

“Desarrollo de una metodología para el seguimiento y control de las actividades de extracción y colocación de materiales de préstamo en un tramo del proyecto Nueva Carretera a San Carlos”



Dedicatoria

A Dios

Por haberme puesto en este camino de oportunidades y acompañarme en cada paso que doy, iluminando mi mente y dándome la salud y capacidad que he necesitado durante este período.

A mis padres Isabel Calderón y Milton Mora

Porque sin ellos no hubiese podido llegar hasta donde llegué hoy, por sus consejos y su constante motivación, por creer en mí, todo esto se lo debo a ustedes.

A mis hermanas Karol y Andrea

Porque siempre me ayudaron en cualquier cosa, siempre estuvieron pendientes y me apoyaron desde el inicio.

A mis profesores

Ing. Ana Grettel Leandro Hernández por su paciencia y por su ayuda en la búsqueda de un lugar donde desarrollar mi proyecto, al Ing. Sergio Fernández Cerdas por ayudarme como tutor en todo el proceso y por el tiempo que dedicó en mi trabajo, a la Ing. Sonia Vargas Calderón por la ayuda y guía que me dio en todo este proceso.

A mis amigos

Los cuales nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que actualmente seguimos siendo amigos.

Finalmente a todas aquellas personas que estuvieron involucradas y de una u otra forma me ayudaron en el proceso.

Abstract

This work intends to develop an easy use and quick access control tool that allows users to link together variables affecting subgrade filling material activities and, from real equipment performance, it will be able to calculate the length based on the work volume, just as the required equipment; leaving choice to select the amount of machinery and workers involved.

Also it looks forward to achieve an associated cost control, budgeting the cost of the activity for each section of the project and comparing it with the actually spent budget, to let users make the right decisions on time. All this based in data bases from Sánchez Carvajal Construction Company, this data bases can be modified according to the needs of the company. Besides, users can check equipment recommendations according to field observations and quality requirements according to regulations, all these in an easy and quickly way. Moreover this tool allows users to register all calculated information according to the sections of the project, its date and verified progress. Briefly, it is intended to develop a tool capable of linking important variables from the activity, in order to achieve a strict control, from the beginning to the end, with the opportunity of making choices when needed to keep the work as planned initially and registering all calculations related to these choices.

Resumen

El siguiente trabajo pretende desarrollar una herramienta de control fácil de utilizar y de rápido acceso que permita relacionar las variables que afectan la actividad de préstamo seleccionado para acabado, y con ello sea posible, a través de los rendimientos reales del equipo empleado en dicha actividad, determinar el tiempo que se tarda para cierto volumen de trabajo; así como el equipo requerido, dando oportunidad a la selección de la maquinaria; y la cantidad de trabajadores involucrados. Además procura llevar un control de los costos asociados, presupuestando el costo de la actividad por cada tramo del proyecto y a su vez comparando este presupuesto contra lo realmente gastado, para dar paso a la toma de decisiones oportunas y a tiempo; todo esto fundamentado en bases de datos a partir de información proporcionada por la Empresa Constructora Sánchez Carvajal S.A, las cuales pueden ser manipuladas de acuerdo con las necesidades que se vayan presentando en ésta. Adicionalmente es posible consultar las recomendaciones de equipo según aspectos de campo y revisar los requerimientos de calidad según la normativa, todo esto a mano y rápidamente accesible; además permite crear registros de los movimientos y cálculos estimados, conforme las fechas y los avances de la actividad. En síntesis se produce una herramienta que relaciona aspectos importantes de la actividad, para lograr un control estricto de ésta, desde su inicio hasta su finalización, con la oportunidad de tomar decisiones durante la ejecución en caso de desvíos según lo que se ha planeado inicialmente, y a su vez poder ver y registrar numéricamente cada una de estas decisiones.

(Keywords: herramienta de control, control de costos, préstamo seleccionado, proyecto carretero)

“Desarrollo de una metodología para el seguimiento y control de las actividades de extracción y colocación de materiales de préstamo en un tramo del proyecto Nueva Carretera a San Carlos”

ANDREY ROJAS CALDERÓN

200831431

Proyecto Final de Graduación para optar por el grado de
Licenciatura en Ingeniería en Construcción

NOVIEMBRE DEL 2012

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Índice General

Abstract	ii
Resumen	ii
Índice General	iv
Índice de Tablas	vii
Índice de Figuras	viii
Prefacio	x
Resumen Ejecutivo	xi
Capítulo I	14
Introducción	15
1.1 Objetivos.....	15
1.1.1 Objetivo General:.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos:	15
1.2 Marco Teórico.....	16
1.2.1 Medición de rendimientos	16
1.2.2 Productividad en la construcción.....	17
1.2.3 Control de Costos	18
1.2.4 Seguimiento y control del proceso de construcción.....	19
1.2.5 Conceptos de gestión de calidad total	19
1.2.6 Movimientos de material	20
1.2.7 Materiales	22
1.3 Antecedentes.....	23
1.4 Planteamiento del Problema	25
Capítulo II	26
Metodología.....	27
Capítulo III	30
3.1 Resultados.....	31

3.1.1 Medición de Productividad	31
3.1.2 Medición de Rendimientos	36
3.1.3 Herramienta de Control	41
3.1.4 Aplicación de la Herramienta de Control.....	49
3.2 Análisis de Resultados	59
3.2.1 Productividad.....	59
3.2.2 Rendimientos.....	60
5.2.2.a Extracción y Acarreo	60
5.2.2.b Nivelación	60
5.2.2.c Compactación.....	60
3.2.3 Herramienta de Control	61
Capítulo IV.....	63
Conclusiones y Recomendaciones	64
4.1 Conclusiones	64
4.2 Recomendaciones.....	65
4.3 Limitaciones.....	66
Apéndices	67
Apéndice 1. Medición de tiempos en la actividad de acarreo del material de Préstamo Seleccionado (Carga, Espera, Acarreo y Descarga).....	67
Apéndice 2. Medición de tiempos en la actividad de acarreo del material de Préstamo Seleccionado (Acarreo).....	68
Apéndice 3. Medición de tiempos en las actividades de nivelación y compactado del material de Préstamo Seleccionado.	69
Apéndice 4. Medición de tiempos en las actividades de nivelado y compactación del material de Préstamo Seleccionado.	70
Apéndice 5. Manual de Usuario de la Herramienta de Control.....	71
Apéndice 6. Tabla de desglose de precios de maquinaria empleados en los cálculos de la Herramienta de Control.....	83
Apéndice 7. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 9+700 a 10+660 (Puente Barranca).	84
Apéndice 8. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 11+000 (Puente Barranca) a 16+900 (Puente Espino).	85
Apéndice 9. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 17+100 (Puente Espino) a 19+500 (Puente Laguna).	86
Apéndice 10. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco).	87

Apéndice 11. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 22+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas).....	88
Apéndice 12. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 25+500 (Puente Arenas) a 27+900 (Puente Seco).....	89
Apéndice 13. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 28+933 (Paso Miguelon) a 31+300 (Puente La Vieja).....	90
Apéndice 14. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 31+500(Puente La Vieja) a 34+180 (Puente Ron Ron).....	91
Apéndice 15. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 34+320 (Puente Ron Ron) a 39+350 (Final).....	92
Anexos.....	88
Anexo 1. Distribución del trabajo en actividades constructivas según “Productividad Real en Obras Civiles” de Alejandro Cantú et al.....	88
Anexo 2. Tabla 203-1 CR-77 (Requisitos para Préstamo Seleccionado para Acabado)	88
Anexo 3. Tabla 203-2 CR-77 (Excavación y Terraplenado - Muestreos y Ensayos)	89
Anexo 4. Tabla 301-1 CR-77 (Graduación Sub-base).....	89
Anexo 5. Tabla 301-2 CR-77 (Sub-base Muestreos y Ensayos)	90
Anexo 6. Tabla 302-1 CR-77 (Graduación Base)	91
Anexo 7. Tabla 302-2 CR-77 (Base Muestreos y Ensayos)	91
Anexo 8. Comparación de costos de colocación de Material de Préstamo para diversos Proyectos Nacionales.....	92
Referencias	93

Índice de Tablas

Tabla 1. Rendimientos para la actividad préstamo seleccionado para acabado.....	12
Tabla 2. Datos de productividad tomados en campo por el método work sampling	31
Tabla 3. Cálculo de productividad de la actividad.....	36
Tabla 4. Cálculo del factor de afectación	37
Tabla 5. Rendimientos para el proceso de descarga del material en sitio	37
Tabla 6. Rendimientos para el viaje de acarreo de material.....	38
Tabla 7. Rendimientos para el proceso de cargado de las vagonetas en el sitio de extracción	38
Tabla 8. Rendimientos para el proceso de conformación con la niveladora en el sitio de colocación	39
Tabla 9. Rendimientos del proceso de compactado del material una vez colocado y conformado	39
Tabla 10. Análisis estadístico de rendimientos	40
Tabla 11. Rendimientos para la actividad préstamo seleccionado para acabado.....	40
Tabla 12. Cálculo del tiempo improductivo en la actividad	41
Tabla 13. Análisis de los tramos del proyecto con la herramienta de control.....	55

Índice de Figuras

Figura 1. Distribución del tiempo de acuerdo con la productividad en la actividad de préstamo seleccionado.	12
Figura 2. Desglose de porcentajes que representa cada costo asociado a la actividad de préstamo seleccionado	13
Figura 3. Gráfico de rendimientos para tractor de oruga. Tomado de "La maquinaria pesada en el movimiento de tierras (descripción y rendimiento)" por Roberto Vargas.	16
Figura 4. Fórmulas para el cálculo de rendimientos de maquinaria. Tomado de "La maquinaria pesada en el movimiento de tierras (descripción y rendimiento)" por Roberto Vargas.	16
Figura 5. Factores que afectan la productividad en un proceso constructivo. Tomado de "Administración de operaciones de construcción" por Alfredo Serpell.	18
Figura 6. Mapa de ubicación del proyecto Nueva Carretera a San Carlos. Tomado de "Resumen proyecto construcción de la Carretera a San Carlos" por Constructora Sánchez Carvajal.	23
Figura 7. Mapa del trazado del proyecto Nueva Carretera a San Carlos. Tomado de "Resumen proyecto construcción de la Carretera a San Carlos" por Constructora Sánchez Carvajal.	24
Figura 8. Distribución del tiempo de acuerdo con la productividad en la actividad de préstamo seleccionado.	41
Figura 9. Menú inicial de la herramienta de control.	42
Figura 10. Ventana de ingreso de datos del proyecto.	42
Figura 11. Menú de sub-rasante de la herramienta de control.	42
Figura 12. Sección de cálculo del volumen de trabajo para la actividad de colocación de préstamo.	43
Figura 13. Ventana de selección de los tramos del proyecto.	44
Figura 14. Ventana para el ingreso de un nuevo tramo a la base de datos de la herramienta.	44
Figura 15. Ventana de selección del equipo existente.	45
Figura 16. Ventana de ingreso de la cantidad de unidades de cada tipo de equipo.	45
Figura 17. Ventana para el ingreso de equipo nuevo a la base de datos.	46
Figura 18. Ventana para el registro de la información calculada por la herramienta.	46
Figura 19. Tabla mostrada en la herramienta con el registro de los cálculos realizados.	47
Figura 20. Ventana de selección de tipo de control de costos y porcentaje de avance para la actividad.	47
Figura 21. Ventana con el equipo recomendado para el desarrollo de la actividad.	48
Figura 22. Sección de control de calidad de la herramienta de control.	48
Figura 23. Ventana de ingreso de trabajadores a planilla y consulta de la base de datos.	49
Figura 24. Vagonetas empleadas en la actividad de colocación de material de préstamo.	49
Figura 25. Niveladoras empleadas en la actividad de colocación de material de préstamo.	49
Figura 26. Compactadoras empleadas en la actividad de colocación de material de préstamo.	50
Figura 27. Back hoe empleados en la actividad de colocación de material de préstamo.	50
Figura 28. Excavadoras empleadas en la actividad de colocación de material de préstamo.	50
Figura 29. Tramo del proyecto durante el proceso de colocación de material de préstamo.	50
Figura 30. Desglose del equipo seleccionado según el desarrollo de la actividad en campo.	51
Figura 31. Desglose del tiempo requerido para el tramo por analizar.	51
Figura 32. Desglose de la cantidad de trabajadores requeridos según el equipo seleccionado y el tramo a analizar.	51
Figura 33. Resultados de control de costos por actividades calculados por la herramienta.	52
Figura 34. Resultados de control de costos por tipo de costo calculados por la herramienta.	53
Figura 35. Resultados de control de calidad calculados por la herramienta.	54

Figura 36. Desglose de porcentajes que representa cada costo asociado a la actividad de préstamo seleccionado.	54
Figura 37. Costos calculados por la herramienta de control para un incremento en el equipo de acarreo y conformado.	56
Figura 38. Costos calculados por la herramienta de control para un incremento en el equipo de excavación del material.	57
Figura 39. Costos calculados por la herramienta de control para un atraso de 2 días en el período determinado inicialmente.	58

Prefacio

Actualmente se ha llegado a una etapa de gran avance en el sector constructivo, tanto en herramientas metodológicas como mecánicas empleadas en el día a día de una actividad o proyecto como tal; no obstante, es necesario continuar con la búsqueda de un avance y tratar de lograr un desarrollo óptimo de cada una de las fases que conforman un proyecto, buscando un máximo aprovechamiento de los recursos a través de una inteligente asignación de éstos y velar por alcanzar alta productividad en cada una de las actividades.

El objetivo de todas las empresas es ser cada vez más competitivos, por lo que se vuelve necesario llevar a cabo mediciones de los rendimientos de sus actividades y de esta manera tener un indicador de su capacidad productiva, así como es posible también, determinar cada uno de los factores que influyen en dicha productividad para manejarlos con mayor cuidado velando por alcanzar un máximo en desempeño.

Además de la capacidad productiva es necesario llevar un control de los costos involucrados, manipulando la información necesaria para comparar el costo planeado contra el costo real y eventualmente tener la capacidad de tomar decisiones a tiempo, orientadas a mantener el proyecto dentro de lo que se planeó.

Es importante una adecuada organización de cada sub-actividad, para

determinar debidamente las dependencias y rutas críticas que serán quienes tendrán mayor impacto en la organización general de la actividad, la cual a su vez forma parte de un proyecto.

Así como se pretende llevar un control en los costos del proyecto, de igual forma se pretende llevar un control en la calidad del producto que está en proceso, tanto en los materiales requeridos como en los procesos para llegar a éste, de manera que se logre controlar la conformidad de los procesos y del producto final de acuerdo con lo establecido en planos y especificaciones.

De esta forma se proyecta desarrollar una metodología para el control y seguimiento de las sub-actividades correspondientes a la actividad de extracción y colocación de material de préstamo seleccionado para acabado aplicado a un tramo del proyecto Nueva Carretera a San Carlos. Se pretende identificar las actividades involucradas, monitorearlas de acuerdo con los rendimientos, control de calidad y control de costos; y a partir de ello elaborar una herramienta computacional que permita un tipo de control y registro de la información que se requiere para dicha actividad, dando oportunidad al ingeniero de tener una base teórica y real del presupuesto y comportamiento del proyecto, conforme sea notorio su porcentaje de avance, y con esto exista la posibilidad de tomar decisiones respecto a la situación real de éste.

Resumen Ejecutivo

Actualmente de acuerdo con las magnitudes de los proyectos constructivos, es sumamente necesario un control del desarrollo de las actividades requeridas para éstos, desde las fases iniciales como el planeamiento y presupuesto hasta su fase final de revisión y entrega. Parte de este control se basa en determinar la capacidad real para desarrollar dicha actividad y de esta forma tener un punto de partida para determinar tanto tiempos como presupuestos y a partir de ello establecer el control de costos respectivo conforme se va presentando avance. No obstante, esa “capacidad” requiere de la medición de datos en campo, tanto de rendimientos como de productividad del equipo encargado de su desarrollo, reflejando realmente el comportamiento de la unidad productora. Ahora bien, un control de costos aislado o la medición de rendimientos por sí solo no representa beneficios significativos; es necesario relacionar cada una de estas variables que se reflejan en los proyectos para aprovechar al máximo los datos que éstas brindan, y de esa forma observar las zonas que presenten deficiencias para atacarlas rápidamente, velando por que no afecten al producto final y más bien se desarrollen condiciones apegadas al máximo a la planificación previa.

Con el desarrollo de este trabajo se pretendió unir algunas de estas variables importantes, analizándolas primeramente, para determinar su relación y con ello aprovecharlas en el control del desarrollo de la actividad de “Colocación de Préstamo Seleccionado para Acabado” para uno de los tramos del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos.

En síntesis se pretendió el desarrollo de una metodología de control a partir de una herramienta computacional, que facilite tanto el cálculo de la duración de las actividades de

acuerdo con los rendimientos reales del equipo, así como el control de los costos asociados y con ello sea posible tener un registro de consulta sobre los avances y cambios en el desarrollo de cada uno de los tramos del proyecto.

Adicionalmente se incluyeron algunas recomendaciones del equipo por utilizar para la actividad, así como el registro de las planillas requerido y los aspectos por tomar en cuenta de acuerdo con el control de calidad necesario para generar un producto apegado a la normativa aplicable (CR-77). En este caso, aunque el “Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes” CR-2010 sea el vigente actualmente, el proyecto Nueva Carretera a San Carlos se rige bajo el CR-77, debido a que el contrato para la construcción de la carretera se firmó en el año 2002.

La herramienta mencionada además del control de la Colocación del Préstamo Seleccionado, tiene la opción del control de Movimiento de Tierra, de acuerdo con los procesos de excavación común y terraplenado, al mismo tiempo que permite llevar un control de la Colocación de material de Sub-base y Base, siendo estas dos últimas actividades con un desarrollo muy similar en proceso y equipo a la actividad de análisis.

Para el desarrollo, se inició con el análisis de la actividad en el campo, determinando el equipo requerido y organizando éste para posteriormente proceder a la toma de rendimientos en campo y la productividad por el método Work Sampling, con estos valores se ejecutó el diseño de la herramienta que los involucrase todos en una sola metodología y que con ello permitiese el análisis de la actividad. Asimismo se implementó esta herramienta para determinar la veracidad de los datos resultantes y a partir de comparaciones por parte de los encargados del proyecto fuese posible verificar

su funcionalidad; una vez finalizado esto se procedió a capacitar a los funcionarios que la emplearían por medio del diseño y explicación de un manual de usuario.

Como resultado de las mediciones, luego del respectivo análisis, se obtuvo un 47% de productividad, determinando con ello que el desempeño es normal respecto a una actividad constructiva, pero podría mejorar bastante, ya que ésta se reduce producto a la lejanía del material requerido, así como por la cantidad de equipo disponible para el acarreo, el cual es

menor a la requerido (alrededor de 20 vagonetas) y por la carga de éste en el sitio de extracción. Ello se logra determinar debido a que gran parte del tiempo de la actividad se dedica a la espera del equipo de acarreo para poder continuar con los procesos siguientes, retardando un poco el avance del tramo. Según como se observa en la Figura 1. Se determinó también que el rendimiento de la actividad se encuentra distribuido de acuerdo con lo que se muestra en la Tabla 1, para cada uno de los procesos involucrados.

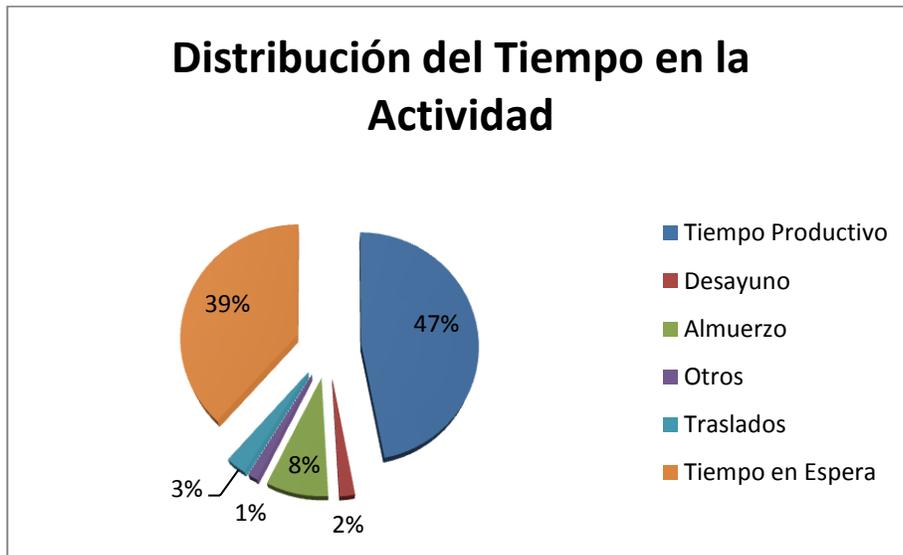


Figura 1. Distribución del tiempo de acuerdo con la productividad en la actividad de Préstamo Seleccionado.

Tarea	Rendimiento (min/m ³)	Rendimiento (h/m ³)	Rendimiento (m ³ /h)
Extracción y Carga	0,213	0,004	281,875
Acarreo	18,294	0,305	3,280
Nivelación	1,763	0,029	34,041
Compactación	1,452	0,024	41,309
Σ	21,509	0,358	-

Además se logró verificar para uno de los tramos del proyecto, "28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelón)", el costo total por medio de la herramienta de control, el cual fue de ₡27.850.951,40 y comparando con el costo de referencia de ₡27.312.536,42 se tiene una

variación de un 2%, afirmando la funcionalidad de la herramienta tanto para el cálculo del presupuesto de la actividad como para el respectivo control de los costos y la toma de decisiones. Además se comparó el costo por metro cúbico el cual es de ₡7.132,69, con el

publicado por CONAVI en el Informe de Ejecución Presupuestaria 2009 para el mismo proyecto y otros proyectos, con lo que se obtuvo una variación en el costo de $\text{C}\$617.59/\text{m}^3$, es decir un 9% del valor total, considerando un 15% de inflación para traer a valor presente el costo del año 2009. Con la determinación de los costos se obtuvo un desglose del valor que representa cada uno de ellos respecto al costo total de la actividad, siendo esto un 60% correspondiente al material requerido, un 16% para la actividad de acarreo, 14% para la conformación 5% para compactado, 4% para extracción del material y el 1% restante corresponde a control y remoción de baches en el tramo como se observa en la figura 2. Para el control de calidad del tramo en análisis

se determinó el requerimiento, de acuerdo con lo establecido en el CR-77, de 14 pruebas para determinar la densidad y humedad en el campo, 1 prueba de CBR, 2 pruebas de límites de Atterberg y de determinación de espesores, 1 prueba Próctor Estándar y 1 análisis granulométrico para así cumplir con lo mínimo establecido en este manual de referencia; resultando en un costo total de $\text{C}\$434.077,88$. Finalmente se determinó el costo total y por metro cúbico para cada uno de los tramos del proyecto, obteniendo una variación máxima de $\text{C}\$161.5/\text{m}^3$ respecto al valor de referencia de la empresa, con lo que se demuestra y verifica la capacidad de la herramienta.

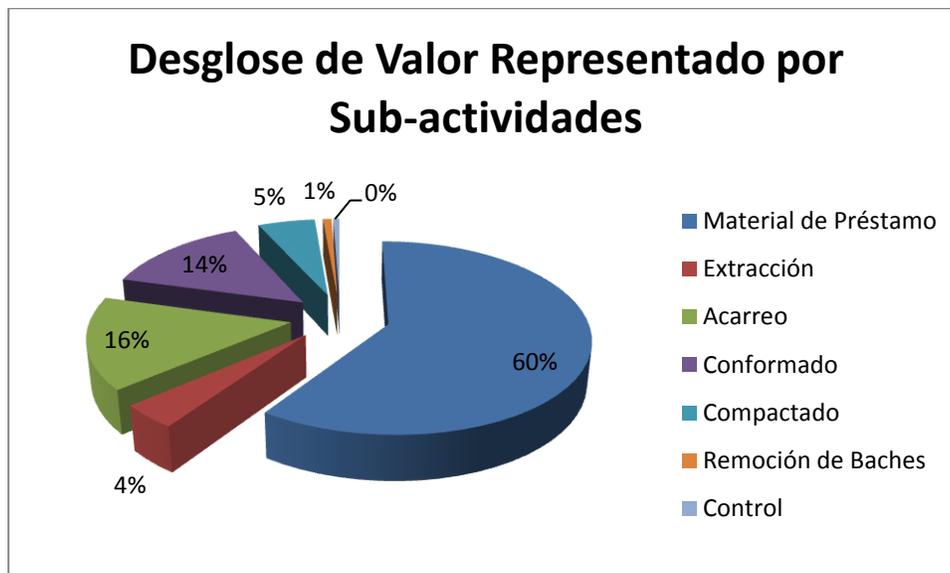


Figura 2. Desglose de porcentajes que representa cada costo asociado a la actividad de Préstamo Seleccionado

Capítulo I

Introducción

Introducción

Dentro del campo de la construcción existen diversidad de proyectos en los cuales, independientemente del tipo, se va a requerir un control tanto en el factor costo como en el factor humano y en el equipo, desde las etapas iniciales hasta el momento de entrega de un producto terminado.

Existen diferentes herramientas o metodologías para llevar un control de cada uno de estos aspectos, no obstante, es necesario mantenerse en una constante verificación para tener la capacidad de actuar a tiempo, según los desvíos que se pudiesen presentar en un proyecto, y de esta forma, llevar una estructuración de trabajo más organizada y con ello más funcional, cumpliendo con los objetivos

planteados dentro del rango de lo óptimo y acertado.

Los proyectos constructivos, a diferencia de otros, se caracterizan por ser únicos o tener condiciones de desarrollo las cuales requieren soluciones únicas; como resultado de esto se produce una serie de dificultades para lograr un control severamente efectivo de acuerdo con cada una de las variables nuevas existentes las cuales van apareciendo conforme se continúa con el desarrollo de éste.

Este control debe ejercerse desde la raíz de las actividades mismas del proyecto, es decir, partiendo de la parte productiva, siendo ésta la mano de obra, el equipo y los recursos empleados para el desarrollo del proyecto.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo General:

- Desarrollar una metodología para el control y seguimiento de las actividades de extracción y colocación de material de préstamo seleccionado para acabado aplicado a un tramo del proyecto: Nueva Carretera a San Carlos.

1.1.2 Objetivos Específicos:

- Identificar las sub-actividades derivadas de la actividad de préstamo seleccionado para acabado para un tramo del proyecto Nueva Carretera a San Carlos.

- Monitorear estas sub-actividades de acuerdo con los rendimientos, control de calidad y control de costos (Observación en el campo y registro de datos) y a partir de ello tomar las mediciones respectivas en campo.
- Elaborar una herramienta computacional para el control de las sub-actividades como conjunto, de acuerdo con su impacto en tiempo y costo para el proyecto.
- Implementar y evaluar la eficacia de la herramienta computacional comparando los rendimientos y costos reportados por el software con las cantidades reales obtenidas en campo.
- Capacitación de los funcionarios correspondientes sobre el uso de la herramienta y del procedimiento.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Medición de rendimientos

De acuerdo con lo indicado por Ruddy Luna en su informe de Proyecto de Graduación:¹

“Los datos de rendimientos se utilizan para el cálculo de recursos humanos y materiales, costos de producción y duración de las actividades. Existen muchas ventajas de contar con datos de rendimientos reales tanto de materiales y equipo como de mano de obra; una de ellas es una correcta planificación.

El rendimiento de mano de obra es el tiempo expresado en horas-hombre (HH) que un obrero emplea para cumplir una unidad de trabajo. Por otro lado el rendimiento de maquinaria es el tiempo necesario, expresado en horas-máquina (HM) empleado para desarrollar una unidad de trabajo.”

Es importante tomar en cuenta que, al ser el factor humano el que se evalúa con los rendimientos tanto de mano de obra como de maquinaria, éstos son afectados por un grado de variabilidad, el cual puede ser producido por aspectos como clima, ubicación geográfica del proyecto, topografía, tipo de suelo, especialidad y calidad de la mano de obra.

En el caso del equipo es sumamente necesario calcular la capacidad productiva de las máquinas; para esto se dispone de información que proporcionan los fabricantes del equipo y usualmente se consignan los valores teóricos para condiciones de máxima eficiencia; la mejor fuente de datos de los rendimientos es la estadística de cada empresa, que, de haberla, es la que refleja las condiciones reales de operación.²

Los rendimientos se pueden calcular de tres maneras:²

1.2.1.a Gráficamente: En el caso de la maquinaria existen gráficos donde es posible relacionar, de acuerdo con el tipo de equipo, su potencia y distancia de acarreo con el

rendimiento teórico que presentará éste, de acuerdo con estas condiciones y como se muestra en el gráfico siguiente, en el cual por medio de la distancia de acarreo en la parte inferior horizontal y el volumen en banco en la parte izquierda vertical, se logra determinar el rendimiento teórico para los modelos de tractor de oruga indicados.

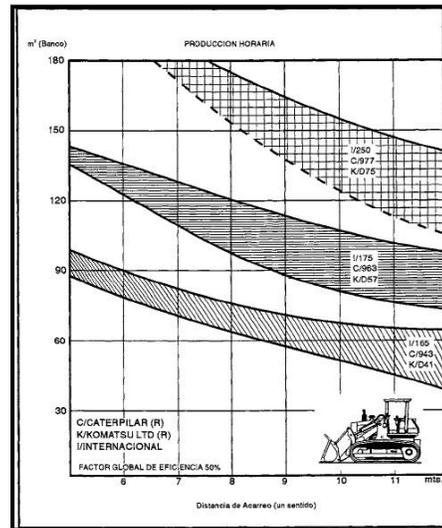


Figura 3. Gráfico de Rendimientos para Tractor de Oruga. Tomado de "La Maquinaria Pesada en el Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)" por Roberto Vargas.

1.2.1.b Mediante fórmulas: Existen fórmulas que permiten la relación de variables que afectan el equipo según las condiciones en que se utilice, determinando reducciones en su rendimiento respecto del rendimiento teórico, estas variables pueden ser: velocidad, tipo de material, potencia del equipo entre otros. Como se ejemplifica con la fórmula siguiente:

$$R = 60 \text{ min.} \times E \times Vc \times Fc / Tc \times Fa$$

Donde:

- R = Rendimiento.
- E = Eficiencia.
- Vc = Volumen movido por ciclo.
- Fc = Factor de llenado.
- Tc = Tiempo del ciclo.
- Fa = Factor de abundamiento.

Figura 4. Fórmulas para el cálculo de rendimientos de maquinaria. Tomado de "La Maquinaria Pesada en el Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)" por Roberto Vargas.

1.2.1.c Por observación directa: En este caso el rendimiento se determina en campo, donde se miden tiempos y duraciones de cada equipo para posteriormente, por medio de relaciones

¹ Ruddy Luna, "Análisis de los procesos constructivos en las vías de acceso del Proyecto Ampliación Cachi", 2011

² Roberto Vargas, "La Maquinaria Pesada en el Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)", 1999

estadísticas, determinar el rendimiento real y actual del equipo en campo.

1.2.1.d Factores que afectan los rendimientos:

Durante la jornada laboral existen tiempos que no favorecen el avance de la obra, por lo que se obtienen bajos rendimientos en las actividades. Estos tiempos se denominan “no productivos” o de “baja productividad”, y están relacionados con actividades, a cargo de los trabajadores, que no contribuyen al avance o a períodos donde no se desarrolla ningún tipo de actividad realmente representativa en el proyecto de acuerdo con su avance total.

Los rendimientos se ven afectados por varias causas:³

- Repeticiones del mismo trabajo.
- Falta de supervisión en obra.
- Largas distancias en la ubicación de los materiales.
- Interferencia de trabajo entre cuadrillas.
- Actividades que los trabajadores desempeñan que no corresponden al puesto asignado.
- Tiempos necesarios para actividades como alimentación y traslados al sitio de trabajo.
- Tiempos de descanso.
- Tamaños de las cuadrillas al inicio y al final de cada actividad.
- Atraso por espera de equipos, materiales o herramientas.
- Falta de limpieza y control de la zona.
- Tiempo de espera de instrucciones.

Cada una de estas causas se encuentra asociada a factores internos y externos. Los factores internos son los atribuidos al proyecto o a la empresa, y pueden ser controlados o minimizados, para así aumentar los rendimientos de los procesos. Por el contrario, los externos son ajenos al control en el proyecto.

Dentro de los factores internos se podrían mencionar problemas asociados a una incorrecta administración, como una deficiente planificación o ausencia de ésta, el mal control de las actividades o una inadecuada asignación

³ Roberto Vargas, “La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)”, 1999

de tareas, herramientas o materiales de trabajo. Dentro de los factores externos se pueden mencionar los ambientales, las políticas sociales y económicas del país o la región donde se desarrolla el proyecto. Estos factores no pueden ser modificados, en razón de que no se tiene control sobre ellos para mejorar el rendimiento determinado. El aumento en la productividad es una oportunidad para obtener mejores rendimientos, disminuir gastos y tiempos en la realización de cada actividad.

1.2.2 Productividad en la construcción

Según Alfredo Serpell en su libro Administración de Operaciones de Construcción:

La productividad es la relación entre lo producido y lo gastado en ello; pudiéndose expresar como:⁴

$$PRODUCTIVIDAD = \frac{CANTIDAD PRODUCIDA}{RECURSOS EMPLEADOS}$$

Ésta puede definirse en forma más explícita como una medición de la eficiencia con que los recursos son administrados para completar un producto específico, dentro de un plazo establecido y con un estándar de calidad dado. Es decir, la productividad comprende tanto la eficiencia como la efectividad, ya que de nada sirve producir mucho volumen de obra, utilizando eficientemente el recurso de mano de obra, si el producto va a tener problemas de calidad, hasta el punto que debe demolerse posteriormente para una reconstrucción. Es por esta razón que se vuelve sumamente necesaria una relación estrecha entre eficiencia (buena utilización de los recursos), efectividad (cumplimiento de las metas deseadas) y productividad.

La productividad requiere para su logro, la aportación de todos los niveles de una organización. Ésta, tanto en su accionar interno como en su interacción con el entorno, debe proveer las condiciones y recursos para que los grupos de trabajo puedan llevar a cabo sus tareas de manera productiva. A su vez, dichos grupos, en su conformación y dirección deben proporcionar a cada uno de los individuos que

⁴ Alfredo Serpell, “Administración de Operaciones de Construcción”, 2002

los conforman, las condiciones y recursos para permitirles lograr una alta productividad en sus tareas específicas.

Hay muchos factores que afectan la productividad en la construcción. Lo importante para el administrador de una obra es saber cuáles son los más negativos, para poder actuar sobre ellos adecuadamente y disminuir sus consecuencias, y cuáles aportan mayor eficiencia para incrementar su efecto. La Figura 5 muestra esta situación, indicando sólo algunos de los innumerables factores que afectan la productividad en la construcción.



