

**Herramienta para la  
estimación de costos  
basada en los renglones  
de pago del CR-2010, para el  
Primer Programa de la Red Vial  
Cantonal PRVC-Préstamo BID  
No.2098/OC-CR, MOPT-GIZ**



# Abstract

In the present work an analysis of the cost estimating tools used by the consulting agency GIZ (for its acronym in German Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit) is made, which works for the MOPT (Ministry of Public Works and Transport) in a program called First program Cantonal Road Network PRVC-Loan BID-No.2098 / OC-CR, MOPT-GIZ, also a new tool for estimating costs as an alternative to the problems encountered option is provided.

Some of the activities were conducted studies and assessments to identify weaknesses that have used spreadsheets also select the information to include in their databases, this tool allowed developing cost estimates through Excel.

The tool was carried out, using as reference manuals made by ombudsmen MOPT and CONAVI (National Roads Authority). The machinery specialist book called "Contractor's Equipment Cost Guide; MOPT interviews with experts and GIZ were also used.

The main and most important conclusion was, obtaining calculation tool, gathering the information obtained throughout its development, as the recommendation to appoint a supervisor to ensure upgrades and implementations was also obtained, which should applied to existing tools and proposals.

## Keywords:

Cost structures, unit prices, Road Infrastructure, yields, cantonal road network, GIZ, MOPT.

# Resumen

En el presente trabajo, se hace un análisis sobre las herramientas de estimación de costos que utiliza la entidad consultora GIZ (por sus siglas en alemán Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit), la cual trabaja para el MOPT (Ministerio de Obras públicas y Transportes) en un programa llamado *Primer Programa de la Red Vial Cantonal PRVC-Préstamo BID-No.2098/OC-CR, MOPT-GIZ*, además se brinda una herramienta nueva para estimación de costos como opción alternativa a los problemas encontrados.

Parte de las actividades que se realizaron fueron estudios y diagnósticos para identificar las debilidades que poseen las hojas de cálculo utilizadas, además seleccionar la información que debe incluir en sus bases de datos, esto permitió elaborar la herramienta de estimación de costos por medio de Excel.

La herramienta fue llevada a cabo utilizando como referencia manuales hechos por personeros del MOPT y CONAVI (Consejo Nacional de Vialidad). El libro especialista en maquinarias llamado "Contractor's Equipment Cost Guide; también se utilizaron entrevistas con expertos del MOPT y GIZ.

La principal y más importante conclusión fue, la obtención de la herramienta de cálculo, que agrupa la información obtenida a lo largo de su desarrollo, como también se obtuvo la recomendación de nombrar a un responsable para que vele por las actualizaciones e implementaciones que se deban aplicar a las herramientas existentes y propuestas.

## Palabras Clave:

Estructuras de costos, precios unitarios, Infraestructura vial, rendimientos, Red vial cantonal, GIZ, MOPT

# **Herramienta para la estimación de costos basada en los renglones de pago del CR-2010, para el Primer Programa de la Red Vial Cantonal PRVC-Préstamo BID No.2098/OC-CR, MOPT-GIZ**

MARÍA ISABEL ARAYA PANIAGUA

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

Julio del 2015

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

# Contenido

PREFACIO .....	1
RESUMEN EJECUTIVO .....	2
INTRODUCCIÓN .....	4
METODOLOGÍA.....	5
MARCO TEÓRICO.....	7
RESULTADOS .....	23
ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	68
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ....	77
APÉNDICES.....	79
ANEXOS .....	80
REFERENCIAS.....	81

# Prefacio

Actualmente Costa Rica cuenta con recursos financieros para el desarrollo de infraestructura vial, por medio del BID, mediante créditos. Partiendo de las necesidades que implica este proceso, se inicia un proyecto que es llevado a cabo por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes apoyados por una entidad alemana conocida por sus siglas como GIZ, la cual actúa como ente consultor para los proyectos avalados por el ente prestatario (BID).

Dentro de los principales proyectos de este convenio, se puede nombrar uno que se encuentra en ejecución en este momento y además es en el que se enfoca la práctica profesional. Este es conocido como “Primer Programa de la red vial cantonal PRVC-1 Préstamo BID No. 2098 / OC-CR”, y dentro de sus objetivos está el de asesorar y contribuir con los proyectos públicos de licitaciones del MOPT, tanto en su planeamiento, ejecución y desarrollo. Dentro de los objetivos que tiene la GIZ como consultor, está evitar que se realicen pagos excesivos o incoherentes, y para ello se requiere de una adecuada estimación de costos, que al ser elaborada se incorpora en los carteles de licitación pública.

El propósito que se plantea con este Trabajo Final de Graduación es evaluar y mejorar las herramientas ya existentes para la estimación de costos, pues estas se encuentran en condiciones poco claras y producen confusión en el ingreso de datos. De igual forma se quiere lograr solventar la gran necesidad de tal herramienta de estimación de costos, la cual será presentada ante el MOPT para ser utilizada en las estimaciones de costos correspondientes a cada municipio del país.

Dentro de los problemas actuales que enfrenta el MOPT está la falta de coordinación entre sus colaboradores, en cuanto a la propuesta de una herramienta, que pueda ser empleada por las municipalidades para la estimación de costos. El no contar con una correcta estructura de costos puede generar un

problema de sobre precios o inclusive una idea equivocada de lo que realmente puede costar un proyecto, por lo que las municipalidades tienden a sobreestimar el alcance de estos, generando expectativas que no pueden ser satisfechas. Este problema ha ocasionado que ciertas licitaciones deban replantearse, disminuyendo sus alcances, lo cual resulta muy caro en cuanto al tiempo invertido en este tipo de proyecto. Se puede agregar también la falta de información dentro del mismo organismo, como en el caso de rendimientos, donde en algunos casos se debe recurrir a las bases de datos de otras entidades como CONAVI.

Es por esto que se desea solventar esta situación, al elaborar una herramienta que permita manejar de una manera más sencilla, clara y, sobre todo, actualizable, en relación con los datos, con el fin de poder obtener una estimación de costos aceptable y confiable que permita en cualquier momento ser actualizada y así se convierta en un insumo perpetuo.

Para finalizar, deseo hacer un agradecimiento a la entidad consultora GIZ y a los trabajadores del MOPT que en conjunto colaboraron todo este tiempo para el desarrollo de los objetivos por cumplir. También hago hincapié a los agradecimientos para los señores Eduardo Barquero y Milton Sandoval que me instruyeron en todo este tiempo y me guiaron con paciencia, al igual que a mis padres por ser el sostén diario que me motivó a finalizar este proceso.

