornada de trabajo	8	Horas
Tiempo consumido en otras actividades	1,25	Horas
Almuerzo	60	min
Necesidades fisiológicas	10	min
Toma de agua	5	min
Factor de afectacion (fa)	18,52	%

CUADRO 20. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta articulada CAT725 #1/Acarreo	Vagoneta articulada CAT725 1028/Acarreo	Vagoneta articulada CASE #1/Acarreo
Rendimiento General del análisis	0,0032	0,0078	0,0087	0,0087
Media	0,0026	0,0087	0,0093	0,0087
Mediana	0,0021	0,0087	0,0093	0,0087
Rango	0,0030	0,0058	0,0047	0,000
Varianza	0,0000010	0,000017	0,000011	0,000
Desviacion estándar	0,0010	0,0041	0,0033	0,000
Coefficiente variación	37,0%	47,1%	35,4%	0,00%
Factor de afectación (%)	18,52%			
Rendimiento Afectado	0,0026	0,0088	0,0093	0,0088
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,0032			

Números en cero porque no se tiene datos de este equipo antes y despues de correcciones

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7 Diagrama del proceso.

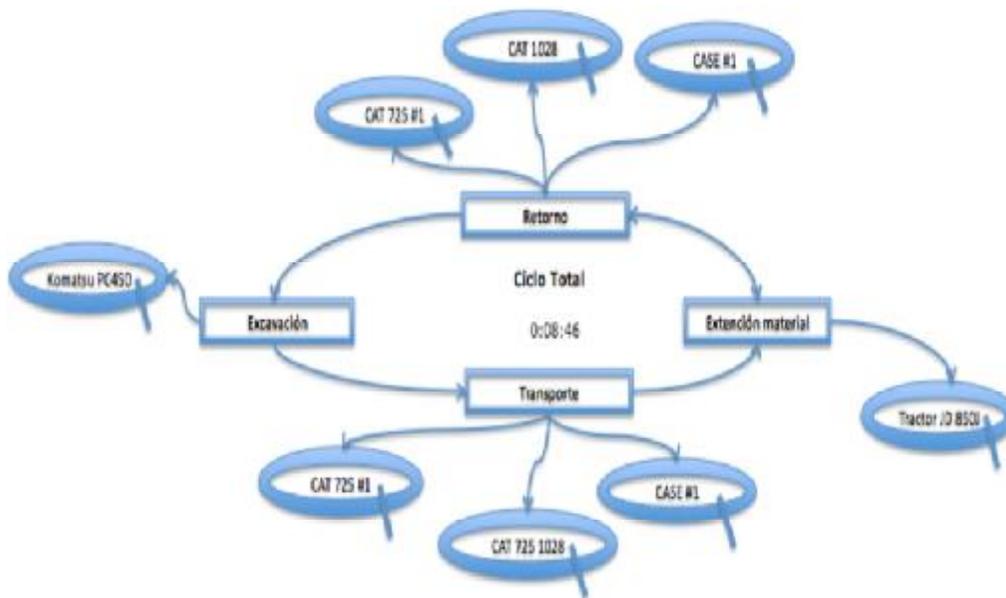


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso.

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.8 Análisis de la productividad por medio del crew balance.

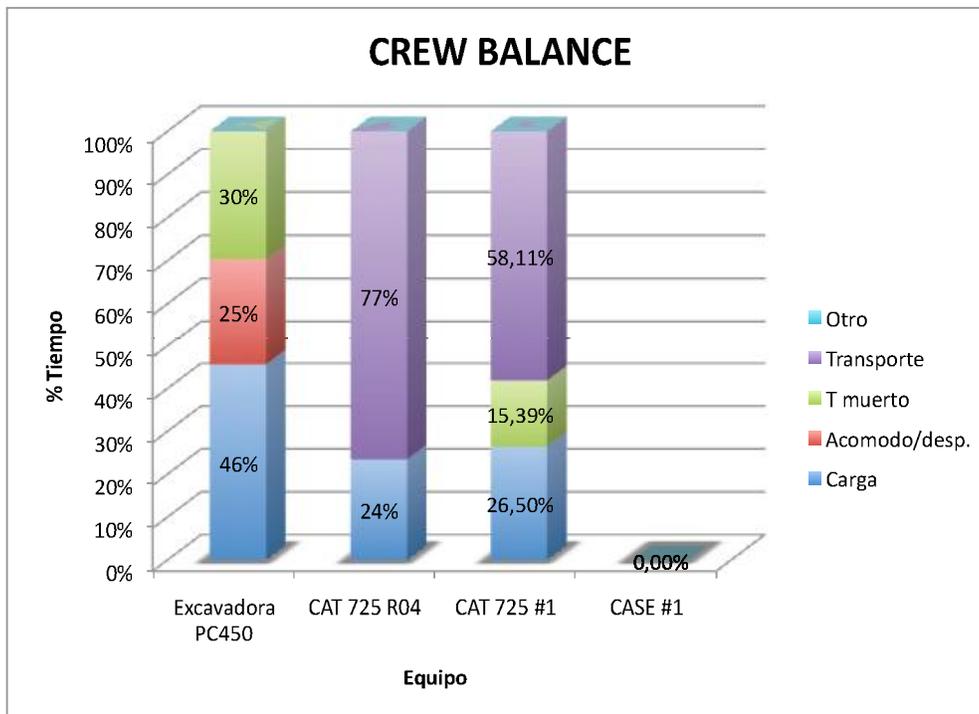


Figura 2. Crew balance sin recomendaciones.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

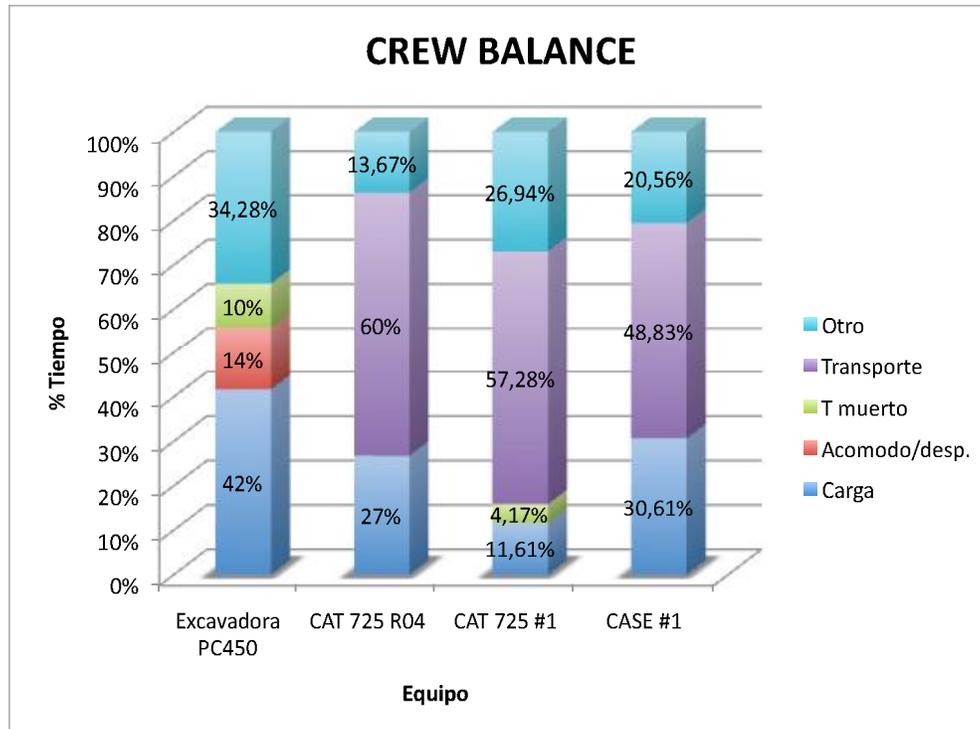


Figura 3. Crew balance con recomendaciones.

6.9 Análisis al crew balance.

6.9.1 Se puede observar de la figura 2, que en campo que la excavadora presenta un gran porcentaje de tiempo que no agrega valor a la actividad (25%), por lo que se opta por ingresar una vagoneta articulada adicional para tratar de reducirlo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.9.2 Para el análisis de la figura 2, el factor de estado del camino no afecta significativa ya que en este lapso de análisis no se tuvo problemas de atascamiento de equipos, sin embargo para el siguiente lapso de tiempo , imagen 3, se da un porcentaje bastante importante en lo que respecta al cluster llamado "otros" el cual precisamente encierra el tiempo en el cual los equipos permanecen detenidos debido a problemas con atascamientos.

6.9.3 Como se menciona en el punto anterior, si en el frente de trabajo se contara con una mejor condición de los caminos, es muy probable que el tiempo que se consumió en poner en funcionamiento los equipos se hubiera repartido entre carga y transporte de material, mejorando la productividad.

6.9.4 Con el ingreso de un equipo de acarreo adicional se logra reducir considerablemente el tiempo muerto y el tiempo de desprendimiento de material de la excavadora.

6.10 Análisis de Costos.

Para esta actividad el monto unitario presupuestado por m³ de excavación en roca es de \$4.6 y según análisis realizado el costo real durante el análisis se ve reflejado en el siguiente cuadro.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 21 .COSTO REAL PARA EL FRENTE DE TRABAJO			
Cantidad	Tipo	Precio	Unidad
1	Excavadora Komatsu	120	\$/h
3	Vagoneta articulada	327	\$/h
1	Tractor	70	\$/h
1	Capataz	6,75	\$/h
2	Ayudante	3,26	\$/h
Total frente		527,01	\$/h

CUADRO 22. COSTO PROMEDIO TRABAJO REALIZADO	
Duración promedio del ciclo	0:08:46
Cantidad de vagonetas	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	527,01
Viajes/h/vagoneta	7,06
Costo (\$/m3)	1,7

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

ANÁLISIS 3.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación canal de conducción.

Fecha: 17-ago

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 200m

Duración del análisis: 1 hora

Hora inicio: 9 00 AM

Hora final: 10 00 AM

Producción (m3): 229

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

2.2 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

2.2 Excavadora Komatsu PC450 #2.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Condiciones del camino no son las optimas para el buen desempeño de los equipos.

3.2 Excesiva cantidad de agua en la zona de excavación, dificultando la carga de material por parte de la excavadora.

3.3 Se trabaja en espacio confinado, sin embargo las vagonetas esperan su turno en un lugar muy distante a la excavadora.

4. Recomendaciones.

4.1 Mejorar las condiciones del camino.

4.2 Las vagonetas articuladas pueden esperar mas cerca de la excavadora, con esto se reducen los tiempos muertos en esta, y así también se agiliza el transitar del equipo.

4.3 Vagonetas articuladas ingresan desde mucha distancia en reversa, lo mejor seria que ingresen lo mas cerca posible de la excavadora y den la vuelta, mejorando así el ciclo de trabajo.

4.4 Realizar diseños de sitio y metodología de excavación.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5. Registro fotográfico.



Imagen 1. Mejoramiento de caminos, canal de conducción.



Imagen 2. Vista general excavación canal de conducción.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

6.1 Excavadora komatsu PC 450.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA							
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:01:52	0:01:52	0:03:42	0:00:00	0:00:00	0:03:42	
0:03:42	0:05:46	0:05:46	0:07:43	0:00:00	0:00:00	0:04:01	
0:07:43	0:12:30	0:12:30	0:12:54	0:12:54	0:13:19	0:05:36	
0:13:19	0:15:32	0:15:32	0:18:36	0:00:00	0:00:00	0:05:17	
0:18:36	0:20:25	0:20:25	0:21:28	0:00:00	0:00:00	0:02:52	
0:21:28	0:23:06	0:23:06	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:08:32	
0:00:00	0:01:46	0:01:46	0:02:17	0:02:17	0:02:39	0:02:39	
0:02:39	0:04:20	0:04:20	0:05:10	0:05:10	0:05:51	0:03:12	
0:05:51	0:07:08	0:07:08	0:07:57	0:00:00	0:00:00	0:02:06	
0:07:57	0:09:36	0:09:36	0:11:11	0:00:00	0:00:00	0:03:14	
0:11:11	0:12:48	0:12:48	0:13:45	0:00:00	0:00:00	0:02:34	
0:13:45	0:15:25	0:15:25	0:16:30	0:16:30	0:17:56	0:04:11	
0:17:56	0:19:35	0:19:35	0:20:43	0:00:00	0:00:00	0:02:47	
0:20:43	0:22:28	0:22:28	0:24:06	0:00:00	0:00:00	0:03:23	
0:24:06	0:25:41	0:25:41	0:26:40	0:00:00	0:00:00	0:02:34	
0:26:40	0:28:21	0:28:21	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:03:20	
Promedio	0:01:55			Promedio		0:03:45	
				Mejor		0:02:06	
				Peor		0:08:32	

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,004
2	0,005
3	0,007
4	0,006
5	0,003
6	0,010
7	0,003
8	0,004
9	0,002
10	0,004
11	0,003
12	0,005
13	0,003
14	0,004
15	0,003
16	0,004
Rendimiento General	0,0044