Figura 5. Factores que afectan la productividad en un proceso constructivo. Tomado de "Administración de Operaciones de Construcción" por Alfredo Serpell.

La productividad puede ser medida en campo por medio de varias técnicas, entre estas.⁵

1.2.2.a Crew Balance: Este método consiste en analizar una cuadrilla separando a cada uno de los trabajadores y registrando el tiempo que tarda cada uno de ellos en desarrollar la actividad por analizar, luego se utilizan gráficos de barras distribuidos en el "eje x" para representar a cada trabajador y en el "eje y" se miden los tiempos que tarda cada uno en desarrollar la actividad, con ello se determina la productividad de manera individual y como cuadrilla.

1.2.2.b Five Minute Rating: Este consiste en tomar mediciones durante intervalos definidos, de manera tal que se registra la

⁵ Ana Grettel Leandro, "Medición de Rendimientos y Productividad en la Construcción", 2012

actividad a la que se dedica cada uno de los trabajadores al momento de la medición, con esto se procede al análisis de la productividad.

1.2.2.c Work Sampling: Este método de campo aplica la estadística, de manera que de acuerdo con un nomograma establecido para el mismo, se define que para un 95% de confiabilidad en el análisis de actividades de construcción, se requieren al menos 384 mediciones. Estas mediciones consisten en registrar la cantidad de trabajadores "trabajando" y "no trabajando" durante intervalos de tiempo, para el posterior análisis de la productividad respecto al total de mediciones.

Es importante entonces, comprender que la productividad es un problema extremadamente complejo, debido a la gran cantidad y a las características de los elementos que tienen relación con ella, ésta se ve estrictamente relacionada tanto con los rendimientos del equipo y de la mano de obra así como con el tipo de control de costos que se lleve en el proyecto, por lo que, además de tener en cuenta un adecuado manejo de las planillas para alcanzar valores adecuados de productividad y de rendimiento, es necesario llevar un control estratégico de costos y así complementar la correcta administración de la obra.

1.2.3 Control de Costos

El control de costos es obviamente el objetivo de la mayoría de los administradores del proyecto, pero es necesario reconocer que ninguna cantidad de papeleo o trabajo solamente de oficina pueden alcanzar este control. El papeleo y trabajo de oficina puede representar una guía sobre qué acciones de control se deben seguir; y mientras nosotros lo llamamos "sistema de control de costos", debería llamarse más bien "sistema de información de costos". De acuerdo con esto los elementos que forman parte de cualquier sistema de control de costos son: observación, comparación entre lo observado y el estándar, y las acciones correctivas de ser necesarias.⁶

De acuerdo con Frank Harris, algunas variables que generan dificultad en el control de costos en un proyecto son:

Un equipo administrativo nuevo; al ser un proyecto grande hay sitios dispersos en

⁶ Frank Harris, "Modern Construction Management", 2006

varias zonas, lo que causa problemas con la comunicación efectiva con otras partes de la compañía. Se usa frecuentemente la suma global para encasillar actividades, lo cual no permite espacio al control detallado del costo de éstas; además, las condiciones siempre cambiantes del tiempo atmosférico producen un efecto impredecible sobre el avance de un proyecto constructivo.

Partiendo de tal afirmación, se torna necesario, tener a mano una herramienta eficaz, de fácil manipulación, y que brinde información de manera rápida y válida, apegada a la realidad de los proyectos, la cual, de manera teórica, permita hacer una relación entre lo planeado y lo que realmente se está ejecutando, y de esta forma se tenga un punto de comparación real para la toma de decisiones acertadas según las necesidades que se presentan en el desarrollo de las actividades.

1.2.4 Seguimiento y control del proceso de construcción

De acuerdo con lo establecido por Alfredo Serpell en Administración de Operaciones de Construcción:⁷

Las etapas de seguimiento y control forman parte de la administración de cualquier proceso productivo, y, por lo tanto, también de la construcción. Los objetivos del seguimiento y del control son básicamente los siguientes:

- Verificar que la ejecución de los trabajos se esté realizando de acuerdo con lo planificado y especificado (eficiencia de la gestión).
- Tomar acciones correctivas que permitan superar las deficiencias, o ajustar la planificación a condiciones actuales diferentes a las supuestas inicialmente.
- A los dos objetivos anteriores es necesario agregar un tercero, que debe ser la esencia del rol de un administrador a nivel operacional: aumentar la productividad y la calidad, a través de un mejoramiento continuo de la eficiencia y la efectividad en la ejecución de las operaciones de construcción.

Para llevar a cabo la evaluación y control de un proceso, es necesario contar con retroinformación en cantidad y calidad suficientes, y además oportuna, que permita a la persona que debe tomar decisiones, una percepción de la realidad que sea lo más cercana posible a ésta.

La base del seguimiento y control del proceso se enfoca a alcanzar un producto de calidad y que no sobrepase el costo presupuestado inicialmente, por lo que la calidad se convierte también en un aspecto fundamental por tomar en cuenta.

1.2.5 Conceptos de gestión de calidad total

La gestión de calidad total es un esquema administrativo que tiene como objetivo lograr la calidad en todos los ámbitos del funcionamiento de una empresa y, en especial, en sus productos y servicios. Para implementar este esquema de gestión es necesario que una organización se involucre en un proceso de transformación de largo alcance.⁶

Los principales conceptos asociados a la gestión de calidad total, según Alfredo Serpell, son los siguientes:

- La gestión de calidad es crucial para la supervivencia de una empresa y merece la atención y compromiso de la administración superior.
- La principal responsabilidad sobre la calidad debe recaer en aquellos que realizan el trabajo. El control por inspección es de valor limitado.
- Para que los grupos de producción acepten la responsabilidad por la calidad, la administración debe establecer sistemas para el control y verificación del trabajo, y debe educar a la fuerza laboral en su aplicación.
- Los costos de educación y capacitación para la calidad y cualquier otro costo en que se pueda incurrir, será recuperado muchas veces por medio de una mayor producción, menos pérdidas, una mejor calidad del producto y mayores utilidades.

Ahora bien, cada uno de estos aspectos debe aplicarse en todos los sectores constructivos, con algunas variaciones dependiendo de la actividad, en este caso se da

⁷ Alfredo Serpell, "Administración de Operaciones de Construcción", 2002

una orientación hacia la construcción pesada, más específicamente, a la construcción de proyectos carreteros; donde la maquinaria se convierte en uno de los protagonistas por lo que es inevitable tomar las medidas necesarias para manejar el asunto adecuadamente.

1.2.6 Movimientos de material

Las obras que realiza la ingeniería civil mediante el movimiento de grandes volúmenes de tierra o material son logros de importancia trascendental pues viene a constituir la infraestructura del país, dentro de esta infraestructura se pueden mencionar las carreteras nacionales y cantonales.

Según Roberto Vargas en su documento La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras:⁸

La proporción más importante del capital fijo de una empresa constructora está constituida por la maquinaria y equipo en poder de éstas. La utilización adecuada de este recurso es determinante de la eficiencia con la que la propia constructora realiza la obra civil.

La participación del trabajo mecánico en la construcción pesada es superior al 60%⁸. La importancia que adquieren maquinaria y equipo en la construcción y, por ende, en la economía del país resulta así evidente.

No es posible esperar utilidades cuando se descuida la utilización de la maquinaria; es indispensable llevar un control detallado de los avances, parciales y generales, por máquinas y frentes de trabajo. Es necesario corregir oportunamente las desviaciones y garantizar hasta donde sea posible una coherencia con lo programado o planeado.

Una máquina debe siempre tener una disponibilidad en obra que no baje del 70% y debe dedicársele toda la atención necesaria para que su eficiencia esté muy cercana al 80%⁸. Esto se maneja desde el punto de vista de un mantenimiento oportuno y eficaz; así como el abastecimiento de refacciones, combustibles, lubricantes y el cuidado constante del personal mecánico para la prevención y programación de reparaciones mayores como del necesario mantenimiento para que sigan trabajando.

⁸ Roberto Vargas, "La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)", 1999

Aunque de hecho existe un equipo adecuado para cada tipo de trabajo, los contratistas no siempre disponen de él y en caso de tenerlo, el tamaño y estado de este no resultan en ocasiones los deseables. Por otro lado se tiene la opción de rentar en el mercado de arrendamientos el equipo necesario, en especial en épocas recesivas, cuando hasta incluso resulta más económico hacerlo que emplear maquinaria propia.⁹

1.2.6.a Maquinaria empleada en procesos constructivos:⁹

Tractores

Es realmente difícil no encontrar presente este tipo de máquinas en la construcción pesada, quizás la más necesaria debido a su facilidad de transitar en todo terreno. Su aplicación preponderante es el empuje de tierra con base en su hoja tapadora, pero es capaz de portar algunos otros accesorios y herramientas también útiles. Son muy utilizados en desmontes, despalme, trazo de caminos, caminos auxiliares, excavación y acarreo, trabajo en laderas, rellenos y semi-compactado. Para las actividades de movimiento de tierra se utilizan los de oruga, pero existen también sobre neumáticos, para actividades agrícolas. Su rendimiento varía de acuerdo con el tamaño y potencia, y puede ir desde los 20 m³/h (CAT D6) hasta los 160 m³/h (CAT D9) para los casos más comunes.

Compactadores

Los compactadores constituyen el factor decisivo para la seguridad y capacidad estructural, calidad y vida útil de una obra.

Se define a la compactación como el efecto de incrementar la densidad de un material terreo, pétreo, mixto o asfáltico, mediante la aplicación de fuerzas estáticas o dinámicas. El equipo para ello consta generalmente de cilindros que aplican tal fuerza estática, y su rendimiento va desde 140 m³/h hasta 210 m³/h (caso de equipo autopropulsado más común).

Existen varios tipos, entre ellos:

Rodillo Estático: En la actualidad este tipo está en desuso, constan de 2 ó 3 rodillos o tambores

⁹ Roberto Vargas, "La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)", 1999

lisos, con un peso entre 6 y 15 toneladas, y pueden emplearse en cualquier tipo de material con excepción de roca y arcilla.

Tambor Vibratorio: Es el equipo más usado actualmente, debido a su eficiencia, velocidad y maniobrabilidad; puede ser de dos tipos: de cilindro liso el cual se recomienda para materiales distintos de arcillas y asfaltos, y el cilindro de patas el cual tiene una superficie armada de filas de pirámides truncadas que evitan la estructuración laminar de la capa compactada, éstos se emplean en toda aplicación excepto en enrocamientos, bases y asfaltos.

4 Ruedas con pata de Cabra: Este tipo de compactadores tiene cuatro cilindros con pata de cabra y por lo general está equipado con una hoja topadora, es la máquina más efectiva para compactar suelos cohesivos, y de hecho, está diseñada para ello.

Excavadoras

Esta máquina está enfocada a la excavación de zanjas, al desprendimiento del material en caso de corte, el cual a su vez lo carga en el equipo de acarreo, y a la explotación de bancos de río fundamentalmente. Su rendimiento varía de acuerdo con su potencia y capacidad de la pala, y puede ir desde los 30 m³/h hasta los 200 m³/h para los casos más comunes.

Retroexcavador

El usualmente denominado "Back Hoe", es un equipo pequeño, pero versátil en virtud de que realiza dos funciones en cualquier trabajo de movimiento de tierra: cargar de manera similar al cargador solamente que en menor escala y excavar de manera similar a la excavadora pero con capacidad más limitada. Su rendimiento variará de acuerdo con el tamaño de la pala para ambos casos, y puede ir desde 1.5 m³/h hasta los 3 m³/h aproximadamente.

Cargadores

Los denominados cargadores frontales, son de hecho la versión que constituye lo que anteriormente se conocía como palas cargadoras y que consistían generalmente en un equipo montado sobre orugas, con dos plumas en forma de tijera que mecánicamente y por medio de cables accionaban un cucharón.

Los cargadores frontales se emplean para tomar, de un banco frontal o de un sitio de acopio, material para ser cargado sobre un

camión de volteo; cuentan con un cucharón desde 0.8 hasta 9.0 m³.

Motoniveladoras

Las motoniveladoras, también llamadas motoconformadoras, son uno de los equipos versátiles más empleados en la construcción de terraplenes, terracerías y pavimentos por el método de riego, de caminos, aeropistas, viaductos y calles.

Sus principales usos son: nivelación, mezclado, escarificado, cunetas y conservación de caminos. Su rendimiento varía dependiendo del suelo o material que se trabaje, pero puede ir desde los 130 m³/h hasta 150 m³/h, o de otra manera desde 290 m²/h hasta 490 m²/h.

Mototrailla

Éstos son equipos que constan de una caja con una hoja-cuchilla en la parte inferior, que se encarga de escarbar la superficie de tierra cargándose por el efecto de avance que le imprime un tractor.

Este tipo de máquinas es muy completo porque excava, se carga, acarrea y descarga de manera uniforme; las más empleadas actualmente tienen una capacidad de 17.5 m³ en su balde para acarreo.

Vagoneta

Este tipo de camiones viene en una amplia gama de tamaños y potencias distintas de motor, generalmente, de acuerdo con el tipo de proyecto, son empleadas las que tienen una capacidad de 12m³ y las de 14m³, esto según la actividad por llevar a cabo y tomando en cuenta que el peso del equipo es un factor indispensable a la hora de considerar un proyecto carretero.

En un proyecto de carreteras, este tipo de equipo se encarga del manejo de movimientos de tierra y de la colocación de las capas que forman parte de la estructura del pavimento, entre otras actividades; de modo que en los movimientos de tierra se enfoca la actividad en excavación y relleno de acuerdo con la necesidad, acarreando el material desde el lugar de excavación hacia la escombrera (en caso de excavación) o desplazando el material hacia el sitio de colocación (en caso de relleno) para una posterior conformación y compactación con el equipo respectivo. De igual manera en cada capa del pavimento, se acarrea el material, conforma y compacta, esto es una capa sobre otra hasta el momento en que se

coloca la mezcla asfáltica o el concreto hidráulico.

satisfaga los rangos de dosificación para la mezcla y el índice de resistencia requerido.

1.2.7 Materiales

Dentro de los materiales empleados para la estructura del pavimento se tienen tres tipos además de la sub-rasante y sin tomar en cuenta la superficie de ruedo o pavimento asfáltico.¹⁰

Sub-rasante: Es el material manipulado durante el movimiento de tierra, este varía dependiendo de la geología del terreno y por lo que a su vez es posible que varíe en cada uno de los tramos de un proyecto de este tipo. Se define como la fundación de la estructura de pavimento.

Préstamo seleccionado para acabado: Éste consiste en el material aprobado necesario para la construcción de terraplenes, rellenos u otras partes de la obra que deberá ser obtenido de fuentes aprobadas por el ingeniero y clasificadas según si la fuente es utilizada de acuerdo con lo establecido por el ingeniero, especificaciones o planos o si las fuentes son elegidas por el contratista tomando en cuenta que en ambos casos se debe cumplir con los requerimientos del CR-77.

Sub-base: Este material consiste en partículas muy duras y durables de escoria, piedras o gravas, pizarras, tobas o lastres triturados para obtener el tamaño y graduación solicitados de acuerdo con lo que indica el CR-77. No podrá contener sustancias vegetales, grumos o terrones de arcilla y tendrá que llenar las exigencias de las graduaciones y capacidad de soporte exigidas por el cartel de licitación del proyecto en conjunto con el CR-77 usando procedimientos de AASHTO.

Base: Este consiste en material selecto y procesado que se coloca entre la capa superior de una sub-base o de la sub-rasante y la capa de rodamiento. Puede ser de mezcla asfáltica o con tratamientos de acuerdo con el diseño. Las diversas fracciones de agregado presentes en esta deben ser clasificadas por tamaños, graduadas uniformemente y combinadas en proporciones tales que la mezcla resultante

¹⁰ Ministerio de Obras Públicas y Transportes, "Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras caminos y puentes", 2010

1.3 Antecedentes

El área de San Carlos está localizada en la provincia de Alajuela en Costa Rica, con gran mayoría y las más grandes lecherías y pasturas del Norte de Costa Rica. Por su temperatura, sus abundantes lluvias, su potencial en la crianza de ganado y agricultura y la adición de ser una importante región en desarrollo para el esparcimiento y el turismo; pero que a pesar de su importancia local y de exportación de sus productos ganaderos y agrícolas, en el presente se moviliza a través de un complicado sistema de vías en su área montañosa, que no cuenta con la integridad para proveer una transportación conveniente, por lo que en 1962 Costa Rica analiza un plan para la construcción de una nueva vía, que luego es desechada por la falta de fondos.

En 1996, el Gobierno de Taiwán accede a una propuesta de préstamo y ayuda, y contrata a una compañía asiática para iniciar el diseño de la nueva vía, la propuesta original unía el área de San Carlos con la carretera Panamericana y San José (Capital) a través de un trecho de 56 kilómetros aproximadamente, atravesando el Norte de la Cordillera Volcánica Central hasta San Carlos y finalizando en las inmediaciones de Florencia, con un trecho de 39.43 kilómetros. Esta nueva carretera sustituiría a la actual vía, plagada de curvas y pendientes excesivas, y facilitaría el ahorro energético en el transporte, además de que reduciría la distancia con Nicaragua y fortalecería la interacción comercial entre ambos Gobiernos.



Figura 6. Mapa de ubicación del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos. Tomado de "Resumen Proyecto Construcción de la Carretera a San Carlos" por Constructora Sánchez Carvajal.

El primer contrato fue firmado el 8 de mayo de 2002. El tiempo estimado de la obra se determinó en 6 años, el proyecto se dividía en dos secciones, la Sección I de 29,73 kilómetros, desde Sifón de San Ramón hasta Florencia en el área de San Carlos, el tiempo estimado para la sección fue de cuatro años y los fondos provendrían del Contrato de préstamo con el Gobierno de la República de China. La Sección II de 9,7 kilómetros, conectaría la carretera panamericana con Sifón de San Ramón, el tiempo estimado para esta sección fue de 2 años y los fondos provendrían de una donación del Gobierno de la República de China.

Sin embargo, las negociaciones se extendieron durante tres años y en el 2004 la Contraloría General de la República solicita el Estudio de Impacto Ambiental para todo el Proyecto y el Derecho de Vía, luego se firma nuevamente el contrato con la compañía RSEA Engineering Corporation, y en agosto de este año el contrato es enviado a la Contraloría General para su referendo, el cual es rechazado debido a la falta del Estudio de Impacto Ambiental. Posteriormente CONAVI aprueba el contrato y autoriza su firma, incluyendo solamente la Sección I por un monto total de \$61 millones.¹¹

El trazado del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos se inicia en Volio de San Ramón y finaliza en La Abundancia de San Carlos, pasando cerca de las poblaciones de Alto Villegas, Santa Elena y Buena Vista. La longitud de la carretera es de 29,73 kilómetros, el ancho de la superficie de rodamiento de la nueva carretera es de 18,75 metros en cuatro carriles, con excepción de los puentes que van en dos carriles cada uno. En este trayecto se ubica un paso a desnivel en la población de Santa Elena y 42 intersecciones menores con caminos cantonales.

Incluye también la construcción de ocho puentes situados en los siguientes ríos o quebradas: Río Barranca, Río Espino, Quebrada Laguna, Río Tapezco, Quebrada Arena, Río Seco, Río La Vieja y Río Ron Ron.¹²

¹¹ Rodolfo Argüello et al, "Análisis de Impacto Ambiental Proyecto Nueva Carretera a San Carlos", 2006

¹² Adán Corrales, "Aspectos Generales del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos", 2012

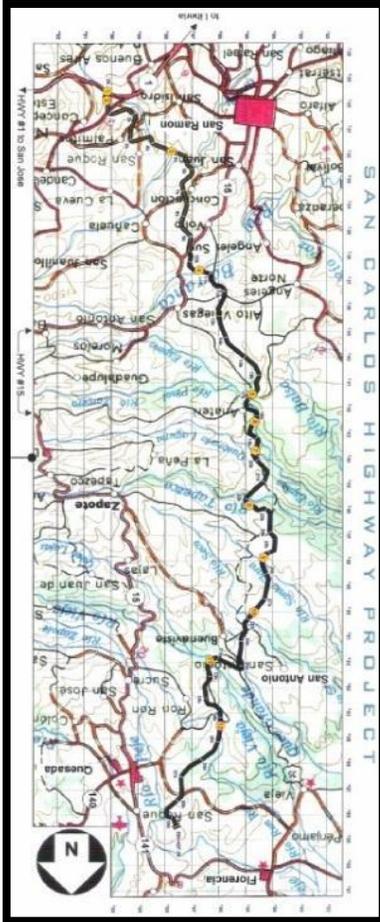


Figura 7. Mapa del trazado del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos. Tomado de "Resumen Proyecto Construcción de la Carretera a San Carlos" por Constructora Sánchez Carvajal.

Éste fue diseñado en su totalidad, excepto los puentes, por la empresa Moh and Associates, Inc., contratada por el Gobierno de Taiwán, tomando como referencia el corredor trazado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes. Se trabaja simultáneamente en dos frentes, uno que inicia en las cercanías de San Ramón (Sifón) con rumbo a Ciudad Quesada (La Abundancia). El otro se inició en las cercanías de Ciudad Quesada (La Abundancia), trabajando en sentido contrario hasta completar la totalidad del Proyecto. La estructura de pavimento consiste en una capa de préstamo seleccionado para acabado de 25 cm. de espesor cuando el CBR de la subrasante sea menor que un 5,50 %, una capa de sub-base granular de 25 cm. de espesor, una capa de base granular de 20 cm. de espesor y una capa asfáltica de 17 cm. de espesor, la cual se colocará en dos etapas, a saber: 12,50 cm. de espesor en una primera etapa y luego el espesor restante que se colocará en el año que

indique el estudio que se realizará a partir del año 7. Para la ejecución del proyecto se estima un plazo global de 1460 días naturales, contados a partir del día de la fecha de inicio de labores. El plazo expresado no contempla los días de lluvia que se pueden presentar y que se consideran compensables.¹³

¹³ Consejo Nacional de Vialidad, "Carretera a San Carlos – Información General Agosto 2007"

1.4 Planteamiento del Problema

Toda actividad constructiva surge en un principio con el fin de satisfacer una necesidad, no obstante, en búsqueda de satisfacer esa necesidad, cualquier empresa constructora pretende obtener una utilidad por el producto terminado. Además en el desarrollo de un proyecto el presupuesto y la planificación de éste juegan un papel muy importante, estableciendo su duración y costo, y permitiendo determinar su viabilidad. Un inadecuado manejo de los recursos podría comprometer las utilidades planteadas en un inicio, por lo que se vuelve sumamente importante llevar un control desde el comienzo del proyecto hasta su entrega. Este control asegura tanto la adecuada distribución y aprovechamiento de los recursos así como un adecuado funcionamiento de la mano de obra y de la maquinaria, indispensable en el avance del proyecto.

Un adecuado sistema implicaría entonces: un presupuesto a partir de los volúmenes de obra y de acuerdo con las capacidades tanto de la mano de obra como de la maquinaria con que cuenta la empresa, un control de los costos a partir de ese presupuesto comparando lo planeado contra lo gastado y permitiendo la toma de decisiones a tiempo para poder “tomar el control” de la actividad constructiva, una selección de la maquinaria adecuada de acuerdo con la actividad por realizar, y a partir de esto la conformación de cuadrillas eficientes, de las cuales se obtenga una productividad óptima y con esto se mejore a su vez el rendimiento, resultando en un efecto positivo para el producto final, con base en lo presupuestado inicialmente.

Generalmente todas estas estructuras se consideran por separado, y no se relacionan los resultados de una respecto a las demás, en otros casos ni siquiera se analizan, esto sustentado por la “falta de tiempo” sin tomar en cuenta que un poco de tiempo podría inyectar un mayor grado de organización tanto a la

actividad como a la empresa y facilitaría ampliamente el control requerido para desarrollar una actividad de inicio a fin exitosamente.

Actualmente el Proyecto Nueva Carretera a San Carlos se encuentra en actividades de movimiento de tierra y colocación de préstamo seleccionado para acabado, esto a cargo de la Empresa Constructora Sánchez Carvajal S.A, la cual ya posee un sistema de control, sin embargo, admite el análisis de la actividad de préstamo seleccionado para acabado con el fin de plantear una alternativa nueva para el control de dicha actividad.

Se plantea entonces una metodología, sustentada en una herramienta computacional, desarrollada en Microsoft Excel complementado con Visual Basic, en la cual, a partir de rendimientos reales medidos en campo, respaldados por su respectiva productividad, se determine el volumen de trabajo de la actividad, dando oportunidad a la selección de equipo de acuerdo con los activos de la empresa y basándose en que el proyecto se encuentra dividido en tramos distintos, obteniendo así la cantidad de empleados necesarios para el desarrollo de dicha actividad y a su vez conectando esto con el respectivo control de costos, en el que se toma en cuenta, de manera independiente, cada uno de los costos involucrados, desde diesel, maquinaria, planillas, materiales y mano de obra, permitiendo entonces tener información rápidamente del tramo respectivo del proyecto de acuerdo con su volumen, como la duración según el equipo disponible, además de la cantidad de trabajadores requeridos, costos de planilla, materiales, maquinaria, diesel, comparaciones entre lo presupuestado y lo gastado según el porcentaje de avance de los tramos, costo por metro cúbico colocado y además permitiendo un registro de estas actividades para una consulta posterior, tratando de facilitar el proceso de control de las actividades y a su vez teniendo a disponibilidad información veraz para tomar decisiones en el desarrollo de la colocación del préstamo seleccionado para acabado.

Capítulo II

Metodología

Metodología

Primeramente se inició con un proceso investigativo sobre la actividad de Préstamo Seleccionado para Acabado, a partir de esta información se procedió a hacer una visita de campo para identificar la actividad y las cuadrillas encargadas de desarrollarla, con esto se realizó una organización de la maquinaria de acuerdo con el tipo y función para el posterior análisis de rendimientos y de productividad comenzando con la toma de datos en el campo.

Se tomaron dos semanas para ir al campo con una de las cuadrillas a cargo de la colocación de préstamo, durante este tiempo se evaluó la productividad por el método de Work Sampling¹⁴, el cual establece la necesidad de tomar al menos 384 datos para obtener una muestra representativa, por esta razón durante las dos semanas se tomaron datos de productividad, evaluando la cuadrilla en períodos de 5 minutos, de manera que se anotaba la cantidad de trabajadores que se encontraban desempeñando la actividad que debían realizar realmente y la cantidad de trabajadores que se encontraban en otras distintas, para luego hacer una sumatoria de estas dos clasificaciones y el cociente entre la cantidad de trabajadores laborando y la cantidad total de mediciones tendría como resultado la productividad de la actividad en valor de porcentaje.

Simultáneamente en campo se tomaron los rendimientos de cada uno de los equipos, iniciando con el acarreo y extracción, se midió el tiempo total que se tarda desde el sitio donde se extrae el material hasta el sitio de colocación al igual que el tiempo de vuelta, ya que se toman rutas distintas para evitar el cruce entre dos vagonetas, se tomó también el tiempo en el que se carga cada vagoneta, y el tiempo de espera en el lugar de extracción mientras llenaban las demás vagonetas, así como el tiempo requerido para la extracción del material del río. Una vez evaluados éstos, se procedió a tomar los tiempos que tardaba la niveladora y la

compactadora de acuerdo con el volumen de material acarreado y depositado, creando un registro para cada uno de los equipos, a saber: excavadora, vagoneta, niveladora, compactadora y en algunos casos el back hoe, al cual igualmente se tomó el tiempo que tardaba en actividades de mantenimiento, extrayendo los “colchones” de cada tramo dentro de la misma actividad. Luego de tener el registro de la maquinaria se procedió a realizar un análisis de esos rendimientos de acuerdo con las fórmulas que se expondrán a continuación:

$$R = \frac{T \times N}{V}$$

Ecuación 1

$$R' = \frac{T \times M}{V}$$

Ecuación 2

Donde

R: Rendimiento de mano de obra en horas hombre (HH) por unidad de trabajo.

R': Rendimiento de maquinaria en hora máquina (HM) por unidad de trabajo.

N: Número de trabajadores que intervienen en la actividad.

M: Tipo de maquinaria.

T: Tiempo de duración de la actividad.

V: Volumen de trabajo.

Además se realizó previamente un ordenamiento de los datos y un análisis estadístico, empleando las ecuaciones mostradas a continuación¹⁵. Para calcular la tendencia central del total de valores es necesario determinar la media (de acuerdo con la Ecuación 3) y la mediana (de acuerdo con la Ecuación 4)

¹⁴ Ana Grettel Leandro, “Material del Curso Diseño de Procesos Constructivos”, 2012

¹⁵ Ronald Walpole et al, “Probabilidad y estadística para ingenieros”, 1998

$$\bar{R} = \sum_{i=1}^n \frac{R_i}{n}$$

Ecuación 3

$$\tilde{R} = \begin{cases} R_{(n+1)/2} & \text{si } n \text{ es impar} \\ \frac{R_{n/2} + R_{(n/2)+1}}{2} & \text{si } n \text{ es par} \end{cases}$$

Ecuación 4

Donde

\bar{R} : Media de la muestra de rendimientos.

\tilde{R} : Mediana de la muestra.

R_i : Rendimientos medidos.

n : Número de datos.

Para determinar la dispersión de los datos respecto al promedio se determinó el rango (Ecuación 5) y la varianza (Ecuación 6):

$$Rango = R_n - R_1$$

Ecuación 5

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n - 1}$$

Ecuación 6

Donde

R_i : Rendimientos medidos.

R_n : Media de la muestra de rendimientos.

S^2 : Varianza de la muestra.

n : Número de muestras.

Luego se determina la desviación estándar de los valores (Ecuación 7) y el coeficiente de variación (Ecuación 8); este coeficiente permite determinar qué tan homogéneos son los datos obtenidos en el campo con respecto al promedio, en términos porcentuales.

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n - 1}}$$

Ecuación 7

$$C.V = \frac{S}{\bar{R}}$$

Ecuación 8

Donde:

S : Desviación estándar de la muestra.

$C.V$: Coeficiente de variación.

\bar{R} : Media aritmética de los rendimientos.

R_i : Rendimientos medidos.

n : Número de muestras.

Los rendimientos obtenidos inicialmente son afectados por un "Factor de afectación" el cual considera una relación entre el tiempo laborado y el tiempo dedicado a otras actividades, dentro de estas alimentación, tiempos de baño, solicitud de materiales, entre otras. Este factor se calcula de acuerdo con la ecuación:

$$fa(\%) = \frac{Tc}{Hd - Tc}$$

Ecuación 9

Donde

fa : Factor de afectación.

Tc : Tiempo consumido en otras actividades.

Hd : Horas laborales diarias.

Para el cálculo del rendimiento tomando en cuenta dicho factor de afectación se utiliza la Ecuación 10:

$$R^* = \bar{R} \times \left(1 + \frac{fa}{100}\right)$$

Ecuación 10

Donde:

fa : Factor de afectación.

\bar{R} : Media aritmética de los rendimientos.

R^* : Rendimiento afectado por el factor.

Finalmente se calcularon los intervalos de confianza de acuerdo con la T-Student con un 95% de confiabilidad y según la Ecuación 11, Ecuación 12, Ecuación 13:

$$Lc = \bar{R}^* \pm T_{\frac{\alpha}{2}} \times \left(\frac{S}{\sqrt{n-1}}\right)$$

Ecuación 11

$$Ls = \bar{R}^* + T_{\frac{\alpha}{2}} \times \left(\frac{S}{\sqrt{n-1}}\right)$$

Ecuación 12

$$Li = \bar{R}^* - T_{\frac{\alpha}{2}} \times \left(\frac{S}{\sqrt{n-1}}\right)$$

Ecuación 13

Donde:

Lc : Límite de confianza.

Ls : Límite de confianza superior.

Li : Límite de confianza inferior.

\bar{R}^* : Media aritmética de rendimientos, aplicándole el factor de afectación.

S : Desviación estándar de la muestra de los tiempos efectivos.

$T_{\frac{\alpha}{2}}$: Coeficiente de confianza utilizando la distribución T-Student.

n : Número de muestras.

Luego del análisis de los rendimientos se procedió a investigar sobre los valores por tomar en cuenta en el control de los costos de la actividad, para así desarrollar una herramienta que combinara cada uno de los conceptos analizados.

Posteriormente se desarrolló una herramienta en Microsoft Excel empleando la herramienta Macros y complementando con Visual Basic, de manera que fuese posible, a partir de los rendimientos reales de la maquinaria y de la mano de obra, calcular la duración de la actividad de acuerdo con el volumen del trabajo y según el tramo, además de que a partir de esto sería posible establecer la cantidad de equipo requerido y con ello los costos asociados a la actividad completa, para tener un valor total por tramo y por metro cúbico colocado. Además se investigó sobre el control de calidad requerido para la actividad y se registraron los aspectos más importantes para poder tenerlos a mano de manera fácil y resumida, pudiendo acceder a ellos rápidamente en caso de ser necesario; junto con esto se adjuntó un espacio para las planillas, con el objetivo de tener un registro de cada uno de los trabajadores que se encuentran relacionados con la actividad antes descrita; y a su vez se elabora una sección donde se dan recomendaciones sobre el equipo por utilizar, de acuerdo con el equipo existente en los activos de la empresa y disponible para la actividad.

Aunque inicialmente se planteó el control de la actividad de préstamo seleccionado para acabado solamente, en el caso de la herramienta se desarrolla una sección para el movimiento de tierra, así como para la colocación de sub-base y base granular.

La herramienta se inicia con la confección de un menú para acceder a cada uno de estos módulos (movimiento de tierra, colocación de préstamo seleccionado, sub-base y base), en los cuales a su vez se elaboró un menú con varias opciones, (1) una sección para

calcular el volumen de trabajo, según los rendimientos de la actividad, y de acuerdo con la selección del equipo que proporcione el usuario, y que éste genere como resultado el total de tiempo necesario para completar la actividad, así como la cantidad de trabajadores requeridos, partiendo del equipo disponible en la empresa. (2) Otra sección para llevar el control de costos, donde se relacionan las selecciones en la parte anterior con sus costos respectivos y se calcula el desglose de éstos según un porcentaje de avance indicado, para comparar los valores presupuestados con los valores que se han gastado realmente. (3) Otra en la que se recomiendan los modelos de equipo aptos para cada actividad, de acuerdo con la observación en campo. (4) Una más para los aspectos importantes de control de calidad, como las pruebas requeridas según la reglamentación, la frecuencia con que se deben realizar y los costos asociados a éstas, para tener la información a mano y velar por su cumplimiento de acuerdo con el CR-77. (5) Además una que permita el registro de los datos que se han calculado y de los controles que se van realizando respecto al avance de la obra. Además se realizaron las respectivas bases de datos de los tramos del proyecto, equipo disponible y rendimientos, maquinaria y sus costos y planillas, con capacidad de modificación en cada uno de ellos.