# Resumen ejecutivo

La GIZ es un ente consultor que labora para el Ministerio de Obras públicas y Transportes (MOPT). En este momento se encuentra trabajando en un proyecto llamado “*Primer Programa de la Red Vial Cantonal PRVC-Préstamo BID-No.2098/OC-CR, MOPT-GIZ*”, el cual es financiado por el BID. La gestión de la GIZ es actuar como asesores de las 81 municipalidades del país. Parte del asesoramiento que debe incluir administración de recursos y presupuestos, entre muchos otros factores importantes.

Dentro de los presupuestos es importante destacar la gran importancia de las herramientas que permitan desarrollar las estimaciones correctas de costos (o bien, lo más acertadas posible al costo final).

La GIZ cuenta con herramientas de cálculo las cuales son desarrolladas en Excel, sin embargo existe una deficiencia notoria en ellas. El problema principal que sufre la entidad en sus herramientas de cálculo es la falta de actualización de datos dentro de las bases de datos. Además de esto, la herramienta es utilizada por varios personeros, los cuales han modificado sus fórmulas y formato para adaptarse mejor a ellos. Lo anterior hace referencia a un problema notorio, ya que existen varias versiones de una misma herramienta. Agregándole a esto, que a como pasa el tiempo se le exige más a la hoja de cálculo, por lo tanto, se le agrega más información a sus bases de datos. De lo anterior nació la necesidad de desarrollar una herramienta idónea, que pueda ayudar a corregir las deficiencias que posee la entidad.

Se inició con el desarrollo de una nueva herramienta de estimación de costos, pero para ello se debió investigar a fondo las principales debilidades de la o las existentes, esto con el fin de mejorarlas la nueva versión.

Otro detalle importante que se consideró para lograr desarrollar la herramienta y que resultara ser eficiente, es la determinación de las necesidades que posee la empresa, en este caso la GIZ. De esto resultó ser interesante, que la mayor necesidad que surge es la actualización de datos, agilidad de trabajo, rapidez e interpretación sencilla.

Luego se debió tomar en cuenta que la forma de pago o cotización es por medio de los renglones de pago del CR-2010 (Manual de Especificaciones Generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes), el cual brinda una serie de renglones, que son parte de divisiones dentro del documento.

A continuación lo que se planteó hacer fue una depuración de los renglones de pago, incluyendo, en la lista nueva, los renglones que son más utilizados en los proyectos. Así se realizó la escogencia de los datos, inicialmente se realizó el conteo de todos las veces que un renglón de pago se repetía en las licitaciones que fueron publicadas desde el 2012, hasta finales del año 2014. Por recomendación de un funcionario, se determinó la muestra (con un porcentaje de error del 5%) para ver que tanto debía repetirse un renglón de pago e incluirlo en la nueva lista. Al revisar los datos obtenidos resultaron ser más altos de lo esperado y por este motivo, se buscó otra forma de seleccionar los renglones. Ya con esto, se tomó la decisión de determinar el porcentaje en el cual cada renglón de pago se repetía con el total de las licitaciones revisadas, y por medio de la recomendación brindada por un personero de la empresa, se determinó incluir aquellos renglones que se repitieran a partir de un 10% como mínimo. Sin embargo no era suficiente solamente tomar los renglones por un criterio, por lo tanto, se determinó necesario incluir otros dos más. El segundo criterio que se utilizó

fue consultar, mediante entrevistas, a los trabajadores con mayor experiencia en el campo, cuáles eran los renglones de pago que no podían faltar. El tercer, y último criterio; fue investigar sobre los proyectos que se encuentran en el estado de ejecución, o bien, en el proceso antes de comenzar, solamente se descartaron aquellos en que su estado era terminado, entonces en estos proyectos se revisó los renglones de pago que los integraban.

Luego de tener las necesidades y lo que requería la GIZ que tuviera la nueva herramienta, se procedió a buscar los rendimientos apropiados para las actividades. Se utilizó la hoja de cálculo con la que trabaja la empresa y esta fue apoyada por un documento realizado por un trabajador del MOPT, (don Rafael Sánchez), en el cual se brindan los renglones de pago con las actividades correspondientes y sus respectivos rendimientos. Por lo tanto, en este paso se determinaron los tres elementos que comprendían cada renglón de pago (Maquinaria, Materiales y Mano de obra) y sus respectivos rendimientos.

Al tener todo esto, se comenzó a elaborar la herramienta de cálculo, se desarrollaron las primeras pruebas. En el momento que se llegó a trabajar en las bases de datos, se cuidó el dejar claro al usuario cómo actualizar la información. Las bases de datos que se realizaron fueron de materiales, mano de obra y maquinaria.

En la base de datos de materiales se tomó la lista que pertenece a la hoja de cálculo con la que trabaja la GIZ, además se respaldó con los materiales necesarios para cada renglón de pago y en los casos de los materiales que pertenecen a los derivados del petróleo, se agregó un comentario donde incluye una dirección electrónica que permite consultar los valores por actualizar.

La base de datos de la mano de obra es muy simple, en ella vienen incluidas los puestos que se requieren en los renglones de pago y además es la lista que presenta el señor William Abarca en un documento realizado por él, estos datos son posibles de actualizar por medio de la lista de salarios que cada semestre renueva el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

Para la base de datos de maquinaria fue más complejo el procedimiento, pues se realizó una búsqueda de factores y valores que fueron obtenidos del libro llamado

“Constructor’s Equipment Cost Guide”, además de otros factores, los cuales tiene su respectivo comentario con la dirección electrónica donde se puede actualizar. Para la maquinaria se determinó los costos fijos y variables, con ellos se obtuvo los costos horarios. Además esta base de datos, también posee el porcentaje por el cual se desglosa.

# Introducción

En un país que se encuentra en constante desarrollo e innovación como lo es Costa Rica, existen obras de gran importancia que maneja el gobierno y que le generan mucha responsabilidad, pues se trabaja con presupuesto nacional. El tema de infraestructura vial es de los más destacados y es desarrollado por el Ministerio de Obras Públicas y Transportes (MOPT) en colaboración de las municipalidades y entes financieros como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), también colaboran entidades de finalidad consultora como es el caso de la empresa de cooperación técnica alemana conocida por sus siglas en alemán GIZ.