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA	
Media	0,0044
Mediana	0,0038
Rango	0,0075
Varianza	0,0000035
Desviación Stand	0,0019
Coef. variacion	42,58%

6.2 Vagoneta articulada CASE 330 #1

CUADRO 4 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE #1					
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:52	0:07:43	0:00:00	0:00:00		0:05:51
0:09:07	0:13:19	0:00:00	0:00:00		0:04:12
0:15:32	0:21:28	0:00:00	0:00:00		0:05:56
0:23:06	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:06:54
0:01:46	0:05:51	0:00:00	0:00:00		0:04:05
0:07:08	0:11:11	0:00:00	0:00:00		0:04:03
0:12:48	0:17:56	0:00:00	0:00:00		0:05:08
0:19:35	0:24:06	0:00:00	0:00:00		0:04:31
0:25:41	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:04:19
	0:44:59		0:00:00		
	74,97%		0,00%	Mejor	0:04:03
				Peor	0:06:54
				Promedio	0:05:00

CUADRO 5. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0068
2	0,0049
3	0,0069
4	0,0080
5	0,0048
6	0,0047
7	0,0060
8	0,0053
9	0,0050
Cantidad de viajes	9
Rend. General	0,0078 HM/m3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #1	
Media	0,006
Mediana	0,005
Rango	0,003
Varianza	0,00000141
Desviación estandar	0,0012
Coefficiente de variacion	20,38%

6.3 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

CUADRO 7. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE #2					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:05:46	0:10:25	0:10:25	0:12:30		0:06:44
0:12:30	0:16:28	0:16:28	0:18:36		0:06:06
0:20:25	0:27:15	0:27:15	0:30:00		0:09:35
0:00:00	0:02:39	0:00:00	0:00:00		0:02:39
0:04:20	0:07:57	0:00:00	0:00:00		0:03:37
0:09:36	0:13:45	0:00:00	0:00:00		0:04:09
0:15:25	0:19:30	0:19:30	0:20:43		0:05:18
0:22:28	0:26:40	0:00:00	0:00:00		0:04:12
0:28:21	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:01:39
	0:35:48		0:08:11		
	59,67%		13,64%	Mejor	0:03:37
				Peor	0:09:35
				Promedio	0:05:29

CUADRO 8. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0078
2	0,0071
3	0,0112
4	0,0042
5	0,0048
6	0,0062
7	0,0049
Cantidad de viajes	7
Rend. General	0,0100 HM/m3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE #1	
Media	0,007
Mediana	0,006
Rango	0,007
Varianza	0,0000076
Desviación estandar	0,0024
Coefficiente de variacion	36,33%

6.4 Análisis estadístico general.

CUADRO 11. FACTOR DE AFECTACIÓN		
Tipo	Tiempo	Unidad
Jornada de trabajo	8	Horas
Tiempo consumido en otras actividades	1,25	Horas
Almuerzo	60	min
Necesidades fisiológicas	10	min
Toma de agua	5	min
Factor de afectación (fa)	18,52	%

CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO(HM/m3)			
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta articulada CASE 330 #1	Vagoneta articulada CASE 330 #2
Rendimiento General del análisis	0,0044	0,0078	0,0100
Media	0,0044	0,0058	0,0066
Mediana	0,0038	0,0053	0,0062
Rango	0,0075	0,0033	0,0070
Varianza	0,0000035	0,000001	0,0000
Desviación estándar	0,0019	0,0012	0,0024
Coefficiente variación	42,6%	20,4%	36,3%
Factor de afectación (%)	18,52%		
Rendimiento Afectado	0,0044	0,0058	0,0066
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE	0,0044		

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Diagrama del proceso.

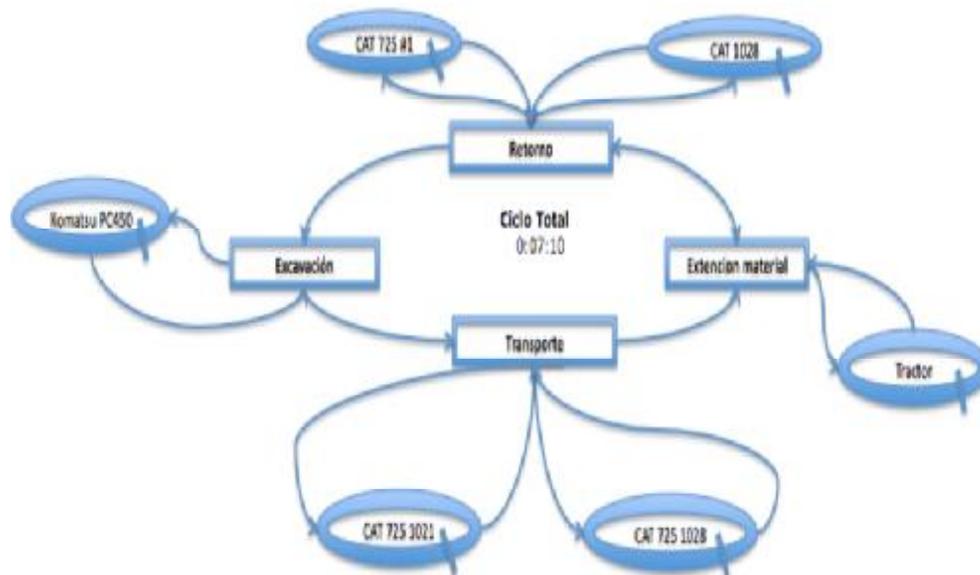


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Análisis de la productividad por medio de crew balance.

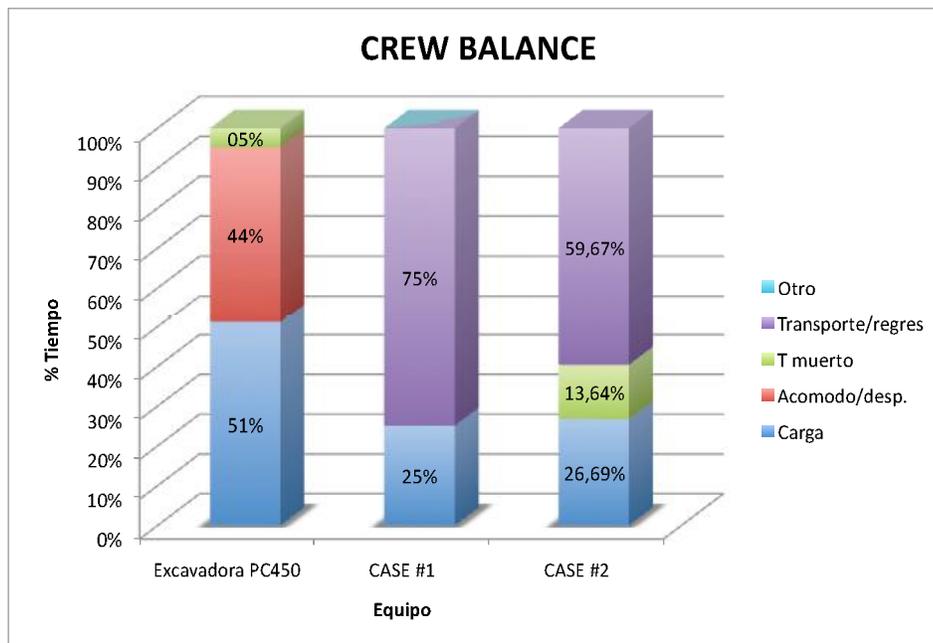


Figura 2. Crew balance.

6.7 Análisis a crew balance.

6.7.1 De la Figura 2, podemos decir que para la excavadora se puede observar en su distribución de tiempo de trabajo como un 44% del tiempo lo gasta en acomodar y desprender el material, lo cual es sumamente alto, esto principalmente por la existencia de mucha cantidad de agua en el sitio de excavación, provocando que se forme barro el cual dificulta notablemente el accionar de la máquina y es mas complicado cargar este tipo de material.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7.2 Respecto a las vagonetas articuladas vemos que el mayor porcentaje del tiempo lo consumen en el acarreo y regreso en una distancia relativamente corta, lo que se puede achacar al mal estado de los caminos.

6.7.3 En el desarrollo de la actividad, solo existen tiempos muertos en un equipo de acarreo y representa un 13 % aproximadamente

6.8 Análisis Costos.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Para esta actividad el monto unitario presupuestado por m³ de excavación en roca es de \$4.42 y según análisis realizado el costo real durante el análisis se ve reflejado en el siguiente cuadro.

CUADRO 13.COSTO REAL PARA EL FRENTE DE TRABAJO			
Cantidad	Tipo	Precio	Unidad
1	Excavadora Komatsu PC450	120	\$/h
2	Vagoneta articulada CAT 725	218	\$/h
1	Tractor	70	\$/h
1	Capataz	6,75	\$/h
1	Ayudante	3,26	\$/h
Total frente		418,01	\$/h

CUADRO 14. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO	
Duracion promedio del ciclo	0:07:10
Cantidad de vagonetas	2
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	418,01
Viajes/h/vagoneta	8,57
Costo (\$/m ³)	1,7

ANÁLISIS 4.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación canal de conducción est. 0+300 – 0+600

Fecha: 19 – ago.

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 280m.

Duración del análisis: 1 hora.

Hora inicio: 2 00 PM

Hora final: 3 00 PM

Producción (m3): 443

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

2.2 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

2.3 Vagoneta articulada CAT 725 M.

2.4 Excavadora komatsu PC450 #1.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2.5 Excavadora komatsu PC300

2.6 Tractor New Holland D5.

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Acceso a zona de excavación en mal estado.

3.2 Existencia exceso de agua en la zona de excavación.

3.3 Vagonetas esperan muy lejos su turno para ser cargadas, produciendo tiempo que no agrega valor a la actividad.

3.4 Vagonetas entran a la zona de carga de reversa durante una larga longitud, teniendo el mismo efecto que se mencionó en el punto anterior.

4. Recomendaciones.

4.1 Mejorar las condiciones de los accesos al sitio de excavación.

4.2 Evitar el ingreso de las vagonetas en reversa, de no ser posible, hacer que el trayecto en esta dirección sea lo mas corto posible.

4.3 Para expandir el material en los botaderos lo recomendable es que se haga con un tractor, en este caso se trabaja con una excavadora, la cual es mucho menos eficiente.

5. Registro fotográfico.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

**Proyecto Hidroeléctrico San
Lorenzo, Panamá**

Actividad:

**Análisis de trabajo en campo
asistido por cámara de video.**



Imagen 1. Vista general de la zona de excavación.



Imagen 2. Equipo de acarreo en proceso de carga.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.



Imagen 3. Vista panorámica de la zona de excavación.

6. Resultados.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Durante el desarrollo del siguiente análisis se dan una serie de correcciones en campo, para mejorar la productividad.

6.1 Excavadora komatsu PC450.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA							
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:01:06	0:01:06	0:01:36	0:01:36	0:03:08	0:03:08	
0:03:08	0:04:35	0:04:35	0:05:15	0:05:15	0:06:27	0:03:19	
0:06:27	0:08:14	0:08:14	0:08:38	0:08:38	0:09:53	0:03:26	
0:09:53	0:11:33	0:11:33	0:12:13	0:12:13	0:13:17	0:03:24	
0:13:17	0:14:46	0:14:46	0:15:22	0:15:22	0:16:35	0:03:18	
0:16:35	0:18:35	0:18:35	0:19:13	0:19:13	0:20:04	0:03:29	
0:20:04	0:21:45	0:21:45	0:22:14	0:22:14	0:23:17	0:03:13	
0:23:17	0:24:24	0:24:24	0:24:47	0:00:00	0:00:00	0:01:30	
0:24:47	0:26:17	0:26:17	0:26:45	0:26:45	0:27:17	0:02:30	
0:27:17	0:28:50	0:28:50	0:29:16	0:29:16	0:30:00	0:02:43	
0:00:00	0:01:27	0:07:45	0:08:24	0:01:27	0:07:45	0:08:24	
0:08:24	0:10:08	0:10:08	0:10:33	0:00:00	0:00:00	0:02:09	
0:10:33	0:11:46	0:11:46	0:12:10	0:00:00	0:00:00	0:01:37	
0:12:10	0:13:53	0:13:53	0:14:14	0:14:14	0:14:51	0:02:41	
0:14:51	0:16:23	0:16:23	0:16:45	0:16:45	0:18:15	0:03:24	
0:18:15	0:19:24	0:19:24	0:19:54	0:00:00	0:00:00	0:01:39	
0:19:54	0:21:17	0:21:17	0:21:45	0:00:00	0:00:00	0:01:51	
0:21:45	0:23:27	0:23:27	0:24:22	0:24:22	0:25:39	0:03:54	
0:25:39	0:26:59	0:26:59	0:27:34	0:00:00	0:00:00	0:01:55	
0:27:34	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:26	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:49	0:01:49	
0:01:49	0:03:04	0:03:04	0:03:23	0:00:00	0:00:00	0:01:34	
0:03:23	0:05:00	0:05:00	0:05:22	0:00:00	0:00:00	0:01:59	
0:05:22	0:06:57	0:06:57	0:07:26	0:07:26	0:09:24	0:04:02	
0:09:24	0:10:56	0:10:56	0:11:21	0:11:21	0:11:46	0:02:22	
0:11:46	0:13:42	0:13:42	0:14:04	0:14:04	0:14:22	0:02:36	
0:14:22	0:16:19	0:16:19	0:16:45	0:00:00	0:00:00	0:02:23	
0:16:45	0:18:19	0:18:19	0:18:52	0:18:52	0:20:14	0:03:29	
0:20:14	0:22:14	0:22:14	0:22:39	0:00:00	0:00:00	0:02:25	
0:22:39	0:24:34	0:24:34	0:24:58	0:00:00	0:00:00	0:02:19	
0:24:58	0:26:08	0:26:08	0:26:54	0:26:54	0:27:25	0:02:27	
0:27:25	0:29:05	0:29:05	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:02:35	
Promedio SC	0:01:36			Promedio		0:02:51	
Promedio CC	0:01:39			Mejor		0:01:30	
				Peor		0:08:24	