Finalmente se realizó una verificación de la funcionalidad de la herramienta, por medio del análisis completo de uno de los tramos del proyecto, en el cual se compara el costo total obtenido respecto al costo esperado de acuerdo con la información de la empresa, así como el costo por metro cúbico resultante; asimismo se compara con el costo publicado por el CONAVI en el Plan de Ejecución Presupuestaria para determinar el porcentaje de variación de los resultados de la herramienta respecto a los resultados reales.

Capítulo III

Resultados y Análisis de Resultados

3.1 Resultados

3.1.1 Medición de Productividad

Primeramente se realiza una visita al campo para identificar la actividad de préstamo seleccionado y con esto determinar el equipo que interviene en la misma y así poder realizar el análisis respectivo de productividad. Se determina que en el campo laboran varias cuadrillas por cada frente de trabajo, debido al tiempo disponible se evaluó solamente una de ellas durante dos semanas de trabajo. Esta cuadrilla consta de 7 trabajadores además de los choferes de vagoneta quienes llegaban constantemente a depositar el material. Dentro de éstos se identificó el equipo de acarreo (Vagonetas tipo Mack Granite de 12 m³), el equipo de conformado (Niveladoras CAT 140H) con su operador y dos ayudantes, el equipo de compactación (Compactadora Volvo SD100DC y CAT CS-533E), un chofer para el vehículo de movilización por el tramo y el encargado de la cuadrilla. Algunas veces intervenían más

trabajadores ya que se realizan actividades en paralelo, y constantemente se daba mantenimiento al tramo, con remoción de "colchones" por ejemplo, donde el volumen de la cuadrilla era mayor y esto a su vez influía en la productividad. Además de este equipo cabe mencionar que existe el equipo de extracción del material y de cargado de las vagonetas (Excavadora CAT 330C) el cual no se incluyó en las mediciones de productividad por su lejanía respecto al resto del equipo de trabajo en la colocación del material.

Primeramente se tienen los resultados de productividad, iniciando con los datos de las 384 mediciones tomadas en campo respecto a la cantidad de trabajadores laborando y no laborando en la actividad de préstamo seleccionado durante lapsos de 5 minutos, de acuerdo con lo mostrado en la Tabla 2 y según el método de medición de Work Sampling.

Tabla 2. Datos de productividad tomados en campo por el método Work Sampling									
#	C.T	T.S.T	T.N.T	Observaciones	#	C.T	T.S.T	T.N.T	Observaciones
1	7	0	7	30-08-12	198	6	0	6	Se acarrea, coloca, nivela y compacta el material de préstamo normalmente
2	7	0	7	9:35 AM	199	6	0	6	
3	7	0	7	Al inicio no hay labores debido a la lejanía del lugar de préstamo desde donde se acarrea el material	200	6	0	6	
4	7	0	7		201	6	0	6	
5	7	1	6		202	6	1	5	
6	7	1	6		203	6	0	6	
7	7	2	5		204	6	0	6	
8	7	2	5		205	6	0	6	
9	7	1	6		206	6	1	5	
10	7	1	6		207	6	1	5	
11	7	1	6	Comienza a llegar material, se trabaja solamente con niveladora	208	6	1	5	
12	7	1	6		209	6	2	4	
13	7	1	6		210	5	3	2	
14	7	1	6		211	5	3	2	

15	7	2	5		212	5	2	3	
16	7	1	6		213	5	2	3	
17	7	1	6		214	5	3	2	
18	7	1	6		215	5	3	2	
19	7	1	6		216	5	3	2	
20	7	1	6		217	5	3	2	
21	7	2	5		218	5	2	3	
22	7	2	5		219	5	1	4	
23	7	1	6		220	5	1	4	12-09-12
24	7	1	6		221	4	4	0	7:00 AM
25	7	3	4		222	4	4	0	
26	7	3	4		223	4	4	0	
27	7	2	5		224	4	4	0	
28	7	2	5		225	4	3	1	
29	7	2	5		226	4	3	1	
30	7	2	5		227	4	3	1	
31	7	3	4		228	4	4	0	
32	7	3	4		229	4	4	0	
33	8	3	5		230	4	4	0	
34	8	2	6	Se agrega un Back Hoe para remover material deslizado de talúd	231	4	4	0	
35	8	3	5		232	4	3	1	
36	8	3	5		233	4	4	0	
37	7	3	4		234	4	4	0	
38	7	3	4		235	4	4	0	
39	7	3	4		236	5	4	1	
40	7	3	4		237	5	3	2	
41	7	5	2	Reparación de baches y eliminación de colchones en tramo donde se coloca el material de préstamo	238	5	3	2	
42	7	5	2		239	5	3	2	
43	7	6	1		240	5	3	2	
44	7	6	1		241	5	2	3	
45	7	6	1		242	5	2	3	
46	7	6	1		243	5	2	3	
47	7	5	2		244	5	2	3	
48	7	5	2		245	5	1	4	
49	7	6	1		246	5	1	4	
50	7	4	3		247	5	1	4	
51	7	3	4	Colocación de Material en tramo de aproximadamente 100m	248	5	2	3	
52	7	5	2		249	5	2	3	
53	7	3	4		250	5	1	4	
54	7	3	4		251	5	1	4	
55	7	3	4		252	5	0	5	
									Se acarrea, coloca, nivela y compacta el material de préstamo normalmente
									Se acarrea, coloca, nivela y compacta el material de préstamo normalmente

56	7	3	4		253	9	7	2	
57	7	3	4		254	9	7	2	
58	7	3	4		255	9	7	2	
59	7	3	4		256	9	7	2	
60	7	3	4		257	9	7	2	
61	7	3	4		258	9	7	2	
62	7	3	4		259	9	8	1	
63	7	3	4		260	9	9	0	
64	7	3	4		261	9	9	0	
65	7	4	3		262	9	9	0	
66	7	2	5		263	9	9	0	
67	7	3	4		264	5	3	2	
68	7	3	4		265	5	2	3	
69	7	3	4		266	5	2	3	
70	7	3	4		267	5	1	4	
71	7	3	4	Comienza a llover muy fuerte	268	5	1	4	
72	7	3	4		269	5	1	4	
73	7	2	5		270	5	3	2	
74	7	3	4		271	5	3	2	
75	7	3	4		272	5	3	2	
76	7	3	4		273	5	4	1	
77	7	2	5		274	5	2	3	
78	7	2	5		275	5	0	5	
79	7	2	5		276	5	0	5	
80	7	2	5		277	5	2	3	
81	7	4	3		278	5	2	3	
82	7	4	3		279	5	2	3	
83	7	3	4		280	5	3	2	
84	7	2	5	Se está tomando en cuenta el chofer del vehículo de traslado	281	5	3	2	
85	7	3	4		282	5	3	2	
86	7	2	5		283	5	3	2	
87	7	0	7		284	5	3	2	
88	7	0	7		285	5	3	2	
89	7	0	7		286	5	3	2	
90	7	0	7	En este tiempo se tomó un refrigerio	287	5	3	2	
91	7	0	7		288	5	1	4	
92	7	2	5		289	5	2	3	
93	7	2	5		290	5	2	3	
94	7	2	5		291	5	1	4	
95	7	2	5	Comienza lluvia fuerte	292	5	1	4	
96	7	0	7		293	5	1	4	

Se acarrea, coloca, nivela y compacta el material de préstamo normalmente

97	7	0	7		294	5	1	4	
98	7	0	7		295	5	1	4	
99	7	7	0	31-08-12	296	5	0	5	
100	7	5	2	7:30 AM	297	5	0	5	
101	7	5	2	Se poncha una llanta y se trabaja en mantenimiento, eliminación de baches y colchones arcillosos	298	5	0	5	
102	7	5	2		299	5	0	5	
103	7	4	3		300	5	0	5	
104	7	4	3		301	5	0	5	
105	7	5	2		302	5	0	5	
106	7	2	5		303	5	0	5	
107	7	2	5		304	5	0	5	
108	7	3	4		305	5	0	5	
109	7	5	2		306	5	3	2	
110	7	5	2		307	5	3	2	
111	7	2	5		308	5	3	2	
112	7	2	5		309	5	4	1	
113	7	7	0		310	5	4	1	
114	7	7	0		311	5	4	1	
115	7	5	2		312	5	4	1	
116	7	7	0		313	5	2	3	
117	7	6	1		314	5	0	5	
118	7	5	2		315	5	0	5	
119	7	5	2		316	5	1	4	
120	7	5	2		317	4	3	1	13-09-12
121	7	5	2		318	4	3	1	7:00 AM
122	7	1	6		319	4	3	1	
123	7	1	6		320	4	3	1	
124	7	1	6		321	4	2	2	
125	7	1	6		322	4	2	2	
126	7	1	6		323	4	3	1	Se acarrea, coloca, nivela y compacta el material de préstamo normalmente
127	7	5	2		324	4	3	1	
128	7	5	2		325	4	2	2	
129	7	5	2	326	4	1	3		
130	7	4	3	327	4	1	3		
131	7	5	2	328	4	1	3		
132	7	4	3	329	4	1	3		
133	7	4	3	330	4	1	3		
134	7	3	4	331	4	1	3		
135	7	2	5	332	4	2	2		
136	7	6	1	333	4	2	2		
137	7	6	1	334	4	2	2		

138	7	2	5		335	4	3	1	
139	7	1	6		336	4	3	1	
140	7	1	6		337	4	3	1	
141	7	2	5		338	4	3	1	
142	7	2	5		339	4	4	0	
143	7	3	4		340	4	4	0	
144	7	2	5		341	4	4	0	
145	7	2	5		342	4	3	1	
146	7	2	5		343	4	3	1	
147	7	1	6		344	4	3	1	
148	7	1	6		345	4	3	1	
149	7	1	6		346	4	2	2	
150	7	3	4		347	5	4	1	
151	7	5	2		348	5	2	3	
152	7	4	3	Se trabaja en mantenimiento eliminación de baches y colchones arcillosos	349	5	2	3	
153	7	4	3		350	5	2	3	
154	7	4	3		351	5	1	4	
155	7	4	3		352	5	1	4	
156	7	3	4		353	5	3	2	
157	7	2	5		354	5	3	2	
158	7	2	5		355	5	3	2	
159	7	3	4		356	4	2	2	
160	7	4	3		357	4	2	2	
161	7	3	4		358	4	0	4	
162	7	2	5		359	4	0	4	
163	7	4	3		360	4	0	4	
164	7	5	2		361	5	2	3	
165	7	5	2		362	5	4	1	
166	7	4	3		363	5	5	0	
167	7	2	5		364	5	5	0	
168	6	4	2	11-09-12	365	5	5	0	
169	6	3	3	1:41 PM	366	5	5	0	
170	6	2	4	No hay llegada de vagonetas por árbol que cayó bloqueando la ruta	367	5	5	0	
171	6	2	4		368	6	5	1	
172	6	3	3		369	6	5	1	
173	6	3	3		370	6	6	0	
174	6	2	4		371	6	6	0	
175	5	1	4		372	5	5	0	
176	5	1	4		373	5	5	0	
177	6	3	3		374	5	5	0	
178	6	2	4		375	5	5	0	

179	6	1	5		376	5	5	0	
180	6	1	5		377	6	6	0	
181	6	1	5		378	6	6	0	
182	6	1	5		379	6	6	0	
183	6	1	5		380	6	6	0	
184	6	1	5		381	6	6	0	
185	6	1	5		382	6	6	0	
186	6	1	5		383	6	6	0	
187	6	3	3		384	6	6	0	
188	6	3	3		385	6	6	0	
189	6	3	3	386	6	6	0		
190	6	5	1	387	6	6	0		
191	6	3	3	388	6	6	0		
192	6	2	4	389	6	6	0		
193	6	1	5	390	6	3	3		
194	6	0	6	391	6	3	3		
195	6	0	6	392	4	3	1		
196	6	0	6	393	4	3	1		
197	6	0	6	394	4	3	1		

Donde:

#: Número de medición realizada en el campo.

C.T: Cantidad de trabajadores durante la toma de la medición.

T.S.T: Total de trabajadores que sí se encuentran desarrollando la actividad asignada durante la toma de la medición.

T.N.T: Total de trabajadores que se encuentran en otras actividades distintas a la actividad de análisis durante la toma de la medición.

Con los datos de las mediciones anteriores se procedió al análisis para obtener el valor de la productividad de la actividad de acuerdo con el desarrollo de la cuadrilla en ésta, se calculó la cantidad total de trabajadores T.S.T de todas las mediciones al igual que el total de T.N.T, la suma de estos dos representaría el total de mediciones, y el cociente entre el T.S.T y el total de mediciones da como resultado la productividad de la actividad. Esto de acuerdo con los valores de la 3.

Tabla 3. Cálculo de productividad de la actividad		
Mediciones	T.S.T	T.N.T
Totales	1104	1254
Total de Mediciones	2358	
Productividad	47%	

3.1.2 Medición de Rendimientos

De acuerdo con el equipo presente en la actividad, se procede a medir de igual manera los rendimientos, tomando la duración de cada equipo en su respectiva actividad, además se

determinan los tiempos muertos, es decir tiempos dedicados a actividades como alimentación, visitas al servicio sanitario, descansos y traslados. Los datos

correspondientes a los tiempos de cada uno de los equipos se encuentran en los Apéndices 1, 2, 3 y 4.

Respecto a la llegada del equipo de acarreo se fueron registrando estos tiempos, primeramente la descarga del material, luego la conformación con la niveladora y finalmente la compactación con rodillo vibratorio. A partir de

esos datos se realizó el análisis para determinar los rendimientos de cada proceso así como el rendimiento de la actividad completa, comenzando con el cálculo del factor de afectación, el cual se deriva de los tiempos consumidos en otras actividades como se indica en la Tabla 4.

Tiempos	Tiempo	Unidad
Tiempo laboral diario	12	Horas
Tiempo improductivo	1,75	Horas
Desayuno	15	Min
Almuerzo	60	Min
Otros	10	Min
Traslados	20	Min
Factor de Afectación	17,07	%

En los cuadros siguientes se indican los rendimientos calculados antes de realizar el análisis estadístico y sin la afectación del factor

calculado anteriormente, desglosados según la actividad realizada en el proceso de colocación del préstamo seleccionado para acabado.

Dato	Actividad	Tiempo (min)	Cantidad (Viajes)	Rendimiento (min/viaje)
1	Acarreo de Material (9-48)	1	1	1
2	Acarreo de Material (9-60)	1	1	1
3	Acarreo de Material (9-63)	1	1	1
4	Acarreo de Material (9-49)	1	1	1
5	Acarreo de Material (9-56)	1	1	1
6	Acarreo de Material (9-60)	1	1	1
7	Acarreo de Material (9-48)	2	1	2
8	Acarreo de Material (9-60)	2	1	2
9	Acarreo de Material (9-57)	2	1	2
10	Acarreo de Material (9-38)	2	1	2
11	Acarreo de Material (9-67)	2	1	2
12	Acarreo de Material (9-59)	2	1	2
13	Acarreo de Material (9-44)	2	1	2
14	Acarreo de Material (9-63)	2	1	2
15	Acarreo de Material (9-72)	2	1	2
16	Acarreo de Material (9-68)	2	1	2
17	Acarreo de Material (9-62)	2	1	2
18	Acarreo de Material (9-60)	2	1	2
19	Acarreo de Material (9-66)	3	1	3
20	Acarreo de Material (9-65)	3	1	3
21	Acarreo de Material (9-54)	3	1	3
22	Acarreo de Material (9-57)	3	1	3
23	Acarreo de Material (9-44)	3	1	3

24	Acarreo de Material (9-43)	3	1	3
25	Acarreo de Material (9-64)	3	1	3
26	Acarreo de Material (9-65)	3	1	3
27	Acarreo de Material (9-61)	3	1	3
28	Acarreo de Material (9-62)	3	1	3
29	Acarreo de Material (9-45)	3	1	3
30	Acarreo de Material (9-63)	3	1	3
31	Acarreo de Material (9-45)	3	1	3
32	Acarreo de Material (9-62)	3	1	3
33	Acarreo de Material (9-60)	3	1	3
34	Acarreo de Material (9-52)	3	1	3
35	Acarreo de Material (9-52)	3	1	3
36	Acarreo de Material (9-68)	3	1	3
37	Acarreo de Material (9-58)	4	1	4
38	Acarreo de Material (9-44)	4	1	4
39	Acarreo de Material (9-65)	4	1	4
40	Acarreo de Material (9-54)	5	1	5
41	Acarreo de Material (9-60)	5	1	5
42	Acarreo de Material (9-39)	5	1	5
43	Acarreo de Material (9-60)	5	1	5
44	Acarreo de Material (9-57)	5	1	5
45	Acarreo de Material (9-71)	6	1	6
46	Acarreo de Material (9-57)	6	1	6
47	Acarreo de Material (9-69)*	8	1	8
48	32 Viajes Acarreo de Material*	228	32	7,125

* Los valores marcados con asterisco representan aquéllos que fueron eliminados de la serie de datos por la gran variabilidad que aportaban al conjunto, afectando el resultado de manera negativa, ya que al incluir éstos se obtenía un valor de la media mucho mayor al valor que se obtenía sin estos datos.

Actividad	Tiempo (min)	Cantidad (Km)	Rendimiento (min/viaje)
Viaje hasta el tajo (9-59)	68	28	68
Viaje al sitio de colocación (9-59)	70	30	70
Espera en el tajo	29	-	29

Dato	Actividad	Tiempo (min)	Cantidad (Viaje)	Rendimiento (min/viaje)
1	Carga de Vagoneta (CAT 330C 7-18)*	2	1	2
2	Carga de Vagoneta (CAT 330C 7-18)*	2	1	2
3	Carga de Vagoneta (CAT 330C 7-18)*	2	1	2
4	Carga de Vagoneta (CAT 330C 7-18)*	2	1	2

* La excavadora CAT 330C posee una pala con capacidad de 2.4 m³ aproximadamente.

Tabla 8. Rendimientos para el proceso de conformación con la niveladora en el sitio de colocación

Dato	Actividad	Tiempo (min)	Cantidad (m ³)	Rendimiento (min/m ³)
1	Nivelado (CAT 140H 3-8)	13	44	0,295
2	Nivelado (CAT 140H 3-13)	13	33	0,394
3	Nivelado (CAT 140H 3-8)	13	33	0,394
4	Nivelado (CAT 140H 3-8)	15	33	0,455
5	Nivelado (CAT 140H 3-10)	40	66	0,606
6	Nivelado (CAT 140H 3-10)	7	11	0,636
7	Nivelado (CAT 140H 3-10)	23	33	0,697
8	Nivelado (CAT 140H 3-13)	16	22	0,727
9	Nivelado (CAT 140H 3-8)	335	352	0,952
10	Nivelado (CAT 140H 3-13)	21	22	0,955
11	Nivelado (CAT 140H 3-13)	111	88	1,261
12	Nivelado (CAT 140H 3-10)	17	11	1,545
13	Nivelado (CAT 140H 3-13)	19	11	1,727
14	Nivelado (CAT 140H 3-10)	25	11	2,273
15	Nivelado (CAT 140H 3-10)	29	11	2,636
16	Nivelado (CAT 140H 3-10)	41	11	3,727
17	Nivelado (CAT 140H 3-10)	41	11	3,727
18	Nivelado (CAT 140H 3-13)	45	11	4,091

Tabla 9. Rendimientos del proceso de compactado del material una vez colocado y conformado

Dato	Actividad*	Tiempo (min)	Cantidad (m ³)	Rendimiento (min/m ³)
1	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	4	33	0,121
2	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	4	33	0,121
3	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	8	44	0,182
4	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	13	33	0,394
5	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	9	22	0,409
6	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	14	33	0,424
7	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	38	66	0,576
8	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	15	22	0,682
9	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	14	11	1,273
10	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	31	22	1,409
11	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	33	22	1,500
12	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	156	88	1,773
13	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	21	11	1,909
14	Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	356	176	2,023
15	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	356	176	2,023
16	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	25	11	2,273
17	Compactado (CAT CS-533E 5-28)	44	11	4,000

* La actividad corresponde a 5 o 4 pasadas de la compactadora, de acuerdo con la cantidad de material colocado.

Los valores se emplearon en minutos debido a la facilidad de manipular los datos, ya que en horas se tenía gran cantidad de decimales y números muy pequeños, por lo que el redondeo constante afectaría el producto final.

En la Tabla 10 se realiza el análisis estadístico de los datos obtenidos, para determinar un valor representativo de la serie de datos de rendimientos como se muestra a continuación.

Tabla 10. Análisis Estadístico de Rendimientos					
Tarea	Acarreo			Nivelación	Compactación
	Carga	Espera y Transporte	Descarga		
Unidad	min/viaje	min/viaje	min/viaje	min/m ³	min/m ³
Media	2	167	2,891	1,506	1,241
Mediana	2	167	3,000	0,953	1,273
Rango	0	0	5,000	3,795	3,879
Varianza	0	0	1,699	1,589	1,074
Desviación Estándar	0	0	1,303	1,260	1,036
Coeficiente de variación	0	0	0,451	0,837	0,835
Factor de afectación	17,07%				
Rendimiento afectado	2,341	195,512	3,385	1,763	1,452
T-Student ($\alpha=0.05$)	2,1318	6,3137	1,6787	1,7341	1,7396
Límite Inferior	2,341	195,512	3,059	1,232	1,002
Límite Superior	2,341	195,512	3,711	2,293	1,903

Posteriormente se calcula el rendimiento de la actividad total, tomando en cuenta el desarrollo de cada una de sus sub-

actividades, partiendo del análisis anterior realizado y según como se observa en la Tabla 11.

Tabla 11. Rendimientos para la actividad Préstamo Seleccionado para Acabado			
Tarea	Rendimiento (min/m ³)	Rendimiento (h/m ³)	Rendimiento (m ³ /h)
Extracción y Carga	0,213	0,004	281,875
Acarreo	18,294	0,305	3,280
Nivelación	1,763	0,029	34,041
Compactación	1,452	0,024	41,309
Σ	21,509	0,358	-

Además se calcula el tiempo improductivo de la actividad para tener un desglose de éste y con ello relacionar el tiempo que se tarda en espera,

respecto al tiempo total que se dedica a la actividad de acuerdo con lo observado en la Tabla 12.

Tabla 12. Cálculo del tiempo improductivo en la actividad				
Tipo	Minutos	Horas	%	
Tiempo Total Laborado	5040,00	84,00	100,00%	
Tiempo Productivo	2368,80	39,48	47,00%	
Tiempo Improductivo	2671,20	44,52	53,00%	
	Desayuno	105,00	1,75	2,08%
	Almuerzo	420,00	7,00	8,33%
	Otros	70,00	1,17	1,39%
	Traslados	140,00	2,33	2,78%
	Total	735,00	12,25	14,58%
Tiempo en Espera	1936,20	32,27	38,42%	

La tabla anterior se ve representada en el siguiente gráfico donde se determinan las

proporciones de distribución del tiempo respecto a la productividad de la actividad.

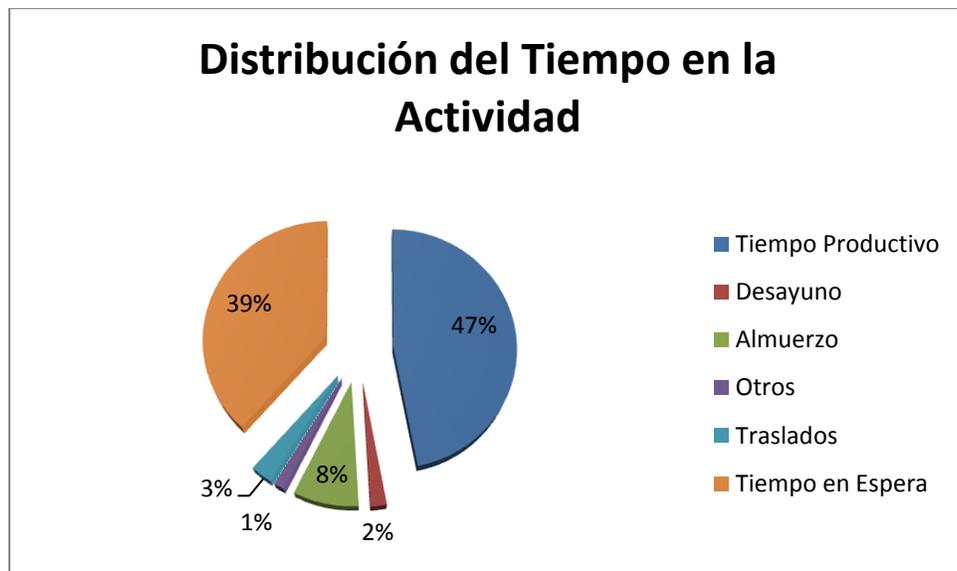


Figura 8. Distribución del tiempo de acuerdo con la productividad en la actividad de Préstamo Seleccionado.

3.1.3 Herramienta de Control

Luego de las mediciones de rendimientos y productividad, se elaboró una herramienta que permitiese el cálculo del tiempo que se requiere para cada actividad ligando estas variables, así como el cálculo de los costos asociados, por lo que se explica su funcionamiento a continuación.

La herramienta se desarrolló en Microsoft Excel y Visual Basic, y cada pestaña se considera como una ventana, en la cual se

tiene un menú de acuerdo con varias actividades a saber: Movimiento de Tierra (Excavación Común y Terraplenado), Colocación de Material de Préstamo Seleccionado, Colocación de Material de Sub-base y Colocación de Material de Base.

Primeramente se presenta un menú donde se selecciona una opción respecto a estas actividades como se muestra en la Figura 9.



Figura 9. Menú inicial de la Herramienta de Control.

La aplicación se desarrolló para el Proyecto Nueva Carretera a San Carlos, pero al presionar “Datos del Proyecto” se pueden

ingresar nuevos datos y éstos se actualizarán en la herramienta, de acuerdo con la ventana que se muestra en la Figura 10.

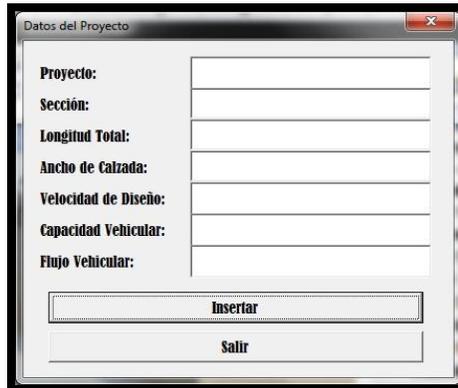


Figura 10. Ventana de ingreso de Datos del Proyecto.

Para este caso se analizará solamente la lógica de funcionamiento para la colocación de material de préstamo, ya que los demás módulos funcionan de manera similar en cuanto a los datos que se deben ingresar, además la

actividad que está actualmente en proceso corresponde a la colocación de dicho material. Para ello se debe acceder en el menú anterior a la opción “Sub-rasante” donde se mostrará otro menú como el siguiente:

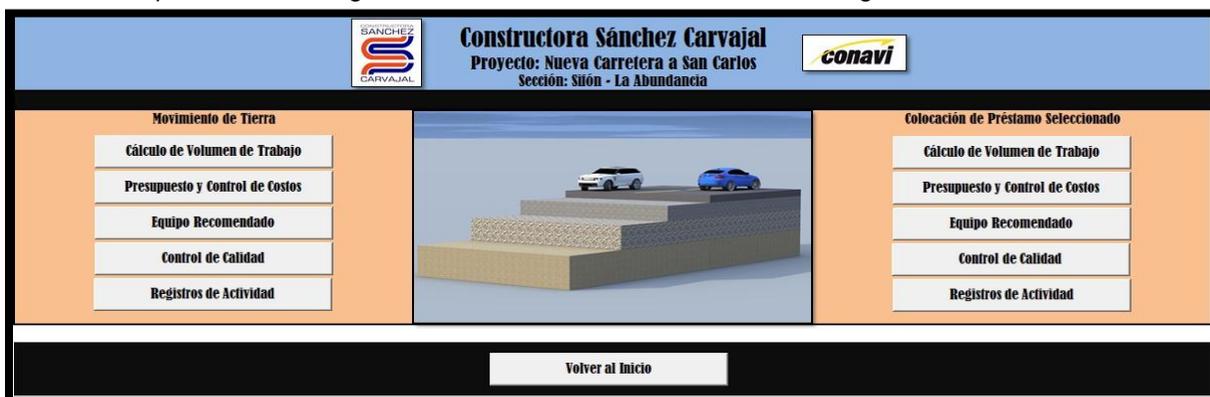


Figura 11. Menú de Sub-rasante de la Herramienta de Control.

Acá se tienen las opciones para Movimiento de Tierra y Colocación de Préstamo Seleccionado, las cuales corresponden a la sub-rasante, y en cada una de ellas se tiene opción para: cálculo del volumen de trabajo, presupuesto de la actividad según el tramo seleccionado, equipo recomendado para esta,

presupuesto y pruebas mínimas requeridas para el control de calidad respecto a cada tramo, y registro del cálculo realizado y los valores obtenidos para una posterior consulta.

En la primera opción de “Cálculo del Volumen de Trabajo” se mostrará un espacio como el siguiente:

SANCHEZ CARVAJAL		Constructora Sánchez Carvajal		conavi	
Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos					
Sección: Sifón - La Abundancia					
Volumen de Trabajo					
Sub-rasante					
Colocación de Préstamo Seleccionado					
Seleccione un tramo del proyecto dando click en el botón "Seleccionar Tramo"					
Tramo				Volumen	
+2+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas)				25000 m3	
Seleccionar Tramo			Ingresar Tramos		
Click en cada botón para seleccionar el equipo a emplear en la actividad			Click en el botón "Ingresar Cantidad de Unidades" para ingresar las unidades del equipo que va a emplear		
Rendimiento del Equipo			Cantidad de Equipo		
Equipo	Rendimiento	Unidad	Equipo	Unidades	Disponibles
Vagoneta	2	m3/h	Mack CY713 GRAF	10	45
Niveladora	2		Caterpillar 140H	1	10
Compactadora	2		Volvo SD100DC	1	2
Back Hoe	2		Volvo BL70	1	1
Excavadora	2		Caterpillar 330DL	1	6
Agregar Equipo			Ingresar Cantidad de Unidades		
Desglose del tiempo requerido para desarrollar la actividad según la maquinaria empleada			Desglose de la cantidad de trabajadores necesarios para desarrollar la actividad		
Tiempo requerido para el tramo			Cantidad de Trabajadores		
Equipo	Horas	Días			
Vagoneta	1625.0	136	Operario Vagoneta	10	
Niveladora	16250.0	1355	Operario Niveladora	1	
Compactadora	16250.0	1355	Operario Compactadora	1	
Back Hoe	2500.0	209	Operario Back Hoe	1	
Excavadora	16250.0	1355	Operario Excavadora	1	
Hombre	52875.0	-	Peones	2	
Imprevistos	5287.5	441	Ayudantes	1	
Total Días		136	Encargado	1	
Información Adicional			Seleccione una opción		
Otros			Opciones		
Viajes Vagoneta Diarios	10	Viajes	Volver al Menú		
Jornada	12	Horas	Volver al Inicio		
Horas de Pago	8	Ordinario	Registrar Información		
	4	Extra			

Figura 12. Sección de cálculo del volumen de trabajo para la actividad de Colocación de Préstamo.

Acá es necesario seleccionar un tramo de acuerdo con los que se han ingresado anteriormente para este proyecto con el botón

“Seleccionar Tramo” donde se mostrará una ventana como la siguiente:

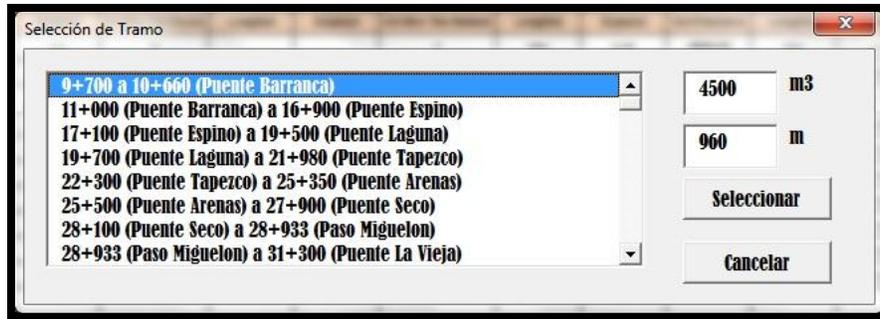


Figura 13. Ventana de selección de los tramos del proyecto.

En la cual es necesario seleccionar uno de los tramos y con ello se mostrará el volumen y longitud respectivos, para luego presionar "Seleccionar" o "Cancelar" según sea necesario.

También se pueden agregar tramos, con el botón "Ingresar Tramos" el cual presentará una ventana como la siguiente:

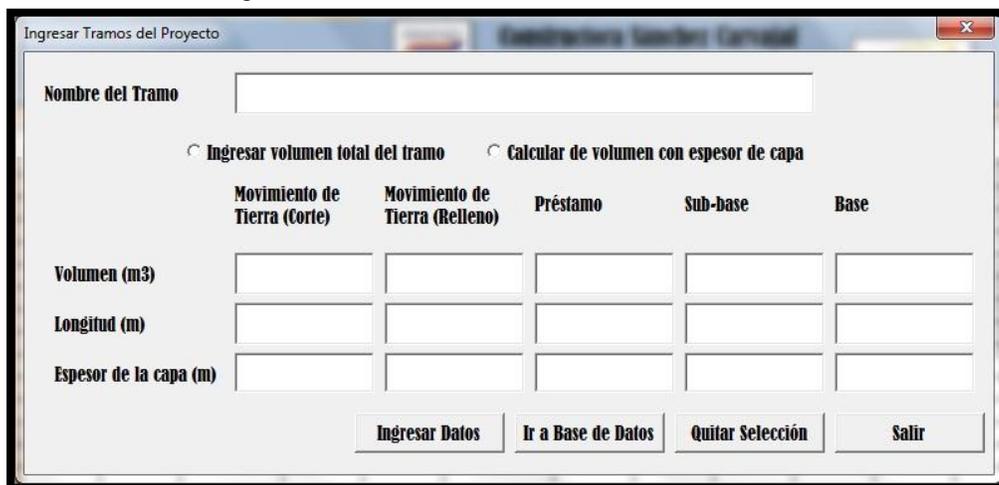


Figura 14. Ventana para el ingreso de un nuevo tramo a la base de datos de la herramienta.

En la cual se ingresará el nombre del tramo y se selecciona en las opciones si se ingresa el volumen o si éste se calcula con la longitud y el espesor de capa, de esta forma se ingresa, en los espacios respectivos, el volumen para cada actividad, o la longitud de dicho tramo y el espesor de capa el cual normalmente es uniforme. Luego de ingresados los datos se puede presionar el botón "Ingresar Datos" para guardarlos en la base de datos, o "Ir a Base de Datos" para acceder al registro de todos los tramos con su volumen respectivo, o se puede presionar "Salir".