Importante es destacar, que dentro de todo proyecto es fundamental el manejar de una manera ordenada las variables que puedan afectar el logro del objetivo final. En este sentido, es importante darle atención al área administrativa, pues en esta parte surgen importantes acontecimientos que permiten el avance o la suspensión parcial o total de la obra.

Dentro del sector de la administración en un proyecto público, la actividad presupuestaria se debe de mantener en el mayor orden y seguimiento posible.

De esta manera surge la necesidad de poseer los mecanismos y herramientas más útiles (o eficientes) disponibles para que cualquier trabajador tenga acceso. Como respuesta a esto se plantea desarrollar una herramienta de cálculo que sea capaz de permitir al usuario mantener el orden y lo ayude a realizar una estimación de costos más cercana al valor real en cada proyecto por licitar.

Dentro de lo planteado se tiene que el objetivo general es:

- Desarrollar una herramienta para la estimación de costos, direccionada al

Proyecto de infraestructura Nacional llamado "Primer Programa de la Red Vial Cantonal PRVC-1 Préstamo BID No.2098/ OC-CR, MOPT-GIZ" con respecto a los renglones del CR-2010 y otras especificaciones especiales.

Para poder realizar un proyecto como el que se plantea, es necesario poder incorporar objetivos específicos que son los que colaboran a elaborar todo el tema propuesto, estos se describen a continuación:

1. Realizar un diagnóstico de las herramientas que posee la entidad para la estimación de costos.
2. Identificar las necesidades y requerimientos de la Unidad Ejecutora en cuanto a las actividades de los renglones del CR-2010.
3. Investigar los rendimientos, maquinaria, mano de obra y materiales que requiere cada renglón de pago, según las actividades que contemplan cada uno de ellos.
4. Seleccionar los renglones de pago que se incluirán en la herramienta de estimación de costos.
5. Integrar los elementos necesarios para la estimación de costos de las actividades seleccionadas en una hoja de Excel.



# Metodología

Los pasos que permitieron cumplir con todos los objetivos propuestos inicialmente son los siguientes:

## Objetivo 1:

Para cumplir con el objetivo 1 se planteó un diagnóstico de las propuestas hechas para la estimación de costos de proyectos anteriores, se revisó su funcionalidad, efectividad, e incluso, la facilidad de uso para el operario. Por otra parte, fue de gran ayuda entrevistar a operarios que se encuentran enterados del uso diario de los costos, como también se practicaron en las entrevistas, preguntas claves, con las que se aplicaron puntos muy importantes de este objetivo, en otras palabras, se utilizó la oportunidad de las entrevistas para encuestar puntos que permitieron realizar una mejor comprensión de la forma en que se trabaja con los costos, también las deficiencias que han encontrado a lo largo del tiempo en las herramientas que existieron anteriormente, entre muchos más (estas entrevistas podrán ser vistas en la sección de apéndices de este trabajo escrito). Con estas actividades se obtuvo como resultado las debilidades que poseen la entidad y los puntos que deben ser reforzados en cuanto a metodologías de estimación de costos, respondiendo entonces con el objetivo 1.

## Objetivo 2:

Para llevar a cabo el objetivo 2, se desarrolló una investigación de las debilidades obtenidas en el paso anterior, para que a la hora de elaborar la herramienta esta pudiera cumplir con todo lo que las que le precedieron no han podido. Se planteó obtener los requisitos necesarios que fueron aplicados a los renglones de pago del CR-2010. De la misma forma, para lograr el objetivo anterior, se realizaron encuestas para identificar tales necesidades y otras, que fueron incluidos en la herramienta de cálculo. Se comenzaron las actividades para este objetivo, mediante la realización de una entrevista a una de las

personas de mayor conocimiento en el tema dentro de la empresa, los resultados de las preguntas se pueden ver en el apéndice 1, 2, 3 y 4 (presentes en la sección de apéndice), y el análisis en su respectiva sección.

## Objetivo 3:

Para desarrollar el objetivo 3 se realizó una investigación en la entidad ejecutora GIZ, donde se destacó el trabajo realizado por un profesional a cargo del tema, en costos de obras públicas. Dentro de lo más destacado fue el documento que recibe el nombre de “Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor para la actualización y modernización del sistema de costos de obras viales del área de viabilidad”, este posee información importante para aplicar en un presupuesto de obra vial, y fue desarrollado por el ingeniero Rafael Sánchez Bonilla. (Sánchez R. , 2001). En el folleto del señor Sánchez, se agregaron los renglones de pago divididos por cada actividad, en estas se encontró el desglose de la maquinaria, materiales y mano de obra, que conforman cada actividad, y acompañada esta información a los rendimientos medidos en campo en cada uno de ellos. Además del documento nombrado anteriormente, también se revisaron estos datos en la hoja de cálculo que utiliza la GIZ, en sus análisis de costos por renglones de pago, la misma realizada por el señor William Abarca.

## Objetivo 4:

Para alcanzar el objetivo 4 se debió hacer una investigación de los proyectos de caminos vecinales ya realizados y los que se mantienen en ejecución, los cuales fueron brindados por los encargados de seguimiento y ejecución de los proyectos, comenzando por los que se publicaron en el año 2012, y hasta finales del año 2014. Se partió de un análisis que se le realizó a cada proyecto y la revisión de todos los renglones de pago (anotándolos y verificando cuantas veces

son utilizados los renglones en todos los proyectos publicados). Se consideraron los renglones de pago más utilizados, luego se realizó un análisis porcentual de la cantidad de veces que aparecían estos renglones de pago con respecto a todas las licitaciones revisadas, esto para poder incluirlos en la herramienta de estimación de costos.

Inicialmente se pretendió poder obtener una constante estadística conocida como muestra, para utilizar los renglones de pago que se repitieran “n” cantidad de veces (obtenido por la ecuación de muestra):

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{d^2 * (N - 1) + Z^2 * p * q}$$

**Donde:**

**n=** Muestra

**Z=** 1,96 para 5% de error

**N=** total de la Población

**p=** Proporción esperada (este caso 5%)

**q=** 1-p

**d=** Precisión (en este caso se usó 3%)

(Bolaños Rodríguez, 2012)

Sin embargo no se obtuvo la respuesta esperada, entonces se tuvo que buscar otro método donde se tomarían en cuenta a partir del mínimo del 10% de veces que cada renglón de pago se utilizara en las licitaciones revisadas. (Los resultados de lo anterior son presentados en la sección correspondiente).