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0037
2	0,0039
3	0,0040
4	0,0040
5	0,0038
6	0,0041
7	0,0037
8	0,0017
9	0,0029
10	0,0032
11	0,0098
12	0,0025
13	0,0019
14	0,0031
15	0,0040
16	0,0019
17	0,0022
18	0,0045
19	0,0022
20	0,0028
21	0,0018
22	0,0023
23	0,0047
24	0,0028
25	0,0030
26	0,0028
27	0,0041
28	0,0028
29	0,0027
30	0,0029
31	0,0028
Rendimiento General	0,0023

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA SIN CORRECCIÓN. (HM/m3)	
Media	0,0039
Mediana	0,0039
Rango	0,0004
Varianza	0,0000021
Desviación Stand	0,0001
Coef. variacion	3,71%

CUADRO 4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA CON CORRECCIÓN. (HM/m3)	
Media	0,0031
Mediana	0,0028
Rango	0,0080
Varianza	0,0000026
Desviación Stand	0,0016
Coef. variacion	51,67%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CASE 330 #2, sin correcciones.

CUADRO 5 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CASE 330#2				
Transporte/ retorno		Espera		Duracion del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:01:06	0:09:53	0:00:00	0:00:00	0:08:47
0:11:33	0:20:04	0:00:00	0:00:00	0:08:31
	0:17:18		0:00:00	
	75,11%		0,00%	Mejor 0:08:31
Promedio	0:08:39			Peor 0:08:47
				Promedio 0:08:39

CUADRO 6. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,010
2	0,010
Cantidad de viajes	2
Rend. General	0,0136 HM/m3

CUADRO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #2 (HM/m3)	
Media	0,010
Mediana	0,010
Rango	0,000
Varianza	0,00000005
Desviación estandar	0,0002
Coficiente de variación	2,18%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.3 Vagoneta articulada CASE 330 #1 sin correcciones.

CUADRO 7 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330#1					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:06:27	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:08:14	0:16:35	0:00:00	0:00:00		0:08:21
0:18:35	0:23:17	0:00:00	0:00:00		0:00:00
	0:19:30		0:00:00		
	84,61%		0,00%	Mejor	0:08:21
Promedio	0:08:21			Peor	0:08:21
				Promedio	0:08:21

CUADRO 8. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330#1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,010
Cantidad de viajes	1
Rend. General	0,0273 HM/m3

6.4 Vagoneta articulada CAT 725 sin corrección.

CUADRO 9 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT 725					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:03:08	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:04:35	0:13:17	0:00:00	0:00:00		0:08:42
0:14:46	0:23:17	0:00:00	0:00:00		0:08:31
	0:20:21		0:00:00	Mejor	0:08:31
	88,36%		0,00%	Peor	0:08:42
Promedio	0:08:37			Promedio	0:08:37

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 10. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,013
2	0,013
Cantidad de viajes	2
Rend. General	0,018

CUADRO 11. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT 725 (HM/m3)	
Media	0,013
Mediana	0,013
Rango	0,000
Varianza	0,00000004
Desviación estandar	0,0002
Coefficiente de variacion	1,51%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Vagoneta articulada CASE 330 #2 con correcciones.

CUADRO 12 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CASE 330#2				
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:21:45	0:27:17	0:00:00	0:00:00	0:05:32
0:00:00	0:08:24	0:00:00	0:00:00	0:08:24
0:10:08	0:14:51	0:00:00	0:00:00	0:04:43
0:16:23	0:21:45	0:00:00	0:00:00	0:05:22
0:23:27	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:06:33
0:00:00	0:05:22	0:00:00	0:00:00	0:05:22
0:06:57	0:12:54	0:12:54	0:14:22	0:07:25
0:16:19	0:21:19	0:21:19	0:22:39	0:06:20
0:24:34	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:05:26
0:52:19		0:02:48		
78,41%		4,20%		Mejor 0:04:43
Promedio 0:05:49				Peor 0:08:24
				Promedio 0:06:07

CUADRO 13. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330#2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0064
2	0,0098
3	0,0055
4	0,0063
5	0,0076
6	0,0063
7	0,0086
8	0,0074
9	0,0063
Cantidad de viajes	9
Rend. General	0,0086 HM/m3

CUADRO 14. ANÁLISIS ESTADÍSTICO (HM/m3)	
Media	0,0071
Mediana	0,0064
Rango	0,0043
Varianza	0,00000508
Desviación estandar	0,0014
Coefficiente de variacion	19,17%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Vagoneta articulada CASE 330 #1 con correcciones.

CUADRO 15 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330#1					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:27	0:11:18	0:11:18	0:12:10		0:10:43
0:13:53	0:19:54	0:00:00	0:00:00		0:06:01
0:21:17	0:27:34	0:00:00	0:00:00		0:06:17
0:05:00	0:11:46	0:00:00	0:00:00		0:06:46
0:13:42	0:20:14	0:00:00	0:00:00		0:06:32
0:22:14	0:27:25	0:00:00	0:00:00		0:05:11
0:44:01		0:00:52			
65,97%		1,30%		Mejor	0:05:11
Promedio 0:06:46				Peor	0:10:43
				Promedio	0:06:55

CUADRO 16. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330#1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,012
2	0,007
3	0,007
4	0,008
6	0,006
Cantidad de viajes 6	
Rend. General 0,013 HM/m3	

CUADRO 17. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA (HM/m3)	
Media	0,009
Mediana	0,007
Rango	0,005
Varianza	0,0000095
Desviación estandar	0,0031
Coefficiente de variacion	34,41%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7 Vagoneta articulada CAT 725, con correcciones.

CUADRO 18 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA				
Vagoneta articulada CAT 725				
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:24:24	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:05:36
0:04:05	0:08:38	0:00:00	0:00:00	0:04:33
0:09:47	0:14:33	0:14:33	0:20:43	0:04:46
0:27:38	0:30:00	0:00:00	0:00:00	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	
0:11:46	0:18:15	0:00:00	0:00:00	0:06:29
0:19:24	0:25:39	0:00:00	0:00:00	0:06:15
0:26:59	0:30:00	0:00:00	0:00:00	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:49	
0:03:04	0:09:24	0:00:00	0:00:00	0:06:20
0:10:56	0:16:45	0:00:00	0:00:00	0:05:49
0:18:19	0:24:58	0:00:00	0:00:00	0:06:39
0:26:08	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:03:52
	0:55:42		0:07:59	
	83,48%		11,97%	Mejor 0:03:52
Promedio	0:05:35			Peor 0:06:39
				Promedio 0:05:35

CUADRO 19. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,007
2	0,005
3	0,006
4	0,008
5	0,007
6	0,007
7	0,007
8	0,008
9	0,005
Cantidad de viajes	9
Rend. General	0,009 HM/m3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 20. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #1	
Media	0,0065
Mediana	0,0068
Rango	0,003
Varianza	0,0000013
Desviación estandar	0,0011
Coefficiente de variacion	17,54%

6.8 Diagrama del proceso.

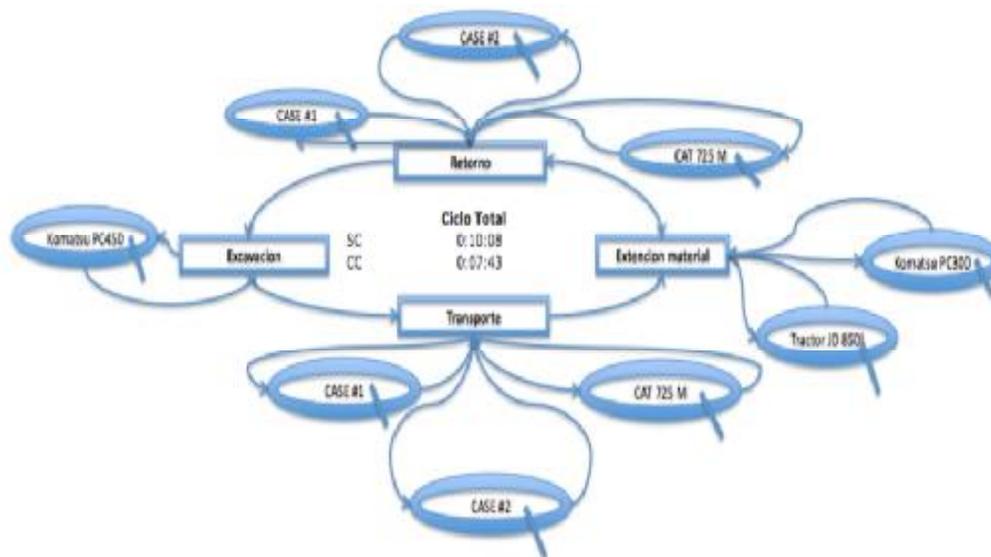


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.9 Análisis estadístico general.

Se realiza el análisis estadístico del rendimiento antes y después de las recomendaciones.

CUADRO 21. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO SIN RECOMENDACIONES (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE #1	Vagoneta CASE #2	Vagoneta CAT 725 M
Rendimiento General del análisis	0,0023	0,0136	0,0273	0,0177
Media	0,0039	0,0101	0,0097	0,0130
Mediana	0,0039	0,0101	0,0097	0,0130
Rango	0,0004	0,0003	0,0000	0,0003
Varianza	0,0000021	0,00000005	0,0000	0,00000004
Desviación estándar	0,0001	0,0002	0,0000	0,0002
Coficiente variación	3,7%	2,2%	0,0%	1,51%
Factor de afectación (%)	16,13			
Rendimiento Afectado	0,0045	0,0117	0,0113	0,0002
Lim. Confianza				
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,7967			

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 22. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO CON RECOMENDACIONES (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE #1	Vagoneta CASE #2	Vagoneta CAT 725 M
Rendimiento General del análisis	0,0023	0,0086	0,0128	0,0085
Media	0,0031	0,0071	0,0089	0,0065
Mediana	0,0028	0,0064	0,0073	0,0068
Rango	0,0080	0,0043	0,0055	0,0032
Varianza	0,000003	0,000005	0,000009	0,0000
Desviación estándar	0,0016	0,0014	0,0031	0,0011
Coficiente variación	51,7%	19,2%	34,4%	17,54%
Factor de afectación (%)	16,13			
Rendimiento Afectado	0,0037	0,0083	0,0104	0,0076
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,0034			

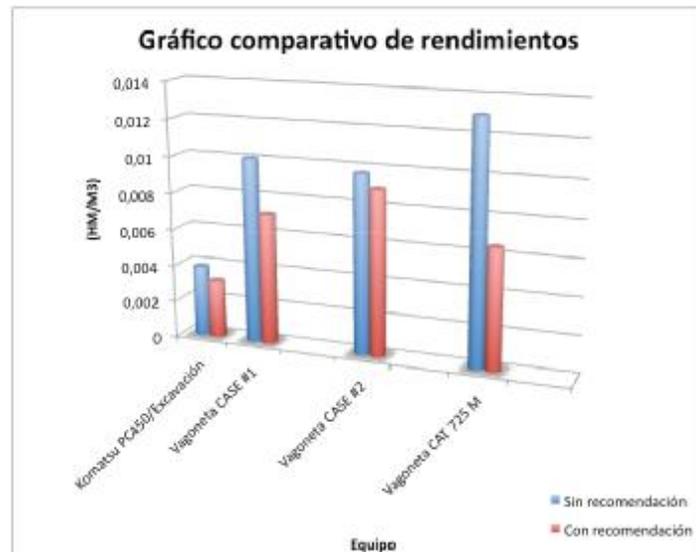


Figura 2. Gráfico comparativo

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.10 Análisis de la productividad por medio del crew balance.