Luego de seleccionar el tramo se procede a la selección del equipo, para ello hay varios botones indicando el nombre de cada una de las unidades requeridas, en los cuales es necesario dar "click" para que se despliegue una ventana con todo el equipo disponible en la empresa y al escoger el modelo del equipo, al seleccionar una opción se mostrarán en cada casilla los valores de rendimiento, unidades disponibles, costo por hora, consumo de combustible y salario del operador, como se muestra en la Figura 15.

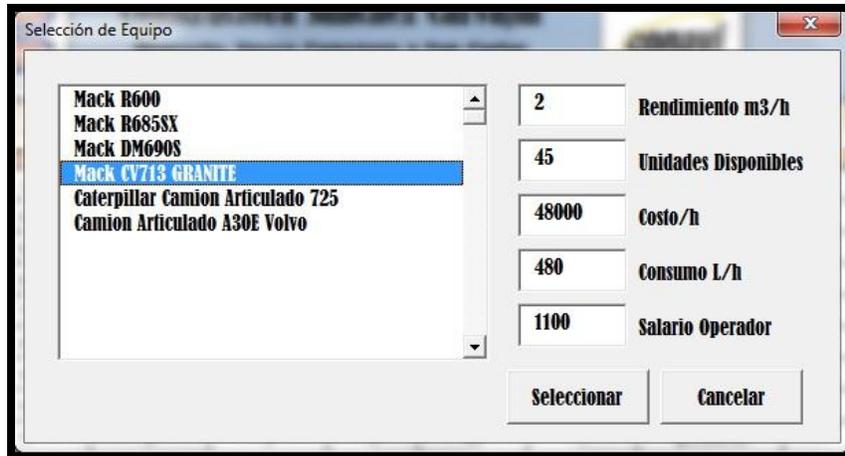


Figura 15. Ventana de selección del equipo existente.

Al seleccionar el equipo se mostrará en las casillas a la derecha el rendimiento de éste, necesario para el cálculo de la duración de la actividad, y más a la derecha se mostrará el modelo del equipo con la cantidad de unidades disponibles y las unidades ingresadas. Para ingresar el número de unidades se selecciona el

botón "Ingresar Cantidad de Unidades" y acá se digita el número considerado para cada tipo de maquinaria como se muestra en la Figura 16, además se debe ingresar la cantidad de viajes diarios que realizan las vagonetas y la jornada diaria bajo la cual se opera para luego presionar el botón "Ingresar".

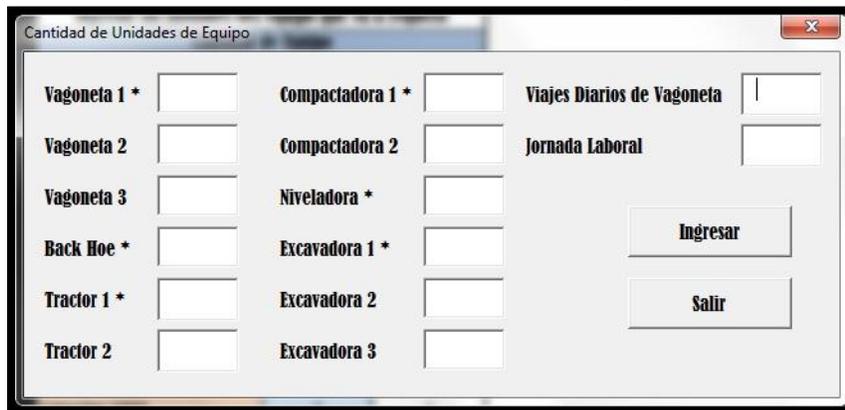


Figura 16. Ventana de ingreso de la cantidad de unidades de cada tipo de equipo.

En caso de que sea necesario agregar equipo a la base de datos, se puede presionar el botón "Agregar Equipo" el cual mostrará una ventana como la de la Figura 17; en esta se debe seleccionar el tipo de equipo, marcando la opción correspondiente y luego se deben ingresar los datos del modelo del equipo así

como el rendimiento respectivo para cada una de las actividades, el consumo de combustible, la cantidad de unidades existentes, el costo por hora y el salario del operador. Además se puede ir a la base de datos a modificar el registro del equipo existente en caso de necesidad de actualizaciones.

Figura 17. Ventana para el ingreso de equipo nuevo a la base de datos.

En el espacio de cálculo del volumen de trabajo, luego de la selección del tramo y del equipo necesario, se presentará un cuadro en donde se mostrará la cantidad en horas y días que se durará en cada actividad, además de la cantidad de días que se tardará en la actividad completa. También se mostrará un desglose de la cantidad de trabajadores necesarios en el desarrollo de la actividad, según las selecciones anteriores.

Además se puede registrar el cálculo realizado, al presionar el botón “Registrar Información”; esta opción mostrará una ventana como la de la Figura 18, donde se tiene la fecha, el nombre de la actividad, el tramo correspondiente al cálculo y en el siguiente espacio se debe digitar el encargado o la persona que realizó el cálculo para el caso imprimir la tabla.

Figura 18. Ventana para el registro de la información calculada por la herramienta.

Con esta opción se guardarán en una base de datos, los valores de: volumen de tramo, duración de la actividad, costo total y por metro cúbico de acuerdo con lo presupuestado

e igualmente para el monto real además de la diferencia entre estos rubros, según como se muestra en la Figura 19.

 Constructora Sánchez Carvajal Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Siñón - La Abundancia 										
Cuadro Resumen de Actividades										
Responsable		asdfsdf		Firma		<input type="button" value="Volver a Inicio"/>				
Fecha	Actividad	Tramo	Volumen (m3)	Duración (Días)	Presupuestado		Real		Diferencia	
					Costo Total	Costo/m3	Costo Total	Costo/m3	Costo Total	Costo/m3
07-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡12,831,470.84	-₡42,771.57
08-Oct-12	Colocación de Material de Base	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡0.00	₡0.00
08-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,401,270.84	₡44,670.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡13,106,270.84	-₡43,687.57
13-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	22+300 (Puente Tapezco) a 29+350 (Puente Arenas)	25000	138	₡1,043,849,803.52	₡41,753.98	₡295,000.00	₡11.80	-₡1,043,554,803.52	-₡41,742.18

Figura 19. Tabla mostrada en la herramienta con el registro de los cálculos realizados.

Ahora bien, volviendo al menú de la Figura 11, se tiene la opción “Presupuesto y Control de Costos”, en ésta es posible desplegar las tablas en las cuales se tiene el presupuesto de la actividad respecto a las opciones seleccionadas en la opción “Volumen de Trabajo”, además se deben ingresar los valores en las casillas de color verde, las cuales corresponden a los montos reales gastados según el porcentaje de avance de la actividad, para ejecutar el respectivo control de costos.

Al presionar el botón “Presupuesto y Control de Costos” se muestra una ventana

como la de la Figura 20, donde se debe ingresar el porcentaje de avance de la actividad en el tramo, luego se debe marcar el desglose detallado o general y se debe seleccionar una opción para que éste sea por actividades o por tipo de costo. Es importante saber que se debe ingresar primeramente al desglose detallado, para así ingresar los valores gastados en la actividad y con ello se actualicen las demás tablas, asimismo es necesario realizar primeramente este paso antes de registrar la actividad con los valores acertados para la comparación de costos.

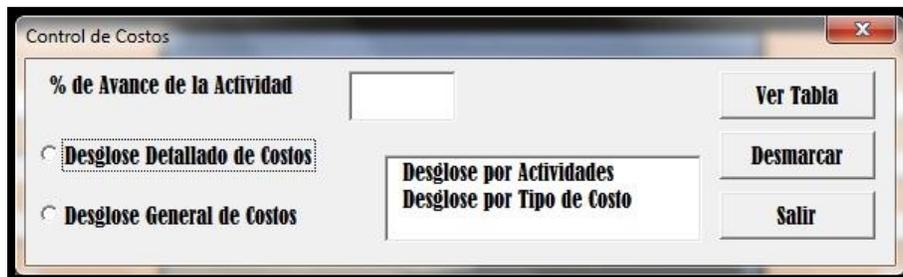


Figura 20. Ventana de selección de tipo de control de costos y porcentaje de avance para la actividad.

Luego del control de costos, es posible acceder a la opción “Equipo Recomendado” donde se muestra una ventana como la

mostrada en la Figura 21, en la cual se tienen algunas recomendaciones del equipo por utilizar dependiendo de la actividad por realizar.

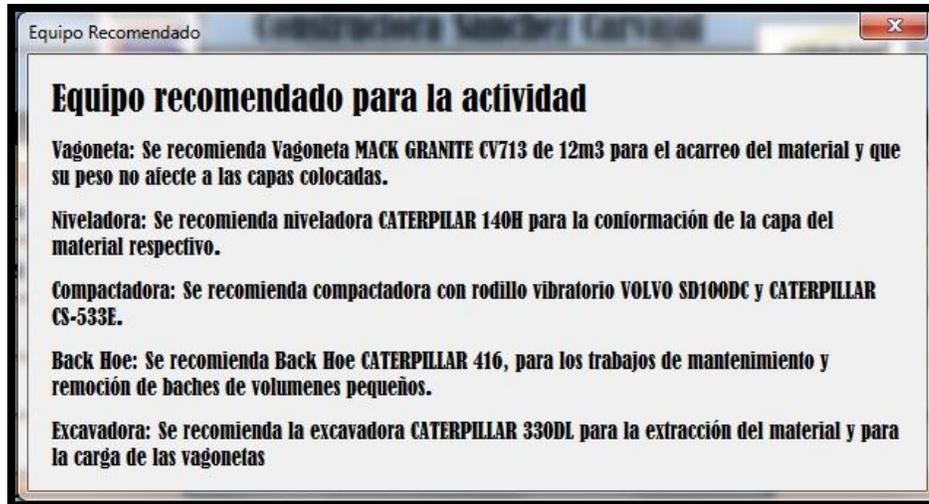


Figura 21. Ventana con el equipo recomendado para el desarrollo de la actividad.

Además del “Equipo Recomendado” se tiene la opción de “Control de Calidad” en la cual se accede a un espacio como el que se muestra en la Figura 22, donde es posible seleccionar un tramo por analizar y de acuerdo con la actividad estudiada, se mostrará la cantidad de pruebas requeridas con su respectivo costo, calculando el total del monto

que esto implicaría, asimismo es posible ingresar la cantidad de pruebas por realizar (casillas en color verde) para calcular su costo, tomando en cuenta las recomendaciones de la herramienta, basadas en el CR-77 y en el tipo de material por manipular. Esta tabla al igual que cualquiera de las anteriores puede imprimirse.

 Constructora Sánchez Carvajal Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Sión - La Abundancia 											
Control de Calidad											
Conjunto de Pruebas											
Pruebas	Norma o Procedimiento	Volumen del Tramo (m3)	Longitud del Tramo (m)	Cantidad de Tipos de Suelo o Material	Costo Unitario	Recomendado		A Realizar			
						Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total		
Aceptación de Fuente	-	13500	2400	3	-	1	-	1	-		
Prótor: Estándar	AASHTO T-99				22,000.00	3	68,000.00	3	68,000.00		
Prótor Modificado	AASHTO T-150				27,000.00	0	0.00	0	0.00		
Análisis Granulométrico	AASHTO T-11 Y T-27				38,000.00	3	102,800.00	3	190,000.00		
Límites de Atterberg	AASHTO T-89 Y T-90				17,000.00	8	102,000.00	8	138,000.00		
Determinación de Abrasión	AASHTO T-198				35,000.00	0	0.00	0	0.00		
Determinación de Espesores	-				8,000.00	5	28,800.00	5	48,000.00		
Determinación de Contenido de Humedad en Campo	-				18,000.00	45	720,000.00	59	200,000.00		
Densidad y Humedad in Situ	-				10,000.00	45	450,000.00	59	500,000.00		
Caras Fracturadas	ASTM D-5821				15,000.00	0	0.00	0	0.00		
Equivalente de Arena	-				25,000.00	0	0.00	0	0.00		
CBR	ASTM D-1583				33,000.00	3	99,000.00	3	185,000.00		
Total								Total	1,469,400.00		1,740,000.00

Tipos de Suelo
Ingrese la cantidad de tipos de suelo o material presentes

Figura 22. Sección de Control de Calidad de la Herramienta de Control.

En la opción “Registros de Actividad” se puede acceder a los registros que se han guardado anteriormente sobre cálculos de cada una de las actividades. De igual manera en la opción “Resumen de Actividades” del Menú Inicial, se puede acceder a esta información.

En el botón “Planillas” se puede acceder al registro de planillas, además de que es posible agregar un nuevo trabajador, de acuerdo con la ventana mostrada en la Figura 23, donde se puede digitar el nombre del nuevo trabajador y su salario en las casillas respectivas, se selecciona su puesto y se

ingresa; de otra manera se puede acceder a la planilla donde se tiene cada trabajador con su respectivo código y donde se puede registrar la

cantidad de horas laboradas para el cálculo del salario mensual correspondiente.

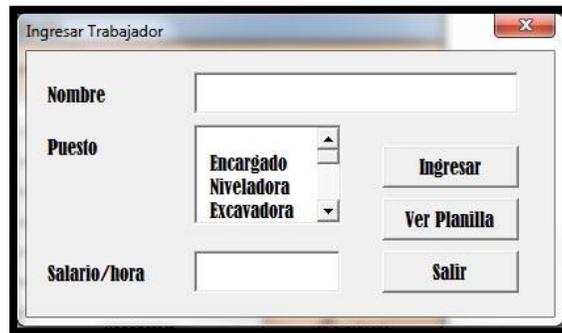


Figura 23. Ventana de ingreso de trabajadores a planilla y consulta de la base de datos.

Finalmente se puede acceder a un “Manual de Usuario” donde se explica detalladamente cada una de las funciones de la herramienta, y la manera en que debe

manejarse para que funcione de manera adecuada. Este manual de usuario se encuentra en el Apéndice 5.

3.1.4 Aplicación de la Herramienta de Control

De acuerdo con la herramienta elaborada, se muestran los datos del cálculo de uno de los tramos, y los pasos empleados para obtener estos resultados.

Primeramente como se trata de la colocación de material de préstamo, se selecciona la opción “Sub-rasante” y aquí se utilizan las opciones del menú correspondientes a este aspecto. En la sección “Cálculo del

Volumen de Trabajo” se selecciona el tramo 28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelón), en el cual se desarrolló la toma de datos, para realizar los cálculos respectivos de acuerdo con este tramo. El tramo requiere un volumen de 3904m³ de material de préstamo aproximadamente. Luego se selecciona el equipo a utilizar. De acuerdo con lo observado en campo se tienen:

Vagonetas Mack CV713 Granite



Figura 24. Vagonetas empleadas en la actividad de Colocación de Material de Préstamo.

Niveladoras Caterpillar 140H



Figura 25. Niveladoras empleadas en la actividad de Colocación de Material de Préstamo.

Compactadoras Volvo SD100DC y Caterpillar CS-533E



Figura 26. Compactadoras empleadas en la actividad de Colocación de Material de Préstamo.

Excavadora 330DL



Figura 28. Excavadoras empleadas en la actividad de Colocación de Material de Préstamo.

Back Hoe Caterpillar 416E



Figura 27. Back Hoe empleados en la actividad de Colocación de Material de Préstamo.

Tramo del Proyecto



Figura 29. Tramo del Proyecto durante el proceso de colocación de material de préstamo.

Luego de seleccionado el equipo por utilizar, se ingresan las cantidades de cada uno, en este caso se seleccionan 20 vagonetas, debido a que del total, generalmente funcionan 20 y las demás están dedicadas a otras actividades que se desarrollan en paralelo o se encuentran en el taller en reparaciones, 2 niveladoras, 2 compactadoras, 1 back hoe y 1 excavadora como se observa en la Figura 30.

Estas cantidades son de acuerdo con lo que se observó que se mantenía empleado en campo. Para el caso del tramo seleccionado se obtiene una duración de 6 días y el desglose se puede observar en la Figura 31. Además se observa en la Figura 32 la cantidad de trabajadores necesarios para desarrollar la actividad con el equipo seleccionado para la misma.

Cantidad de Equipo		
Equipo	Unidades	Disponibles
Mack CV713 GRANITE	20	45
Caterpillar 140H	2	10
Caterpillar CS-533E	2	3
Caterpillar 416E	1	3
Caterpillar 330DL	1	6

Figura 30. Desglose del equipo seleccionado según el desarrollo de la actividad en campo.

Desglose del tiempo requerido para desarrollar la actividad según la maquinaria empleada		
Tiempo requerido para el tramo		
Equipo	Horas	Días
Vagoneta	71,43	6
Niveladora	68,83	6
Compactadora	56,71	5
Back Hoe	23,52	2
Excavadora	16,62	2
Hombre	237,10	-
Imprevistos	0,00	0
Total Días		6

Figura 31. Desglose del tiempo requerido para el tramo por analizar.

Desglose de la cantidad de trabajadores necesarios para desarrollar la actividad	
Cantidad de Trabajadores	
Operario Vagoneta	20
Operario Niveladora	2
Operario Compactadora	2
Operario Back Hoe	1
Operario Excavadora	1
Peones	4
Ayudantes	2
Encargado	1
Chofer	1
Total	26

Figura 32. Desglose de la cantidad de trabajadores requeridos según el equipo seleccionado y el tramo por analizar.

Posteriormente se procede al análisis de costos, acá se tienen dos tipos de tablas de costos, una por actividad, donde se tiene un desglose detallado de acuerdo con las actividades de extracción, acarreo, conformación y compactación; y otra tabla por

tipo de costo en la que el desglose es por planilla, maquinaria y diesel, además del material requerido en ambos casos. Para el primer caso se obtiene la tabla como se observa en la Figura 33 y para el segundo caso como se observa en la Figura 34.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88	100%	₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Procesamiento y material	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88		₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡2.311.094,40		₡2.311.094,40	₡1.113.024,73	₡0,00	₡1.198.069,67	₡1.113.024,73
Alquiler Excavadora	72	hm	₡29.530,00	₡2.126.160,00		₡2.126.160,00	₡1.013.999,59	₡0,00	₡1.112.160,41	₡1.013.999,59
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡15.614,07	₡0,00	₡320,33	₡16.614,07
Operarios	72	hh	₡2.000,00	₡168.000,00		₡168.000,00	₡82.411,07	₡0,00	₡85.588,93	₡82.411,07
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡3.842.184,00		₡3.842.184,00	₡4.278.688,79	₡436.773,09	₡268,30	₡4.278.688,79
Alquiler Vagonetas	1440	hm	₡1.200,00	₡1.728.000,00		₡1.728.000,00	₡1.854.249,17	₡126.249,17	₡0,00	₡1.854.249,17
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.915,70	₡0,00	₡268,30	₡13.915,70
Operarios	1440	hh	₡1.100,00	₡1.848.000,00		₡1.848.000,00	₡2.039.674,09	₡191.674,09	₡0,00	₡2.039.674,09
Ayudantes	144	hh	₡1.500,00	₡252.000,00		₡252.000,00	₡370.849,83	₡118.849,83	₡0,00	₡370.849,83
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡3.293.882,40		₡3.293.882,40	₡3.796.562,82	₡502.810,98	₡130,56	₡3.796.562,82
Alquiler Niveladoras	138	hm	₡18.730,00	₡2.584.740,00		₡2.584.740,00	₡2.756.356,11	₡171.616,11	₡0,00	₡2.756.356,11
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.771,84	₡0,00	₡130,56	₡6.771,84
Operarios	144	hh	₡2.150,00	₡361.200,00		₡361.200,00	₡531.551,43	₡170.351,43	₡0,00	₡531.551,43
Peones	288	hh	₡1.015,00	₡341.040,00		₡341.040,00	₡501.883,44	₡160.843,44	₡0,00	₡501.883,44
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡1.270.797,60		₡1.270.797,60	₡1.468.445,26	₡197.764,51	₡116,85	₡1.468.445,26
Alquiler Compactadoras	114	hm	₡9.030,00	₡1.029.420,00		₡1.029.420,00	₡1.116.258,00	₡86.838,00	₡0,00	₡1.116.258,00
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.060,75	₡0,00	₡116,85	₡6.060,75
Operarios	144	hh	₡1.400,00	₡235.200,00		₡235.200,00	₡346.126,51	₡110.926,51	₡0,00	₡346.126,51
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡225.979,20	₡225.979,20	₡221.704,63	₡0,00	₡4.274,57	₡221.704,63	
Alquiler Back Hoe	24	hm	₡2.700,00	₡64.800,00	₡64.800,00	₡83.574,26	₡0,00	₡1.225,74	₡83.574,26	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.669,88	₡0,00	₡109,32	₡5.669,88	
Operarios	72	hh	₡1.850,00	₡155.400,00	₡155.400,00	₡152.460,49	₡0,00	₡2.939,51	₡152.460,49	
Control	-	-	₡3.715,38	₡312.091,92	₡312.091,92	₡153.094,23	₡0,00	₡158.997,69	₡153.094,23	
Encargado	72	hh	₡2.615,38	₡219.691,92	₡219.691,92	₡107.768,14	₡0,00	₡111.923,78	₡107.768,14	
Chofer	72	hh	₡1.100,00	₡92.400,00	₡92.400,00	₡45.326,99	₡0,00	₡47.073,91	₡45.326,99	
Total	3904,69	m3	₡7.132,70	₡27.850.951,40	100%	₡27.850.951,40	₡27.312.536,42	₡1.137.348,58	₡1.675.763,56	₡27.312.536,42

Figura 33. Resultados de Control de Costos por Actividades calculados por la herramienta.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	3904,6875	m3	₪ 4.250,00	₪ 16.594.921,88	100%	₪ 16.594.921,88	₪ 16.276.104,91	₪ 0,00	₪ 318.816,97	₪ 16.276.104,91
Procesamiento y material	3904,6875	m3	₪ 4.250,00	₪ 16.594.921,88		₪ 16.594.921,88	₪ 16.276.104,91	₪ 0,00	₪ 318.816,97	₪ 16.276.104,91
Planilla	2448	hh	₪ 7.530,38	₪ 3.635.131,92		₪ 3.635.131,92	₪ 4.186.029,44	₪ 708.941,39	₪ 158.043,87	₪ 4.186.029,44
Encargado	72	hh	₪ 2.615,38	₪ 219.691,92		₪ 219.691,92	₪ 107.735,63	₪ 0,00	₪ 111.956,29	₪ 107.735,63
Operarios	1872	hh	₪ 1.300,00	₪ 2.730.000,00		₪ 2.730.000,00	₪ 3.159.511,37	₪ 429.511,37	₪ 0,00	₪ 3.159.511,37
Peones	288	hh	₪ 1.015,00	₪ 341.040,00		₪ 341.040,00	₪ 501.732,05	₪ 160.692,05	₪ 0,00	₪ 501.732,05
Ayudantes	144	hh	₪ 1.500,00	₪ 252.000,00		₪ 252.000,00	₪ 370.737,97	₪ 118.737,97	₪ 0,00	₪ 370.737,97
Chofer	72	hh	₪ 1.100,00	₪ 92.400,00		₪ 92.400,00	₪ 46.312,42	₪ 0,00	₪ 46.087,58	₪ 46.312,42
Maquinaria	1788	hm	₪ 61.190,00	₪ 7.533.120,00		₪ 7.533.120,00	₪ 6.802.384,63	₪ 382.975,82	₪ 1.113.711,19	₪ 6.802.384,63
Alquiler Vagonetas	1440	hm	₪ 1.200,00	₪ 1.728.000,00		₪ 1.728.000,00	₪ 1.853.689,85	₪ 125.689,85	₪ 0,00	₪ 1.853.689,85
Alquiler Niveladoras	138	hm	₪ 18.730,00	₪ 2.584.740,00		₪ 2.584.740,00	₪ 2.755.524,68	₪ 170.784,68	₪ 0,00	₪ 2.755.524,68
Alquiler Compactadoras	114	hm	₪ 9.030,00	₪ 1.029.420,00		₪ 1.029.420,00	₪ 1.115.921,29	₪ 86.501,29	₪ 0,00	₪ 1.115.921,29
Alquiler Back Hoe	24	hm	₪ 2.700,00	₪ 64.800,00		₪ 64.800,00	₪ 63.555,08	₪ 0,00	₪ 1.244,92	₪ 63.555,08
Alquiler Excavadora	72	hm	₪ 29.530,00	₪ 2.126.160,00		₪ 2.126.160,00	₪ 1.013.693,73	₪ 0,00	₪ 1.112.466,27	₪ 1.013.693,73
Diesel	0	L	₪ 480,00	₪ 49.977,60		₪ 49.977,60	₪ 49.017,44	₪ 0,00	₪ 960,16	₪ 49.017,44
Vagonetas	29,55	L	₪ 480,00	₪ 14.184,00		₪ 14.184,00	₪ 13.911,50	₪ 0,00	₪ 272,50	₪ 13.911,50
Niveladoras	14,38	L		₪ 6.902,40	₪ 6.902,40	₪ 6.769,79	₪ 0,00	₪ 132,61	₪ 6.769,79	
Compactadoras	12,87	L		₪ 6.177,60	₪ 6.177,60	₪ 6.058,92	₪ 0,00	₪ 118,68	₪ 6.058,92	
Back Hoe	12,04	L		₪ 5.779,20	₪ 5.779,20	₪ 5.668,17	₪ 0,00	₪ 111,03	₪ 5.668,17	
Excavadora	35,28	L		₪ 16.934,40	₪ 16.934,40	₪ 16.609,06	₪ 0,00	₪ 325,34	₪ 16.609,06	
Total	3904,6875	m3		₪ 7.123,02	₪ 27.813.151,40	100%	₪ 27.813.151,40	₪ 27.313.536,42	₪ 1.091.917,21	₪ 1.591.532,19

Figura 34. Resultados de Control de Costos por Tipo de Costo calculados por la herramienta.

Una vez realizado el análisis de los costos, se procede a la sección de “Control de Calidad” donde se determina la cantidad de pruebas requeridas para el tramo así como el

costo del set total de éstas, para llevar a cabo el control mínimo establecido por el CR-77, y según el volumen y longitud del tramo en análisis.

Control de Calidad											
Conjunto de Pruebas											
Pruebas	Norma o Procedimiento	Volumen del Tramo (m3)	Longitud del Tramo (m)	Cantidad de Tipos de Suelo o Material	Costo Unitario	Recomendado		A Realizar			
						Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total		
Aceptación de Fuente	-	3904,89	833,00	1	-	1	-	1	-		
Próctor Estándar	AASHTO T-99				€22.000,00	1	€22.000,00	2	€44.000,00		
Próctor Modificado	AASHTO T-180				€27.000,00	0	€0,00	0	€0,00		
Análisis Granulométrico	AASHTO T-11 Y T-27				€38.000,00	1	€38.000,00	2	€76.000,00		
Límites de Atterberg	AASHTO T-89 Y T-90				€17.000,00	2	€34.000,00	3	€51.000,00		
Determinación de Abrasión	AASHTO T-198				€35.000,00	0	€0,00	0	€0,00		
Determinación de Espesores	-				€9.000,00	2	€18.000,00	3	€27.000,00		
Determinación de Contenido de Humedad en Campo	-				€18.000,00	14	€252.000,00	15	€270.000,00		
Densidad y Humedad in Situ	-				€10.000,00	14	€140.000,00	15	€150.000,00		
Cargas Fracturadas	ASTM D-5821				€15.000,00	0	€0,00	0	€0,00		
Equivalente de Arena	-				€25.000,00	0	€0,00	0	€0,00		
CBR	ASTM D-1883				€33.000,00	1	€33.000,00	2	€66.000,00		
Total								Total	€434.077,88		€579.000,00

Figura 35. Resultados de Control de Calidad calculados por la herramienta.

Conjuntamente se puede observar en la Tabla 13, el valor y duración total de cada tramo, de acuerdo con su volumen así como la comparación del costo calculado por la herramienta contra el costo aproximado empleado por la empresa, a partir del análisis de cada uno de los tramos utilizando la herramienta de control.

De acuerdo con los valores de tiempos obtenidos anteriormente se realiza un análisis variando la cantidad de equipo, en el primer caso aumentando a 35 la cantidad de vagones laborando, a 3 la cantidad de niveladoras y a 3 la cantidad de compactadoras con ello se

obtienen los resultados de costos observados en Figura 37. Además se aumentó en el segundo caso 1 excavadora adicional y se calculan los costos como se observa en la Figura 38. Asimismo, se calcula el incremento en los costos como resultado de 2 días de atraso en la actividad como se muestra en la Figura 39.

De acuerdo con los costos calculados por la herramienta se logra determinar el porcentaje que representa cada costo asociado de acuerdo con el costo total de la actividad de colocación del material de préstamo como se observa en la Figura 36.

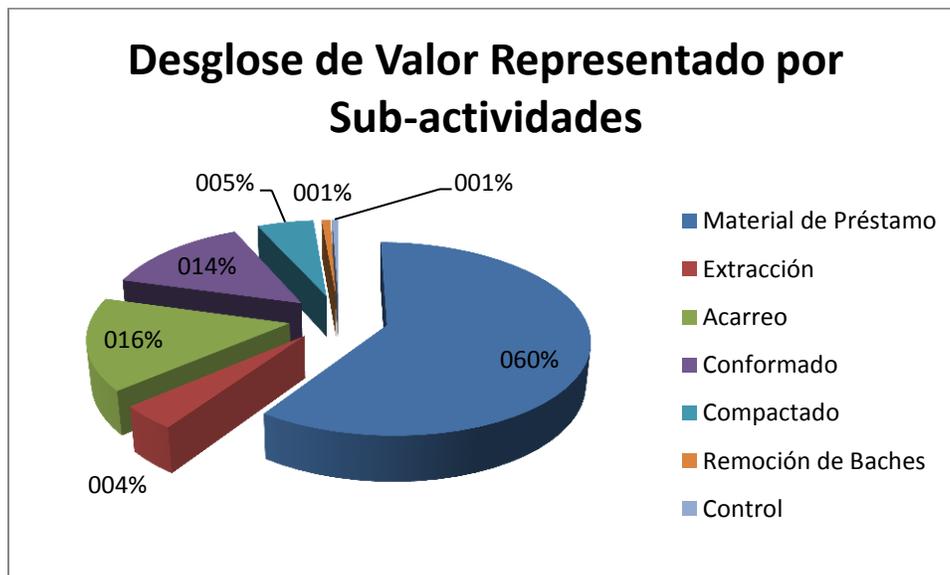


Figura 36. Desglose de porcentajes que representa cada costo asociado a la actividad de Préstamo Seleccionado.