Para la selección de renglones de pago, fue importante destacar el parecer de los personeros de la empresa, pues ellos, en su opinión y con su experiencia, indicaron la necesidad de uso de algunos renglones que son vitales en un presupuesto de la red vial cantonal. Estos criterios fueron consultados mediante las entrevistas que se aplicaron.

Otro de los puntos importantes que se consideraron, es que se debió agregar los renglones de pago que sean utilizados en los proyectos que están siendo ejecutados en este periodo, pues así se podrían considerar para efectos de revisión de rendimientos si fuese necesaria la medición.

En resumen, se seleccionaron los renglones de pago bajo tres criterios importantes:

1. Según necesidad de la empresa indicada por personeros.

2. Según los proyectos en ejecución.

3. Según la mayor cantidad de veces que se repiten en todos las licitaciones revisadas.

Al finalizar la selección de actividades, estas fueron aprobadas por la entidad GIZ, y ya con esto, se procedió a realizar el próximo y más importante objetivo.

**Objetivo 5:**

Para conseguir el objetivo 5 se hizo una recopilación de todos los elementos desarrollados anteriormente, incluyendo las necesidades y requerimientos que existen en la entidad GIZ, se utilizaron los rendimientos que fueron brindados por el ente consultor, se le dio uso a los renglones de pago que se aprobaron con anterioridad y se incluyeron en ellos, todos los requisitos que se pudieron tomar en cuenta de las hojas de cálculo, que fueron evaluadas desde el inicio. Se logró, en conjunto con Excel, una herramienta de cálculo que fuera muy eficiente, y que cualquier persona tenga la posibilidad de utilizarla, además, que el ingreso de los datos fueran fáciles de incluir y de actualizar. Esta herramienta fue avalada por la entidad GIZ, y supervisada por profesionales y personas que poseen gran experiencia en este tema tan importante, como lo es el control de costos.

# Marco Teórico

## Manual de especificaciones generales de construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)

El Manual de Especificaciones Generales de Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes (CR-2010), es conocido también con el nombre abreviado a CR-2010. En su introducción, la cual fue brindada por el exministro de obras públicas y transportes Francisco Jiménez Reyes, se expone el objetivo principal que posee este documento en la construcción de obras tales como carreteras, caminos y puentes. En las palabras del señor Jiménez se expone lo siguiente:

“Este Manual es un documento de índole preceptiva, de aplicación obligatoria en las diferentes fases de todas las obras viales que se realicen para el Ministerios de Obras Públicas y Transportes y sus consejos. En él se establecen políticas, criterios, procedimientos y métodos que indican las condiciones por cumplir en los proyectos viales y que guardan relación con la planificación, estudio, evaluación, diseño, construcción, seguridad, mantenimiento, calidad e impacto ambiental.” (MOPT, 2010)

De acuerdo con lo indicado en este documento, se puede conocer, que a partir del año 2001, rige la ley N°8114 la cual indica en su

inciso e), artículo 6 que se debe proceder a la renovación del manual de especificaciones y publicaciones de una nueva edición la cual debe ser actualizada y revisada cada diez años. Dicho manual fue elaborado por una comisión redactora conformada en el 2007 y un año más tarde interviene la comisión revisora. (MOPT, 2010)

Este documento tan importante, posee una serie de divisiones y cada una contiene distintos temas, se puede describir el contenido de cada uno de ellos mediante lo que se expresa a continuación:

100: contiene los requerimientos generales del contrato, para los cuales no se hace pago directo, es aplicable a todos los contratos.

150: posee los requerimientos contractuales aplicables a todos los contratos. El trabajo que se realice, según la división 150, será remunerado directamente cuando exista un renglón de pago específico dentro del cartel. En caso contrario, no se hará pago directo.

200 a 600: señala los requisitos de construcción de los contratos para los diferentes renglones específicos del proyecto. El trabajo llevado a cabo, según estas divisiones, es pagado directa o indirectamente conforme a lo establecido según la recepción de la obra y finiquito del contrato.

700: contiene los requerimientos para los materiales indicados en las Divisiones 150 a 600, por lo que no se establece en ellas pago directo. El pago correspondiente al material se incluye como parte del trabajo requerido, según las Divisiones 150 a 600. (MOPT, 2010).

Según lo define el CR-2010, una estructura del precio del contrato estará compuesta por los costos directos, los costos indirectos, la utilidad y los imprevistos. Los costos directos se dividen en: costos de mano de obra directa y costos de los grupos de insumos y servicios especiales en el caso de obras de ingeniería civil, mientras, los costos indirectos se dividen en: costos de mano de obra indirectos y costos de insumos indirectos. Además podrá

incluir los costos de insumos y servicios específicos. (101.04 Definiciones, 2010).

## Renglones de Pago

Los renglones son el elemento más importante en una licitación pública, estando dentro del tema de costos. De aquí parte la administración para estimar un costo aproximado y que los oferentes puedan presentar las ofertas con las mismas cantidades. Según el CR-2010, se define de la siguiente manera: “Una unidad de trabajo, específicamente descrito para la cual todo oferente cotiza un precio unitario o global y que pasa a formar parte del contrato con el adjudicatario” (MOPT, 2010). Parte de la abreviatura o distinción de cada renglón es los primeros tres dígitos, pues esos equivalen a la sección del CR-2010 a la cuales pertenecen esas actividades, por ejemplo: **CR.303.01 Reacondicionamiento de subrasante y espaldones**, en ese renglón anterior, su número quiere decir que pertenece a la **sección 303. Reacondicionamiento de la calzada**. Al finalizar la descripción de una sección, se presenta un cuadro resumen de los distintos renglones de pago que equivalen a esa numeración, en el caso del ejemplo anterior, se puede comprender mejor en el siguiente cuadro:

Cuadro 1. Renglones de pago en sección 303 del CR-2010		
	Renglón de pago	Unidad de medida
CR.303.01	Reacondicionamiento (descripción)	Kilómetro (km)
CR.303.02	Reacondicionamiento (descripción)	Metro cuadrado (m2)
CR.303.03	reacondicionamiento, escarificación _____mm	Kilómetro (km)
CR.303.04	reacondicionamiento, escarificación _____mm	Metro cuadrado (m2)