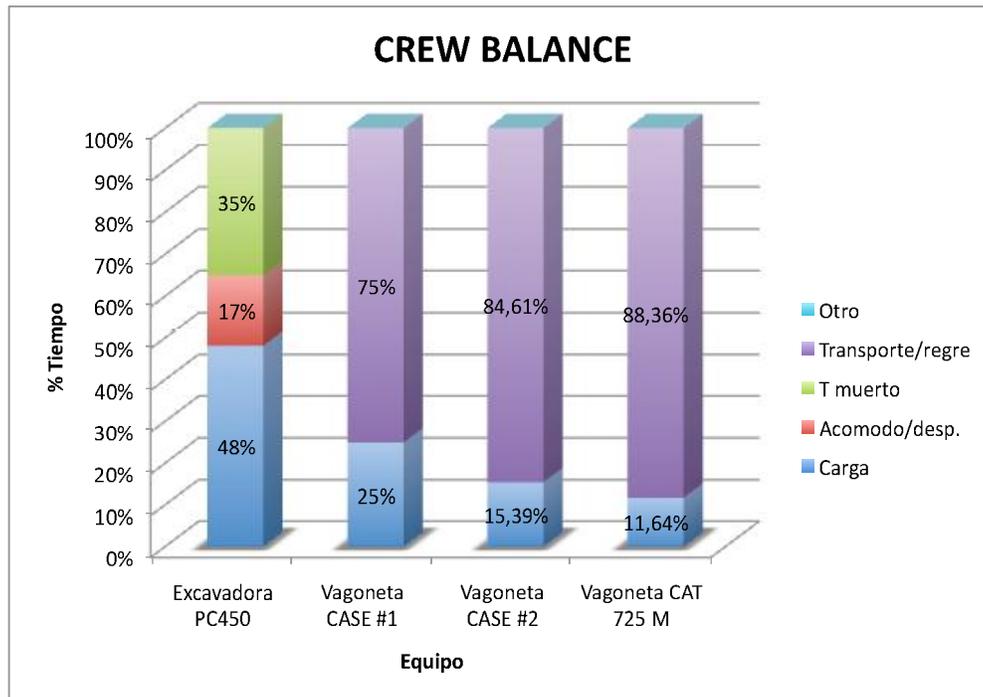


Figura 3. Crew balance sin recomendaciones.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

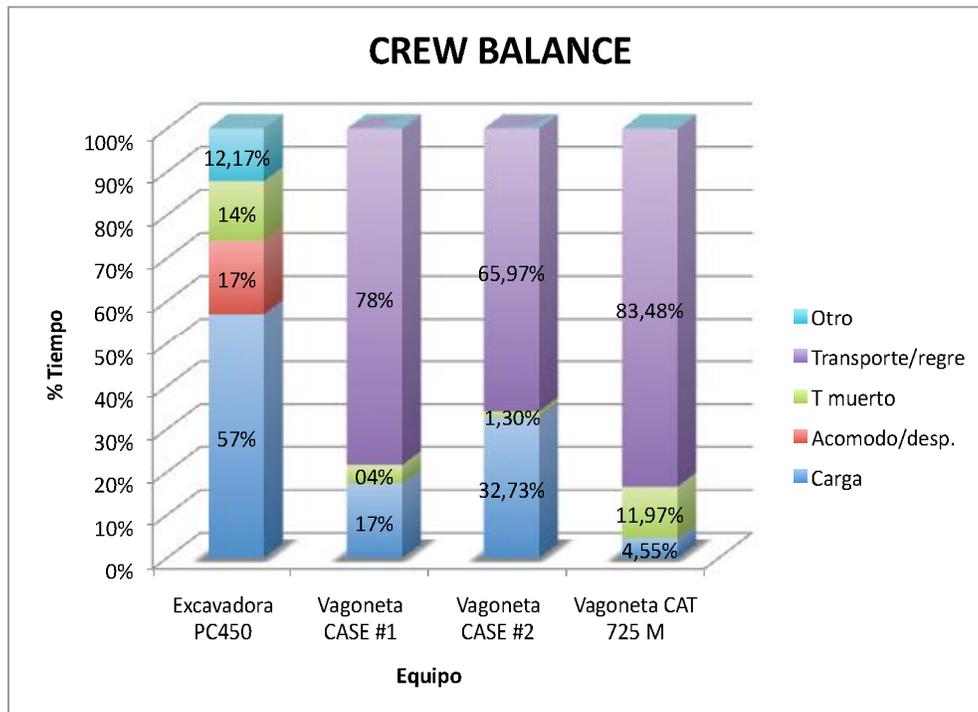


Figura 4. Crew balance con recomendaciones.

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
--	---

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.11 Análisis al crew balance.

6.11.1 De la figura 3 se obtiene información importante en lo que a tiempo muerto en la excavadora se refiere, se tiene un porcentaje muy alto de 35%, afectando drásticamente la productividad y los costos.

6.11.2 También de la figura 3 podemos interpretar que para el equipo de acarreo se cuenta con una distancia muy corta entre el sitio de excavación y el botadero, sin embargo se obtienen grandes porcentajes en los cuales estos equipos se encuentran en transporte del material y regreso, abonado a un bajo porcentaje de carga, así viéndose afectada directamente la productividad del frente de trabajo.

6.11.3 Respecto a la figura 4, después de haber realizado algunas recomendaciones se obtienen mejores resultados, se logra reducir el tiempo que no agrega valor en la excavadora, pasa de un 35% a un 13,8%. Sin duda al reducirse esto y viendo que el porcentaje de tiempo en acomodo y desprendimiento del material se mantiene constante quiere decir que se aumenta la carga de vagonetas, y por consiguiente se aumenta la productividad.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.11.4 Siguiendo con el análisis de la figura 4, aparecen tiempos muertos, los cuales se producen por el arreglo de los caminos. Una vez que se arreglan los caminos estos porcentajes de tiempos muertos serán consumidos por la carga, lo cual da como resultado un aumento de la productividad .

6.12 Análisis de Costos.

Importante mencionar que para esta actividad se tiene presupuestado un costo de \$ 4.42 por metro cúbico excavado, a continuación costo real obtenido durante el análisis.

CUADRO 23. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO SIN CORRECCIONES	
Duración promedio del ciclo	0:10:08
Cantidad de vagonetes	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	607,01
Viajes/h/vagoneta	6,0
m3/h	257
Costo (\$/m3)	2,4
Rendimiento frente de trabajo (HM/m3)	0,797

CUADRO 24. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO CON CORRECCIONES	
Duración promedio del ciclo	0:07:43
Cantidad de vagonetes	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	607,01
Viajes/h/vagoneta	7,8
m3/h	333
Costo (\$/m3)	1,8
Rendimiento frente de trabajo (HM/m3)	0,003

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

ANÁLISIS 5.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación canal de conducción est. 0+000 – 0+300

Fecha: 20 – ago.

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 100 m.

Duración del análisis: 1 hora.

Hora inicio: 9 00 AM

Hora final: 10 00 AM

Producción (m3): 329

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CAT 725 #1.

2.2 Vagoneta articulada CAT 725 #2.

2.4 Excavadora komatsu PC 450 #2.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2.5 Tractor JD D5.

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Condiciones del caminos no son adecuadas para el transitar de los equipos.

3.2 Se observa un buen ritmo de trabajo en el frente, para el cual se nota poco porcentaje de tiempo muerto.

3.2 Lo atrasos o perdidas de tiempo que se dan es debido al estado del acceso a la zona de excavación.

4. Recomendaciones.

4.1 Mejorar las condiciones de los caminos.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5. Registro fotográfico



Imagen 1. Zona de excavación.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.



Imagen 2. Malas condiciones del acceso a zona de excavación.

Realizado por: Wilson Picado Marchena	Revisado por: Ing. Marco Salas Marin
---	--

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

6.1 Excavadora komatsu PC 450.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:00	0:01:22	0:01:22	0:01:58	0:00:00	0:00:00	0:01:58
0:01:58	0:03:12	0:03:12	0:04:54	0:00:00	0:00:00	0:02:56
0:04:54	0:06:08	0:06:08	0:06:32	0:00:00	0:00:00	0:01:38
0:06:32	0:07:55	0:07:55	0:09:01	0:09:01	0:09:30	0:02:58
0:09:30	0:11:04	0:11:04	0:11:17	0:11:17	0:11:34	0:02:04
0:11:34	0:12:59	0:12:59	0:14:59	0:00:00	0:00:00	0:03:25
0:14:59	0:16:16	0:16:16	0:16:33	0:00:00	0:00:00	0:01:34
0:16:33	0:17:50	0:17:50	0:19:32	0:19:32	0:20:03	0:03:30
0:20:03	0:21:11	0:21:11	0:21:29	0:00:00	0:00:00	0:01:26
0:21:29	0:22:51	0:22:51	0:24:46	0:00:00	0:00:00	0:03:17
0:24:46	0:26:06	0:26:06	0:26:18	0:00:00	0:00:00	0:01:32
0:26:18	0:27:30	0:27:30	0:29:34	0:00:00	0:00:00	0:03:16
0:29:34	0:30:40	0:30:40	0:30:57	0:00:00	0:00:00	0:01:23
0:30:57	0:32:18	0:32:18	0:33:05	0:33:05	0:33:34	0:02:37
0:33:34	0:34:48	0:34:48	0:35:22	0:00:00	0:00:00	0:01:48
0:35:22	0:36:34	0:36:34	0:38:41	0:00:00	0:00:00	0:03:19
0:38:41	0:39:45	0:39:45	0:40:05	0:00:00	0:00:00	0:01:24
0:40:05	0:41:17	0:41:17	0:42:35	0:00:00	0:00:00	0:02:30
0:42:35	0:43:55	0:43:55	0:44:28	0:00:00	0:00:00	0:01:53
0:44:28	0:45:51	0:45:51	0:47:31	0:00:00	0:00:00	0:03:03
0:47:31	0:48:46	0:48:46	0:49:40	0:00:00	0:00:00	0:02:09
0:55:42	0:57:23	0:57:23	0:58:05	0:00:00	0:00:00	0:02:23
0:58:05	01:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:55
Promedio	0:01:20				Promedio	0:02:21
					Mejor	0:01:23
					Peor	0:03:30

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA

Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,002
2	0,003
3	0,002
4	0,003
5	0,002
6	0,004
7	0,002
8	0,004
9	0,002
10	0,004
11	0,002
12	0,004
13	0,002
14	0,003
15	0,002
16	0,004
17	0,002
18	0,003
19	0,002
20	0,004
21	0,003
22	0,003
23	0,002
Rendimiento General	0,0030

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA. (HM/m3)

Media	0,0027
Mediana	0,0025
Rango	0,0025
Varianza	0,0000007
Desviación Stand	0,0009
Coef. variacion	31,29%

Realizado por:

Wilson Picado Marchena

Revisado por:

Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CAT 725 #1.

CUADRO 5 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT 725 #1.					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:01:58	0:00:00	0:00:00		0:01:58
0:03:12	0:06:32	0:00:00	0:00:00		0:03:20
0:07:55	0:11:34	0:00:00	0:00:00		0:03:39
0:12:59	0:16:33	0:00:00	0:00:00		0:03:34
0:17:50	0:21:10	0:21:10	0:21:29		0:03:39
0:22:51	0:25:49	0:25:49	0:26:18		0:03:27
0:27:30	0:30:31	0:30:31	0:30:57		0:03:27
0:32:18	0:35:22	0:00:00	0:00:00		0:03:04
0:36:34	0:39:25	0:39:25	0:40:05		0:03:31
0:41:17	0:44:28	0:00:00	0:00:00		0:03:11
0:45:51	0:51:40	0:51:40	0:55:42		0:09:51
0:57:23	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:02:37
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
	0:39:22		0:05:56		
	65,61%		9,89%	Mejor	0:01:58
				Peor	0:09:51
				Promedio	0:03:47

CUADRO 6. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725 #1.	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0039
2	0,0043
3	0,0042
4	0,0043
5	0,0040
6	0,0040
7	0,0036
8	0,0041
9	0,0037
10	0,0115
11	0,0030
Cantidad de viajes	11
Rend. General	0,0064 HM/m3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT 725 #1.	
Media	0,005
Mediana	0,004
Rango	0,008
Varianza	0,00000535
Desviación estandar	0,0023
Coefficiente de variacion	50,35%

6.3 Vagoneta articulada CAT 725 #2.

CUADRO 8 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT 725 #2					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:22	0:04:54	0:00:00	0:00:00		0:03:32
0:06:08	0:09:30	0:00:00	0:00:00		0:03:22
0:11:04	0:14:59	0:00:00	0:00:00		0:03:55
0:16:16	0:20:03	0:00:00	0:00:00		0:03:47
0:21:11	0:24:46	0:00:00	0:00:00		0:03:35
0:26:06	0:29:34	0:00:00	0:00:00		0:03:28
0:30:40	0:33:34	0:00:00	0:00:00		0:02:54
0:34:48	0:38:41	0:00:00	0:00:00		0:03:53
0:39:45	0:42:35	0:00:00	0:00:00		0:02:50
0:43:55	0:47:31	0:00:00	0:00:00		0:03:36
0:48:46	0:51:40	0:51:40	0:58:05		0:09:19
0:57:23	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:02:37
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		
0:40:23		0:06:25			
	67,31%		10,69%	Mejor	0:02:37
				Peor	0:09:19
				Promedio	0:03:54

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

CUADRO 9. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0041
2	0,0039
3	0,0046
4	0,0044
5	0,0042
6	0,0040
7	0,0034
8	0,0045
9	0,003
10	0,004
11	0,011
12	0,003
Cantidad de viajes	12
Rend. General	0,0058 HM/m3

CUADRO 10. ANALISIS ESTADISTICO VAGONETA CAT 725 #2 (HM/m3)	
Media	0,004
Mediana	0,004
Rango	0,001
Varianza	0,0000001
Desviación estandar	0,0004
Coefficiente de variacion	9,32%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.4 Diagrama del proceso.