Tabla 13. Análisis de los tramos del Proyecto con la Herramienta de Control*

Tramo	Volumen (m3)	Duración (Días)	Presupuestado		Real		Diferencia	
			Costo Total	Costo/m ³	Costo Total	Costo/m ³	Costo Total	Costo/m ³
28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelon)	3904,69	6	₡27.850.951,40	₡7.132,70	₡27.312.536,42	₡6.994,81	-₡538.414,97	-₡137,89
28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelon)	3904,69	8	₡29.075.262,04	₡7.446,25	₡27.312.536,42	₡6.994,81	-₡1.762.725,61	-₡451,44
9+700 a 10+660 (Puente Barranca)	4500,00	7	₡32.167.414,84	₡7.148,31	₡31.476.645,00	₡6.994,81	-₡690.769,84	-₡153,50
11+000 (Puente Barranca) a 16+900 (Puente Espino)	27656,25	43	₡196.989.398,86	₡7.122,78	₡193.450.214,00	₡6.994,81	-₡3.539.184,86	-₡127,97
17+100 (Puente Espino) a 19+500 (Puente Laguna)	11250,00	18	₡80.508.433,36	₡7.156,31	₡78.691.612,50	₡6.994,81	-₡1.816.820,86	-₡161,50
19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	10687,50	17	₡76.443.173,04	₡7.152,58	₡74.757.031,88	₡6.994,81	-₡1.686.141,16	-₡157,77
22+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas)	14296,88	22	₡101.772.733,39	₡7.118,53	₡100.003.924,20	₡6.994,81	-₡1.768.809,19	-₡123,72
25+500 (Puente Arenas) a 27+900 (Puente Seco)	11250,00	18	₡80.508.433,36	₡7.156,31	₡78.691.612,50	₡6.994,81	-₡1.816.820,86	-₡161,50
28+933 (Paso Miguelon) a 31+300 (Puente La Vieja)	11095,31	17	₡78.927.066,17	₡7.113,55	₡77.609.585,34	₡6.994,81	-₡1.317.480,82	-₡118,74
31+500 (Puente La Vieja) a 34+180 (Puente Ron Ron)	12562,50	20	₡89.821.909,00	₡7.150,00	₡87.872.300,63	₡6.994,81	-₡1.949.608,37	-₡155,19
34+320 (Puente Ron Ron) a 39+350 (Final)	23578,13	36	₡167.580.900,37	₡7.107,47	₡164.924.539,50	₡6.994,81	-₡2.656.360,87	-₡112,66
28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelon)	3904,69	6	₡27.850.951,40	₡7.132,70	₡13.656.282,33	₡6.994,81	-₡14.194.669,07	-₡137,88

* Las Tablas de Control General de Costos por Actividades, en las cuales se realiza el análisis de costos de cada tramo, se encuentran en los Apéndice del 7 al 15 con el desglose completo de los costos asociados.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88	100%	₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Procesamiento y material	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88		₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡1.339.664,40		₡1.339.664,40	₡1.113.024,73	₡0,00	₡226.639,67	₡1.113.024,73
Alquiler Excavadora	41	hm	₡29.530,00	₡1.210.730,00		₡1.210.730,00	₡1.019.999,99	₡0,00	₡196.730,41	₡1.019.999,99
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.614,07	₡0,00	₡320,33	₡16.614,07
Operarios	48	hh	₡2.000,00	₡112.000,00		₡112.000,00	₡92.411,07	₡0,00	₡29.588,93	₡92.411,07
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡4.144.184,00		₡4.144.184,00	₡4.278.688,79	₡251.099,00	₡116.594,21	₡4.278.688,79
Alquiler Vagonetas	1435	hm	₡1.200,00	₡1.722.000,00		₡1.722.000,00	₡1.854.249,17	₡132.249,17	₡0,00	₡1.854.249,17
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.915,70	₡0,00	₡268,30	₡13.915,70
Operarios	1680	hh	₡1.100,00	₡2.156.000,00		₡2.156.000,00	₡2.039.674,99	₡0,00	₡116.325,91	₡2.039.674,99
Ayudantes	144	hh	₡1.500,00	₡252.000,00		₡252.000,00	₡370.849,83	₡118.849,83	₡0,00	₡370.849,83
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡3.293.882,40		₡3.293.882,40	₡3.796.562,82	₡502.810,98	₡130,56	₡3.796.562,82
Alquiler Niveladoras	138	hm	₡18.730,00	₡2.584.740,00		₡2.584.740,00	₡2.756.356,11	₡171.616,11	₡0,00	₡2.756.356,11
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.771,84	₡0,00	₡130,56	₡6.771,84
Operarios	144	hh	₡2.150,00	₡361.200,00		₡361.200,00	₡531.551,43	₡170.351,43	₡0,00	₡531.551,43
Peones	288	hh	₡1.015,00	₡341.040,00		₡341.040,00	₡391.883,44	₡160.843,44	₡0,00	₡501.883,44
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡1.270.797,60		₡1.270.797,60	₡1.468.445,26	₡197.764,51	₡116,85	₡1.468.445,26
Alquiler Compactadoras	114	hm	₡9.030,00	₡1.029.420,00		₡1.029.420,00	₡1.116.258,00	₡86.838,00	₡0,00	₡1.116.258,00
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.060,75	₡0,00	₡116,85	₡6.060,75
Operarios	144	hh	₡1.400,00	₡235.200,00		₡235.200,00	₡346.126,51	₡110.926,51	₡0,00	₡346.126,51
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡174.179,20		₡174.179,20	₡221.704,63	₡48.860,49	₡1.335,06	₡221.704,63
Alquiler Back Hoe	24	hm	₡2.700,00	₡64.800,00		₡64.800,00	₡63.574,26	₡0,00	₡1.225,74	₡63.574,26
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20		₡5.779,20	₡5.589,88	₡0,00	₡109,32	₡5.669,88
Operarios	48	hh	₡1.850,00	₡103.600,00		₡103.600,00	₡152.460,49	₡48.860,49	₡0,00	₡152.460,49
Control	-	-	₡3.715,38	₡208.061,28		₡208.061,28	₡153.094,23	₡0,00	₡54.967,05	₡153.094,23
Encargado	48	hh	₡2.615,38	₡146.461,28		₡146.461,28	₡107.766,14	₡0,00	₡38.693,14	₡107.766,14
Chofer	48	hh	₡1.100,00	₡61.600,00	₡61.600,00	₡45.328,99	₡0,00	₡16.273,91	₡45.328,99	
Total	3904,69	m3	₡6.921,35	₡27.025.690,76	100%	₡27.025.690,76	₡27.312.536,42	₡1.000.534,98	₡713.689,31	₡27.312.536,42

Figura 37. Costos calculados por la Herramienta de Control para un incremento en el equipo de acarreo y conformado.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88	100%	₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
<i>Procesamiento y material</i>	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88		₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡2.662.394,40		₡2.662.394,40	₡1.113.024,73	₡0,00	₡1.549.369,67	₡1.113.024,73
<i>Alquiler Excavadora</i>	82	hm	₡29.530,00	₡2.421.460,00		₡2.421.460,00	₡1.013.999,59	₡0,00	₡1.407.460,41	₡1.013.999,59
<i>Diesel</i>	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.814,07	₡0,00	₡320,33	₡16.614,07
<i>Operarios</i>	96	hh	₡2.000,00	₡224.000,00		₡224.000,00	₡92.411,07	₡0,00	₡141.588,93	₡82.411,07
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡4.144.184,00		₡4.144.184,00	₡4.278.688,79	₡251.099,00	₡116.594,21	₡4.278.688,79
<i>Alquiler Vagonetas</i>	1435	hm	₡1.200,00	₡1.722.000,00		₡1.722.000,00	₡1.894.249,17	₡132.249,17	₡0,00	₡1.854.249,17
<i>Diesel</i>	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.915,70	₡0,00	₡268,30	₡13.915,70
<i>Operarios</i>	1680	hh	₡1.100,00	₡2.156.000,00		₡2.156.000,00	₡2.039.674,09	₡0,00	₡116.325,91	₡2.039.674,09
<i>Ayudantes</i>	144	hh	₡1.500,00	₡252.000,00		₡252.000,00	₡370.849,83	₡118.849,83	₡0,00	₡370.849,83
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡3.293.882,40		₡3.293.882,40	₡3.796.562,82	₡502.810,98	₡130,56	₡3.796.562,82
<i>Alquiler Niveladoras</i>	138	hm	₡18.730,00	₡2.584.740,00		₡2.584.740,00	₡2.756.356,11	₡171.616,11	₡0,00	₡2.756.356,11
<i>Diesel</i>	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.771,84	₡0,00	₡130,56	₡6.771,84
<i>Operarios</i>	144	hh	₡2.150,00	₡361.200,00		₡361.200,00	₡331.551,43	₡170.351,43	₡0,00	₡531.551,43
<i>Peones</i>	288	hh	₡1.015,00	₡341.040,00		₡341.040,00	₡501.883,44	₡160.843,44	₡0,00	₡501.883,44
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡1.270.797,60		₡1.270.797,60	₡1.468.445,26	₡197.764,51	₡116,85	₡1.468.445,26
<i>Alquiler Compactadoras</i>	114	hm	₡9.030,00	₡1.029.420,00		₡1.029.420,00	₡1.116.259,00	₡86.838,00	₡0,00	₡1.116.259,00
<i>Diesel</i>	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.969,75	₡0,00	₡116,85	₡6.060,75
<i>Operarios</i>	144	hh	₡1.400,00	₡235.200,00		₡235.200,00	₡348.126,51	₡110.926,51	₡0,00	₡348.126,51
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡174.179,20	₡174.179,20	₡221.704,63	₡48.860,49	₡1.335,06	₡221.704,63	
<i>Alquiler Back Hoe</i>	24	hm	₡2.700,00	₡64.800,00	₡64.800,00	₡63.574,26	₡0,00	₡1.225,74	₡63.574,26	
<i>Diesel</i>	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.869,88	₡0,00	₡109,32	₡5.669,88	
<i>Operarios</i>	48	hh	₡1.850,00	₡103.600,00	₡103.600,00	₡152.480,49	₡48.860,49	₡0,00	₡152.480,49	
Control	-	-	₡3.715,38	₡208.061,28	₡208.061,28	₡153.094,23	₡0,00	₡54.967,05	₡153.094,23	
<i>Encargado</i>	48	hh	₡2.615,38	₡146.461,28	₡146.461,28	₡107.788,14	₡0,00	₡38.693,14	₡107.788,14	
<i>Chofer</i>	48	hh	₡1.100,00	₡61.600,00	₡61.600,00	₡45.326,09	₡0,00	₡16.273,91	₡45.326,09	
Total	3904,69	m3	₡7.260,10	₡28.348.420,76	100%	₡28.348.420,76	₡27.312.536,42	₡1.000.534,98	₡2.036.419,32	₡27.312.536,42

Figura 38. Costos calculados por la Herramienta de Control para un incremento en el equipo de excavación del material.

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88	100%	₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
<i>Procesamiento y material</i>	3904,69	m3	₡4.250,00	₡16.594.921,88		₡16.594.921,88	₡16.281.015,96	₡0,00	₡313.905,91	₡16.281.015,96
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡2.367.094,40		₡2.367.094,40	₡1.113.024,73	₡0,00	₡1.254.069,67	₡1.113.024,73
<i>Alquiler Excavadora</i>	72	hm	₡29.530,00	₡2.126.160,00		₡2.126.160,00	₡1.013.999,59	₡0,00	₡1.112.160,41	₡1.013.999,59
<i>Diesel</i>	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.814,07	₡0,00	₡320,33	₡16.614,07
<i>Operarios</i>	96	hh	₡2.000,00	₡224.000,00		₡224.000,00	₡82.411,07	₡0,00	₡141.588,93	₡82.411,07
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡4.542.184,00		₡4.542.184,00	₡4.278.688,79	₡161.099,00	₡424.594,21	₡4.278.688,79
<i>Alquiler Vagonetas</i>	1440	hm	₡1.200,00	₡1.728.000,00		₡1.728.000,00	₡1.854.249,17	₡126.249,17	₡0,00	₡1.854.249,17
<i>Diesel</i>	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.915,70	₡0,00	₡268,30	₡13.915,70
<i>Operarios</i>	1920	hh	₡1.100,00	₡2.112.000,00		₡2.112.000,00	₡2.038.674,09	₡0,00	₡73.325,91	₡2.038.674,09
<i>Ayudantes</i>	192	hh	₡1.500,00	₡288.000,00		₡288.000,00	₡370.849,83	₡34.849,83	₡0,00	₡370.849,83
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡3.527.962,40		₡3.527.962,40	₡3.796.562,82	₡268.730,98	₡130,56	₡3.796.562,82
<i>Alquiler Niveladoras</i>	138	hm	₡18.730,00	₡2.584.740,00		₡2.584.740,00	₡2.756.356,11	₡171.616,11	₡0,00	₡2.756.356,11
<i>Diesel</i>	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.771,84	₡0,00	₡130,56	₡6.771,84
<i>Operarios</i>	192	hh	₡2.150,00	₡412.800,00		₡412.800,00	₡531.591,43	₡118.791,43	₡0,00	₡531.591,43
<i>Peones</i>	384	hh	₡1.015,00	₡390.000,00		₡390.000,00	₡501.883,44	₡111.883,44	₡0,00	₡501.883,44
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡1.349.197,60		₡1.349.197,60	₡1.468.445,26	₡119.364,51	₡116,85	₡1.468.445,26
<i>Alquiler Compactadoras</i>	114	hm	₡9.030,00	₡1.029.420,00		₡1.029.420,00	₡1.116.258,00	₡86.838,00	₡0,00	₡1.116.258,00
<i>Diesel</i>	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.060,75	₡0,00	₡116,85	₡6.060,75
<i>Operarios</i>	192	hh	₡1.400,00	₡271.200,00		₡271.200,00	₡346.126,51	₡74.926,51	₡0,00	₡346.126,51
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡277.779,20	₡277.779,20	₡221.704,63	₡0,00	₡56.074,57	₡221.704,63	
<i>Alquiler Back Hoe</i>	24	hm	₡2.700,00	₡64.800,00	₡64.800,00	₡63.574,26	₡0,00	₡1.225,74	₡63.574,26	
<i>Diesel</i>	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.669,88	₡0,00	₡109,32	₡5.669,88	
<i>Operarios</i>	96	hh	₡1.850,00	₡176.400,00	₡176.400,00	₡152.460,49	₡0,00	₡24.939,51	₡152.460,49	
Control	-	-	₡3.715,38	₡416.122,56	₡416.122,56	₡153.094,23	₡0,00	₡263.028,33	₡153.094,23	
<i>Encargado</i>	96	hh	₡2.615,38	₡250.922,56	₡250.922,56	₡107.768,14	₡0,00	₡143.154,42	₡107.768,14	
<i>Chofer</i>	96	hh	₡1.100,00	₡105.200,00	₡105.200,00	₡45.326,09	₡0,00	₡59.873,91	₡45.326,09	
Total	3904,69	m3	₡7.446,25	₡29.075.262,04	100%	₡29.075.262,04	₡27.312.536,42	₡549.194,49	₡2.311.920,11	₡27.312.536,42

Figura 39. Costos calculados por la Herramienta de Control para un atraso de 2 días en el período determinado inicialmente.

3.2 Análisis de Resultados

3.2.1 Productividad

De acuerdo con los resultados de las mediciones de productividad, tomados durante dos semanas de trabajo en la actividad de colocación de préstamo seleccionando para acabado, fue posible determinar que las sub-actividades relacionadas como conformado (nivelación) y compactación tienen una relación directa con la actividad de acarreo del material desde el sitio de extracción hasta el sitio de colocación; por lo tanto, la distancia de acarreo va a tener mucha influencia en el porcentaje de productividad obtenido, ya que, los tiempos donde la mayor cantidad de trabajadores se encuentran ocupados en las labores asignadas, coinciden con los tiempos en que los trabajadores del sitio han recibido el material para colocar; es decir, mientras más tardan las vagonetas en llegar, mayor tiempo se encuentran los trabajadores sin realizar ninguna actividad relacionada con la actividad analizada o realizando actividades distintas. A su vez, el proceso de compactación depende del proceso de conformado ya que es necesario que la niveladora haya finalizado su labor para que la compactadora pueda iniciar la suya. Tales dependencias afectan a nivel de productividad, ya que, directa o indirectamente el aprovechamiento que se logre de la maquinaria va a afectar en la productividad total de la cuadrilla.

Es importante mencionar que la cuadrilla analizada consta de siete trabajadores y, durante los lapsos en que no llegaban vagonetas, se pudo observar que la actividad puede desarrollarse con una menor cantidad de trabajadores, ya que dos de ellos eran ayudantes de la niveladora y en otras cuadrillas éstas sólo tenían un ayudante, además el encargado del registro de las facturas del material sólo tenía a su cargo ésta actividad y al llegar el equipo en lapsos amplios esta podía ser desarrollada por cualquier otro trabajador, por ejemplo el encargado de la cuadrilla.

Algunas veces las cuadrillas aumentaban su cantidad de trabajadores debido a que era necesario un proceso de mantenimiento en los tramos, durante estos tiempos los trabajadores al no depender de la llegada de material, se encontraban todos dedicados a una actividad específica y a su vez laborando, aumentando el nivel de productividad de la cuadrilla; con esto es posible observar el grado de dependencia que tenía la cuadrilla respecto a la llegada del material y de esta manera puede decirse que menores distancias de acarreo representarían un aumento significativo en la productividad. Cabe destacar que la distancia de acarreo no depende simplemente de la existencia de material, sino también de varios factores que identifican al sitio como apto para la explotación, es por esto que, en este caso, la distancia de acarreo no puede ser reducida, sin embargo, es notoria la afectación de ésta, tanto sobre la productividad de la actividad como sobre los costos asociados al acarreo del material.

Todo proceso constructivo se ve afectado por factores externos; por ejemplo en la actividad analizada, las condiciones climáticas como el inicio de lluvias fuertes o la necesidad de reparar alguna de las máquinas y en muchos casos la caída de un árbol bloqueando la ruta pueden ser factores con una gran intervención en el porcentaje de productividad obtenido convirtiendo un set de datos tomados en determinado tiempo en poco representativos y que, a pesar de una disminución en la productividad obtenida durante ese periodo, no son eventos que suceden siempre por lo que no van a afectar constantemente la productividad final.

Para un total de 394 mediciones representando 2358 valores de trabajadores se tiene una cantidad de 1104 de ellos que sí realizaban las actividades asignadas dando esto como resultado un 47% de productividad, siendo sumamente bajo si se compara con una actividad industrial; sin embargo, comparándolo con un proceso constructivo es un valor que se encuentra dentro del rango aceptable. De acuerdo con Alejandro Cantú, en el trabajo

“Productividad Real en Obras Civiles”, la productividad de un proceso constructivo anda alrededor del 44%¹⁶, según como se muestra en el Anexo 1, además el 56% restante se divide en trabajo no contributivo (32%) y contributivo (24%) a la actividad. Como se muestra en la Figura 8, del total de la actividad se tiene aproximadamente un 14% del tiempo dedicado a actividades contributivas y necesarias, como alimentación, traslados y visitas al baño, mientras que un 39% del tiempo se dedicaba a espera del equipo de acarreo y a otras actividades distintas a la colocación de préstamo, por lo que se muestra que básicamente la dependencia se encuentra en este punto y es el que se podría mejorar para alcanzar una mayor productividad.

3.2.2 Rendimientos

En el proceso de medición de rendimientos para la actividad de préstamo seleccionado se determinan inicialmente los tiempos considerados como improductivos, representando éstos una hora y cuarenta y cinco minutos, lo cual es un tiempo bastante corto para una jornada de 12 horas diarias. Como anteriormente se determinó, durante el 47% del tiempo laborado, se realizan las actividades asignadas y correspondientes a la colocación de préstamo, por lo que durante este tiempo el rendimiento es representativo para la actividad, en el caso de la colocación (conformación y compactado) y en el caso del acarreo es notorio que el rendimiento es bajo, debido a las actividades en paralelo que se desarrollan, además de los demás tramos que requieren también del equipo de acarreo.

5.2.2.a Extracción y Acarreo

El tiempo total que requiere el equipo de acarreo en descargar el material va desde 1 minuto hasta los 6 minutos, por lo que es muy variable, dependiendo del chofer del equipo, así como de la condición climática del momento y la facilidad del lugar donde se requiera depositar el material. No obstante la mayor cantidad de tiempo se consume en el traslado desde y hasta el sitio de extracción del material, en lo cual se consumen 68 minutos de ida en una ruta de 28 km, y 70 minutos de vuelta en 30 km de ruta,

agregando a esto un tiempo de espera de 29 minutos, debido a la cantidad de equipo que está en fila para ser cargado; ya que en el sitio de extracción solamente se encuentra una excavadora encargada de extraer y cargar todo el equipo de acarreo demandante. Esta excavadora tarda aproximadamente 2 minutos en cargar cada vagoneta con 11m³ de material; por lo que, de acuerdo con el proceso de carga y acarreo, la mayor cantidad de tiempo se consume en transporte y espera, y de esta manera es posible inyectar mejoras para aumentar el rendimiento de este proceso y con ello la productividad de las cuadrillas que dependen de dicho material.

5.2.2.b Nivelación

El proceso de nivelado varía mucho dependiendo de la velocidad con que llega el material al sitio, debido a que no se conforma el material que llega de una sola vagoneta, sino que se espera que llegue una cantidad considerable de acuerdo con lo requerido por el tramo en relleno, para comenzar con el proceso de nivelación; es por ello que, según los resultados, éste presenta variaciones en su duración por cada metro cúbico nivelado, partiendo desde aproximadamente 0.3 hasta 4 minutos por metro cúbico. Es posible demostrar que según las condiciones del sitio se presenta variabilidad en el tiempo que se requiere para esta actividad, no obstante, con el set de datos tomados en campo durante dos semanas de trabajo, se tiene un valor representativo del rendimiento del equipo y mano de obra al llevar a cabo la labor de conformado.

5.2.2.c Compactación

Este proceso va a depender del proceso anterior, ello implica que, a pesar de contemplar la espera del material acarreado, se debe aguardar por la nivelación hasta que ésta finalice, al menos en un tramo de longitud adecuada, para poder proceder a compactar con varias pasadas cada una de las capas colocadas. Éste al igual que el anterior presenta sus variaciones de acuerdo con las condiciones requeridas en el tramo, y su rendimiento va desde 0.12 hasta 4 minutos por cada metro cúbico compactado, obteniendo con estos resultados un valor real del rendimiento promedio en el proceso de compactado, para posteriormente unirlos a los demás rendimientos y obtener un valor aproximado del rendimiento

¹⁶ Alejandro Cantú, “Productividad Real en Obras Civiles”

de la actividad de colocación de material de préstamo.

Como hay alguna variabilidad en los datos es necesario realizar un análisis estadístico y con ello asegurarse de que los datos sean realmente válidos para el fin con que fueron tomados, por lo que finalmente se obtienen rendimientos de 0,21 min/m³ para el proceso de extracción y carga del equipo de acarreo, 18,29 min/m³ para el acarreo, 1,76 min/m³ para la nivelación y 1,45 min/m³ para la compactación del material. A partir de éstos se puede determinar que el rendimiento total de la actividad parte de los rendimientos de sus respectivas sub-actividades, los cuales finalmente serían 281,88 m³/h para la extracción del material y la carga del equipo de acarreo, 3,28 m³/h para el proceso de acarreo, 34,04 m³/h para la nivelación y 41,31 m³/h para el compactado; con estos datos se tiene la posibilidad de calcular los tiempos requeridos para desarrollar la actividad, de acuerdo con el volumen determinado, así como llevar un control de los costos asociados y del manejo de la maquinaria requerida para desarrollar el proceso de forma óptima.

3.2.3 Herramienta de Control

De acuerdo con lo que se obtiene para el cálculo y análisis del tramo 28+100 (Puente Seco) a 28+933 (Paso Miguelón) se observa una duración total para la actividad de 6 días, empleando una lista de 20 vagonetas Mack de 12m³, 2 niveladoras CAT 140H, 2 compactadoras CAT CS-533E y Volvo SD100DC, 1 back hoe CAT 416E y 1 excavadora CAT 330DL, ya que esta distribución de equipo es la que se observa en sitio; no obstante, hay un mayor número de vagonetas que se podrían emplear en la actividad de acarreo, pero existen otras actividades desarrolladas en paralelo, además de que aproximadamente 10 de éstas se encuentran constantemente en el taller recibiendo mantenimiento, asimismo en el sitio de extracción del material se tiene solamente una excavadora trabajando en la extracción y carga del equipo de acarreo, lo cual produce tiempos de espera prolongados mientras se cargan las vagonetas, esto sumado a la larga

distancia de acarreo (30 Km) produce un rendimiento muy bajo en esta sub-actividad, lo que implica la necesidad de mantener una cantidad importante de equipo laborando de manera simultánea, para no afectar al restante (compactadoras y niveladoras), ya que muchas veces se tiene que esperar bastante mientras llega el equipo de acarreo, y éste no es constante, sino que llegan unos cuantos viajes de material y luego pasa un lapso importante sin recibir material para colocar. Sin embargo, de acuerdo con la cantidad de vagonetas funcionando, al llegar a la zona de extracción, llegan varias de manera consecutiva, y esto hace que se produzca un tiempo de espera, mientras que, al trasladarse al sitio de colocación, la excavadora quedaría durante un lapso sin la presencia de vagonetas para cargar.

Según la información existente, primeramente se verifica la consistencia de los resultados de la herramienta, y de acuerdo con los costos, se observa el presupuesto para el tramo de un total de ¢27.850.951,40 y comparándose con un valor de referencia de un total de ¢27.312.536,42, se tiene una variación muy poco significativa de ¢538.414,97 para el tramo total, lo cual representa una herramienta conservadora en cuanto al presupuesto de la actividad y se ve reflejado un análisis acertado de los rendimientos del equipo, coincidiendo con el precio aproximado que se tiene para la actividad. Para el caso unitario, se tiene un costo de ¢7.133/m³ presupuestado por la herramienta contra un valor de ¢6.995/m³ con una variación de ¢138/m³, lo que significa que se tiene un valor muy cercano al valor realmente analizado por la empresa para el costo. Este valor proviene del costo/m³ que maneja la empresa para sus cálculos. Y de esta forma un análisis realizado con la herramienta va a generar valores coherentes, los cuales se pueden utilizar como base para la toma de decisiones acertadas y de acuerdo con la realidad del proyecto. Asimismo se investigó sobre algunos de los valores por metro cúbico para la colocación del material de préstamo seleccionado, y éstos varían dependiendo de la zona donde se efectúe el trabajo, no obstante, el valor obtenido por la herramienta de acuerdo con la secuencia de cálculo, se encuentra dentro del rango de resultados observados y publicados por CONAVI en el Informe de Ejecución Presupuestaria 2009; comparando con los valores del mismo proyecto (Sifón – Abundancia) en el 2009 (con el monto en valor presente tomando una inflación del 15%), se

tiene una diferencia de $\text{C}\$617.59/\text{m}^3$, como se observa en el Anexo 8, lo cual demuestra una brecha bastante reducida y con ello se logra validar la veracidad de los resultados de la herramienta.

Como se analizó anteriormente, respecto a los resultados obtenidos en las mediciones de rendimientos y productividad, al agregar más equipo para desarrollar la actividad; en este caso 10 vagonetas y una excavadora más, no se ve afectado el tiempo que se tarda para desarrollar la actividad, por lo que se vuelve necesario agregar también una niveladora más, con lo cual se obtiene un monto total de $\text{C}\$27.025.690,76$, y un costo unitario de $\text{C}\$6921.34/\text{m}^3$; éste es menor que el valor inicial por $\text{C}\$825.260,64$, y ello representa una disminución de $\text{C}\$211.35/\text{m}^3$; por lo que se obtienen beneficios significativos en la duración de la actividad así como en los costos asociados con ésta, logrando una reducción en ambos; además un aumento en el equipo de acarreo, representa aumentos en la productividad, por la disminución en los lapsos de espera y esto reflejaría un mayor aprovechamiento del equipo de conformación y compactación, por lo que eventualmente esto podría representar, en el desarrollo real de la obra y en los rendimientos del equipo, variaciones con resultados de mayor beneficio aún.

Con base en la Tabla 13, se observa el costo que representa cada tramo de acuerdo con su volumen y duración, la cual es una tabla generada por la herramienta, en ésta el costo real se supone como el costo empleado por la empresa, y comparando con el resultado de la herramienta es posible determinar que conforme aumenta el volumen del tramo mayor será la diferencia entre el costo reflejado por la herramienta y el costo que maneja la empresa; no obstante esta variación representa alrededor de $\text{C}\$166/\text{m}^3$ en promedio de todos los tramos y ello representa una diferencia del 2% aproximadamente del costo total de referencia en cada uno de los tramos. También en esta tabla se puede observar, en la última fila, el valor de uno de los tramos que representaría un avance de un 50% de acuerdo con lo observado en campo, permitiendo las comparaciones y registro según el avance que se tenga y con ello, en caso de excederse el precio, es posible determinarlo fácilmente y de esta forma tomar las acciones necesarias a tiempo; en este caso como los costos reales representados se

refieren a los valores de la empresa, siempre la diferencia será negativa.

Observando la Figura 36 y el desglose de los costos asociados a la colocación del material de préstamo para el tramo analizado, se tiene que el principal valor se asocia al material extraído del río San Carlos, representando casi un 60% del costo total. Los valores de acarreo y conformado son los siguientes rubros más sobresalientes con un 16% y 14% respectivamente, esto por la necesidad de emplear tanto equipo con el fin de lograr balancear los requerimientos de material en sitio en el caso del acarreo lo que implica costos de alquiler de equipo y operarios, y en el caso del conformado igualmente el equipo de gran potencia requerido, así como los operarios representan costos de alquiler y trabajadores mayores comparando con los otros tipos de equipo utilizado. De estos porcentajes se logran determinar las actividades más influyentes en el costo total de la actividad, por ello se analiza el efecto de modificar la cantidad de unidades empleadas, agregando más equipo de acarreo y conformado, pasando de 20 vagonetas a 35 y de 2 niveladoras a 3; es así como se logra determinar que una mayor concentración de equipo tiene un efecto positivo en el desarrollo del tramo; ya que, se reduce el tiempo de trabajo, pasando de 6 días a 4 y esto trae sus efectos en el costo, reduciendo en dos días el trabajo de las planillas para balancear el costo del equipo extra empleado, y aun así el costo se mantiene más bajo, pasando de $\text{C}\$27.850.951,40$ calculados inicialmente por la herramienta a un total de $\text{C}\$27.025.690,76$, no obstante, se determinó también que al agregar una unidad más en el proceso de extracción del material, este no produce reducción alguna en la duración de la actividad, y el costo aumenta a $\text{C}\$28.348.420,76$, por lo que se incurriría en costos innecesarios y se encarecería el trabajo sin necesidad la obtención de beneficios significativos.

También se realizó un análisis de los costos que representarían 2 días de atraso, como se observa en la Figura 39, y el valor inicial del tramo pasaría a un total de $\text{C}\$29.075.262,04$, con un aumento bastante significativo por el pago de 2 días adicionales de equipo y planillas en el sitio de trabajo, incrementando el valor por metro cúbico a un total de $\text{C}\$7446.24/\text{m}^3$, variando completamente el panorama planeado inicialmente.

Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones

- Se logró desarrollar una metodología que permite un control de la actividad de préstamo seleccionado, esta por medio de una herramienta de control que relaciona las subactividades y permite el cálculo tanto de tiempos como de costos, además del llevar registros, dando chance a la toma de decisiones.
- Como se desarrolló una herramienta de control, se logró implementar un manual de usuario el cual da la oportunidad de capacitación a cualquier usuario que se tenga que involucrar con la herramienta, evacuando dudas y explicando claramente cada uno de los pasos para el uso de la aplicación.
- Se logró una evaluación del comportamiento y desarrollo de la actividad por medio del monitoreo de sus subactividades en campo.
- La productividad obtenida de la actividad “Colocación de Préstamo Seleccionado para Acabado” fue de un 47%, de acuerdo con el sector construcción es un valor dentro del rango esperado, no obstante, mejoras en la productividad implicarían reducciones en costos y representaría un mejor aprovechamiento tanto del equipo como de la mano de obra en el sitio.
- Al tener un tiempo improductivo de 53% se logra determinar que de éste, un 14% se desglosa en actividades contributivas y necesarias como lo son alimentación, traslados, uso del baño y otros, mientras que el restante 39% se traduce en tiempos de espera del equipo mientras llega el de acarreo del material por colocar.
- Como el lugar de extracción del material se encuentra a 30 Km del proyecto aproximadamente, sería importante tener una buena organización en el equipo de acarreo para lograr el máximo aprovechamiento de éste, además del equipo de extracción y carga de vagonetas, el cual al ser solamente una excavadora, mantiene las vagonetas esperando en el sitio de extracción, aumentando así el tiempo de espera para los trabajadores en el sitio de colocación.
- Se tiene el rendimiento para cada una de las actividades, el cual es de 281.88 m³/h para la extracción del material, 3.28 m³/h para el proceso de acarreo, 34.04 m³/h para la conformación del material y 41.31 m³/h para el proceso de compactación, a partir de estos rendimientos es posible calcular la duración completa de la actividad partiendo de información real.
- La herramienta de control es funcional con base en los resultados calculados por ésta para uno de los tramos del proyecto, se obtiene el presupuesto para el tramo por un total de ¢27.850.951,40 y comparándose con un valor de referencia de un total de ¢27.312.536,42, se tiene una variación muy poco significativa de ¢538.414,97, es decir 2% del costo total del tramo aproximadamente. De igual manera al compararlo con el Informe de Ejecución Presupuestaria de CONAVI, se tiene una variación de un 9% respecto a los

valores cobrados para ese año (valor presente).

- Las actividades de mayor influencia en los costos totales asociados son el acarreo del material con un 16% del costo total y el conformado con un 14%; el 60% aproximadamente de este costo se ve representado por el material requerido para la colocación.
- Agregando equipo a la actividad (equipo de acarreo y conformado), logrando una reducción en el tiempo necesario para llevar a cabo todo el trabajo del tramo analizado, se logra reducir los costos asociados, pasando de un costo unitario de $\text{C}\$7.133/\text{m}^3$ a un costo de $\text{C}\$6921.34/\text{m}^3$, sin embargo, al agregar más equipo para extracción se aumentan los costos a $\text{C}\$7.260/\text{m}^3$ sin obtener beneficio alguno en el período requerido para el desarrollo de la actividad.
- Las condiciones atmosféricas y muchos otros factores externos tienen gran influencia en proyectos de este tipo, de manera que reflejando esto en costos, 2 días de atraso por no poder laborar, representarían un aumento de

$\text{C}\$7.133/\text{m}^3$ a $\text{C}\$7446.24/\text{m}^3$ cambiando notoriamente todo planeamiento inicial respecto a la actividad.

- Es indispensable un plan de trabajo bien organizado bajo el cual se realicen las operaciones del proceso constructivo del proyecto, de manera que se logre prever la mayor cantidad de variables y permitiendo la adaptación a nuevos planes en caso de imprevistos; además esto debe ir de la mano de un control estricto y acertado, el cual inicia desde la cuadrilla como tal, por lo que buenos encargados de las actividades, representan herramientas de control valiosas.
- Como los proyectos carreteros generalmente son de gran magnitud, se vuelve necesario analizar cada actividad individualmente, procurando un desglose de ésta, analizando cada una de las variables involucradas, con lo que es posible determinar aquéllas de mayor intervención, a su vez se facilita el control de éstas y la detección de pequeñas deficiencias que pueden representar soluciones bastante significativas.

4.2 Recomendaciones

- De acuerdo con los rendimientos y la productividad obtenidos, se tienen datos que reflejan la situación y el comportamiento de la actividad analizada, por lo que, sería importante tomar las mismas mediciones para las demás actividades y así tener un panorama real de la situación del proyecto.
- Como en la herramienta, además de el módulo para los cálculos de préstamo seleccionado, se tienen secciones para movimiento de tierra, colocación de sub-base y base, es sumamente necesario tomar los datos de rendimientos y productividad de estas actividades, para que así, los resultados calculados sean reales y tengan una base coherente en la cual sustentarse.
- En el caso del proceso de acarreo, es necesario realizar un análisis de la distribución del equipo, para así plantear un plan de organización de

éste, y aprovechar al máximo la maquinaria de acuerdo con su disponibilidad y de manera que se pueda avanzar más rápidamente en cada tramo.

- Del total de vagonetas que posee la empresa, hay una cantidad importante que se encuentran en mantenimiento, por lo que se podría reforzar esta área de mantenimiento, para tener mayor cantidad de equipo disponible al momento.
- En el sitio de extracción de material sólo se tiene una excavadora, las demás son utilizadas en el movimiento de tierra, entonces conforme se avanza con el movimiento, se puede replantear un plan que permita dedicar más equipo a la extracción y así elevar la productividad y rendimientos de éste en los procesos de colocación de material.
- Como en las actividades de colocación de sub-base y base se utiliza equipo

similar, se puede plantear, bajo esta misma estructura, la toma de datos desde inicios de la actividad, para que se logre un desarrollo de ésta de acuerdo con información que da lugar a una planificación basada en información del sitio.

- Como los rendimientos pueden ser empleados en la planificación de obra así como en control de costos y demás, es necesario una constante actualización o verificación, para determinar que éstos sean congruentes con la actividad.
- Los rendimientos tomados son el resultado de mediciones durante un tiempo relativamente corto, por lo que se podrían observar cada una de las actividades durante tiempos más prolongados para obtener resultados un poco más representativos de las actividades.
- Es muy necesario un plan de distribución del equipo desarrollado y aplicado adecuadamente, tomando en cuenta sus requerimientos así como los plazos para cada uno de los tramos, de

manera que se logre un mayor aprovechamiento de dicha maquinaria, y se logre con ello producir tanto como sea posible.

- Como la herramienta contiene varias bases de datos de las cuales extrae la información requerida para los cálculos de los costos asociados, sería importante actualizar los datos tanto de precios como de rendimientos de los demás equipos utilizados, para poder aprovechar las funciones en los demás módulos y que de esta manera los resultados vayan más ajustados a la realidad de la empresa.
- Los precios constantemente cambiantes representan los requerimientos de constantes actualizaciones de las bases de datos de la herramienta, por lo que, se pueden actualizar constantemente de tener disponibilidad, o es posible determinar un factor de ajuste de acuerdo con la variación de los costos en el tiempo, y con ello afectar solamente el costo total o final para tener valores actualizados.

4.3 Limitaciones

- Dentro del desarrollo del proyecto, se contaba con muy poco tiempo para realizar un período amplio de toma de mediciones en campo tanto para el rendimiento de las actividades como para la productividad, por lo que se dedican solamente dos semanas a la toma de datos en campo.
- Debido a políticas de la empresa algunos de los valores de precios y costos no son exactamente los que se manejan en ésta, además los precios del equipo se obtuvieron por averiguaciones en empresas distintas, por lo que parte de la variación en los resultados puede estar sustentada por este motivo.
- No se cuenta con bases de datos de los rendimientos del equipo disponible en la empresa, ya que no se tenía acceso a éstas, por lo que se hace imposible el cálculo y análisis para las demás

actividades como movimiento de tierra, colocación de material de sub-base y base.