Fuente: (MOPT, 2010)

La entidad GIZ realiza una breve descripción sobre los renglones de pago, esta información está brindada en un documento realizado por la misma el día 30 de Octubre del año 2014,

llamado “Cartel guía”, donde agregan que la lista de renglones de pago y precios unitarios, contiene los rubros correspondientes a la administración y/o construcción de las obras que deberán ejecutar. Además se agrega que al contratista se le pagará por la cantidad de trabajo realizado, al precio unitario especificado para cada renglón de pago. (GIZ, 2014)

Dentro de todos los renglones de pago que existen en este reglamento, hay uno que puede ser la salvedad de muchos casos de error en la predicción de imprevistos, este es el siguiente: **110.06.01 Trabajo a costo más porcentaje**, con este se pueden ordenar y cancelar todos los trabajos que sean imprevisibles, se calcula con el 5% del precio adjudicado en cada renglón y la cantidad de cada renglón de pago del proyecto. Hay que tomar en cuenta que este renglón de pago no es posible usarlo para reajustes. (MOPT, 2010). Además, un documento realizado por la GIZ conocido como “Cartel Guía” presenta varios rubros en este tema:

1. Pueden ser cancelados y ordenados todos aquellos trabajos de la naturaleza imprevisible, que no tengan precios unitarios en el contrato y que se ajusten a la disposición General vigente y otras directrices emanadas respecto a este renglón de pago. (GIZ, 2014).
2. Cuando se requiera la ejecución de este tipo de trabajos de naturaleza imprevisible, el gerente de obras solicitará una cotización de los trabajos requeridos al contratista. La gerencia de Obras valorará la cotización, determinando si los precios son ajustados a los precios de referencia del programa Red Vial Cantonal. (GIZ, 2014)
3. En caso de no ser aceptables los precios propuestos por el contratista, la Gerencia de Obras solicitará una nueva propuesta, la cual deberá ser aportada por el contratista en un plazo de tres días para su respectiva revisión. (GIZ, 2014)
4. Una vez definido el precio, el gerente de Obra deberá elaborar la respectiva orden de servicio, que regirá una vez de acuerdo con el procedimiento establecido. (GIZ, 2014)

Dentro del Cartel realizado por la GIZ, que recibe el nombre de “Cartel Guía”, se indica que en el caso, que para un proyecto específico se disponga de una oferta que, siendo la de menos precio y cumpliendo con las condiciones establecidas en el cartel, pero cuyo monto ofertado supera el monto referencial de recursos disponibles acorde con el Artículo 4. De la Ley 8982, la Unidad Ejecutora y de Coordinación del Programa, procederá a comunicar al adjudicatario cuál fuente de recursos se utilizará para cubrir la diferencia de costo de las obras en cuestión, constituyendo las opciones, recursos remanentes de la cuota financiada del PRVC-MOPT/BID o recursos de otras fuentes del Gobierno Local. (GIZ, 2014)

El coordinador de la GIZ solicita que dentro del análisis estadístico que debe incluir la revisión de los renglones de pago se debe utilizar la ecuación de la muestra (Barquero, 2014), según la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Escuela Superior de Tizayuca corresponde la fórmula a:

## Banco Interamericano de Desarrollo

El Banco Interamericano de Desarrollo es también conocido como BID, el cual describe en su página web que parte de sus fines es apoyar los esfuerzos de América Latina y el Caribe para reducir la pobreza y la desigualdad, por eso nace el objetivo de lograr el desarrollo de forma sostenible y respetuosa con el clima. (BID, 2015)

Este banco, se encarga de financiar proyectos que ayuden al desarrollo de América Latina y el Caribe, ellos poseen un fondo de operaciones especiales, y de ahí es de donde se le colabora a las regiones más vulnerables de las zonas ya nombradas. (BID, 2015)

Los clientes principales de este ente prestatario, son los gobiernos centrales, provincias, municipios, empresas privadas y organizaciones no gubernamentales, según se indica en la información básica de la página web

(BID, 2015). El BID es el ente financiero del proyecto que maneja el MOPT en conjunto con la GIZ (como ente consultor) y las municipalidades.

El BID posee sus propias políticas cuando se trata del tema de contrataciones de carteles, estas llevan el nombre de “Políticas para la Adquisición de Bienes y Obras Financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo”. (BID, 2006)

La GIZ al ser un ente consultor que trabaja de la mano del BID, debe adaptarse a las normativas, y dentro de ellas vienen incluidas muchas cláusulas que debe cumplir la empresa que fue adjudicada en cada proyecto por realizar. Los requisitos que se solicitan son orientados por cuatro consideraciones, según se comenta en el mismo documento de las políticas ya nombradas:

- La necesidad de atender a criterios de economía y eficiencia en la ejecución del proyecto, inclusive para la contratación de los bienes y para la ejecución de las obras involucradas en él. (BID, 2006)
- El interés del Banco en dar a todos los oferentes elegibles, tanto de países prestatarios como no prestatarios miembros del banco, la misma información e igual oportunidad de competir en el suministro de bienes y la ejecución de obras financiados por el banco. (BID, 2006)
- El interés del Banco en fomentar el desarrollo de los contratistas y fabricantes del país prestatario. (BID, 2006)
- La importancia de que el proceso de contratación sea transparente. (BID, 2006)

Algunas otras exigencias que pide el BID para el proceso de contratación, según el documento de las políticas son:

- En la mayoría de los casos, el banco exige a sus prestatarios que contraten la adquisición de bienes, la ejecución de obras y servicios conexos, mediante licitación pública internacional abierta a los proveedores de bienes y contratistas de obra elegibles para participar en ésta. (BID, 2006)
- Cuando la licitación pública internacional evidentemente no constituye el método de contratación más económico y eficiente, otros métodos de contratación podrán utilizarse. (BID, 2006)
- Para la aplicabilidad de las políticas, se aplican a toda concentración de bienes y obras financiadas total o parcialmente con fondos del préstamo. (BID, 2006)

- En la elegibilidad lo más destacado está en que los prestatarios deben llevar a cabo de manera diligente la evaluación técnica y de precio de los oferentes, de tal manera que se asegure la capacidad para ejecutar el contrato específico. (BID, 2006)
- Lo que es la revisión por el Banco, el banco examina los procedimientos, documentos, evaluaciones de ofertas, recomendaciones se lleve a cabo de conformidad con los procedimientos convenidos. (BID, 2006)
- Dentro de todo lo que abarca el tema del análisis de oferta, el prestatario debe determinar si las ofertas cumplen con los requisitos de las políticas, están debidamente firmadas, acompañadas de garantías exigidas, si cumplen con lo solicitado en los documentos de licitación, están en general en orden, con solo que no tenga una de las solicitudes no se debe de tomar en consideración. (BID, 2006)
- Para la evaluación y comparación de ofertas, la oferta que es adjudicada es la de menor costo evaluado (no es necesariamente la más baja). (BID, 2006)

Existen muchas secciones del reglamento del BID, donde indica sus metodologías de seguimiento y ejecución, las descritas anteriormente son algunas de las que posee este documento.