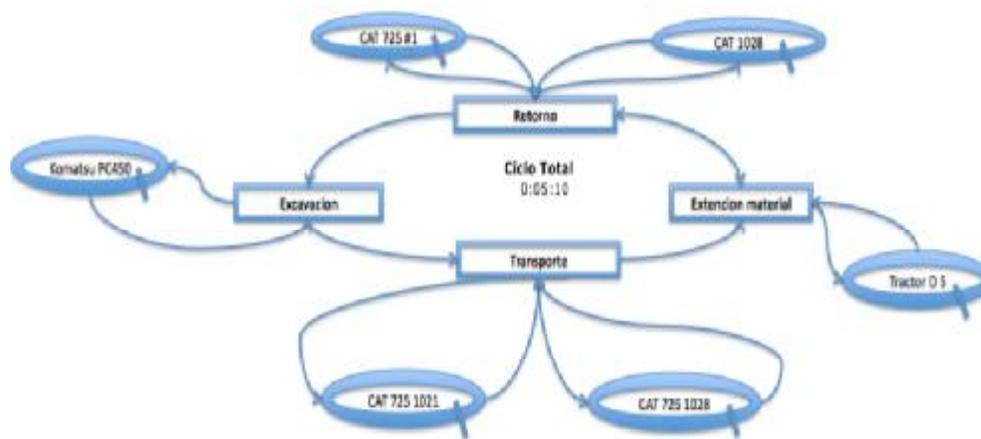


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama de proceso.

6.5 Análisis estadístico general.

CUADRO 10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO(HM/m3)			
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta articulada CAT725	Vagoneta articulada CAT725
Rendimiento General del análisis	0,0030	0,0064	0,0058
Media	0,0027	0,0046	0,0041
Mediana	0,0025	0,0040	0,0041
Rango	0,0025	0,0084	0,0012
Varianza	0,0000007	0,000005	0,0000001
Desviación estándar	0,0009	0,0023	0,0004
Coficiente variación	31,3%	50,4%	9,3%
Factor de afectación (%)	33,33		
Rendimiento Afectado	0,0036	0,0061	0,0055
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,0030		

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Análisis de productividad por medio de crew balance.

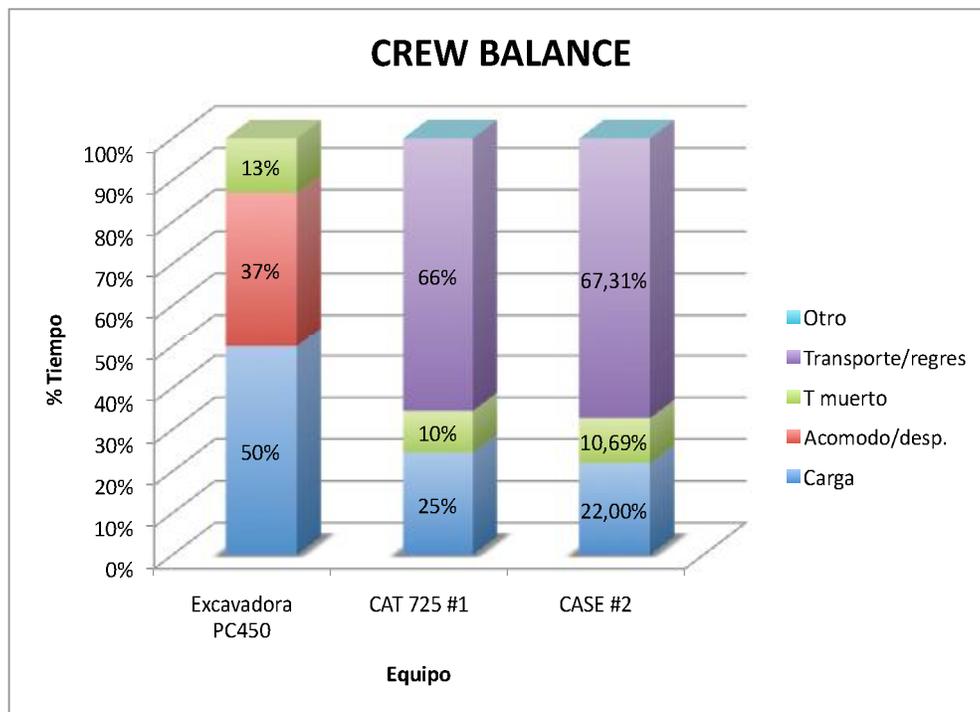


Figura 2. Crew balance.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7 Análisis del crew balance.

6.7.1 Como podemos observar en la figura 2 el porcentaje de tiempo muerto presente en los equipos es similar, esto debido a que se da principalmente por el arreglo de la rampa de accesi al canal de conducción.

6.7.2 Para el equipo de acarreo en la figura 2 podemos mencionar que existe un alto porcentaje de tiempo de transporte y regreso lo cual en este caso nos indica un buen ritmo de trabajo, abonado a un ciclo del proceso bajo.

6.7.3 Se puede decir que para el anterior análisis el factor importante de perdida de productividad fue la rampa de acceso.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.8 Análisis de costos.

Importante mencionar que para esta actividad se tiene presupuestado un costo de \$ 4.42 por metro cúbico excavado, a continuación costo real obtenido durante el análisis.

CUADRO 11. COSTO REAL PARA EL FRENTE DE TRABAJO			
Cantidad	Tipo	Precio	Unidad
1	Excavadora Komatsu PC450	120	\$/h
2	Vagoneta articulada CAT 725	218	\$/h
1	Tractor	70	\$/h
1	Capataz	6,75	\$/h
1	Ayudante	3,26	\$/h
Total frente		418,01	\$/h

CUADRO 12. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO	
Duración promedio del ciclo	0:05:10
Cantidad de vagonetas	2
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	418,01
Viajes/h/vagoneta	11,63
Costo (\$/m3)	1,3

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Análisis 6.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación estructura de toma, desripiador.

Fecha: 8 setiembre.

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 414,5 m

Duración del análisis: 1 hora

Hora inicio: 10 30 AM

Hora final: 11 30 AM

Producción (m3): 272

2. Recursos utilizados.

2.1. Vagoneta articulada CASE 330 #27.

2.2. Vagoneta articulada CASE 330 #2.

2.3. Excavadora Komatsu PC 450 #2.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2.4. Tractor.

2.5 Vagoneta articulada CAT 725. (Ingresa después de la recomendación).

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Excesiva cantidad de agua en el sitio.

3.2 Acceso a zona de excavación dificultoso y limitado, en ocasiones provocando tiempos muertos debido a la existencia únicamente de una ruta.

3.3 Se logra observar claramente la falta de más equipo de acarreo, sin embargo no se cuenta con el mismo ya que este tiene otra prioridad en otro frente de trabajo.

4. Recomendaciones.

4.1 Se debe mejorar las condiciones de los caminos de acceso.

4.2 Ingresar mayor cantidad de equipo de acarreo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5. Registro fotográfico.



Imagen 1. Vista general sitio de excavación.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

6.1 Excavadora komatsu PC450.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:00	0:01:00	0:01:00	0:03:12	0:03:12	0:04:15	0:04:15
0:04:15	0:05:36	0:05:36	0:06:50	0:06:50	0:11:32	0:07:17
0:11:32	0:13:06	0:13:06	0:13:38	0:13:38	0:16:14	0:04:42
0:16:14	0:17:41	0:17:41	0:23:21	0:00:00	0:00:00	0:07:07
0:23:21	0:24:10	0:24:10	0:26:34	0:26:34	0:27:21	0:04:00
0:27:21	0:28:53	0:28:53	0:32:13	0:32:13	0:33:36	0:06:15
0:33:36	0:34:36	0:34:36	0:39:49	0:00:00	0:00:00	0:06:13
0:39:49	0:41:03	0:41:03	0:42:19	0:42:19	0:44:27	0:04:38
0:44:27	0:45:40	0:45:40	0:48:40	0:48:40	0:50:30	0:06:03
0:50:30	0:51:50	0:51:50	0:55:16	0:55:16	0:55:23	0:04:53
0:55:23	0:56:12	0:56:12	1:00:00	0:00:00	0:00:00	0:04:37
0:00:00	0:01:30	0:01:30	0:03:10	0:03:10	0:03:44	0:03:44
0:03:44	0:04:48	0:04:48	0:05:24	0:05:24	0:06:01	0:02:17
0:06:01	0:07:20	0:07:20	0:07:49	0:07:49	0:12:07	0:06:06
0:12:07	0:13:27	0:13:27	0:14:41	0:00:00	0:00:00	0:02:34
0:14:41	0:15:55	0:15:55	0:19:13	0:00:00	0:00:00	0:04:32
0:19:13	0:20:17	0:20:17	0:20:54	0:20:54	0:21:32	0:02:19
0:21:32	0:22:35	0:22:35	0:26:05	0:26:05	0:27:23	0:05:51
0:27:23	0:28:25	0:28:25	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:02:37
Promedio SC	0:02:05					
Promedio CC	0:01:12					

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0050
2	0,0085
3	0,0055
4	0,0083
5	0,0047
6	0,0073
7	0,0072
8	0,0054
9	0,0071
10	0,0057
11	0,0054
12	0,0044
13	0,0027
14	0,0071
15	0,0030
16	0,0053
17	0,0027
18	0,0068
19	0,003
Rendimiento General SC	0,0064
Rendimiento General CC	0,0044

Media	0,0064
Mediana	0,0057
Rango	0,0038
Varianza	0,0000018
Desviación Stand	0,0014
Coef. variacion	21,31%

Media	0,0044
Mediana	0,0037
Rango	0,0044
Varianza	0,0000034
Desviación Star	0,0018
Coef. variacion	42,09%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CASE 330 #27 sin recomendación.

CUADRO 5 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articlada CASE 330 #27					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:00	0:11:32	0:00:00	0:00:00		0:10:32
0:13:06	0:23:21	0:00:00	0:00:00		0:10:15
0:24:10	0:33:36	0:00:00	0:00:00		0:09:26
0:34:36	0:44:27	0:00:00	0:00:00		0:09:51
0:45:40	0:55:23	0:00:00	0:00:00		0:09:43
0:56:12	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:03:48
0:53:35		0:00:00			
89,31%		0,00%		Mejor	0:09:26
Promedio		0:09:55		Peor	0:10:32
				Promedio	0:09:57

CUADRO 6. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #27	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0123
2	0,0119
3	0,0110
4	0,0115
5	0,0113
Cantidad de viajes	5
Rend. General	0,0140 HM/m3

CUADRO 7. ANALISIS ESTADISTICO VAGONETA CASE 330 #27	
Media	0,012
Mediana	0,011
Rango	0,001
Varianza	0,00000026
Desviación estandar	0,0005
Coefficiente de variacion	4,38%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.3 Vagoneta articulada CASE 330 #2 sin recomendación.

CUADRO 8 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #2					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:04:15	0:00:00	0:00:00		0:04:15
0:05:36	0:16:14	0:00:00	0:00:00		0:10:38
0:17:41	0:27:21	0:00:00	0:00:00		0:09:40
0:28:53	0:39:49	0:00:00	0:00:00		0:10:56
0:41:03	0:50:30	0:00:00	0:00:00		0:09:27
0:51:50	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:08:10
	88,50%		0,00%	Mejor	0:08:10
Promedio	0:06:34			Peor	0:10:56
				Promedio	0:09:46

CUADRO 9. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0124
2	0,0113
3	0,0127
4	0,0110
5	0,0095
Cantidad de viajes	5
Rend. General	0,0140 HM/m3

CUADRO 10. ANALISIS ESTADISTICO VAGONETA CASE 330 #2	
Media	0,011
Mediana	0,011
Rango	0,003
Varianza	0,0000016
Desviación estandar	0,0013
Coficiente de variacion	11,19%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.4 Vagoneta articulada CASE 330 #27 con recomendación.

CUADRO 11. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articlada CASE 330 #27					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:03:44	0:00:00	0:00:00		0:03:44
0:04:48	0:14:41	0:00:00	0:00:00		0:09:53
0:15:55	0:28:25	0:00:00	0:00:00		0:12:30
0:28:25	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:01:35
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:27:42		0:00:00			
92,33%		0,00%		Mejor	0:03:44
Prom				Peor	0:12:30
				Promedio	0:08:42

CUADRO 12. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #27	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,012
2	0,015
Cantidad de viajes	2
Rend. General	0,017 HM/m3

CUADRO 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #27	
Media	0,013
Mediana	0,013
Rango	0,003
Varianza	0,00000465
Desviación estandar	0,0022
Coficiente de variacion	16,53%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Vagoneta articulada CASE 330 #2 con recomendación.