- El valor de referencia proporcionado para las comparaciones de la actividad es el costo por metro cúbico, no obstante, este valor debe ser ajustado por un factor, el cual va en un rango de 1.8 a 1.9; se seleccionó 1.9 de manera más conservadora para la comparación de los cálculos.
- No se tiene acceso, por políticas de la empresa, a los datos de control de calidad, por lo que no se pueden establecer comparaciones entre los valores analizados y presentados como resultados respecto a los valores realmente aplicados.
- Los costos de las pruebas se obtienen de consulta en distintos laboratorios, por lo que varían respecto a los valores de la empresa.

Apéndices

Apéndice 1. Medición de tiempos en la actividad de acarreo del material de Préstamo Seleccionado (Carga, Espera, Acarreo y Descarga).

Tipo de Obra	Colocación de Préstamo		Fecha	31 / 08 / 12
Lugar de Trabajo	Puente Seco - Paso Miguelón		Hora Inicio	7 : 00 a.m
Encargado	Alcides Espinoza		Hora Fin	4 : 00 p.m
N° de Trabajadores	7			
Maquinaria	Vagoneta y Excavadora			
Condición Climática	Nublado con lluvias			

Actividad	Tiempo		Cantidad / Unidad		Anotaciones
	Inicio	Fin			
Acarreo de Material (9-66)	10:10	10:13	11	m3	Llegaron consecutivamente 18 viajes de vagoneta, con ello se pudo determinar la duración del ciclo de llegada y descarga del material en el tramo por colocar con vagonetas Mack de 12 m3.
Acarreo de Material (9-48)	10:13	10:15			
Acarreo de Material (9-65)	10:15	10:18			
Acarreo de Material (9-69)	10:37	10:45			
Acarreo de Material (9-60)	10:40	10:42			
Acarreo de Material (9-54)	10:57	11:00			
Acarreo de Material (9-57)	11:08	11:10			
Acarreo de Material (9-38)	11:44	11:46			
Acarreo de Material (9-67)	11:46	11:48			
Acarreo de Material (9-59)	13:49	13:51			
Acarreo de Material (9-44)	13:54	13:56			
Acarreo de Material (9-57)	14:11	14:14			
Acarreo de Material (9-48)	14:15	14:16			
Acarreo de Material (9-60)	14:16	14:17			
Acarreo de Material (9-63)	14:21	14:22			
Acarreo de Material (9-54)	14:24	14:29			
Acarreo de Material (9-49)	14:30	14:31			
Acarreo de Material (9-56)	14:37	14:38			
Viaje hasta el tajo (9-59)	08:22	09:30			Viaje del sitio de colocación al tajo 28Km
Viaje al sitio de colocación (9-59)	09:59	11:09			Viaje del tajo al sitio de colocación 30Km
Espera en el tajo	09:30	09:59			Tiempo de espera para llenado de vagoneta
Carga de Vagoneta (Cat 330C 7-18)	09:39	09:41	11	m3	Se toma el tiempo de carga de cada vagoneta, estas son llenadas con aproximadamente 5 veces el volumen de la pala de la excavadora.
Carga de Vagoneta (Cat 330C 7-18)	09:41	09:43			
Carga de Vagoneta (Cat 330C 7-18)	09:44	09:46			
Carga de Vagoneta (Cat 330C 7-18)	09:46	09:48			
Tiempo Improductivo					
Tipo	Tiempo	Unidad	Observaciones		
Desayuno	15	Min	6 de los trabajadores se desplazan durante 20 min desde el lugar donde se hospedan para llegar al tramo de trabajo, luego de esto consumen algún tiempo para el desayuno, aproximadamente a las 6:30am inician las labores.		
Almuerzo	60				
Café	0				
Otros (SS, Agua)	10				
Traslado	20				

Apéndice 2. Medición de tiempos en la actividad de acarreo del material de Préstamo Seleccionado (Acarreo).

Tipo de Obra	Colocación de Préstamo		Fecha	11-13 / 08 / 12	
Lugar de Trabajo	Puente Seco - Paso Miguelón		Hora Inicio	7 : 00 a.m	
Encargado	Alcides Espinoza		Hora Fin	6 : 00 p.m	
N° de Trabajadores	7				
Maquinaria	Vagoneta				
Condición Climática	Nublado con llluvias				
Actividad	Tiempo		Cantidad / Unidad		Anotaciones
	Inicio	Fin			
11/08/2012					
32 Viajes Acarreo de Material	07:30	11:18	352	m3	Se coloca material en un tramo de 300m aproximadamente
Acarreo de Material (9-60)	15:10	15:15	11	m3	
Acarreo de Material (9-39)	15:20	15:25	11	m3	Debido al clima y fuertes vientos caen árboles bloqueando el paso de las vagonetas que acarrear el material
Acarreo de Material (9-44)	15:23	15:26	11	m3	
Acarreo de Material (9-43)	16:48	16:51	11	m3	
Acarreo de Material (9-64)	16:51	16:54	11	m3	
Acarreo de Material (9-63)	16:59	17:01	11	m3	
Acarreo de Material (9-65)	17:27	17:30	11	m3	
Acarreo de Material (9-61)	17:31	17:34	11	m3	
Acarreo de Material (9-58)	17:31	17:35	11	m3	
Acarreo de Material (9-71)	17:31	17:37	11	m3	
Acarreo de Material (9-44)	17:47	17:51	11	m3	
Acarreo de Material (9-62)	17:50	17:53	11	m3	
Acarreo de Material (9-45)	17:50	17:53	11	m3	
12/08/2012					
Acarreo de Material (9-65)	07:39	07:43	11	m3	
Acarreo de Material (9-60)	07:39	07:44	11	m3	
Acarreo de Material (9-63)	07:45	07:48	11	m3	
Acarreo de Material (9-72)	07:49	07:51	11	m3	
Acarreo de Material (9-45)	07:52	07:55	11	m3	
Acarreo de Material (9-57)	08:00	08:05	11	m3	
Acarreo de Material (9-62)	10:10	10:13	11	m3	
Acarreo de Material (9-60)	14:28	14:31	11	m3	
Acarreo de Material (9-52)	15:00	15:03	11	m3	
Acarreo de Material (9-68)	15:08	15:10	11	m3	
Acarreo de Material (9-62)	16:55	16:57	11	m3	
13/08/2012					
Acarreo de Material (9-60)	07:39	07:41	11	m3	
Acarreo de Material (9-52)	08:26	08:29	11	m3	
Acarreo de Material (9-57)	09:09	09:15	11	m3	
Acarreo de Material (9-68)	10:02	10:05	11	m3	
Acarreo de Material (9-60)	11:39	11:40	11	m3	
Tiempo Improductivo					
Tipo	Tiempo	Unidad	Observaciones		
Desayuno	15	Min	6 de los trabajadores se desplazan durante 20 min desde el lugar donde se hospedan para llegar al tramo de trabajo, luego de esto consumen algún tiempo para el desayuno, aproximadamente a las 6:30am inician las labores.		
Almuerzo	60				
Café	0				
Otros (SS, Agua)	10				
Traslado	20				

Apéndice 3. Medición de tiempos en las actividades de nivelación y compactado del material de Préstamo Seleccionado.

Tipo de Obra	Colocación de Préstamo			Fecha	29 / 08 / 12
Lugar de Trabajo	Puente Seco - Paso Miguelón			Hora Inicio	7 : 00 a.m
Encargado	Alcides Espinoza			Hora Fin	4 : 00 p.m
N° de Trabajadores	7				
Maquinaria	Niveladora y Compactadora				
Condición Climática	Nublado con llluvias				
Actividad	Tiempo		Cantidad / Unidad		Anotaciones
	Inicio	Fin			
Nivelado (CAT 140H 3-13)	09:30	10:15	11	m3	Se coloca material y se procede a uniformizarlo sobre el tramo con la niveladora, el inicio de este proceso depende de la duración de las vagonetas en llegar al sitio.
Nivelado (CAT 140H 3-13)	10:16	10:35	11		
Nivelado (CAT 140H 3-13)	10:45	10:58	33		
Nivelado (CAT 140H 3-13)	11:10	11:26	22		
Nivelado (CAT 140H 3-13)	11:49	12:10	22		
Nivelado (CAT 140H 3-13)	14:39	16:30	88		
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	10:25	10:46	11		Una vez uniformizado el material se procede al proceso de compactación.
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	10:47	11:01	11		
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	11:08	11:21	33		
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	11:26	11:35	22		
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	12:10	12:25	22		
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	15:00	17:36	88		
Tiempo Improductivo					
Tipo	Tiempo	Unidad	Observaciones		
Desayuno	15	Min	6 de los trabajadores se desplazan durante 20 min desde el lugar donde se hospedan para llegar al tramo de trabajo, luego de esto consumen algún tiempo para el desayuno, aproximadamente a las 6:30am inician las labores.		
Almuerzo	60				
Café	0				
Otros (SS, Agua)	10				
Traslado	20				

Apéndice 4. Medición de tiempos en las actividades de nivelado y compactación del material de Préstamo Seleccionado.

Tipo de Obra	Colocación de Préstamo		Fecha	11-13 / 08 / 12	
Lugar de Trabajo	Puente Seco - Paso Miguelón		Hora Inicio	7 : 00 a.m	
Encargado	Alcides Espinoza		Hora Fin	6 : 00 p.m	
N° de Trabajadores	7				
Maquinaria	Niveladora y Compactadora				
Condición Climática	Nublado con llluvias				
Actividad	Tiempo		Cantidad / Unidad		Anotaciones
	Inicio	Fin			
11/08/2012					
Nivelado (CAT 140H 3-8)	07:30	12:00	352	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-8)	13:20	14:25		m3	
Nivelado (CAT 140H 3-8)	15:27	15:42	33	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-8)	17:03	17:16	33	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-8)	17:37	17:50	44	m3	
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	08:00	12:00	352	m3	Trabajan ambas compactadoras de manera simultánea
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	08:00	12:00		m3	
Compactado (Volvo SD 100DC 5-32)	13:20	15:16		m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	13:20	15:16		m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	16:29	16:33	33	m3	Árbol bloquea el paso de las vagonetas que acarrear el material de préstamo
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	17:12	17:26	33	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	17:45	17:53	44	m3	
12/08/2012					
Nivelado (CAT 140H 3-10)	07:50	08:30	66	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	10:14	10:55	11	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	14:31	15:00	11	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	16:57	17:20	33	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	08:56	09:34	66	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	10:50	11:15	11	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	15:08	15:42	11	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	17:35	17:39	33	m3	
13/08/2012					
Nivelado (CAT 140H 3-10)	07:41	07:58	11	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	08:29	09:10	11	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	09:15	09:40	11	m3	
Nivelado (CAT 140H 3-10)	10:06	10:13	11	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	09:27	10:00	22	m3	
Compactado (CAT CS-533E 5-28)	10:12	10:43	22	m3	
Tiempo Improductivo					
Tipo	Tiempo	Unidad	Observaciones		
Desayuno	15	Min	6 de los trabajadores se desplazan durante 20 min desde el lugar donde se hospedan para llegar al tramo de trabajo, luego de esto consumen algún tiempo para el desayuno, aproximadamente a las 6:30am inician las labores.		
Almuerzo	60				
Café	0				
Otros (SS, Agua)	10				
Traslado	20				

Manual de usuario

Constructora Sánchez Carvajal

Herramienta de Control

Contenido

Descripción	2
Uso de la Aplicación	3
Datos del Proyecto.....	3
Sub-rasante.....	3
Movimiento de Tierra:.....	4
Cálculo de volumen de trabajo.....	4
Control de Costos.....	8
Equipo recomendado.....	10
Control de Calidad.....	10
Registros de Actividad.....	11
Colocación de Préstamo Seleccionado, Sub-base y Base	11
Resumen de Actividades.....	11
Planillas	12
Manual de Usuario.....	12

Manual de usuario

Constructora Sánchez Carvajal

Herramienta de Control

Descripción

La aplicación a continuación, consiste en una herramienta desarrollada en Microsoft Excel y Visual Basic que permite el cálculo del volumen de trabajo requerido para las actividades de excavación común, terraplenado, acarreo y colocación de material de préstamo, sub-base y base, además de permitir la selección del equipo necesario de acuerdo con los activos de la empresa, llevar el respectivo control de costos según el equipo necesario, el volumen de trabajo resultante y el material por colocar. A su vez permite llevar el registro de las planillas con los trabajadores laborando en dicha actividad, todo esto y lo anterior a partir de la forma de organización de la empresa y los rendimientos propios del equipo con que ésta cuenta.

Seguidamente se explicará detalladamente uno de los módulos de la aplicación, debido a que éstos tienen la misma lógica de funcionamiento, lo que pretende dirigir claramente al usuario en la manipulación adecuada de ésta. Cabe destacar que para el adecuado funcionamiento de la herramienta su sistema debe estar configurado con comas “,” como separadores de decimales y puntos “.” como separadores de miles. De no ser así puede acceder en su computadora al menú de Inicio de Windows; luego la opción Panel de Control; escoge Reloj, idioma y región; seguido selecciona Cambiar teclados u otros métodos de entrada; da “click” a la pestaña “Formatos”; luego Configuración Adicional y acá en la casilla de “Símbolo decimal” ingresa una coma “,” y en “Símbolo de separación de miles” ingresa un punto “.”; finalmente presiona “Aplicar” y “Aceptar”.

Ahora de acuerdo con las funciones de la herramienta, primeramente en la pantalla de inicio se debe seleccionar uno de los botones de acuerdo con lo que se requiera hacer. Según como se muestra a continuación:



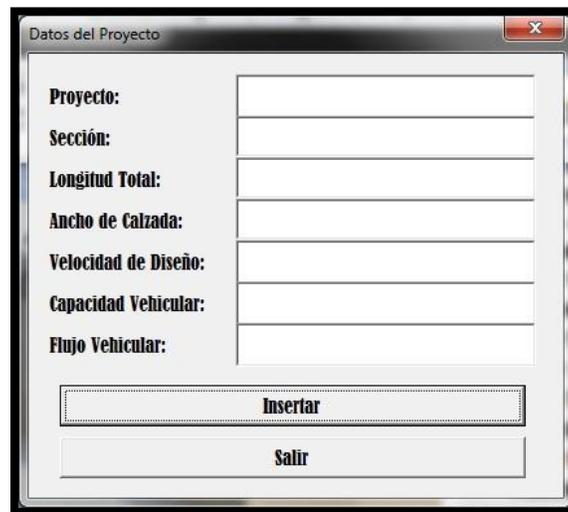
Uso de la Aplicación

Datos del Proyecto

El botón “Datos del Proyecto” permite ingresar los datos de:

- Nombre del Proyecto
- Sección
- Longitud Total
- Ancho de Calzada
- Velocidad de Diseño
- Capacidad Vehicular

Éstos se ingresan por medio de una ventana y deben ser escritos en el renglón respectivo para luego dar “click” en “Insertar”, de otra manera se puede dar “click” en “Cancelar” y volver a la pantalla inicial. Según como se muestra en la figura:



Datos del Proyecto

Proyecto:

Sección:

Longitud Total:

Ancho de Calzada:

Velocidad de Diseño:

Capacidad Vehicular:

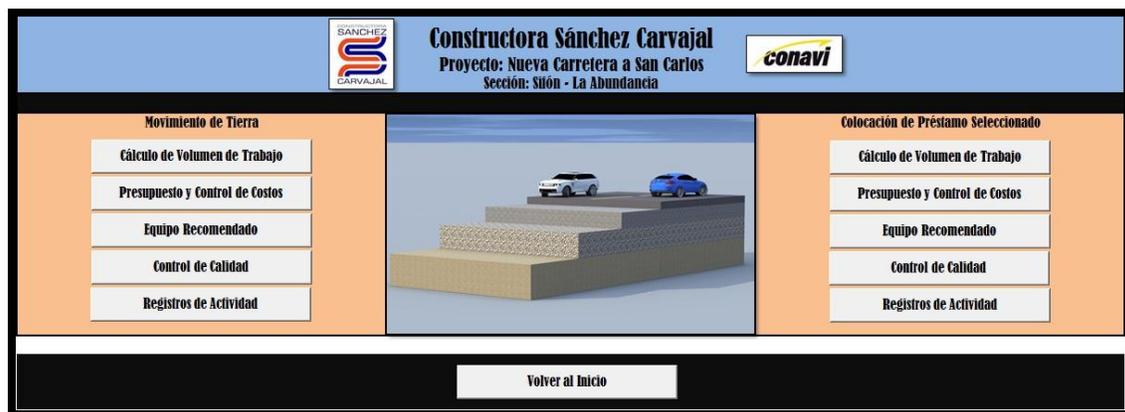
Flujo Vehicular:

Insertar

Salir

Sub-rasante

El botón “Sub-rasante” permite ingresar al menú de esta actividad, donde hay dos divisiones: “Movimiento de Tierra” y “Colocación de Préstamo Seleccionado”. Para ambos casos se tienen las mismas opciones, como se muestra en la figura siguiente:



Constructora Sánchez Carvajal
Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos
Sección: Siñón - La Abundancia

Movimiento de Tierra

- Cálculo de Volumen de Trabajo
- Presupuesto y Control de Costos
- Equipo Recomendado
- Control de Calidad
- Registros de Actividad

Colocación de Préstamo Seleccionado

- Cálculo de Volumen de Trabajo
- Presupuesto y Control de Costos
- Equipo Recomendado
- Control de Calidad
- Registros de Actividad

Volver al Inicio

Movimiento de Tierra:

Cálculo de volumen de trabajo

Con el botón "Cálculo del Volumen de Trabajo" se presenta una ventana en la que es necesario escoger una de las opciones, sea relleno o excavación, dependiendo de la actividad. (Para el caso de préstamo seleccionado, sub-base y base, no aparece esta opción ya que solamente se requiere la colocación del material)



Una vez seleccionada una de ellas, se presenta un espacio como el siguiente:

Equipo		Rendimiento del Equipo	Unidad
Vagoneta	2		m3/h
Niveladora	2		
Compactadora	2		
Back Hoe	2		
Excavadora	2		

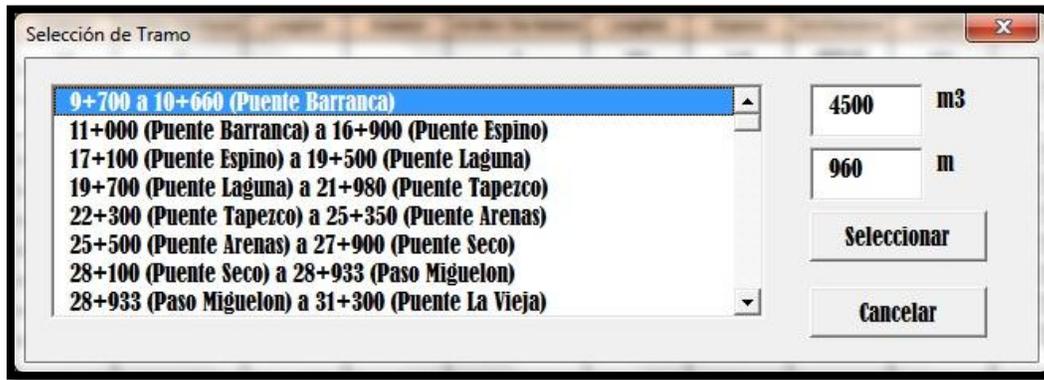
Equipo		Unidades disponibles
Mack CY713 GRAM	10	45
Caterpillar 140H	1	10
Volvo SD100DC	1	2
Volvo BL70	1	1
Caterpillar 330DL	1	6

Tiempo requerido para el tramo		
Equipo	Horas	Días
Vagoneta	1625.0	136
Niveladora	16250.0	1355
Compactadora	16250.0	1355
Back Hoe	2500.0	209
Excavadora	16250	1355
Hombre	52875.0	-
Imprevistos	5287.5	441
Total Días		136

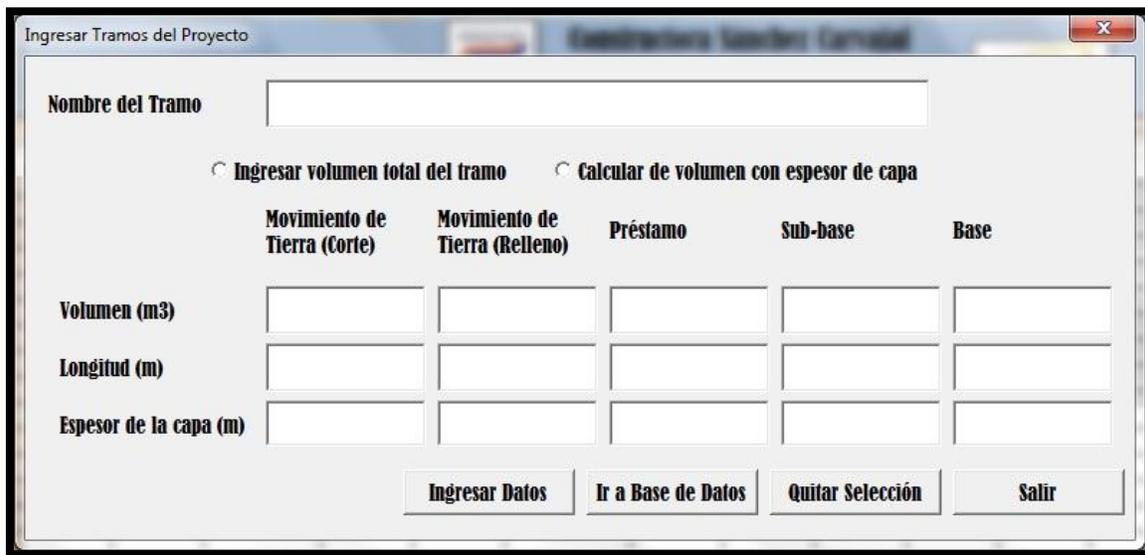
Cantidad de Trabajadores	
Operario Vagoneta	10
Operario Niveladora	1
Operario Compactadora	1
Operario Back Hoe	1
Operario Excavadora	1
Peones	2
Ayudantes	1
Encargado	1
Chofer	1
Total	14

Otros	
Viajes	10
Horas	12
Ordinario	8
Extra	4

Donde primeramente se debe seleccionar el tramo al cual se quieren realizar los cálculos, esto por medio del botón “Seleccionar Tramo”, aquí se mostrará una ventana con un listado de los tramos y al dar “click” en alguno de ellos se mostrará su volumen y su longitud en las casillas respectivas, luego es necesario dar “click” en “Seleccionar” en caso de estar satisfecho con el tramo o “Cancelar” para volver a la ventana anterior:



Además en caso de requerir más tramos, se puede usar el botón “Ingresar Tramos” el cual mostrará una ventana en la que se debe seleccionar, (1) si se ingresa el volumen del tramo o (2) el espesor de capa y la longitud del tramo, para que el programa calcule por sí solo el volumen; posterior a esto se ingresan los datos en la casilla respectiva y se presiona “Ingresar” para guardar los datos, o desmarcar para seleccionar otra opción y en caso de no querer agregar tramos se presiona “Salir”. De esta forma:



Para el paso siguiente es necesaria la selección del equipo, acá se debe dar “click” en cada uno de los botones indicados como: Vagoneta 1, Vagoneta 2, Vagoneta 3, Back Hoe, Tractor 1, Tractor 2, Compactadora 1, Compactadora 2, Niveladora, Excavadora 1, Excavadora 2 y Excavadora 3. (Para los casos de préstamo seleccionado, sub-base y base, las opciones son solamente: Vagoneta, Niveladora, Compactadora, Back Hoe y Excavadora o Cargador, debido a los requerimientos de la actividad). Se puede emplear solamente el equipo necesario, es decir uno de cada uno de los equipos, las demás denominaciones son para casos en que se necesite diversidad de equipos en varios modelos para la misma actividad (Movimiento de Tierra), por lo que existen tres opciones a escoger según el volumen de trabajo requerido en el tramo; esto mostrará una ventana como la siguiente:

Donde se mostrarán los modelos disponibles, al dar “click” en alguno de ellos se mostrará, en las casillas respectivas, el rendimiento, las unidades disponibles, el costo por hora, el consumo de combustible y el salario del operador que maneja este tipo de equipo.

Además es posible agregar equipo nuevo, para esto es necesario presionar el botón “Agregar Equipo”, donde se mostrará una ventana:

En la cual se debe marcar la opción según el tipo de equipo por registrar, se debe escribir el modelo, el rendimiento para cada actividad, sea movimiento de tierra, colocación de préstamo, sub-base o base (en caso de no usarse en alguna de las actividades, su rendimiento sería “cero”), el consumo de combustible, la cantidad de unidades existentes, el costo por cada unidad y el salario del operador de ésta en cada una de las casillas, y luego se presiona el botón “Ingresar”; en caso de necesidad de modificar se puede presionar “Ir a Base de Datos” para acceder a la base de datos del equipo, la cual se muestra a continuación:

Equipo	Num	Rendimientos				Consumo Diesel (L/h)	Unidades Disponibles	Costo	Tipo	Salario Operario
		Mov. Tierra (m3/h)	Préstamo (m3/h)	Sub-base (m3/h)	Base (m3/h)					
Caterpillar 621	1	3	2	3	4	10	2	€1,000.00	Mototralla	€2,150.00
Caterpillar D6	2	4	2	3	4	20	7	€2,000.00	Tractor	€1,900.00
Komatsu D6SPX-12	3	5	2	3	4	30	1	€3,000.00	Tractor	€1,900.00
Massey Ferguson D6RIIIL	4	6	2	3	4	40	1	€4,000.00	Tractor	€1,900.00
Caterpillar D7-F	5	7	2	3	4	50	1	€5,000.00	Tractor	€2,000.00
Caterpillar D8K	6	8	2	3	4	60	4	€6,000.00	Tractor	€2,000.00
Caterpillar D9N	7	9	2	3	4	70	3	€7,000.00	Tractor	€2,200.00
Caterpillar 140H	8	10	2	3	4	80	10	€8,000.00	Niveladora	€2,150.00
Caterpillar 120H	9	11	2	3	4	90	1	€9,000.00	Niveladora	€2,150.00
Caterpillar 922	10	1	2	3	4	100	1	€10,000.00	Cargador	€1,550.00
Caterpillar 966	11	1	2	3	4	110	6	€11,000.00	Cargador	€1,550.00
Caterpillar 980	12	1	2	3	4	120	3	€12,000.00	Cargador	€1,550.00
Caterpillar 815	13	2	2	3	4	130	1	€13,000.00	Compactadora	€1,550.00
RAY-GO 404-B	14	3	2	3	4	140	1	€14,000.00	Compactadora	€1,400.00
RAY-GO 420-C	15	4	2	3	4	150	2	€15,000.00	Compactadora	€1,400.00
Dynapac CA-2511	16	5	2	3	4	160	1	€16,000.00	Compactadora	€1,100.00

Y de otra manera se puede “Salir” y volver a la ventana anterior. Al seleccionar el equipo aparecerá en la columna de la derecha cada uno de los rendimientos según el equipo escogido, y más a la derecha se presenta el modelo de éstos con las unidades necesarias y la cantidad de unidades disponibles. Para ingresar las unidades requeridas, se debe presionar el botón “Ingresar Cantidad de Unidades”, esto hará aparecer una ventana como la siguiente:

Cantidad de Unidades de Equipo ✖

Vagoneta 1 *	<input type="text"/>	Compactadora 1 *	<input type="text"/>	Viajes Diarios de Vagoneta	<input type="text"/>
Vagoneta 2	<input type="text"/>	Compactadora 2	<input type="text"/>	Jornada Laboral	<input type="text"/>
Vagoneta 3	<input type="text"/>	Niveladora *	<input type="text"/>	Ingresar	
Back Hoe *	<input type="text"/>	Excavadora 1 *	<input type="text"/>	Salir	
Tractor 1 *	<input type="text"/>	Excavadora 2	<input type="text"/>		
Tractor 2	<input type="text"/>	Excavadora 3	<input type="text"/>		

En la cual se ingresa la cantidad de unidades en cada casilla, las casillas marcadas con asterisco, representan el equipo mínimo requerido para esta actividad, por lo que se debe ingresar al menos una unidad de cada una de éstas, las casillas en las que no se hayan seleccionado unidades se rellenarán con “ceros”. Luego se presiona el botón “Ingresar” para guardar los valores o “Salir” para volver a la ventana anterior. Es necesario verificar que no estén escritos “ceros” en todas las casillas de las unidades requeridas, ya que no se mostrarán resultados válidos en el cálculo de la duración de la actividad.

En la parte inferior a la selección del equipo se muestra un cuadro donde se calcula la cantidad de horas, según el tipo de equipo, requeridas para desarrollar la actividad, de acuerdo con el volumen del tramo, mostrando finalmente la cantidad de días necesarios para la actividad, resaltado en color verde. A la derecha de este cuadro se muestra la cantidad de trabajadores necesarios según el equipo que se seleccionó. Más abajo se muestran las opciones de “Volver al Menú” o “Volver a Inicio”, además de “Registrar Información” donde al dar “click” se mostrará una ventana como la siguiente:

Registro de Actividades

Fecha 29-Oct-12 **Actividad** Colocación de Préstamo Seleccionado

Tramo 11+000 (Puente Barranca) a 16+900 (Puente Espino)

Encargado

Registrar Salir

Donde es necesario digitar el nombre del encargado del cálculo que se realizó, requerido en el caso de imprimir la información; acá se muestra la fecha, la actividad y el tramo respectivo, al registrar, se ingresará en una base de datos los valores de volumen, duración, costo total y costo por metro cúbico de acuerdo con lo presupuestado, costo total y costo por metro cúbico de acuerdo con lo gastado, y la diferencia entre ambos valores, esta base de datos puede ser consultada desde el menú inicial o desde el menú de la actividad, y se mostrará una tabla como la siguiente:


Constructora Sánchez Carvajal


Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos
 Sección: Sión - La Abundancia

Cuadro Resumen de Actividades

Responsable: asdfad Firma: _____ [Volver a Inicio](#)

Fecha	Actividad	Tramo	Volumen (m ³)	Duración (Días)	Presupuestado		Real		Diferencia	
					Costo Total	Costo/m ³	Costo Total	Costo/m ³	Costo Total	Costo/m ³
07-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡12,831,470.84	-₡42,771.57
08-Oct-12	Colocación de Material de Base	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡0.00	₡0.00
08-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,401,270.84	₡44,670.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡13,106,270.84	-₡43,687.57
13-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	22+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas)	25000	138	₡1,043,849,803.52	₡41,753.98	₡295,000.00	₡11.80	-₡1,043,554,803.52	-₡41,742.18

Control de Costos

En el botón siguiente de “Presupuesto y Control de Costos” es posible calcular, de acuerdo con todos los aspectos seleccionados en “Volumen de Trabajo” y los costos asociados, un presupuesto teórico del valor del tramo analizado. Al dar “click” en el botón se presenta una ventana, con dos opciones, “Desglose Detallado de Costos” y “Desglose General de Costos” como se muestra:

Control de Costos

% de Avance de la Actividad

Desglose Detallado de Costos
 Desglose General de Costos

Desglose por Actividades
 Desglose por Tipo de Costo

Ver Tabla Desmarcar Salir

Es necesario ingresar primeramente al “Desglose Detallado de Costos” en ambas opciones, para indicar los valores “Gastados” en cada una de las casillas de color verde. Primero se debe indicar el porcentaje de avance del tramo, con números de 1 a 100, luego se marca la opción a escoger y luego se selecciona un desglose “Por Actividades” o “Por Tipo de Costo”, donde al dar “click” en el botón “Ver Tabla” se mostrará la tabla respectiva como la siguiente, dependiendo de la selección:

En caso de desglose detallado:

 Constructora Sánchez Carvajal 										
Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Sifón - La Abundancia										
Control de Costos										
Mejoramiento de Subrasante										
Préstamo Seleccionado										
Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	%	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	27656	m3	€4.250,00	€117.539.062,50	100%	€117.539.062,50	€10.000,00	€0,00	€117.529.062,50	€10.000,00
<i>Procesamiento y material</i>	27656,25	m3	€4.250,00	€117.539.062,50		€117.539.062,50	€10.000,00	€0,00	€117.529.062,50	€10.000,00
Planilla	16368	hh	€8.730,38	€42.651.514,92	100%	€42.651.514,92	€75.000,00	€0,00	€42.576.514,92	€75.000,00
<i>Encargado</i>	372	hh	€2.615,38	€1.135.074,92		€1.135.074,92	€15.000,00	€0,00	€1.120.074,92	€15.000,00
<i>Operarios</i>	13392	hh	€2.500,00	€37.975.000,00		€37.975.000,00	€15.000,00	€0,00	€37.960.000,00	€15.000,00
<i>Pavones</i>	1488	hh	€1.015,00	€1.762.040,00		€1.762.040,00	€15.000,00	€0,00	€1.747.040,00	€15.000,00
<i>Ayudantes</i>	744	hh	€1.500,00	€1.302.000,00		€1.302.000,00	€15.000,00	€0,00	€1.287.000,00	€15.000,00
<i>Chofer</i>	372	hh	€1.100,00	€477.400,00		€477.400,00	€15.000,00	€0,00	€462.400,00	€15.000,00
Maquinaria	12964	hm	€63.000,00	€49.664.000,00	100%	€49.664.000,00	€75.000,00	€0,00	€49.589.000,00	€75.000,00
<i>Alquiler Vagonetas</i>	10690	hm	€2.000,00	€21.780.000,00		€21.780.000,00	€15.000,00	€0,00	€21.765.000,00	€15.000,00
<i>Alquiler Niveladoras</i>	1044	hm	€18.000,00	€18.792.000,00		€18.792.000,00	€15.000,00	€0,00	€18.777.000,00	€15.000,00
<i>Alquiler Compactadoras</i>	864	hm	€6.000,00	€5.184.000,00		€5.184.000,00	€15.000,00	€0,00	€5.169.000,00	€15.000,00
<i>Alquiler Back Hoe</i>	56	hm	€3.000,00	€168.000,00		€168.000,00	€15.000,00	€0,00	€153.000,00	€15.000,00
<i>Alquiler Excavadora</i>	110	hm	€34.000,00	€3.740.000,00		€3.740.000,00	€15.000,00	€0,00	€3.725.000,00	€15.000,00
Diesel	0	L	€480,00	€49.977,60	100%	€49.977,60	€75.000,00	€26.956,80	€1.934,40	€75.000,00
<i>Vagonetas</i>	29,55	L		€14.184,00		€14.184,00	€15.000,00	€816,00	€0,00	€15.000,00
<i>Niveladoras</i>	14,38	L		€6.902,40		€6.902,40	€15.000,00	€8.097,60	€0,00	€15.000,00
<i>Compactadoras</i>	12,87	L	€480,00	€6.177,60		€6.177,60	€15.000,00	€8.822,40	€0,00	€15.000,00
<i>Back Hoe</i>	12,04	L		€5.779,20		€5.779,20	€15.000,00	€9.220,80	€0,00	€15.000,00
<i>Excavadora</i>	35,28	L		€16.934,40		€16.934,40	€15.000,00	€0,00	€1.934,40	€15.000,00
Total	27656,3	m3	€7.589,77	€209.904.555,02	100%	€209.904.555,02	€235.000,00	€26.956,80	€209.696.511,82	€235.000,00

En caso de desglose general:

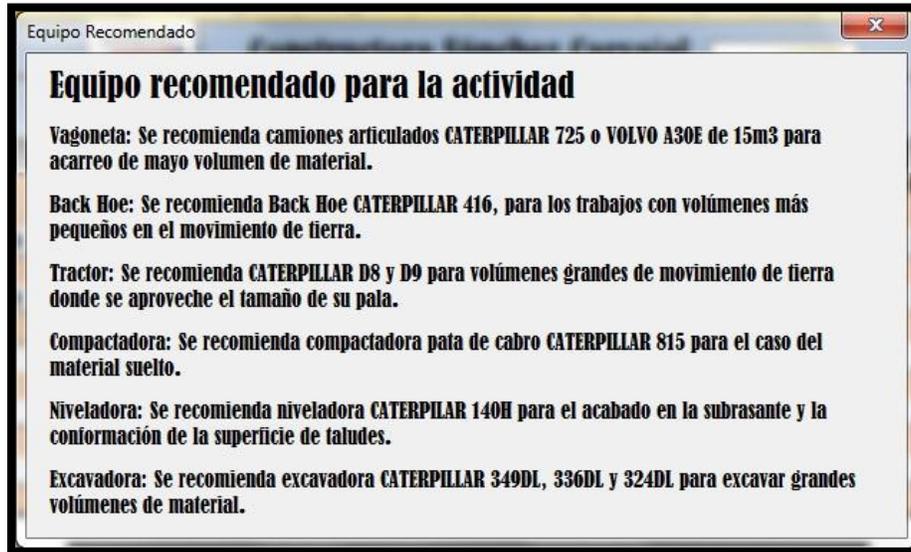
 Constructora Sánchez Carvajal 										
Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Sifón - La Abundancia										
Control de Costos										
Mejoramiento de Subrasante										
Préstamo Seleccionado										
Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	%	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	27656,25	m3	€4.250,00	€117.539.062,50	100%	€117.539.062,50	€10.000,00	€0,00	€117.529.062,50	€10.000,00
Planilla	16368	hh	€8.730,38	€42.651.514,92	100%	€42.651.514,92	€75.000,00	€0,00	€42.576.514,92	€75.000,00
Maquinaria	12964	hm	€63.000,00	€49.664.000,00	100%	€49.664.000,00	€75.000,00	€0,00	€49.589.000,00	€75.000,00
Diesel	0	L	€480,00	€49.977,60	100%	€49.977,60	€75.000,00	€26.956,80	€1.934,40	€75.000,00
Total	27656,3	m3	€7.589,77	€209.904.555,02	100%	€209.904.555,02	€235.000,00	€26.956,80	€209.696.511,82	€235.000,00

Es necesario que el usuario ingrese los valores gastados en las casillas de color verde, para realizar el cálculo y control de costos, comparando lo gastado contra lo presupuestado de acuerdo con el avance de obra en el tramo; además desde la ventana de control de costos hay dos opciones en la parte inferior, una para “Volver al Menú” y otra para “Imprimir” la tabla y los valores calculados. En caso querer seleccionar la otra opción en la ventana de “Presupuesto y Control de Costos” sólo es necesario presionar el botón “Desmarcar” y seleccionar nuevamente y sino se puede dar “click” al botón “Salir” para volver a la ventana anterior.