## Elementos que componen una herramienta de estimación de costos

Dentro de la revisión realizada en las diferentes hojas de cálculo que fueron brindadas, se pudo determinar diferentes elementos que se tienen que tomar en cuenta para la elaboración de una herramienta de cálculo, y a su vez, los mismos fueron revisados en un documento llamado “Cartel guía”, que posee la entidad GIZ, donde se puede verificar lo que se solicita que se incluya en un presupuesto.

Dentro de este documento realizado por la GIZ, se comenta lo siguiente en cuanto a estructuras de costos:

“...Se le recuerda a los oferentes que la estructura de costos se incluye en el cartel, debe tomarse únicamente como referencia, ya que conforme lo dispuesto con el informe N° DFOE-OP-IF-3-2010 del 22 de febrero del 2010, de la división de fiscalización operativa y evaluativa del área de fiscalización de servicios de obras públicas y transportes de la contraloría general de la República, la estructura de costos a utilizar para el reajuste de precios, debe estar acorde con las características y condiciones reales de la maquinaria y brigadas del adjudicatario que realmente trabajarán en el proyecto...” (GIZ, 2014)

Además, dentro del “Cartel guía” se presenta que la estructura de costos debe poseer: Renglón de pago, Descripción del renglón, Unidad de pago, Costos Fijos, Repuestos, combustibles, Lubricantes, Llantas, Mano de Obra Directa, Materiales, Mano de Obra Indirecta, administración (Overhead), Imprevistos, Utilidad y Total. Dentro de lo solicitado en una estimación de precios, es que se incluya en ella una columna de descripción el precio en letras y en la sección de precio unitario solamente en números. (GIZ, 2014)

A continuación se presentará los diferentes rubros por incluir:

**Precio Unitario:** Su definición se puede interpretar como “Costo por artículo, o el costo por unidad de medida” según el sitio web Mathematics Dictionary. (Mathematics Dictionary, 2015). Según la presentación realizada por el ingeniero William Abarca, antiguo trabajador de la entidad GIZ, la cual posee el nombre de “Presupuestos de obras viales”, indica que los precios unitarios deben ser desglosados en una estructura de costos de forma que se muestren costos directos, indirectos, imprevistos y utilidades. (Abarca, 2014).

En la siguiente figura, se hace un resumen de la composición de los precios unitarios:



Figura 1. Conformación de precio unitario  
Fuente: (Abarca, 2014)

Además destaca Abarca, que es importante tomar en cuenta factores como clima, tipo de superficie, rendimientos, factores de eficiencia, y otros más. (Abarca, 2014)

**Total de cantidades necesarias:** Este punto es importante, pues en el momento que se determina el precio final del proyecto, se consideran las cantidades y precios unitarios.

**Monto total por cantidades necesarias:** como su nombre lo indica, es la sección donde se incluyen los montos totales por líneas, donde se indica el valor total de una actividad específica.

Además de lo anterior, cada línea o actividad (en este caso, serían los renglones de pago), se debe desglosar sus precios totales en maquinaria, mano de obra y materiales.

- A. Maquinaria:** La maquinaria al igual que la mano de obra, es medida con respecto a los rendimientos, por ello es tan importante incluirlos en un presupuesto, ya que muchas actividades dependen de los diferentes operarios y los materiales, y también dependen mucho de la actividad por realizar o la zona donde se ejecute la actividad (ya sea por el clima, el tipo de suelo, entre muchos otros factores). En la tesis llamada *La Maquinaria Pesada en Movimientos de Tierras (Descripción y Rendimiento)* llevada a cabo por el señor Roberto Vargas Sánchez, describe lo siguiente: *“Dentro del cálculo de los costos del*

*equipo de construcción, así como para la planificación y programación de las obras, es 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....”.* (Vargas Sánchez, 1999).

Según una presentación realizada tiempo atrás por la persona encargada, en ese momento de la sección de costos del CONAVI, el señor William Abarca, recibe el nombre de “Costos Horarios”, en ella se describe la metodología y lo que se debe calcular para determinar los costos horarios en las hojas de estimación de presupuestos. Además describe que se debe calcular para la maquinaria algunos factores que permiten determinar el costo horario de manera desglosada. (Abarca, 2014). Parte de los objetivos de esta presentación es realizar un análisis de variables que intervienen en los cálculos.

Toda la información suministrada en esta presentación es obtenida mediante el libro “Contractors Equipment Cost Guide”, en nuestro país es conocido como “Libro Azul”. En él se encuentran un conjunto de valores (costos horarios, diarios, semanales y mensuales) y factores que serán nombrados más adelante. Este libro abarca la mayor cantidad de marcas, modelos, potencias, tamaños y demás características de la mayor parte de máquinas utilizadas en proyectos de infraestructura vial, más adelante se expondrá información que proviene de este libro, para complementar la información de la presentación del señor William Abarca.

Según Abarca, se describe que el costo horario se divide en dos: Costo de operación o variables y costos de posesión o fijos. En la siguiente figura, se puede contemplar como se toma en cuenta estos dos costos para determinar la vida útil de un equipo de uso en proyectos. (Abarca, 2014).