CUADRO 14 . DURACIONES VAGONETA ARTICULADA						
Vagoneta articulada CASE 330 #2						
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo		
Inicio	Fin	Inicio	Fin			
0:01:30	0:12:07	0:00:00	0:00:00			0:10:37
0:13:27	0:21:32	0:00:00	0:00:00			0:08:05
0:22:35	0:30:00	0:00:00	0:00:00			0:07:25
	0:26:07		0:00:00			
	87,06%		0,00%	Mejor		0:07:25
Prom	0:08:42			Peor		0:10:37
				Promedio		0:09:01

CUADRO 15. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,012
2	0,009
3	0,009
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,012 HM/m3

CUADRO 16. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #2	
Media	0,010
Mediana	0,009
Rango	0,004
Varianza	0,0000039
Desviación estandar	0,0020
Coficiente de variacion	19,39%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.6 Vagoneta articulada CAT 725 con recomendación.

CUADRO 17. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articlada CAT 725					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:06:00	0:00:00	0:00:00		0:06:00
0:07:20	0:19:13	0:00:00	0:00:00		0:11:53
0:20:17	0:29:30	0:00:00	0:00:00		0:09:13
0:29:30	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:00:30
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:27:36		0:00:00			
92,00%		0,00%		Mejor	0:00:30
Prom		0:10:33		Peor	0:11:53
				Promedio	0:06:54

CUADRO 18. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,014
2	0,011
Cantidad de viajes	2
Rend. General	0,017 HM/m3

CUADRO 19. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT 725	
Media	0,012
Mediana	0,012
Rango	0,003
Varianza	0,0000048
Desviación estandar	0,0022
Coefficiente de variacion	17,87%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7 Diagrama del proceso sin corrección.

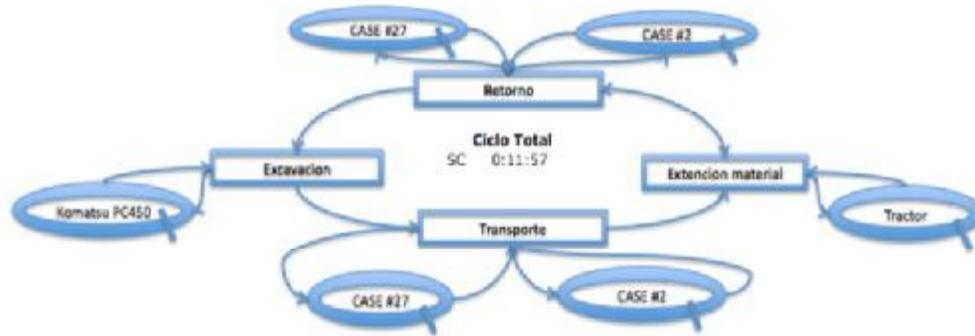


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso sin corrección.

6.8 Diagrama del proceso con recomendación.

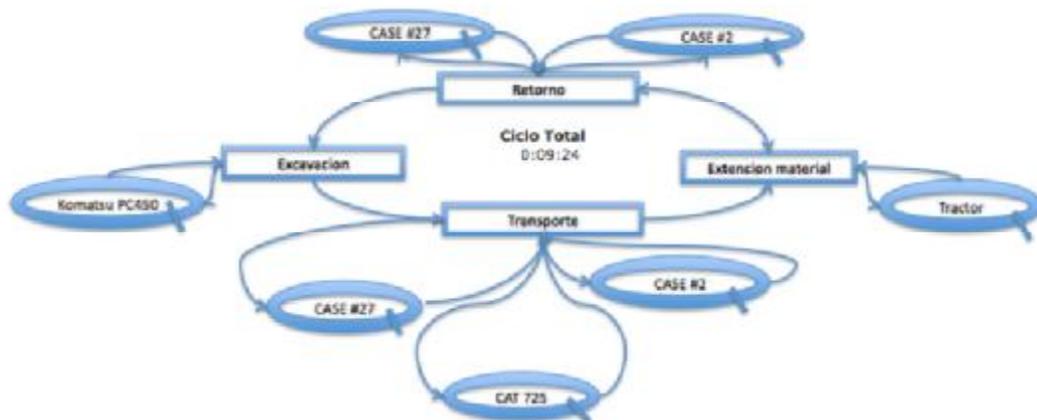


Figura 2. Duración del ciclo y diagrama del proceso con corrección.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.9 Análisis estadístico general.

CUADRO 19. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO SIN CORRECCIONES (HM/m3)			
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE#27	Vagoneta CASE#2
Rendimiento General del análisis	0,0064	0,0140	0,0140
Media	0,0064	0,0116	0,0114
Mediana	0,0057	0,0115	0,0113
Rango	0,0038	0,0013	0,0032
Varianza	0,0000018	0,000000	0,0000016
Desviación estándar	0,0014	0,0005	0,0013
Coefficiente variación	21,3%	4,4%	11,2%
Factor de afectación (%)	18,52		
Rendimiento Afectado	0,0075	0,0138	0,0135
Lim. Confianza			
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE	0,0064		

CUADRO 20. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO CON CORRECCIÓN (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE#27	Vagoneta CASE#2	Vagoneta articulada CAT725
Rendimiento General del análisis	0,0044	0,0175	0,0117	0,0175
Media	0,0044	0,0130	0,0101	0,0123
Mediana	0,0037	0,0130	0,0094	0,0123
Rango	0,0044	0,0030	0,0037	0,0031
Varianza	0,0000034	0,0000	0,0000	0,0000
Desviación estándar	0,0018	0,0022	0,0020	0,0022
Coefficiente variación	42,1%	16,5%	19,4%	17,9%
Factor de afectación (%)	18,52			
Rendimiento Afectado	0,0052	0,0155	0,0120	0,0022
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE	0,0044			

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.10 Análisis de la productividad por medio de crew balance.

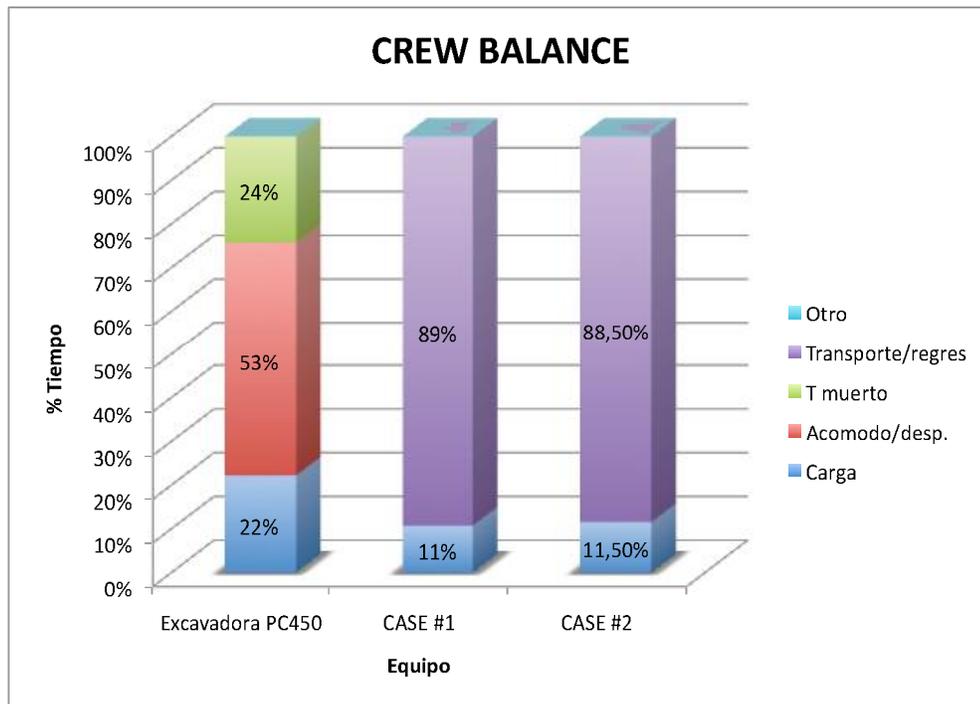


Figura 3. Crew balance sin correcciones en campo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

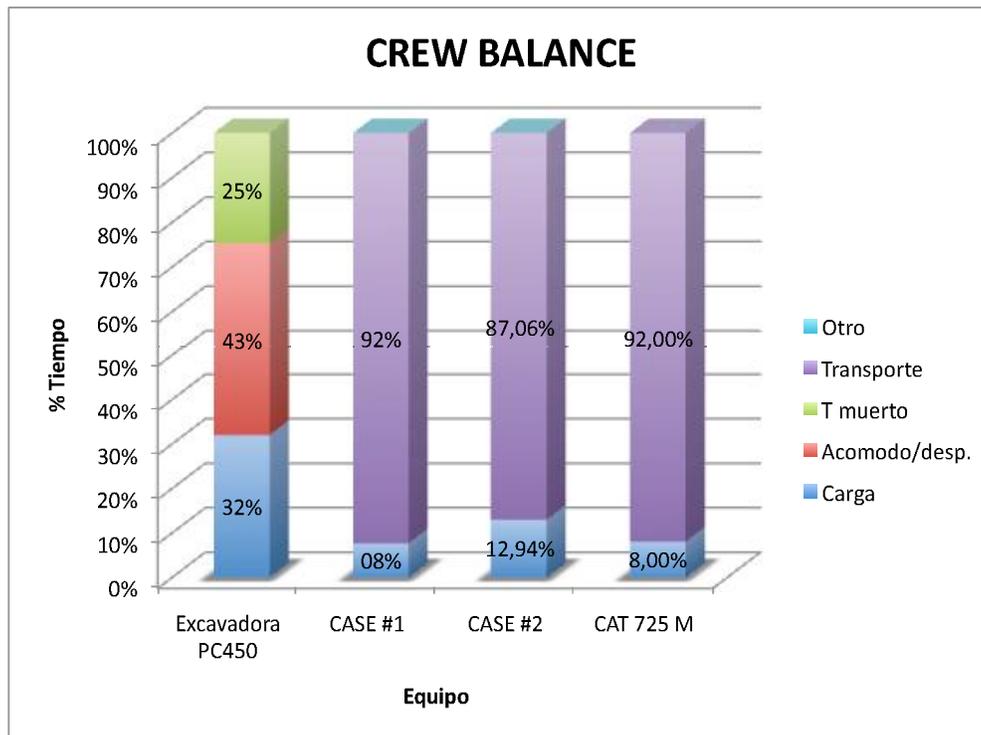


Figura 4. Crew balance con correcciones en campo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.11 Análisis a crew balance.

6.11.1 Respecto al análisis de los tiempos para la excavadora en la figura 3. se puede observar que existe un gran porcentaje de este tiempo en el cual la máquina se encuentra desprendiendo y/o acomodando el material (53,5%), esto principalmente se da por dos razones, una de estas es por la existencia de roca en el fondo de la excavación complicando las maniobras y la otra razón es por la falta de equipo de acarreo, el cual no presiona la producción de la excavadora.

6.11.2 En la figura 3. Podemos entender como para el equipo de acarreo no existen tiempos que no agreguen valor a la actividad, sin embargo es importante mencionar que las vagonetas no dan a basto para la producción de la excavadora, lo cual provoca grandes tiempos muertos en la misma (25%).

6.11.3 Respecto a lo mencionado en los dos puntos anteriores se recomienda el ingreso de un equipo de acarreo adicional.

6.11.4 Luego de algunas correcciones se obtiene la figura 4 en la cual podemos observar que a diferencia de la figura 3 se da un incremento en el tiempo de carga de un 10%, lo cual beneficia a un aumento de la productividad en el frente de trabajo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.11.5 Además del incremento del tiempo de carga en la excavadora, también se reduce notablemente el porcentaje de tiempo en la cual la máquina desprende y/o acomoda el material, esto principalmente por la menor disponibilidad de tiempo muerto entre carga y carga de vagonetas.

6.11.6 Después de las recomendaciones dadas y el ingreso de una vagoneta articulada mas podemos decir que aun así el equipo de acarreo no da a basto con la producción de la excavadora, se logro aumentar la productividad pero ingresando mas equipo se lograra elevar mas.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.12 Análisis de costos.

Para esta actividad se tiene presupuestado un costo de \$ 4.65 por metro cúbico excavado, a continuación costo real obtenido durante el análisis.

CUADRO 21. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO SIN CORRECCIONES	
Duración promedio del ciclo	0:11:57
Cantidad de vagonetas	2
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	418,01
Viajes/h/vagoneta	5,0
m3 movidos	143
Costo Real (\$/m3)	2,9

CUADRO 22. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO CON CORRECCIONES	
Duración promedio del ciclo	0:09:24
Cantidad de vagonetas	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	527,01
Viajes/h/vagoneta	6,3
m3 movidos	272
Costo Real (\$/m3)	1,9

Como se puede observar en el cuadro 21, el costo real sin correcciones en campo es de \$2,90 lo cual esta por debajo de lo presupuestado, sin embargo con recomendaciones en campo se logra reducir el costo del metro cúbico movido en \$1.00 reflejado en el cuadro 22.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Análisis 7.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación estructura de toma, desripiador.

Fecha: 10 de setiembre.