Equipo recomendado

Al dar "Click" en el botón "Equipo Recomendado" se muestran los modelos del equipo que es preferible para la actividad respectiva, según el tipo de material que se manipula y los requerimientos éste.

Esto en una ventana como la siguiente:



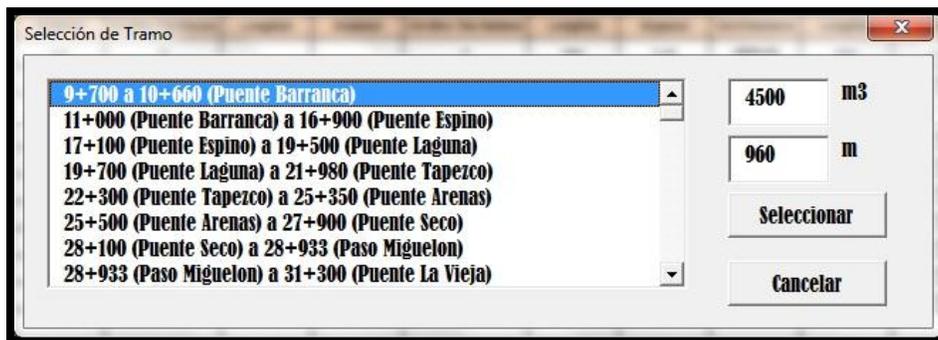
Control de Calidad

En el botón "Control de Calidad" se muestra el tipo de pruebas requeridas en cada actividad para los materiales presentes en éstas, y la frecuencia con que se requieren según lo indicado en el CR-77. Al presionar este botón, se muestra una ventana como la siguiente:

Control de Calidad Conjunto de Pruebas									
Pruebas	Norma o Procedimiento	Volumen del Tramo (m3)	Longitud del Tramo (m)	Cantidad de Tipos de Suelo o Material	Costo Unitario	Recomendado		A Realizar	
						Cantidad	Costo Total	Cantidad	Costo Total
Aceptación de Fuente	-	13500	2400	3	-	1	-	1	-
Prótor Estándar	AASHTO T-99				3	€22.000,00	3	€66.000,00	
Prótor Modificado	AASHTO T-160				0	€0,00	0	€0,00	
Análisis Granulométrico	AASHTO T-11 Y T-27				3	€38.000,00	3	€102.800,00	
Límites de Atterberg	AASHTO T-99 Y T-90				6	€17.000,00	6	€102.000,00	
Determinación de Abrasión	AASHTO T-198				0	€35.000,00	0	€0,00	
Determinación de Espesores	-				5	€8.000,00	5	€28.800,00	
Determinación de Contenido de Humedad en Campo	-				45	€19.000,00	45	€720.000,00	
Densidad y Humedad in Situ	-				45	€10.000,00	45	€450.000,00	
Caras Fracturadas	ASTM D-5821				0	€15.000,00	0	€0,00	
Equivalente de Arena	-				0	€25.000,00	0	€0,00	
CBR	ASTM D-1583				3	€33.000,00	3	€99.000,00	
Total							Total	€1.469.400,00	€1.740.000,00

En la cual se deben ingresar los datos de las casillas en color verde, primeramente la cantidad de tipos de suelo o material y luego de realizado el cálculo la cantidad de pruebas a realizar de acuerdo con lo

recomendado. Para realizar el cálculo es necesario seleccionar un tramo primeramente, por lo que se debe presionar el botón “Seleccionar Tramo” donde aparecerá esta ventana:



La cual mostrará los tramos del proyecto junto con su respectivo volumen y longitud, requeridos para el cálculo. Posteriormente, una vez escogido el tramo es necesario presionar el botón “Realizar Cálculo” con el cual se calculará la cantidad de pruebas recomendadas de acuerdo con el tramo y la actividad en que se ubique, cada una de las pruebas tiene su respectivo valor, el cual puede ser actualizado en cualquier momento, y éste permite calcular el costo de cada set de pruebas, así como el costo total de las pruebas requeridas para llevar el control de calidad mínimo establecido por el CR-77.

Registros de Actividad

Al presionar el botón “Registros de Actividad” se accede a la base de datos donde se encuentran registrados todos los cálculos realizados para cada tramo, según la fecha y el porcentaje de avance.

Colocación de Préstamo Seleccionado, Sub-base y Base

En el caso del menú para el Préstamo Seleccionado, tiene exactamente el mismo funcionamiento lógico del Movimiento de Tierra, con la excepción de que varía un poco el equipo por escoger, por el tipo de actividad.

Al volver al menú “Inicio” se tienen dos botones más, para el caso de “Sub-base” y “Base” se accede a un “Menú” el cual tiene el mismo funcionamiento que la sección “Colocación de Préstamo” y se emplea bajo la misma lógica que este.

Resumen de Actividades

Este botón permite dirigirse a la base de datos donde se han registrado todas las actividades o cálculos para los tramos, según el porcentaje de avance, se muestra una tabla como la siguiente:

										
Cuadro Resumen de Actividades										
Responsable		asdfad		Firma		Volver a Inicio				
Fecha	Actividad	Tramo	Volumen (m3)	Duración (Días)	Presupuestado		Real		Diferencia	
					Costo Total	Costo/m3	Costo Total	Costo/m3	Costo Total	Costo/m3
07-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡12,831,470.84	-₡42,771.57
08-Oct-12	Colocación de Material de Base	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡13,128,470.84	₡43,754.90	₡0.00	₡0.00
08-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco)	300	2	₡13,401,270.84	₡44,670.90	₡295,000.00	₡983.33	-₡13,106,270.84	-₡43,687.57
13-Oct-12	Colocación de Préstamo Seleccionado	22+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas)	25000	138	₡1,043,849,803.52	₡41,753.98	₡295,000.00	₡11.80	-₡1,043,554,803.52	-₡41,742.18

Al terminar es posible volver al “Menú de Inicio” dando “click” en el botón “Inicio”.

Planillas

El botón “Planillas” despliega una ventana, la cual permite acceder a la base de datos de las planillas, además que, de ser necesario, permite ingresar un trabajador nuevo. En caso de ingresar un nuevo trabajador, solamente se debe escribir el nombre de éste, se selecciona su puesto, se digita su salario y se presiona “Ingresar”, como muestra la ventana:

De lo contrario se puede presionar “Ver Planilla” para mantenerse en la base de datos, desplegando una tabla como la mostrada o “Salir” para volver al menú inicial. En la base de datos de Planillas, se tiene además el registro de las horas laboradas por cada uno de los trabajadores, con lo cual la herramienta calcula la cantidad de horas ordinarias y extras para el cálculo del pago correspondiente a cada trabajador.

 Constructora Sánchez Carvajal Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Siñón - La Abundancia					Volver a Inicio	 Constructora Sánchez Carvajal Proyecto: Nueva Carretera a San Carlos Sección: Siñón - La Abundancia																				
Planilla				Registro de Horas Laboradas												Total de Horas		Total Pago								
Cod	Nombre	Puesto	Pagohora	K	M	J	V	S	D	L	K	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	Total	Ordinarias	Ordinarias	Extras	Total
00001	Espinosa Ponce Alcidés	Encargado	2.616,38	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	376.614,72	180.461,22	557.075,94
00002	Guzmán Bendier Luis Noel	Niveladora	2.500,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	380.000,00	172.800,00	552.800,00
00003	Moreno Roldán Jorge	Niveladora	2.500,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	380.000,00	172.800,00	552.800,00
00004	Rojas Araya Michel	Excavadora	1.890,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	266.400,00	127.680,00	394.080,00
00005	Villalobos Bahafí Giovanni	Compactadora	1.300,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	187.200,00	88.700,00	275.900,00
00006	Bustos Beldosom Carlos	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00007	Quesada Chavez Jaime	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00008	Quesada Oviedo Wilberth Gerardo	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00009	Ramirez Gamboa Guillermo	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00010	Varela Rodriguez Giovanni	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00011	Zuñiga Guirós Pablo Andrés	Vagonetero	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00
00012	Espinosa Alegre Erick	Ayudante	1.500,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	216.000,00	103.500,00	319.500,00
00013	Aguilar Torres Ronald	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00014	Calvo Calvo Francisco	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00015	Fernández Harin Sergio Francisco	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00016	Gamboa Castro Walter	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00017	Munillo Flores Rolando	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00018	Rojas Saucedo Michel Alejandro	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00019	Vásquez Guzman Marianne	Peón	1.016,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	146.160,00	70.036,00	216.196,00
00020	Rodriguez Hozberg Victor Manuel	Chofer	1.100,00	8	8	9	12	12	12	12	12	10	11	10	11	12	9	8	10	12	12	190	144	133.400,00	75.800,00	209.200,00

Manual de Usuario

El botón “Manual de Usuario” permite acceder a este manual, por lo que para estar acá se debe haber usado esta opción, acá se explica detalladamente el funcionamiento de la herramienta.

Apéndice 6. Tabla de desglose de precios de maquinaria empleados en los cálculos de la Herramienta de Control.

Desglose de precios utilizados para la maquinaria de acuerdo con precios del mercado actual							
Equipo / Empresa	Grupo 8	EQM	Utilidad	Salario Operador (Hora)	Consumo Diesel (L/h)	Costo Diesel	Costo
Niveladora CAT 140H	¢42.000,00	¢40.000,00	¢28.000,00	¢2.150,00	14,38	¢7.121,41	¢18.728,59
Vagoneta Mack 12m3	¢20.000,00	¢18.000,00	¢12.600,00	¢1.100,00	21,2	¢10.498,88	¢1.001,12
Compactadora CAT CS-533E	¢24.000,00	¢24.000,00	¢16.800,00	¢1.400,00	12,87	¢6.373,61	¢9.026,39
Back Hoe CAT 416E	¢18.000,00	¢15.000,00	¢10.500,00	¢1.850,00	12,04	¢5.962,57	¢2.687,43
Excavadora CAT 330C	¢74.000,00	¢70.000,00	¢49.000,00	¢2.000,00	35,28	¢17.471,71	¢29.528,29
Cargador CAT 950F	¢36.000,00	¢36.000,00	¢25.200,00	¢1.550,00	30,2	¢14.955,95	¢8.694,05
Tractor CAT D6	¢33.000,00	¢33.000,00	¢23.100,00	¢1.900,00	11,36	¢5.625,81	¢15.574,19

Apéndice 7. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 9+700 a 10+660 (Puente Barranca).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	4500,00	m3	₪4.250,00	₪19.125.000,00	100%	₪19.125.000,00	₪18.714.305,72	₪0,00	₪410.694,28	₪18.714.305,72
Procesamiento y material	4500,00	m3	₪4.250,00	₪19.125.000,00		₪19.125.000,00	₪18.714.305,72	₪0,00	₪410.694,28	₪18.714.305,72
Extracción	-	-	₪32.010,00	₪2.663.924,40		₪2.663.924,40	₪2.606.718,73	₪0,00	₪57.205,67	₪2.606.718,73
Alquiler Excavadora	83	hm	₪29.530,00	₪2.450.990,00		₪2.450.990,00	₪2.398.356,92	₪0,00	₪52.633,08	₪2.398.356,92
Diesel	35,28	L	₪480,00	₪16.934,40		₪16.934,40	₪16.570,75	₪0,00	₪363,65	₪16.570,75
Operarios	84	hh	₪2.000,00	₪196.000,00		₪196.000,00	₪191.791,05	₪0,00	₪4.208,95	₪191.791,05
Acarreo	-	-	₪4.280,00	₪4.456.184,00		₪4.456.184,00	₪4.360.490,97	₪0,00	₪95.693,03	₪4.360.490,97
Alquiler Vagonetas	1660	hm	₪1.200,00	₪1.992.000,00		₪1.992.000,00	₪1.949.223,37	₪0,00	₪42.776,63	₪1.949.223,37
Diesel	29,55	L	₪480,00	₪14.184,00		₪14.184,00	₪13.879,41	₪0,00	₪304,59	₪13.879,41
Operarios	1680	hh	₪1.100,00	₪2.156.000,00		₪2.156.000,00	₪2.109.701,60	₪0,00	₪46.298,40	₪2.109.701,60
Ayudantes	168	hh	₪1.500,00	₪294.000,00		₪294.000,00	₪287.686,58	₪0,00	₪6.313,42	₪287.686,58
Conformado	-	-	₪22.375,00	₪3.822.982,40		₪3.822.982,40	₪3.740.886,87	₪0,00	₪82.095,53	₪3.740.886,87
Alquiler Niveladoras	160	hm	₪18.730,00	₪2.996.800,00		₪2.996.800,00	₪2.932.446,09	₪0,00	₪64.353,91	₪2.932.446,09
Diesel	14,38	L	₪480,00	₪6.902,40		₪6.902,40	₪6.754,18	₪0,00	₪148,22	₪6.754,18
Operarios	168	hh	₪2.150,00	₪421.400,00		₪421.400,00	₪412.359,77	₪0,00	₪9.049,23	₪412.359,77
Peones	336	hh	₪1.015,00	₪397.880,00		₪397.880,00	₪389.335,84	₪0,00	₪8.544,16	₪389.335,84
Compactado	-	-	₪10.910,00	₪1.472.537,60		₪1.472.537,60	₪1.440.916,02	₪0,00	₪31.621,58	₪1.440.916,02
Alquiler Compactadoras	132	hm	₪9.030,00	₪1.191.960,00		₪1.191.960,00	₪1.166.363,60	₪0,00	₪25.596,40	₪1.166.363,60
Diesel	12,87	L	₪480,00	₪6.177,60		₪6.177,60	₪6.044,94	₪0,00	₪132,66	₪6.044,94
Operarios	168	hh	₪1.400,00	₪274.400,00		₪274.400,00	₪268.507,48	₪0,00	₪5.892,52	₪268.507,48
Remoción de Baches	-	-	₪5.030,00	₪262.679,20	₪262.679,20	₪257.038,37	₪0,00	₪5.640,83	₪257.038,37	
Alquiler Back Hoe	28	hm	₪2.700,00	₪75.600,00	₪75.600,00	₪73.976,55	₪0,00	₪1.623,45	₪73.976,55	
Diesel	12,04	L	₪480,00	₪5.779,20	₪5.779,20	₪5.655,10	₪0,00	₪124,10	₪5.655,10	
Operarios	84	hh	₪1.850,00	₪181.300,00	₪181.300,00	₪177.406,73	₪0,00	₪3.893,27	₪177.406,73	
Control	-	-	₪3.715,38	₪364.107,24	₪364.107,24	₪356.288,32	₪0,00	₪7.818,92	₪356.288,32	
Encargado	84	hh	₪2.615,38	₪256.307,24	₪256.307,24	₪250.803,24	₪0,00	₪5.504,00	₪250.803,24	
Chofer	84	hh	₪1.100,00	₪107.800,00	₪107.800,00	₪105.485,08	₪0,00	₪2.314,92	₪105.485,08	
Total	4500,00	m3	₪7.148,31	₪32.167.414,84	100%	₪32.167.414,84	₪31.476.645,00	₪0,00	₪690.769,84	₪31.476.645,00

Apéndice 8. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 11+000 (Puente Barranca) a 16+900 (Puente Espino).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	27656,25	m3	€ 4.250,00	€ 117.539.062,50	100%	€ 117.539.062,50	€ 115.427.311,95	€ 0,00	€ 2.111.750,55	€ 115.427.311,95
Procesamiento y material	27656,25	m3	€ 4.250,00	€ 117.539.062,50		€ 117.539.062,50	€ 115.427.311,95	€ 0,00	€ 2.111.750,55	€ 115.427.311,95
Extracción	-	-	€ 32.010,00	€ 16.163.114,40		€ 16.163.114,40	€ 15.872.721,87	€ 0,00	€ 290.392,53	€ 15.872.721,87
Alquiler Excavadora	506	hm	€ 29.530,00	€ 14.942.180,00		€ 14.942.180,00	€ 14.673.723,23	€ 0,00	€ 268.456,77	€ 14.673.723,23
Diesel	35,28	L	€ 480,00	€ 16.934,40		€ 16.934,40	€ 16.630,15	€ 0,00	€ 304,25	€ 16.630,15
Operarios	516	hh	€ 2.000,00	€ 1.204.000,00		€ 1.204.000,00	€ 1.182.368,49	€ 0,00	€ 21.631,51	€ 1.182.368,49
Acarreo	-	-	€ 4.280,00	€ 27.208.184,00		€ 27.208.184,00	€ 26.719.351,64	€ 0,00	€ 488.832,36	€ 26.719.351,64
Alquiler Vagonetas	10120	hm	€ 1.200,00	€ 12.144.000,00		€ 12.144.000,00	€ 11.925.816,38	€ 0,00	€ 218.183,62	€ 11.925.816,38
Diesel	29,55	L	€ 480,00	€ 14.184,00		€ 14.184,00	€ 13.929,16	€ 0,00	€ 254,84	€ 13.929,16
Operarios	10320	hh	€ 1.100,00	€ 13.244.000,00		€ 13.244.000,00	€ 13.006.053,37	€ 0,00	€ 237.946,63	€ 13.006.053,37
Ayudantes	1032	hh	€ 1.500,00	€ 1.806.000,00		€ 1.806.000,00	€ 1.773.552,73	€ 0,00	€ 32.447,27	€ 1.773.552,73
Conformado	-	-	€ 22.375,00	€ 23.320.102,40		€ 23.320.102,40	€ 22.901.124,76	€ 0,00	€ 418.977,64	€ 22.901.124,76
Alquiler Niveladoras	976	hm	€ 18.730,00	€ 18.280.480,00		€ 18.280.480,00	€ 17.952.046,09	€ 0,00	€ 328.433,91	€ 17.952.046,09
Diesel	14,38	L	€ 480,00	€ 6.902,40		€ 6.902,40	€ 6.778,39	€ 0,00	€ 124,01	€ 6.778,39
Operarios	1032	hh	€ 2.150,00	€ 2.588.600,00		€ 2.588.600,00	€ 2.542.092,25	€ 0,00	€ 46.507,75	€ 2.542.092,25
Peones	2064	hh	€ 1.015,00	€ 2.444.120,00		€ 2.444.120,00	€ 2.400.208,03	€ 0,00	€ 43.911,97	€ 2.400.208,03
Compactado	-	-	€ 10.910,00	€ 8.951.897,60		€ 8.951.897,60	€ 8.791.064,48	€ 0,00	€ 160.833,12	€ 8.791.064,48
Alquiler Compactadoras	804	hm	€ 9.030,00	€ 7.260.120,00		€ 7.260.120,00	€ 7.129.681,98	€ 0,00	€ 130.438,02	€ 7.129.681,98
Diesel	12,87	L	€ 480,00	€ 6.177,60		€ 6.177,60	€ 6.066,61	€ 0,00	€ 110,99	€ 6.066,61
Operarios	1032	hh	€ 1.400,00	€ 1.685.600,00		€ 1.685.600,00	€ 1.655.315,88	€ 0,00	€ 30.284,12	€ 1.655.315,88
Remoción de Baches	-	-	€ 5.030,00	€ 1.570.379,20	€ 1.570.379,20	€ 1.542.165,18	€ 0,00	€ 28.214,02	€ 1.542.165,18	
Alquiler Back Hoe	167	hm	€ 2.700,00	€ 450.900,00	€ 450.900,00	€ 442.799,96	€ 0,00	€ 8.101,04	€ 442.799,96	
Diesel	12,04	L	€ 480,00	€ 5.779,20	€ 5.779,20	€ 5.675,37	€ 0,00	€ 103,83	€ 5.675,37	
Operarios	516	hh	€ 1.850,00	€ 1.113.700,00	€ 1.113.700,00	€ 1.093.690,85	€ 0,00	€ 20.009,15	€ 1.093.690,85	
Control	-	-	€ 3.715,38	€ 2.236.658,76	€ 2.236.658,76	€ 2.196.474,12	€ 0,00	€ 40.184,64	€ 2.196.474,12	
Encargado	516	hh	€ 2.615,38	€ 1.574.458,76	€ 1.574.458,76	€ 1.546.171,45	€ 0,00	€ 28.287,31	€ 1.546.171,45	
Chofer	516	hh	€ 1.100,00	€ 662.200,00	€ 662.200,00	€ 650.302,67	€ 0,00	€ 11.897,33	€ 650.302,67	
Total	27656,25	m3	€ 7.122,78	€ 196.989.398,86	100%	€ 196.989.398,86	€ 193.450.214,00	€ 0,00	€ 3.539.184,86	€ 193.450.214,00

Apéndice 9. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 17+100 (Puente Espino) a 19+500 (Puente Laguna).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	11250,00	m3	€ 4.250,00	€ 47.812.500,00	100%	€ 47.812.500,00	€ 46.733.523,01	€ 0,00	€ 1.078.976,99	€ 46.733.523,01
Procesamiento y material	11250,00	m3	€ 4.250,00	€ 47.812.500,00		€ 47.812.500,00	€ 46.733.523,01	€ 0,00	€ 1.078.976,99	€ 46.733.523,01
Extracción	-	-	€ 32.010,00	€ 6.604.114,40		€ 6.604.114,40	€ 6.455.080,41	€ 0,00	€ 149.033,99	€ 6.455.080,41
Alquiler Excavadora	206	hm	€ 29.530,00	€ 6.083.180,00		€ 6.083.180,00	€ 5.945.901,86	€ 0,00	€ 137.278,14	€ 5.945.901,86
Diesel	35,28	L	€ 480,00	€ 16.934,40		€ 16.934,40	€ 16.352,24	€ 0,00	€ 382,16	€ 16.552,24
Operarios	216	hh	€ 2.000,00	€ 504.000,00		€ 504.000,00	€ 492.626,31	€ 0,00	€ 11.373,69	€ 492.626,31
Acarreo	-	-	€ 4.280,00	€ 11.258.184,00		€ 11.258.184,00	€ 11.004.122,37	€ 0,00	€ 254.061,63	€ 11.004.122,37
Alquiler Vagonetas	4120	hm	€ 1.200,00	€ 4.944.000,00		€ 4.944.000,00	€ 4.832.429,55	€ 0,00	€ 111.570,45	€ 4.832.429,55
Diesel	29,55	L	€ 480,00	€ 14.184,00		€ 14.184,00	€ 13.863,91	€ 0,00	€ 320,09	€ 13.863,91
Operarios	4320	hh	€ 1.100,00	€ 5.544.000,00		€ 5.544.000,00	€ 5.418.889,44	€ 0,00	€ 125.110,56	€ 5.418.889,44
Ayudantes	432	hh	€ 1.500,00	€ 756.000,00		€ 756.000,00	€ 738.939,47	€ 0,00	€ 17.060,53	€ 738.939,47
Conformado	-	-	€ 22.375,00	€ 9.568.162,40		€ 9.568.162,40	€ 9.352.239,22	€ 0,00	€ 215.923,18	€ 9.352.239,22
Alquiler Niveladoras	398	hm	€ 18.730,00	€ 7.454.540,00		€ 7.454.540,00	€ 7.289.314,90	€ 0,00	€ 168.225,40	€ 7.289.314,90
Diesel	14,38	L	€ 480,00	€ 6.902,40		€ 6.902,40	€ 6.746,63	€ 0,00	€ 155,77	€ 6.746,63
Operarios	432	hh	€ 2.150,00	€ 1.083.600,00		€ 1.083.600,00	€ 1.059.146,57	€ 0,00	€ 24.453,43	€ 1.059.146,57
Peones	864	hh	€ 1.015,00	€ 1.023.120,00		€ 1.023.120,00	€ 1.000.031,42	€ 0,00	€ 23.088,58	€ 1.000.031,42
Compactado	-	-	€ 10.910,00	€ 3.673.617,60		€ 3.673.617,60	€ 3.590.715,66	€ 0,00	€ 82.901,94	€ 3.590.715,66
Alquiler Compactadoras	328	hm	€ 9.030,00	€ 2.961.840,00		€ 2.961.840,00	€ 2.895.000,63	€ 0,00	€ 66.839,37	€ 2.895.000,63
Diesel	12,87	L	€ 480,00	€ 6.177,60		€ 6.177,60	€ 6.038,19	€ 0,00	€ 139,41	€ 6.038,19
Operarios	432	hh	€ 1.400,00	€ 705.600,00		€ 705.600,00	€ 689.676,84	€ 0,00	€ 15.923,16	€ 689.676,84
Remoción de Baches	-	-	€ 5.030,00	€ 655.579,20	€ 655.579,20	€ 640.784,85	€ 0,00	€ 14.794,35	€ 640.784,85	
Alquiler Back Hoe	68	hm	€ 2.700,00	€ 183.600,00	€ 183.600,00	€ 179.456,73	€ 0,00	€ 4.143,27	€ 179.456,73	
Diesel	12,04	L	€ 480,00	€ 5.779,20	€ 5.779,20	€ 5.648,78	€ 0,00	€ 130,42	€ 5.648,78	
Operarios	216	hh	€ 1.850,00	€ 466.200,00	€ 466.200,00	€ 453.679,34	€ 0,00	€ 10.520,66	€ 453.679,34	
Control	-	-	€ 3.715,38	€ 936.275,76	€ 936.275,76	€ 915.146,98	€ 0,00	€ 21.128,78	€ 915.146,98	
Encargado	216	hh	€ 2.615,38	€ 659.075,76	€ 659.075,76	€ 644.202,59	€ 0,00	€ 14.873,26	€ 644.202,59	
Chofer	216	hh	€ 1.100,00	€ 277.200,00	€ 277.200,00	€ 270.944,47	€ 0,00	€ 6.255,53	€ 270.944,47	
Total	11250,00	m3	€ 7.156,31	€ 80.508.433,36	100%	€ 80.508.433,36	€ 78.691.612,50	€ 0,00	€ 1.816.820,86	€ 78.691.612,50

Apéndice 10. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 19+700 (Puente Laguna) a 21+980 (Puente Tapezco).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	10687,50	m3	₡4.250,00	₡45.421.875,00	100%	₡45.421.875,00	₡44.419.984,45	₡0,00	₡1.001.890,55	₡44.419.984,45
Procesamiento y material	10687,50	m3	₡4.250,00	₡45.421.875,00		₡45.421.875,00	₡44.419.984,45	₡0,00	₡1.001.890,55	₡44.419.984,45
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡6.280.814,40		₡6.280.814,40	₡6.142.275,68	₡0,00	₡138.538,72	₡6.142.275,68
Alquiler Excavadora	196	hm	₡29.530,00	₡5.787.880,00		₡5.787.880,00	₡5.660.214,15	₡0,00	₡127.665,85	₡5.660.214,15
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.586,87	₡0,00	₡347,53	₡16.586,87
Operarios	204	hh	₡2.000,00	₡476.000,00		₡476.000,00	₡465.500,66	₡0,00	₡1.049,34	₡465.500,66
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡10.668.184,00		₡10.668.184,00	₡10.432.871,11	₡0,00	₡235.312,89	₡10.432.871,11
Alquiler Vagonetas	3920	hm	₡1.200,00	₡4.704.000,00		₡4.704.000,00	₡4.600.241,77	₡0,00	₡103.758,23	₡4.600.241,77
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.871,14	₡0,00	₡312,86	₡13.871,14
Operarios	4080	hh	₡1.100,00	₡5.236.000,00		₡5.236.000,00	₡5.120.507,21	₡0,00	₡115.492,79	₡5.120.507,21
Ayudantes	408	hh	₡1.500,00	₡714.000,00		₡714.000,00	₡698.250,98	₡0,00	₡15.749,02	₡698.250,98
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡9.076.522,40		₡9.076.522,40	₡8.876.317,50	₡0,00	₡200.204,90	₡8.876.317,50
Alquiler Niveladoras	378	hm	₡18.730,00	₡7.079.940,00		₡7.079.940,00	₡6.923.774,61	₡0,00	₡156.165,39	₡6.923.774,61
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.750,15	₡0,00	₡152,25	₡6.750,15
Operarios	408	hh	₡2.150,00	₡1.023.400,00		₡1.023.400,00	₡1.000.826,41	₡0,00	₡22.573,59	₡1.000.826,41
Peones	816	hh	₡1.015,00	₡966.280,00		₡966.280,00	₡944.966,33	₡0,00	₡21.313,67	₡944.966,33
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡3.489.937,60		₡3.489.937,60	₡3.412.958,49	₡0,00	₡76.979,11	₡3.412.958,49
Alquiler Compactadoras	312	hm	₡9.030,00	₡2.817.360,00		₡2.817.360,00	₡2.755.216,23	₡0,00	₡62.143,77	₡2.755.216,23
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.041,34	₡0,00	₡136,26	₡6.041,34
Operarios	408	hh	₡1.400,00	₡666.400,00		₡666.400,00	₡651.700,92	₡0,00	₡14.699,08	₡651.700,92
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡621.579,20	₡621.579,20	₡607.868,75	₡0,00	₡13.710,45	₡607.868,75	
Alquiler Back Hoe	65	hm	₡2.700,00	₡175.500,00	₡175.500,00	₡171.628,92	₡0,00	₡3.871,08	₡171.628,92	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.651,73	₡0,00	₡127,47	₡5.651,73	
Operarios	204	hh	₡1.850,00	₡440.300,00	₡440.300,00	₡430.588,11	₡0,00	₡9.711,89	₡430.588,11	
Control	-	-	₡3.715,38	₡984.260,44	₡984.260,44	₡964.755,91	₡0,00	₡19.504,53	₡964.755,91	
Encargado	204	hh	₡2.615,38	₡622.460,44	₡622.460,44	₡608.730,55	₡0,00	₡13.729,89	₡608.730,55	
Chofer	204	hh	₡1.100,00	₡261.800,00	₡261.800,00	₡256.025,36	₡0,00	₡5.774,64	₡256.025,36	
Total	10687,50	m3	₡7.152,58	₡76.443.173,04	100%	₡76.443.173,04	₡74.757.031,88	₡0,00	₡1.686.141,16	₡74.757.031,88