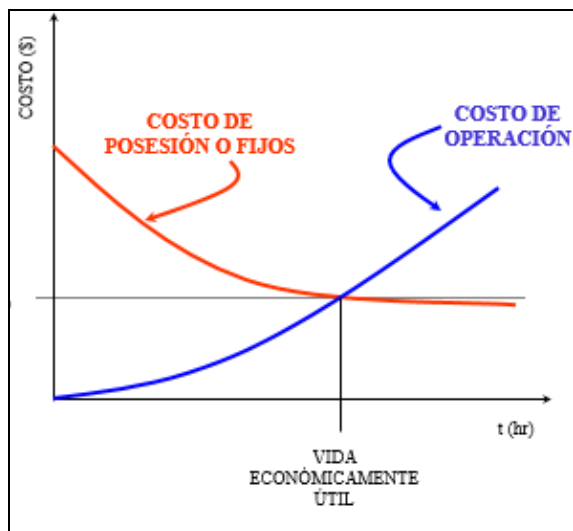


Figura 2. Costo horario de equipo y maquinaria  
Fuente: (Abarca,2014)

El valor de las máquinas que son importadas, viene brindado por ciertos factores influyentes, incluyendo los seguros, fletes marítimos, costos de aduana, entre muchos otros, según lo comenta el autor Abarca en su presentación. (Abarca, 2014). Además agrega que el nombre que recibe el precio descrito anteriormente es “precio CFI” y al final de pagar las cargas tributarias correspondientes a lo que solicita el Ministerio de Hacienda, se obtiene el valor del equipo en Costa Rica. (Abarca, 2014). El costo horario se puede desglosar según lo indica la siguiente figura:

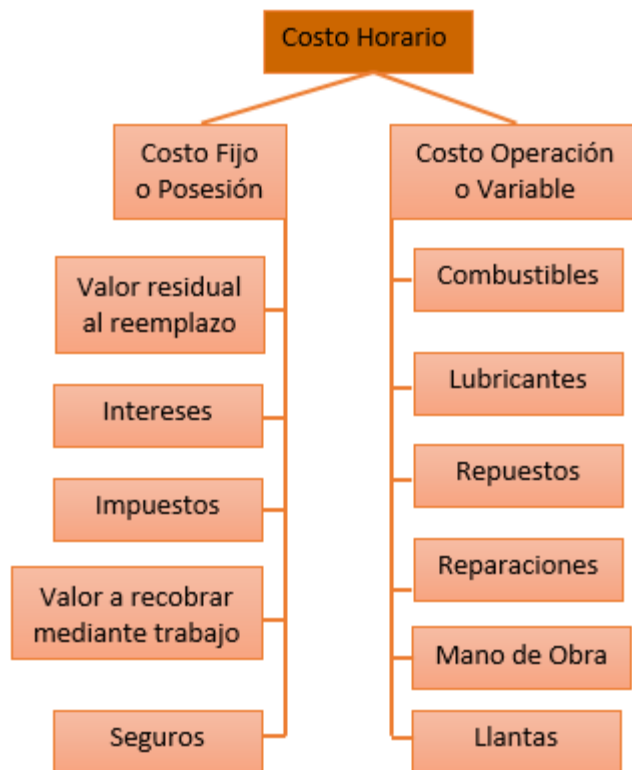


Figura 3. Puntos de estimación de costos para maquinaria  
Fuente: (Abarca, 2014)

A continuación, se describen los Costos fijos o de Posesión para el costo horario de la maquinaria:

- **Valor de salvamento o residual al reemplazo:** el cual representa el valor del equipo cuando termina su vida útil, este costo varía según la maquinaria, el autor describe en el siguiente cuadro los porcentajes que hay del factor de salvamento dependiendo de la maquinaria:

Cuadro 2. Porcentaje de factor de salvamento	
Niveladoras	19-20%
Palas Excavadoras	17-22%
Back Hoe	13-20%
Tractores	17-28%
Quebradores	16.8 %
Compactadores	16-25%
Rompedoras	5%

Fuente: (Abarca, 2014)



El autor de la presentación indica que se utiliza la siguiente fórmula (Abarca, 2014):

$$\text{Valor salvamento} = f_{\text{Salvamento}}$$

**\* Valor del equipo sin llantas**

Donde:

**F<sub>salvamento</sub>**: este se obtiene del libro de rendimientos llamado comúnmente "Libro Azul" (Contractors Equipment Cost Guide)

**Valor del equipo sin llantas**: se determina usando el precio del equipo en Costa Rica restándole el valor y vida útil de las llantas (estos se obtienen del "Libro Azul")

(Abarca, 2014)

- **Valor por recobrar mediante trabajo**: Abarca describe este valor como la cantidad de horas productivas esperadas que puede tener un equipo nuevo y económicamente puede ser útil. (Abarca, 2014). Se utiliza la siguiente fórmula:

$$= \frac{\text{Valor de equipo sin llantas} - \text{Valor Salvamento}}{\text{Vida económica útil del equipo}}$$

Donde:

**Valor de equipo sin llantas**: definido anteriormente.

**Valor de salvamento**: en el punto anterior.

**Vida económica útil del equipo**: esta es obtenida del libro de rendimientos "Libro Azul".

(Abarca, 2014)

- **Interés**: Es el costo de empleo del capital y solo se estima con la vida económica útil. De la misma forma que los puntos anteriores, es definida por una ecuación (Abarca, 2104) :

$$= \frac{\text{VidaU} + \text{HorasU}}{2 * \text{VidaU}} *$$

$$\frac{\text{Valor equipo sin llantas} * (\text{prime rate} + \text{Spread \%})}{\text{Horas de Uso Anual}}$$

Donde:

**VidaU**: se refiere a vida útil del equipo.

**HorasU**: indica las horas útiles del equipo.

**Val.equipo sin llantas**: ya definido.

**Prime rate**: tasa de interés

**Spread%**: porcentaje de propagación.

**Horas de Uso anual**: horas que serán destinadas al uso del equipo por año.

(Abarca, 2014)

- **Seguros**: El factor de seguro voluntario es del 3.1%, estos seguros van del 1% al 1.5% según el equipo por estimar (Abarca, 2014).