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 495 m

Duración del análisis: 1 hora

Hora inicio: 9 50 AM

Hora final: 10 50 AM

Producción (m3): 172

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

2.2 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

2.3 Vagoneta articulada CAT 725 M.

2.4 Excavadora komatsu PC 450 #2.

2.5 Tractor Jonh Deer.

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Existe descordinación entre los frentes de trabajo, las vagonetas articuladas no estan asignadas a un frente de trabajo específico, lo cual crea confusión en las choferes, ya que por momentos no saben a cual frente de trabajo acercarse, por tanto se ve afectada la productividad.

3.2 Durante la mañana se detiene la excavacion para darle mantenimiento a los caminos.

3.3 Existe una única via de acceso al sitio de excavación, por lo que las vagonetas deben esperar su turno lejos.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

4. Recomendaciones.

4.1 Mejorar las condiciones de los caminos por la tarde del día anterior, esto para aprovechar y excavar en horas de la mañana que es cuando el tiempo lo permite de mejor manera.

4.2 Se recomienda asignar los recursos a un frente de trabajo específico.

4.3 Se mejoraría la productividad del frente de trabajo si se contara con más equipo de acarreo.

5. Registro fotográfico.



Imagen 1. Condiciones adversas del camino en el sitio de excavación.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.



Imagen 2. Vista general sitio de excavación.



Imagen 3. Tractor expandiendo material en el botadero.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5. Resultados.

5.1 Excavadora komatsu PC450 #2.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/despren material		Tiempo Muerto		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:00	0:01:38	0:01:38	0:02:38	0:02:38	0:09:50	0:09:50
0:09:50	0:11:15	0:11:15	0:11:35	0:11:35	0:11:54	0:02:04
0:11:54	0:13:33	0:15:18	0:15:43	0:13:33	0:15:18	0:03:49
0:15:43	0:17:37	0:17:37	0:20:32	0:20:32	0:23:23	0:07:40
0:23:23	0:24:53	0:24:53	0:25:46	0:25:46	0:26:23	0:03:00
0:26:23	0:27:49	0:27:49	0:28:13	0:28:13	0:30:00	0:03:37
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:20	0:02:20
0:02:20	0:03:45	0:03:45	0:04:23	0:04:23	0:13:02	0:10:42
0:13:02	0:14:28	0:14:28	0:15:07	0:00:00	0:00:00	0:02:05
0:15:07	0:16:56	0:16:56	0:17:43	0:00:00	0:00:00	0:02:36
0:17:43	0:19:25	0:19:25	0:21:42	0:21:42	0:25:05	0:07:22
0:25:05	0:26:38	0:26:38	0:27:17	0:00:00	0:00:00	0:02:12
0:27:17	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:02:43
Promedio	0:01:41					

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0115
2	0,0024
3	0,0044
4	0,0089
5	0,0035
6	0,0042
7	0,0125
8	0,0024
9	0,0030
10	0,0086
11	0,0026
12	0,0032
Rendimiento General	0,0058

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA (HM/m3)	
Media	0,0056
Mediana	0,0039
Rango	0,0101
Varianza	0,0000138
Desviación Stand	0,0037
Coef. variacion	66,21%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.2 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

CUADRO 4. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #1					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:01:38	0:15:43	0:00:00	0:00:00		0:14:05
0:17:37	0:32:20	0:00:00	0:00:00		0:14:43
0:33:45	0:47:43	0:00:00	0:00:00		0:13:58
0:49:25	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:10:35
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00		0:00:00
	0:53:21		0:00:00		
	89,31%		0,00%	Mejor	0:13:58
Promedio	0:09:53			Peor	0:14:43
				Promedio	0:14:15

CUADRO 5. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0164
2	0,0172
3	0,0163
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,0233 HM/m3

CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #1 (HM/m3)	
Media	0,017
Mediana	0,016
Rango	0,001
Varianza	0,00000022
Desviación estandar	0,0005
Coefficiente de variación	2,83%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.3 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

CUADRO 7. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #2					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:11:54	0:00:00	0:00:00		0:11:54
0:13:33	0:26:23	0:00:00	0:00:00		0:12:50
0:27:49	0:43:48	0:43:48	0:45:07		0:17:18
0:46:56	0:57:17	0:00:00	0:00:00		0:10:21
0:57:17	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:02:43
0:53:47		0:01:19			
	89,64%		2,19%	Mejor	0:10:21
Promedio	0:10:45			Peor	0:17:18
				Promedio	0:13:06

CUADRO 8. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0139
2	0,0150
3	0,0202
4	0,0121
Cantidad de viajes	4
Rend. General	0,0175 HM/m3

CUADRO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #2 (HM/m3)	
Media	0,015
Mediana	0,014
Rango	0,008
Varianza	0,0000121
Desviación estandar	0,0035
Coficiente de variación	22,79%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.4 Vagoneta articulada CAT 725 M.

CUADRO 10. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CAT 725 M					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:09:50	0:00:00	0:00:00		0:09:50
0:11:15	0:23:23	0:00:00	0:00:00		0:12:08
0:24:53	0:43:02	0:00:00	0:00:00		0:18:09
0:44:28	0:55:05	0:00:00	0:00:00		0:10:37
0:56:38	1:00:00	0:00:00	0:00:00		0:03:22
0:54:06			0:00:00		
	90,17%		0,00%	Mejor	0:10:37
Promedio	0:13:31			Peor	0:18:09
				Promedio	0:13:38

CUADRO 11. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CAT 725 M	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,018
2	0,028
3	0,016
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,023 HM/m3

CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CAT 725 M (HM/m3)	
Media	0,021
Mediana	0,018
Rango	0,011
Varianza	0,0000364
Desviación estandar	0,0060
Coefficiente de variación	29,23%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

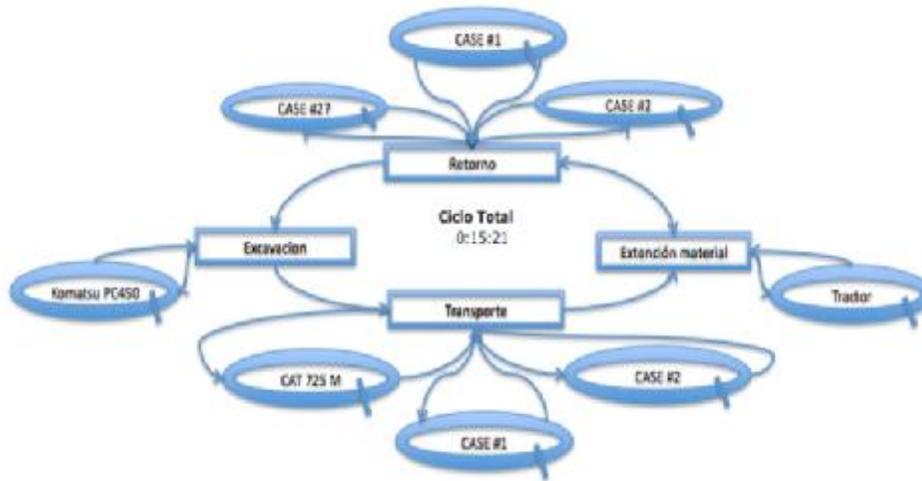
SARET



Proyecto:
Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:
Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.5 Diagrama del proceso.



5.6 Análisis estadístico general.

CUADRO 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO (HM/m ³)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE 330 #1	Vagoneta CASE 330 #2	Vagoneta articulada CAT725 M
Rendimiento General del análisis	0,0058	0,0233	0,0175	0,0233
Media	0,0056	0,0166	0,0153	0,0175
Mediana	0,0039	0,0164	0,0144	0,0175
Rango	0,0101	0,0009	0,0081	0,000
Varianza	0,0000138	0,000000	0,0000121	0,000
Desviación estándar	0,0037	0,0005	0,0035	0,000
Coefficiente variación	66,2%	2,8%	22,8%	0,00%
Factor de afectación (%)	18,52			
Rendimiento Afectado	0,0066	0,0197	0,0181	0,0000
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,0057			

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.7 Análisis de la productividad por medio del crew balance.

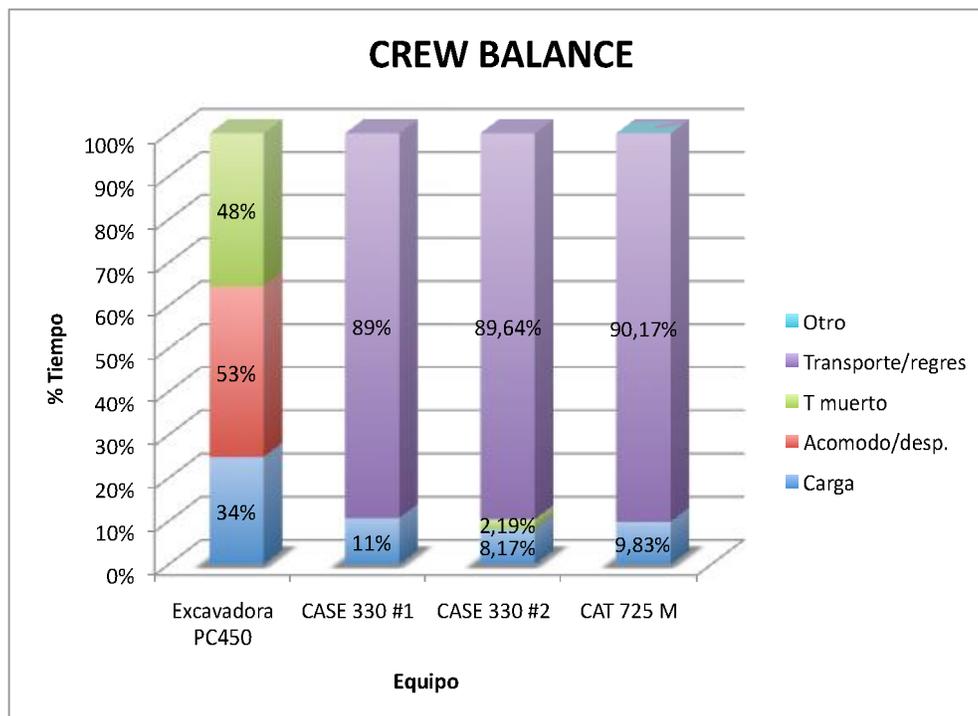


Figura 1. Crew balance del trabajo realizado.

5.8 Análisis a crew balance.

5.8.1 La excavadora es el equipo que marca la pauta en la productividad del frente de trabajo, en este caso la misma presenta un gran porcentaje de tiempo muerto (48%) lo cual afecta significativamente la productividad del frente.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.8.2 Abonado a lo mencionado en el punto anterior, también se presenta un porcentaje alto de tiempo en la cual la excavadora acomoda y/o desprende el material (53%).

5.8.2 Se puede decir que lo mencionado en el punto 5.8.1 y el 5.8.2 se da principalmente por la falta de más cantidad de equipo de acarreo, mismos que no dan abasto con la producción de la excavadora y por este motivo se presentan estos grandes porcentajes de tiempo en actividades que no agregan valor.

5.8.3 Respecto al equipo de acarreo podemos mencionar que existe una desigual distribución del tiempo, mucho transporte y poca carga, dándonos a entender que la distancia de acarreo es muy grande.

5.8.4 Existe una pobre relación de carga/transporte en el equipo de acarreo.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

5.9 Análisis de costos.

Para esta actividad se tiene presupuestado un costo de \$ 4.65 por metro cúbico excavado, a continuación costo real obtenido durante el análisis.

CUADRO 14. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO	
Duración promedio del ciclo	0:15:21
Cantidad de vagonetas	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	530,01
Viajes/h/vagoneta	3,9
m3 movidos	168
Costo Real (\$/m3)	3,2

Como se observa en el cuadro 14, el costo real dado durante el análisis realizado fue de \$ 3,2.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

Análisis 8.

1. Detalles del análisis.

Actividad: Excavación estructura de toma, desripiador.

Fecha: 16 de setiembre.

Condiciones del tiempo: Soleado.

Tipo de material: Arcilla.

Longitud de acarreo: 383,6 m

Duración del análisis: 1 hora.

Hora inicio: 9 00 AM

Hora final: 10 00 AM

Producción (m3): 174

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

2. Recursos utilizados.

2.1 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

2.2 Vagoneta articulada CASE 330 #2.

2.3 Vagoneta articulada CASE 330 #27.

2.4 Tractor JD D6.

2.5 Excavadora komatsu PC300 #2.

3. Observaciones y/o comentarios.

3.1 Existen acciones por parte de los operadores de las excavadoras como hablar por teléfono celular que ponen en riesgo tanto la productividad como la seguridad del frente de trabajo.

3.2 Operadores de las vagonetas articuladas dejan de trabajar para ir a tomar agua, cosa que para esto se tiene asignado a una persona que les facilita el agua en la cabina de la vagoneta.

3.3 Se observan caminos en buenas condiciones, beneficiando la productividad del frente.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

4. Recomendaciones.

4.1 Tomar las medidas del caso con los operadores debido al uso del teléfono celular mientras realizan su trabajo.

4.2 Se da como recomendación ingresar mas equipo de acarreo.

4.3 Utilizar un equipo excavación con mayor capacidad para agilizar el proceso de carga.

5. Registro fotográfico.



Imagen 1. Excavación estructura de toma.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

SARET



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.