Apéndice 11. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 22+300 (Puente Tapezco) a 25+350 (Puente Arenas).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	14296,88	m3	₡4.250,00	₡60.761.718,75	100%	₡60.761.718,75	₡59.705.680,63	₡0,00	₡1.056.038,12	₡59.705.680,63
Procesamiento y material	14296,88	m3	₡4.250,00	₡60.761.718,75		₡60.761.718,75	₡59.705.680,63	₡0,00	₡1.056.038,12	₡59.705.680,63
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡8.369.794,40		₡8.369.794,40	₡8.224.327,45	₡0,00	₡145.466,95	₡8.224.327,45
Alquiler Excavadora	262	hm	₡29.530,00	₡7.736.860,00		₡7.736.860,00	₡7.602.393,44	₡0,00	₡134.466,56	₡7.602.393,44
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.640,08	₡0,00	₡294,32	₡16.640,08
Operarios	264	hh	₡2.000,00	₡616.000,00		₡616.000,00	₡605.293,93	₡0,00	₡10.706,07	₡605.293,93
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡14.002.184,00		₡14.002.184,00	₡13.758.826,17	₡0,00	₡243.357,83	₡13.758.826,17
Alquiler Vagonetas	5240	hm	₡1.200,00	₡6.288.000,00		₡6.288.000,00	₡6.178.714,63	₡0,00	₡109.285,38	₡6.178.714,62
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.937,48	₡0,00	₡246,52	₡13.937,48
Operarios	5280	hh	₡1.100,00	₡6.776.000,00		₡6.776.000,00	₡6.658.233,18	₡0,00	₡117.766,82	₡6.658.233,18
Ayudantes	528	hh	₡1.500,00	₡924.000,00		₡924.000,00	₡907.940,89	₡0,00	₡16.059,11	₡907.940,89
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡12.059.162,40		₡12.059.162,40	₡11.849.574,27	₡0,00	₡209.588,13	₡11.849.574,27
Alquiler Niveladoras	506	hm	₡18.730,00	₡9.477.380,00		₡9.477.380,00	₡9.312.963,22	₡0,00	₡164.716,78	₡9.312.963,22
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.782,44	₡0,00	₡119,96	₡6.782,44
Operarios	528	hh	₡2.150,00	₡1.324.400,00		₡1.324.400,00	₡1.301.381,94	₡0,00	₡23.018,06	₡1.301.381,94
Peones	1056	hh	₡1.015,00	₡1.250.480,00		₡1.250.480,00	₡1.228.748,67	₡0,00	₡21.733,33	₡1.228.748,67
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡4.625.057,60		₡4.625.057,60	₡4.544.674,14	₡0,00	₡80.383,46	₡4.544.674,14
Alquiler Compactadoras	416	hm	₡9.030,00	₡3.756.480,00		₡3.756.480,00	₡3.691.192,41	₡0,00	₡65.287,59	₡3.691.192,41
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.070,23	₡0,00	₡107,37	₡6.070,23
Operarios	528	hh	₡1.400,00	₡862.400,00		₡862.400,00	₡847.411,50	₡0,00	₡14.988,50	₡847.411,50
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡810.479,20	₡810.479,20	₡796.393,08	₡0,00	₡14.086,12	₡796.393,08	
Alquiler Back Hoe	87	hm	₡2.700,00	₡234.900,00	₡234.900,00	₡230.817,44	₡0,00	₡4.082,56	₡230.817,44	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.678,76	₡0,00	₡100,44	₡5.678,76	
Operarios	264	hh	₡1.850,00	₡569.800,00	₡569.800,00	₡559.896,88	₡0,00	₡9.903,12	₡559.896,88	
Control	-	-	₡3.715,38	₡1.144.337,04	₡1.144.337,04	₡1.124.448,47	₡0,00	₡19.888,57	₡1.124.448,47	
Encargado	264	hh	₡2.615,38	₡805.537,04	₡805.537,04	₡791.536,81	₡0,00	₡14.000,23	₡791.536,81	
Chofer	264	hh	₡1.100,00	₡338.800,00	₡338.800,00	₡332.911,66	₡0,00	₡5.888,34	₡332.911,66	
Total	14296,88	m3	₡7.118,53	₡101.772.733,39	100%	₡101.772.733,39	₡100.003.924,20	₡0,00	₡1.768.809,19	₡100.003.924,20

Apéndice 12. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 25+500 (Puente Arenas) a 27+900 (Puente Seco).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	11250,00	m3	€ 4.250,00	€ 47.812.500,00	100%	€ 47.812.500,00	€ 46.733.523,01	€ 0,00	€ 1.078.976,99	€ 46.733.523,01
Procesamiento y material	11250,00	m3	€ 4.250,00	€ 47.812.500,00		€ 47.812.500,00	€ 46.733.523,01	€ 0,00	€ 1.078.976,99	€ 46.733.523,01
Extracción	-	-	€ 32.010,00	€ 6.604.114,40		€ 6.604.114,40	€ 6.455.080,41	€ 0,00	€ 149.033,99	€ 6.455.080,41
Alquiler Excavadora	206	hm	€ 29.530,00	€ 6.083.180,00		€ 6.083.180,00	€ 5.945.901,86	€ 0,00	€ 137.278,14	€ 5.945.901,86
Diesel	35,28	L	€ 480,00	€ 16.934,40		€ 16.934,40	€ 16.352,24	€ 0,00	€ 382,16	€ 16.552,24
Operarios	216	hh	€ 2.000,00	€ 504.000,00		€ 504.000,00	€ 492.626,31	€ 0,00	€ 11.373,69	€ 492.626,31
Acarreo	-	-	€ 4.280,00	€ 11.258.184,00		€ 11.258.184,00	€ 11.004.122,37	€ 0,00	€ 254.061,63	€ 11.004.122,37
Alquiler Vagonetas	4120	hm	€ 1.200,00	€ 4.944.000,00		€ 4.944.000,00	€ 4.832.429,55	€ 0,00	€ 111.570,45	€ 4.832.429,55
Diesel	29,55	L	€ 480,00	€ 14.184,00		€ 14.184,00	€ 13.863,91	€ 0,00	€ 320,09	€ 13.863,91
Operarios	4320	hh	€ 1.100,00	€ 5.544.000,00		€ 5.544.000,00	€ 5.418.889,44	€ 0,00	€ 125.110,56	€ 5.418.889,44
Ayudantes	432	hh	€ 1.500,00	€ 756.000,00		€ 756.000,00	€ 738.939,47	€ 0,00	€ 17.060,53	€ 738.939,47
Conformado	-	-	€ 22.375,00	€ 9.568.162,40		€ 9.568.162,40	€ 9.352.239,22	€ 0,00	€ 215.923,18	€ 9.352.239,22
Alquiler Niveladoras	398	hm	€ 18.730,00	€ 7.454.540,00		€ 7.454.540,00	€ 7.289.314,90	€ 0,00	€ 168.225,40	€ 7.289.314,90
Diesel	14,38	L	€ 480,00	€ 6.902,40		€ 6.902,40	€ 6.746,63	€ 0,00	€ 155,77	€ 6.746,63
Operarios	432	hh	€ 2.150,00	€ 1.083.600,00		€ 1.083.600,00	€ 1.059.146,57	€ 0,00	€ 24.453,43	€ 1.059.146,57
Peones	864	hh	€ 1.015,00	€ 1.023.120,00		€ 1.023.120,00	€ 1.000.031,42	€ 0,00	€ 23.088,58	€ 1.000.031,42
Compactado	-	-	€ 10.910,00	€ 3.673.617,60		€ 3.673.617,60	€ 3.590.715,66	€ 0,00	€ 82.901,94	€ 3.590.715,66
Alquiler Compactadoras	328	hm	€ 9.030,00	€ 2.961.840,00		€ 2.961.840,00	€ 2.895.000,63	€ 0,00	€ 66.839,37	€ 2.895.000,63
Diesel	12,87	L	€ 480,00	€ 6.177,60		€ 6.177,60	€ 6.038,19	€ 0,00	€ 139,41	€ 6.038,19
Operarios	432	hh	€ 1.400,00	€ 705.600,00		€ 705.600,00	€ 689.676,84	€ 0,00	€ 15.923,16	€ 689.676,84
Remoción de Baches	-	-	€ 5.030,00	€ 655.579,20	€ 655.579,20	€ 640.784,85	€ 0,00	€ 14.794,35	€ 640.784,85	
Alquiler Back Hoe	68	hm	€ 2.700,00	€ 183.600,00	€ 183.600,00	€ 179.456,73	€ 0,00	€ 4.143,27	€ 179.456,73	
Diesel	12,04	L	€ 480,00	€ 5.779,20	€ 5.779,20	€ 5.648,78	€ 0,00	€ 130,42	€ 5.648,78	
Operarios	216	hh	€ 1.850,00	€ 466.200,00	€ 466.200,00	€ 453.679,34	€ 0,00	€ 10.520,66	€ 453.679,34	
Control	-	-	€ 3.715,38	€ 936.275,76	€ 936.275,76	€ 915.146,98	€ 0,00	€ 21.128,78	€ 915.146,98	
Encargado	216	hh	€ 2.615,38	€ 659.075,76	€ 659.075,76	€ 644.202,59	€ 0,00	€ 14.873,26	€ 644.202,59	
Chofer	216	hh	€ 1.100,00	€ 277.200,00	€ 277.200,00	€ 270.944,47	€ 0,00	€ 6.255,53	€ 270.944,47	
Total	11250,00	m3	€ 7.156,31	€ 80.508.433,36	100%	€ 80.508.433,36	€ 78.691.612,50	€ 0,00	€ 1.816.820,86	€ 78.691.612,50

Apéndice 13. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 28+933 (Paso Miguelon) a 31+300 (Puente La Vieja).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	11095,31	m3	₡4.250,00	₡47.155.078,13	100%	₡47.155.078,13	₡46.367.947,50	₡0,00	₡787.130,63	₡46.367.947,50
Procesamiento y material	11095,31	m3	₡4.250,00	₡47.155.078,13		₡47.155.078,13	₡46.367.947,50	₡0,00	₡787.130,63	₡46.367.947,50
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡6.487.524,40		₡6.487.524,40	₡6.379.232,16	₡0,00	₡108.292,24	₡6.379.232,16
Alquiler Excavadora	203	hm	₡29.530,00	₡5.994.590,00		₡5.994.590,00	₡5.894.526,01	₡0,00	₡100.063,99	₡5.894.526,01
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.651,72	₡0,00	₡282,68	₡16.651,72
Operarios	204	hh	₡2.000,00	₡476.000,00		₡476.000,00	₡468.054,43	₡0,00	₡7.945,57	₡468.054,43
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡10.836.184,00		₡10.836.184,00	₡10.655.302,27	₡0,00	₡180.881,73	₡10.655.302,27
Alquiler Vagonetas	4060	hm	₡1.200,00	₡4.872.000,00		₡4.872.000,00	₡4.790.674,71	₡0,00	₡81.325,29	₡4.790.674,71
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.947,24	₡0,00	₡236,76	₡13.947,24
Operarios	4080	hh	₡1.100,00	₡5.236.000,00		₡5.236.000,00	₡5.148.598,68	₡0,00	₡87.401,32	₡5.148.598,68
Ayudantes	408	hh	₡1.500,00	₡714.000,00		₡714.000,00	₡702.081,64	₡0,00	₡11.918,36	₡702.081,64
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡9.338.742,40		₡9.338.742,40	₡9.182.856,53	₡0,00	₡155.885,87	₡9.182.856,53
Alquiler Niveladoras	392	hm	₡18.730,00	₡7.342.160,00		₡7.342.160,00	₡7.219.601,85	₡0,00	₡122.558,15	₡7.219.601,85
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.787,18	₡0,00	₡115,22	₡6.787,18
Operarios	408	hh	₡2.150,00	₡1.023.400,00		₡1.023.400,00	₡1.006.317,02	₡0,00	₡17.082,98	₡1.006.317,02
Peones	816	hh	₡1.015,00	₡966.280,00		₡966.280,00	₡950.150,48	₡0,00	₡16.129,52	₡950.150,48
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡3.598.297,60		₡3.598.297,60	₡3.538.233,44	₡0,00	₡60.064,16	₡3.538.233,44
Alquiler Compactadoras	324	hm	₡9.030,00	₡2.925.720,00		₡2.925.720,00	₡2.876.882,76	₡0,00	₡48.837,24	₡2.876.882,76
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.074,48	₡0,00	₡103,12	₡6.074,48
Operarios	408	hh	₡1.400,00	₡666.400,00		₡666.400,00	₡655.276,20	₡0,00	₡11.123,80	₡655.276,20
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡626.979,20	₡626.979,20	₡616.513,42	₡0,00	₡10.465,78	₡616.513,42	
Alquiler Back Hoe	67	hm	₡2.700,00	₡180.900,00	₡180.900,00	₡177.880,35	₡0,00	₡3.019,65	₡177.880,35	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.682,73	₡0,00	₡96,47	₡5.682,73	
Operarios	204	hh	₡1.850,00	₡440.300,00	₡440.300,00	₡432.950,34	₡0,00	₡7.349,66	₡432.950,34	
Control	-	-	₡3.715,38	₡884.260,44	₡884.260,44	₡869.500,03	₡0,00	₡14.760,41	₡869.500,03	
Encargado	204	hh	₡2.615,38	₡622.460,44	₡622.460,44	₡612.070,09	₡0,00	₡10.390,35	₡612.070,09	
Chofer	204	hh	₡1.100,00	₡261.800,00	₡261.800,00	₡257.429,93	₡0,00	₡4.370,07	₡257.429,93	
Total	11095,31	m3	₡7.113,55	₡78.927.066,17	100%	₡78.927.066,17	₡77.609.585,34	₡0,00	₡1.317.480,82	₡77.609.585,34

Apéndice 14. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 31+500(Puente La Vieja) a 34+180 (Puente Ron Ron).

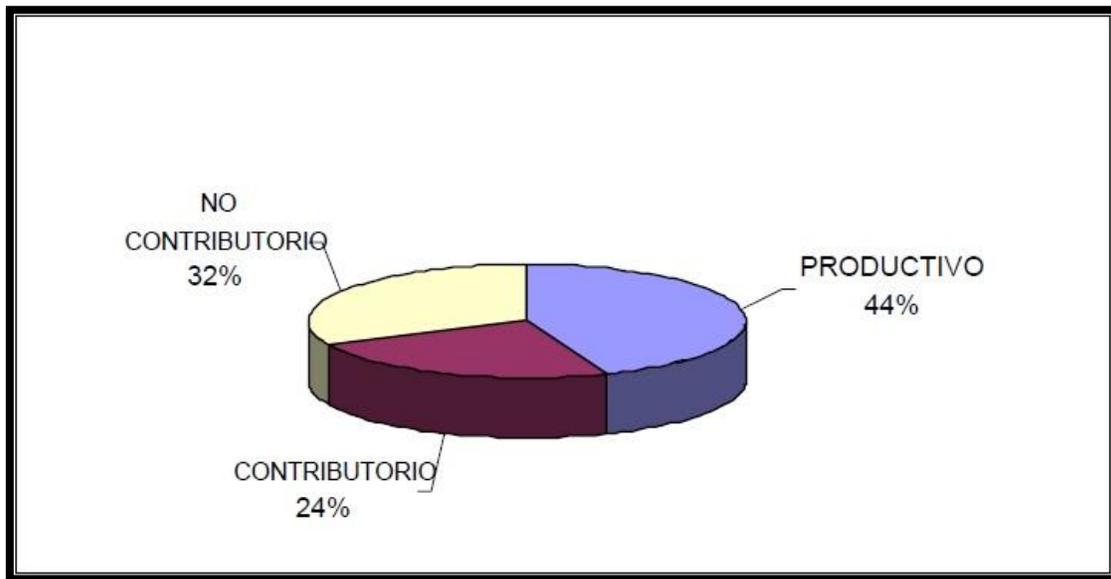
Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	12562,50	m3	₡4.250,00	₡53.390.625,00	100%	₡53.390.625,00	₡52.231.767,32	₡0,00	₡1.158.857,68	₡52.231.767,32
Procesamiento y material	12562,50	m3	₡4.250,00	₡53.390.625,00		₡53.390.625,00	₡52.231.767,32	₡0,00	₡1.158.857,68	₡52.231.767,32
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡7.368.834,40		₡7.368.834,40	₡7.208.891,89	₡0,00	₡159.942,51	₡7.208.891,89
Alquiler Excavadora	230	hm	₡29.530,00	₡6.791.900,00		₡6.791.900,00	₡6.644.480,01	₡0,00	₡147.419,99	₡6.644.480,01
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.386,83	₡0,00	₡367,57	₡16.566,83
Operarios	240	hh	₡2.000,00	₡560.000,00		₡560.000,00	₡547.845,05	₡0,00	₡12.154,95	₡547.845,05
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡12.534.184,00		₡12.534.184,00	₡12.262.126,21	₡0,00	₡272.057,79	₡12.262.126,21
Alquiler Vagonetas	4600	hm	₡1.200,00	₡5.520.000,00		₡5.520.000,00	₡5.400.186,94	₡0,00	₡119.813,06	₡5.400.186,94
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.876,13	₡0,00	₡307,87	₡13.876,13
Operarios	4800	hh	₡1.100,00	₡6.160.000,00		₡6.160.000,00	₡6.026.295,57	₡0,00	₡133.704,43	₡6.026.295,57
Ayudantes	480	hh	₡1.500,00	₡840.000,00		₡840.000,00	₡821.767,58	₡0,00	₡18.232,42	₡821.767,58
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡10.663.822,40		₡10.663.822,40	₡10.432.361,31	₡0,00	₡231.461,09	₡10.432.361,31
Alquiler Niveladoras	444	hm	₡18.730,00	₡8.316.120,00		₡8.316.120,00	₡8.139.916,41	₡0,00	₡180.503,59	₡8.139.916,41
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.752,58	₡0,00	₡149,82	₡6.752,58
Operarios	480	hh	₡2.150,00	₡1.204.000,00		₡1.204.000,00	₡1.177.866,86	₡0,00	₡26.133,14	₡1.177.866,86
Peones	960	hh	₡1.015,00	₡1.136.800,00		₡1.136.800,00	₡1.112.125,45	₡0,00	₡24.674,55	₡1.112.125,45
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡4.095.157,60		₡4.095.157,60	₡4.006.271,12	₡0,00	₡88.886,48	₡4.006.271,12
Alquiler Compactadoras	366	hm	₡9.030,00	₡3.304.980,00		₡3.304.980,00	₡3.233.244,53	₡0,00	₡71.735,47	₡3.233.244,53
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.043,51	₡0,00	₡134,09	₡6.043,51
Operarios	480	hh	₡1.400,00	₡784.000,00		₡784.000,00	₡766.983,07	₡0,00	₡17.016,93	₡766.983,07
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡728.979,20	₡728.979,20	₡713.156,51	₡0,00	₡15.822,69	₡713.156,51	
Alquiler Back Hoe	76	hm	₡2.700,00	₡205.200,00	₡205.200,00	₡200.746,08	₡0,00	₡4.453,92	₡200.746,08	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.653,76	₡0,00	₡125,44	₡5.653,76	
Operarios	240	hh	₡1.850,00	₡518.000,00	₡518.000,00	₡506.756,67	₡0,00	₡11.243,33	₡506.756,67	
Control	-	-	₡3.715,38	₡1.040.306,40	₡1.040.306,40	₡1.017.726,27	₡0,00	₡22.580,13	₡1.017.726,27	
Encargado	240	hh	₡2.615,38	₡732.306,40	₡732.306,40	₡716.411,50	₡0,00	₡15.894,90	₡716.411,50	
Chofer	240	hh	₡1.100,00	₡308.000,00	₡308.000,00	₡301.314,78	₡0,00	₡6.685,22	₡301.314,78	
Total	12562,50	m3	₡7.150,00	₡89.821.909,00	100%	₡89.821.909,00	₡87.872.300,63	₡0,00	₡1.949.608,37	₡87.872.300,63

Apéndice 15. Tabla de Control Detallado de Costos por Actividades generada por la herramienta para el tramo 34+320 (Puente Ron Ron) a 39+350 (Final).

Actividad	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo Total	% Avance	A la fecha		Extra	Crédito	Costo Real
						Presupuesto	Gastado			
Material de Préstamo	23578,13	m3	₡4.250,00	₡100.207.031,25	100%	₡100.207.031,25	₡98.618.628,06	₡0,00	₡1.588.403,19	₡98.618.628,06
Procesamiento y material	23578,13	m3	₡4.250,00	₡100.207.031,25		₡100.207.031,25	₡98.618.628,06	₡0,00	₡1.588.403,19	₡98.618.628,06
Extracción	-	-	₡32.010,00	₡13.781.894,40		₡13.781.894,40	₡13.563.434,63	₡0,00	₡218.459,77	₡13.563.434,63
Alquiler Excavadora	432	hm	₡29.530,00	₡12.756.960,00		₡12.756.960,00	₡12.554.746,69	₡0,00	₡202.213,31	₡12.554.746,69
Diesel	35,28	L	₡480,00	₡16.934,40		₡16.934,40	₡16.665,97	₡0,00	₡268,43	₡16.665,97
Operarios	432	hh	₡2.000,00	₡1.008.000,00		₡1.008.000,00	₡992.021,98	₡0,00	₡15.978,02	₡992.021,98
Acarreo	-	-	₡4.280,00	₡22.982.184,00		₡22.982.184,00	₡22.617.888,46	₡0,00	₡364.295,54	₡22.617.888,46
Alquiler Vagonetas	8640	hm	₡1.200,00	₡10.368.000,00		₡10.368.000,00	₡10.203.654,60	₡0,00	₡164.345,40	₡10.203.654,60
Diesel	29,55	L	₡480,00	₡14.184,00		₡14.184,00	₡13.959,17	₡0,00	₡224,83	₡13.959,17
Operarios	8640	hh	₡1.100,00	₡11.088.000,00		₡11.088.000,00	₡10.912.241,73	₡0,00	₡175.758,27	₡10.912.241,73
Ayudantes	864	hh	₡1.500,00	₡1.512.000,00		₡1.512.000,00	₡1.488.032,96	₡0,00	₡23.967,04	₡1.488.032,96
Conformado	-	-	₡22.375,00	₡19.803.702,40		₡19.803.702,40	₡19.489.789,66	₡0,00	₡313.912,74	₡19.489.789,66
Alquiler Niveladoras	832	hm	₡18.730,00	₡15.583.360,00		₡15.583.360,00	₡15.336.344,81	₡0,00	₡247.015,19	₡15.336.344,81
Diesel	14,38	L	₡480,00	₡6.902,40		₡6.902,40	₡6.792,99	₡0,00	₡109,41	₡6.792,99
Operarios	864	hh	₡2.150,00	₡2.167.200,00		₡2.167.200,00	₡2.132.847,25	₡0,00	₡34.352,75	₡2.132.847,25
Peones	1728	hh	₡1.015,00	₡2.046.240,00		₡2.046.240,00	₡2.013.804,61	₡0,00	₡32.435,39	₡2.013.804,61
Compactado	-	-	₡10.910,00	₡7.611.957,60		₡7.611.957,60	₡7.491.298,82	₡0,00	₡120.658,78	₡7.491.298,82
Alquiler Compactadoras	686	hm	₡9.030,00	₡6.194.580,00		₡6.194.580,00	₡6.096.388,38	₡0,00	₡98.191,62	₡6.096.388,38
Diesel	12,87	L	₡480,00	₡6.177,60		₡6.177,60	₡6.079,68	₡0,00	₡97,92	₡6.079,68
Operarios	864	hh	₡1.400,00	₡1.411.200,00		₡1.411.200,00	₡1.388.830,77	₡0,00	₡22.369,23	₡1.388.830,77
Remoción de Baches	-	-	₡5.030,00	₡1.321.579,20	₡1.321.579,20	₡1.300.630,56	₡0,00	₡20.948,64	₡1.300.630,56	
Alquiler Back Hoe	142	hm	₡2.700,00	₡383.400,00	₡383.400,00	₡377.322,64	₡0,00	₡6.077,36	₡377.322,64	
Diesel	12,04	L	₡480,00	₡5.779,20	₡5.779,20	₡5.687,59	₡0,00	₡91,61	₡5.687,59	
Operarios	432	hh	₡1.850,00	₡932.400,00	₡932.400,00	₡917.620,33	₡0,00	₡14.779,67	₡917.620,33	
Control	-	-	₡3.715,38	₡1.872.551,52	₡1.872.551,52	₡1.842.869,30	₡0,00	₡29.682,22	₡1.842.869,30	
Encargado	432	hh	₡2.615,38	₡1.318.151,52	₡1.318.151,52	₡1.297.257,22	₡0,00	₡20.894,30	₡1.297.257,22	
Chofer	432	hh	₡1.100,00	₡554.400,00	₡554.400,00	₡545.612,09	₡0,00	₡8.787,91	₡545.612,09	
Total	23578,13	m3	₡7.107,47	₡167.580.900,37	100%	₡167.580.900,37	₡164.924.539,50	₡0,00	₡2.656.360,87	₡164.924.539,50

Anexos

Anexo 1. Distribución del trabajo en actividades constructivas según “Productividad Real en Obras Civiles” de Alejandro Cantú et al.



Anexo 2. Tabla 203-1 CR-77 (Requisitos para Préstamo Seleccionado para Acabado)

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Pasando la malla de 76,2 mm	100%
Valor de soporte C.B.R.	De acuerdo con Cartel de Licitación, pero no menor de 10
Límite líquido	Máximo 35%
Índice plástico	Máximo 10%
Grado de compactación	95% mínimo del AASHTO T-99

Anexo 3. Tabla 203-2 CR-77 (Excavación y Terraplenado - Muestréos y Ensayos)

MATERIAL	PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	MÉTODOS DE ENSAYOS	FRECUENCIA MÍNIMA	PUNTO DE MUESTREO
Suelos (excavación, material de relleno y préstamo no clasificado)	Clasificación	AASHTO M-145	2 por cada tipo de material	Fuente de material
	Densidad – Humedad	AASHTO T-99 AASHTO T-180	1 por cada tipo de material	Fuente de material
	Densidad en sitio y contenido de humedad	AASHTO T-238 y T-239 u otros procedimientos aprobados	1 por cada 400 m ² , pero no menos de 1 por cada capa	Sitio de relleno
Préstamo seleccionado Préstamo de acabado	Clasificación	AASHTO M-145	2 por cada tipo de material	Fuente de material
	Densidad – Humedad	AASHTO T-99 AASHTO T-180	1 por cada tipo de material	Material procesado antes de ser incorporado a la obra
	Graduación	AASHTO T-27 y T-11	1 por cada 5000 m ³	Material procesado antes de ser incorporado a la obra
	Densidad en sitio y contenido de humedad	AASHTO T-238 y T-239 u otros procedimientos aprobados	1 por cada 300 m ³ (500 t) pero no menos de 1 por cada capa	Sitio de relleno

Anexo 4. Tabla 301-1 CR-77 (Graduación Sub-base)

TAMIZ	% POR PESO QUE PASA POR LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA (AASHTO T-27 Y T-11)			
	A	B	C	D
76,2 mm	--	--	--	100
50,8 mm	100	--	--	--
37,5 mm	97-100	100	--	--
25,4 mm	--	--	100	--
4,75 mm (N° 4)	40-60 (8)	40-70 (12)	40-80 (15)	40-100
425 µm (N° 40)	--	10-50 (8)	10-60 (8)	10-70
75 µm (N° 200)	0-12 (4)	0-15 (4)	5-20 (5)	5-35

Anexo 5. Tabla 301-2 CR-77 (Sub-base Muestréos y Ensayos)

MATERIAL	PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	CATEGORÍA	MÉTODO DE ENSAYOS	FRECUENCIA MÍNIMA	PUNTO DE MUESTREO
SUBBASE PROTEGIDA	Graduación A 4,75 mm 0,075 mm Otras mallas especificadas	I I II	AASHTO T-11 y T-27	1 muestra por cada 400 m ³	En camellón o colocado
	Límite líquido Índice plástico	-- --	AASHTO T-89 AASHTO T-90	1 muestra por cada 400 m ³	En camellón o colocado
	Densidad – humedad (máxima densidad)	---	AASHTO T-180, método D.	1 por cada tipo de graduación producida	En apilamiento o colocado
	Densidad en sitio y contenido de humedad	II	AASHTO T-238 y T-239 u otro procedimiento aprobado	1 muestra por cada 250 m ³	En sitio, capa terminada y compactada
	Abrasión	---	AASHTO T-196	1 por fuente de material o cada 3000 m ³	Apilamiento
	Caras fracturadas	--	FLH T-507	1 por fuente de material o cada 3000 m ³	Apilamiento
	Equivalente de arena	--	AASHTO T-176	1 por fuente de material o cada 3000 m ³	Apilamiento
	Índice de durabilidad (Retenido en tamiz 4,75 mm y pasando tamiz 4,75 mm)	--	AASHTO T-210	1 por cada fuente de material o cada 3000 m ³	Apilamiento
SUBBASE NO PROTEGIDA O EXPUESTA	Graduación B, C y D ⁽¹⁾ 4,75 mm (N° 4) 425 µ m (N° 40) 75 µ m (N° 200) Otros tamices especificados	I I I II	AASHTO T-11 y T-27	1 por cada 400 m ³	En camellón o colocado
	Límite líquido Índice plástico	-- --	AASHTO T-89 AASHTO T-90	1 por cada 400 m ³ 1 por cada 400 m ³	En camellón o colocada
	Densidad – humedad (máxima densidad)	--	AASHTO T-180, método D	1 por cada fuente de material o cada 3000 m ³	Apilamiento
	Densidad en sitio y contenido de humedad	II	AASHTO T-238 y T-239 u otro procedimiento aprobado	1 por cada 200 ml	En sitio, capa terminada y compactada

Anexo 6. Tabla 302-1 CR-77 (Graduación Base)

TAMIZ	% POR PESO QUE PASA POR LOS TAMICES DE MALLA CUADRADA (AASHTO T 27 Y T 11)		
	A	B	C
50,8 mm	100	--	--
37,5 mm	97-100	100	--
25,4 mm	--	97-100	100
19,0 mm	67-81 (6)	---	97-100
9,5 mm	---	56-70 (7)	67-79 (6)
4,75 mm (N° 4)	33-47 (6)	39-53 (6)	47-59 (7)
425 µm (N° 40)	10-19 (4)	12-21 (4)	12-21 (4)
75 µm (N° 200)	2-9 (3)	4-8 (3)	4-8 (3)

Anexo 7. Tabla 302-2 CR-77 (Base Muestreos y Ensayos)

MATERIAL	PROPIEDAD O CARACTERÍSTICA	CATEGORÍA	MÉTODO DE ENSAYOS	FRECUENCIA MÍNIMA	PUNTO DE MUESTREO
BASE DE AGREGADOS TRITURADOS	Graduación 9,5 mm 4,75 mm 425 µm 75 µm Otras mallas especificadas	I I I I II	AASHTO T-11 y T-27	1 muestra por cada 400 m ³	En camellón o colocado
	Límite líquido Índice plástico	-- --	AASHTO T-89 AASHTO T-90	1 muestra por cada 400 m ³	En camellón o colocado
	Densidad-humedad (máxima densidad)	--	AASHTO T-180, método D.	1 por cada tipo de graduación producida	En apilamiento o colocado
	Densidad en sitio y contenido de humedad	II	AASHTO T-238 y T-239 u otro procedimiento aprobado	1 muestra por cada 250 m ³ ó 1 por día	En sitio, capa terminada y compactada
	Abrasión	---	AASHTO T-196	1 por fuente de material o cada 3.000 m ³	Apilamiento
	Caras fracturadas	--	FLH T-507	1 por fuente de material o cada 3.000 m ³	Apilamiento
	Índice de durabilidad (retenido en tamiz de 4,75 mm y pasando tamiz de 4,75 mm)	--	AASHTO T-210	1 por cada fuente de material o cada 3.000 m ³	Apilamiento

Anexo 8. Comparación de costos de colocación de Material de Préstamo para diversos Proyectos Nacionales

Comparación Costo de Colocación de Material de Préstamo en el 2009 en Proyectos Nacionales			
Comparación (Informe de Ejecución Presupuestaria 2009 CONAVI)	Costo/m3		Empresa
	2009	Presente	
Conservación Vial Zona 5-2 Reg. V Huetar Atlántica Limón	₡ 8.607,76	₡ 13.600,26	MECO
Conservación Vial Zona 4-1 Región IV Subregión Brunca	₡ 9.238,04	₡ 14.596,10	Quebradores del Sur de Costa Rica S.A
Conservación Vial Región 2-4 Región II Chorotega Nicoya	₡ 9.388,00	₡ 14.833,04	Constructora Sánchez Carvajal S.A
Zona 6-2 B Línea 37 (San Carlos, Los Chiles, Guatuso)	₡ 6.761,04	₡ 10.682,44	Hernán Solís
Costanera Sur Sección Quepos- Barú Pavimentación	₡ 8.529,59	₡ 13.476,75	Consortio Meco-Santa Fé
Mejoramiento de la Ruta # 245 Rincón - Puerto Jiménez	₡ 12.164,00	₡ 19.219,12	Consortio Santa Fe-Sánchez Carvajal
Sifón - Ciudad Quesada (La Abundancia)	₡ 4.123,68	₡ 6.515,41	Constructora Sánchez Carvajal S.A
Mejoramiento de la Ruta #249 Teresa-Ticabán	₡ 10.227,49	₡ 16.159,43	MECO
Mejoramiento de la Ruta #613 Sabalito-Las Mellizas	₡ 17.287,25	₡ 27.313,86	Hernán Solís
Promedio	₡ 9.591,87	₡ 15.155,16	

Referencias

- Apuntes Visual Basic*. (2012). Recuperado el 20 de Julio de 2012, de http://www.corazondejesusza.net/apuntes/Visual%20Basic.htm#_Toc145227703
- Argüello, R., Caviedes, D., Villalobos, H., & Wu Wu, Y. (2006). *Análisis de Impacto Ambiental Proyecto Nueva Carretera a San Carlos*. San Ramón.
- Botero Botero, L. (2002). *Análisis de rendimientos y consumos de mano de obra en actividades de construcción*. Medellín: EAFIT.
- Cámara Colombiana de la Infraestructura. (2010). *Tablas de Rendimientos para Equipo Pesado*.
- Cantú, A., Moreno, J., Gallina, M., & García, G. (2009). *Productividad Real en Obras Civiles*. Mendoza.
- CATERPILLAR INC . (Enero de 2009). *Manual de Rendimiento Caterpillar*. Illinois: Caterpillar Inc.
- Consejo Nacional de Vialidad. (Agosto de 2007). www.conavi.go.cr. Recuperado el Agosto de 2012, de <http://www.conavi.go.cr/Documentos/CEA/Carretera-San-Carlos.pdf>
- Consejo Nacional de Vialidad. (2009). *Informe de Ejecución Presupuestaria*. San José.
- Corrales Quesada, A. (07 de 2012). Aspectos Generales del Proyecto Nueva Carretera a San Carlos. (A. R. Calderón, Entrevistador)
- Harris, F. (2006). *Modern Construction Management*. Carlton: Blackwell Publishing Editorial Offices.
- Kuprenas, J., & Fackhour, A. (2001). <http://cmaanet.org>. Recuperado el 06 de 11 de 2012, de http://cmaanet.org/files/crew_balance_study.pdf
- Leandro, A. (Julio de 2012). Medición de Rendimientos y Productividad en la Construcción. (A. Rojas Calderón, Entrevistador)
- Luna Rodríguez, R. (2011). *Análisis de los procesos constructivos en las vías de acceso del Proyecto Ampliación Cachí*. Cartago.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (1977). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras caminos y puentes*. Instituto Geográfico Nacional.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (19 de Mayo de 2008). <http://www.mopt.go.cr>. Recuperado el 10 de Setiembre de 2012, de <http://www.mopt.go.cr/planificacion/centrodeinformacion/CONTROL-VERIFICACION-KfW/Charla%20Control%20de%20Calidad.pdf>
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras caminos y puentes*. San José.

RECOPE. (24 de Octubre de 2012). *http://www.recope.go.cr*. Recuperado el 1 de Noviembre de 2012, de *http://www.recope.go.cr/info_clientes/precios_productos/*

Sherpell B, A. (2002). *Administración de operaciones de construcción*. Mexico: Alfaomega Grupo Editor.

Vargas Sánchez, R. (1999). *La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento)*.

Walpole, R., Myers, R., & Myers, S. (1998). *Probabilidad y estadística para ingenieros*. Mexico: Prentice Hall Inc.