Imagen 2. Vista general de la zona de excavación.



Imagen 3. Caminos en buen estado.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin



Proyecto:

Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá

Actividad:

Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6. Resultados.

6.1 Excavadora komatsu PC 300.

CUADRO 1. DURACIONES EXCAVADORA						
Carga		Acomodo/desprend material		Tiempo Muerto		Duración del ciclo
Inicio	Fin	Inicio	Fin	Inicio	Fin	
0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:01:34	0:01:34	0:04:50	0:04:50
0:04:50	0:06:44	0:06:44	0:07:20	0:00:00	0:00:00	0:02:30
0:07:20	0:09:56	0:09:56	0:10:41	0:10:41	0:11:15	0:03:55
0:11:15	0:14:00	0:14:00	0:16:20	0:16:20	0:17:17	0:06:02
0:17:17	0:19:32	0:19:32	0:20:17	0:00:00	0:00:00	0:03:00
0:20:17	0:22:20	0:22:20	0:26:07	0:26:07	0:30:00	0:09:43
0:00:00	0:02:25	0:02:25	0:03:55	0:03:55	0:08:26	0:08:26
0:08:26	0:10:01	0:10:01	0:10:31	0:00:00	0:00:00	0:02:05
0:10:31	0:13:25	0:13:25	0:14:29	0:00:00	0:00:00	0:03:58
0:14:29	0:16:48	0:16:48	0:19:22	0:19:22	0:21:25	0:06:56
0:21:25	0:23:07	0:23:07	0:23:56	0:00:00	0:00:00	0:02:31
0:23:56	0:26:25	0:26:25	0:26:58	0:00:00	0:00:00	0:03:02
0:26:58	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:03:02

CUADRO 3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO PARA EXCAVADORA (HM/m3)	
Media	0,0054
Mediana	0,0041
Rango	0,0089
Varianza	0,0000089
Desviación Stand	0,0030
Coef. variacion	55,57%

CUADRO 2. RENDIMIENTOS EXCAVADORA	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0029
2	0,0046
3	0,0070
4	0,0035
5	0,0113
6	0,0098
7	0,0024
8	0,0046
9	0,0081
10	0,0029
11	0,0035
12	0,0035
Rendimiento General	0,0057

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.2 Vagoneta articulada CASE 330 #1.

CUADRO 4. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #1					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:06:44	0:17:17	0:00:00	0:00:00		0:10:33
0:19:32	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:10:28
0:00:00	0:08:26	0:00:00	0:00:00		0:08:26
0:10:01	0:21:25	0:00:00	0:00:00		0:11:24
0:23:07	0:30:00	0:00:00	0:00:00		0:06:53
0:00:00	0:06:44	0:00:00	0:00:00		0:06:44
0:54:28		0:00:00			
90,78%		0,00%		Mejor	0:08:26
				Peor	0:10:33
				Promedio	0:10:13

CUADRO 5. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #1	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0123
2	0,0122
3	0,0098
4	0,0133
Cantidad de viajes	4
Rend. General	0,0172 HM/m3

CUADRO 6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #1 (HM/m3)	
Media	0,012
Mediana	0,012
Rango	0,003
Varianza	0,00000215
Desviación estandar	0,0015
Coefficiente de variacion	12,33%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.3 Vagoneta articulada CASE 330 # 2.

CUADRO 7. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #2					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:07:20	0:00:00	0:00:00	0:07:20	
0:09:56	0:20:17	0:00:00	0:00:00	0:10:21	
0:22:20	0:40:31	0:00:00	0:00:00	0:18:11	
0:43:25	0:56:58	0:00:00	0:00:00	0:13:33	
0:49:25		0:00:00			
82,36%		0,00%		Mejor	0:10:21
				Peor	0:18:11
				Promedio	0:14:02

CUADRO 8. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE 330 #2	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,0084
2	0,0119
3	0,0209
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,0230 HM/m3

CUADRO 9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE 330 #2 (HM/m3)	
Media	0,014
Mediana	0,012
Rango	0,012
Varianza	0,0000414
Desviación estandar	0,0064
Coficiente de variacion	46,84%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.4 Vagoneta articulada CASE 330 # 27.

CUADRO 10. DURACIONES VAGONETA ARTICULADA					
Vagoneta articulada CASE 330 #27					
Transporte/ retorno		Espera		Duración del ciclo	
Inicio	Fin	Inicio	Fin		
0:00:00	0:08:41	0:08:41	0:11:15	0:11:15	
0:14:00	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:16:00	
0:02:25	0:12:01	0:12:01	0:14:29	0:12:04	
0:16:48	0:25:46	0:25:46	0:26:58	0:10:10	
0:26:58	0:30:00	0:00:00	0:00:00	0:03:02	
0:46:17		0:06:14			
77,14%		10,39%			
				Mejor	0:10:10
				Peor	0:16:00
				Promedio	0:12:45

CUADRO 11. RENDIMIENTOS VAGONETA ARTICULADA CASE # 27	
Ciclo	Rendimiento (HM/m3)
1	0,018
2	0,014
3	0,012
Cantidad de viajes	3
Rend. General	0,023 HM/m3

CUADRO 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO VAGONETA CASE #27 (HM/m3)	
Media	0,015
Mediana	0,014
Rango	0,007
Varianza	0,0000117
Desviación estandar	0,0034
Coefficiente de variacion	23,34%

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.5 Diagrama del proceso.

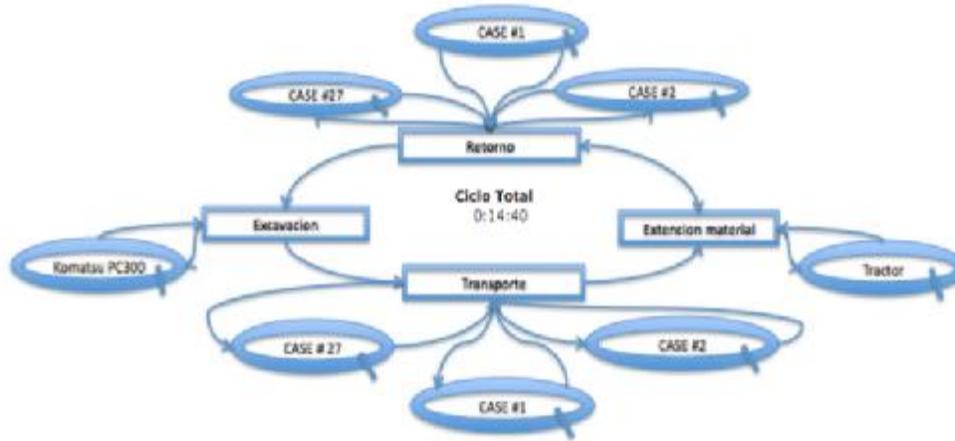


Figura 1. Duración del ciclo y diagrama del proceso.

6.6 Análisis estadístico general.

CUADRO 13. ANÁLISIS ESTADÍSTICO Y RENDIMIENTOS PARA FRENTE DE TRABAJO (HM/m3)				
Equipo/tarea	Komatsu PC450/Excav	Vagoneta CASE 330 #1	Vagoneta CASE 330 #27	Vagoneta CASE 330 #2
Rendimiento General del análisis	0,0057	0,0172	0,0230	0,0230
Media	0,0054	0,0119	0,0146	0,0137
Mediana	0,0041	0,0122	0,0139	0,0119
Rango	0,0089	0,0035	0,0067	0,0125
Varianza	0,0000089	0,000002	0,000012	0,000041
Desviación estándar	0,0030	0,0015	0,0034	0,0064
Coefficiente variación	55,6%	12,3%	23,3%	46,84%
Factor de afectación (%)	18,52			
Rendimiento Afectado	0,0064	0,0141	0,0174	0,0076
RENDIMIENTO DEL FRENTE DE TRABAJO	0,0057			

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.7 Análisis de la productividad por medio del crew balance.

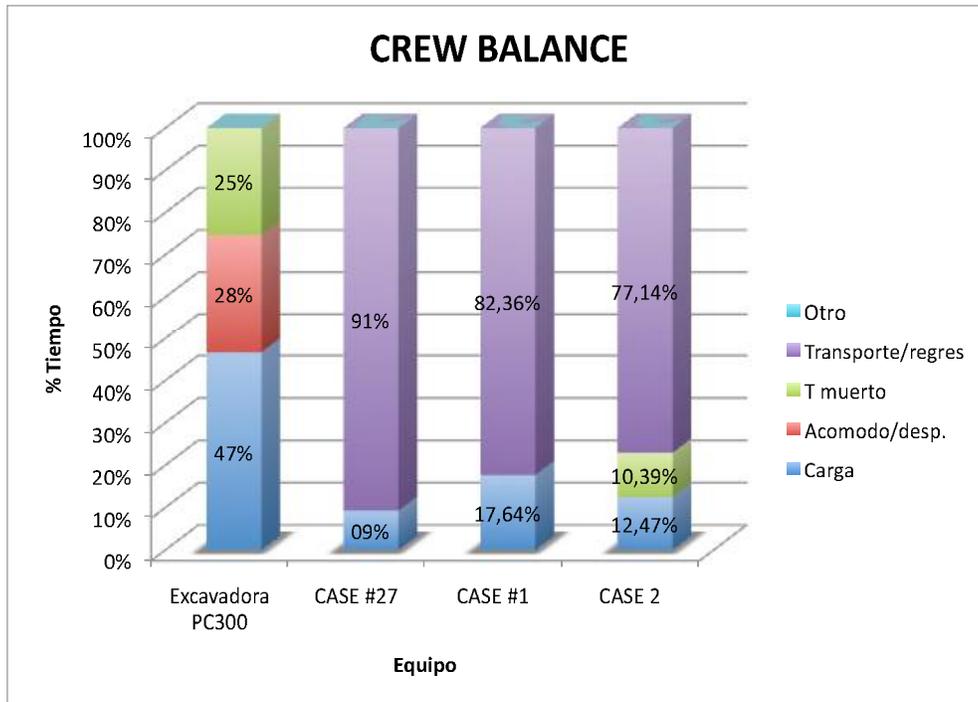


Figura 2. Crew balance.

6.8 Análisis de crew balance.

6.8.1 Se puede observar que el porcentaje de tiempo que toma a la excavadora PC 300 desprender y/o acomodar el material es casi de un 30%, lo cual es muy alto, debido a la capacidad de la máquina.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

	
Proyecto: Proyecto Hidroeléctrico San Lorenzo, Panamá	Actividad: Análisis de trabajo en campo asistido por cámara de video.

6.8.2 Importante mencionar que la excavadora consume mas de la mitad del tiempo del análisis en dos actividades que son el desprendimiento del material y luego el tiempo muerto que se da principalmente por la falta de equipo de acarreo.

6.8.3 Para el equipo de acarreo se observa un gran porcentaje de transporte y regreso, dado por la larga longitud de acarreo, esto abonado a un bajo porcentaje de carga nos da una clara imagen de que la productividad no es la adecuada, podría mejorarse.

6.9 Análisis de costos.

Para esta actividad se tiene presupuestado un costo de \$ 4.65 por metro cúbico excavado, a continuación costo real obtenido durante el análisis.

CUADRO 14. ANÁLISIS COSTO CON BASE AL CICLO DE TRABAJO	
Duración promedio del ciclo	0:14:40
Cantidad de vagonetas	3
Precio total por hora trabajada del frente (\$/h)	515,01
Viajes/h/vagoneta	4,1
m3 movidos	175
Costo Real (\$/m3)	2,9

Como se puede observar en el cuadro 14, el costo real durante el análisis realizado fue de aproximadamente \$ 2,9.

Realizado por:	Revisado por:
Wilson Picado Marchena	Ing. Marco Salas Marin

Anexos

- Planos de excavaciones, PHSL.

Referencias

- Artavia, M. (2010). *Presentación del Tema: Definición del alcance*. Material del curso Control de Costos. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Chamoun, JY. (2002). *Administración profesional de proyectos, la guía*. México: McGraw-Hill.
- Coghi, JC. (2010). *Presentación del Tema: Conceptos sobre la administración*. Material del curso Administración de Empresas Constructoras. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Leandro, A G. (2010). *Material del curso Procesos Constructivos*. Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Ajenjo, D. (2000). *Dirección y Gestión de Proyectos, un enfoque práctico*. Madrid, España: Alfaomega.
- Castillo, Chen, A. 2011. *Estandarización de los procesos de inspección de obra civil en proyectos de celdas celulares*. Proyecto final de graduación. ITCR. Costa Rica.
- Luna, Rodríguez, R. 2011. *Propuesta de mejoramiento de los procesos constructivos de las vías de acceso del proyecto Ampliación Cachí*. Proyecto final de graduación. ITCR. Costa Rica.
- Dondi, (2010). *Presentación del Tema: Movimiento de tierras*. Material del curso Carreteras II. Instituto Tecnológico de Costa Rica.