Se define mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{\text{VidaU} + \text{HorasU}}{2 * \text{VidaU}} *$$

$$\frac{A + B + (C + \text{paquete Dy E}) * \text{Valor CR}}{\text{Horas de uso anual}}$$

Donde:

**VidaU y HorasU**: definidas anteriormente.

**Paquetes A,B,C,D,E**: valores definidos por el Instituto Nacional de Seguros.

**Valor CR**: Valor del equipo en Costa Rica.

**Horas de Uso anual**: Ya fue definido en el punto anterior. (Abarca, 2014)

- **Impuesto de ruedo**: este equivale a un costo establecido por la ley. Y la ecuación que define este valor corresponde según Abarca corresponde a:

$$= \frac{\text{VidaU} + \text{HorasU}}{2 * \text{VidaU}} *$$

$$\frac{\text{Imp Propiedad Vehículo} + \text{IFAM}}{\text{Horas de uso Anual}}$$

Donde:

**Imp.Prop.Vehículo**: impuesto por el Gobierno.

**IFAM**: factor que puede verificarse en la siguiente dirección electrónica: <http://www.nasdaq.com/es/symbol/ifam>.

**Horas de uso anual:** descrito anteriormente. (Abarca, 2014)

A continuación, los Costos variables o de operación para el costo horario de la maquinaria:

- **Combustible:** se necesita conocer el factor de combustible y la potencia del equipo (HP) (Abarca, 2104). Es definido por la siguiente ecuación:

$$= f_{\text{combustible}} * \text{Precio Combustible} * (hp) * 3.785333$$

Donde:

**F<sub>combustible</sub>:** este es tomado del “Libro Azul” y varía según la máquina.

**Precio Combustible:** precios oficiales son publicados por el diario La Gaceta, y son establecidos por la Autoridad reguladora de los servicios públicos (ARESEP).

**HP:** potencia en caballos de fuerza de la maquinaria.

(Abarca, 2014)

En el siguiente cuadro, se puede apreciar como el autor William Abarca, realiza una división de maquinaria y su factor correspondiente de combustible en galones por Hora (gph/HP):

Cuadro 3. Factor de combustible en diferentes maquinarias	
Niveladoras	0.039
Palas Excavadoras	0.044
Back Hoe	0.033
Tractores	0.042
Mototrailla	0.036
Compactadores	0.024-0.065
Vagonetas	0.032

Fuente: (Abarca, 2014)

- **Lubricante:** este rubro solamente depende del factor de lubricante que es determinado en el “Libro Azul”, la ecuación para obtener este valor corresponde a:

$$= f_{\text{lubricante}} * \text{combustible}$$

Donde:

**F<sub>Lubricante</sub>:** este es obtenido en el “Libro Azul”.

**Combustible:** el monto establecido por el diario La Gaceta.

(Abarca, 2014)

- **Repuestos y Reparaciones:** en estos puntos, también es requerido el “Libro Azul”, Las ecuaciones que se definen en la presentación realizada por el autor William Abarca, de donde se obtienen estos valores:

$$\text{Repuestos} = \text{costo de reparación} * \text{TCD}$$

$$\text{Reparaciones} = \text{Repuestos} * f_{\text{Reparaciones}}$$

Donde:

**Costo de reparación y f<sub>reparaciones</sub>:** SON tomados del “Libro Azul”.

**TCD:** Siglas para referirse a tipo de cambio de dólar.

(Abarca, 2014)

- **Llantas:** corresponde al valor de la vida útil de las llantas, según Abarca, se determina mediante:

$$\text{Llantas} = \text{costo de llantas} * \text{TCD}$$

Donde:

**TCD:** ya descrito anteriormente.

**Costo de llantas:** se determina mediante los manuales de diferentes maquinarias o bien, en el Libro Azul, la siguiente figura es característica de lo dicho.

WHEEL TRACTORS  
WHEEL LOADERS

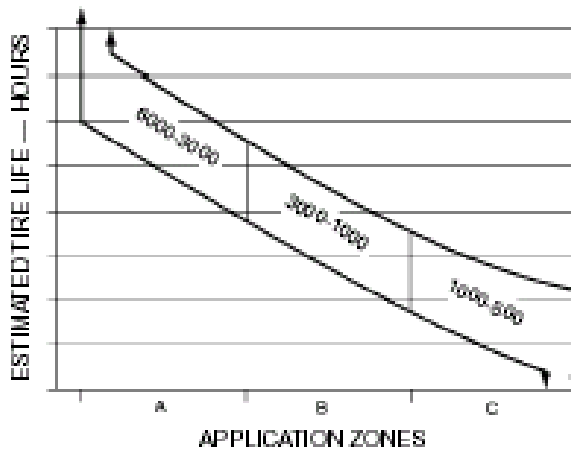


Figura 4. Gráfico para determinar horas útiles de llantas  
Fuente: (Abarca, 2014)

En la figura anterior, existe la clasificación de tres zonas características:

- **Zona A,** desgastan hasta la banda de rodadura debido a la abrasión.
- **Zona B,** Algunos se desgastan normalmente pero otros sufren fallos prematuros debido a cortes por rocas, impactos y pinchazos irreparables.
- **Zona C,** Pocos o ninguno se desgastan hasta la banda de rodadura debido a daños irreparables, generalmente debido a cortes por rocas, impactos y continua sobrecarga.

(Abarca, 2014)

- **Mano de Obra en Maquinaria:** se utiliza un factor de 0.83, pues se tiene que son 50 minutos efectivos de una hora, por lo tanto es realizado  $50/60 = 0.8333333$ . Este valor es tomado en cuenta para los rendimientos en cada actividad de los renglones de pago. (Abarca, 2014).

La información más destacada obtenida del Libro Azul, corresponde a precio base de la maquinaria, horas económicas, horas de uso anual, gastos de propiedad por hora (incluyendo depreciación y costos de capital de servicios), reparación y gastos de combustible por hora (incluye los gastos de reparación de labor, de partes, de suministros, de llantas, combustible y

lubricantes), gastos de propiedad y reparación combinados ( estos son mensuales, semanales, diarios y horarios), factores de descuento, factores de flete, factor de salvamento, factores de impuestos y seguros, factor de costos de capital de servicio, horas de reparación anual, factor de piezas por hora, factor de suministro a las piezas, factor de valor de las llantas, horas de vida de las llantas, factor de combustible y factor de lubricantes. (Contractor's Equipment Cost Guide, 2001). La información anterior, es utilizada en el cálculo de costo horario de la maquinaria y en esa sección de maquinaria de la herramienta, se encuentran todos los factores que se tomaron del libro.

El "Libro Azul" explica brevemente el significado de algunas definiciones anteriormente citadas, a continuación algunas de ellas:

- **Depreciación:** es la disminución del valor del equipo debido a la edad, condición y obsolescencia. Además indica que se trata de una cantidad necesaria para compensar el costo de la adquisición durante la vida económica de la máquina. El importe amortizable total se determina restando el descuento (si lo hay), el valor estimado de rescate y los costos de las llantas.
- **Vida económica:** en horas, es el periodo durante el cual es recuperado el costo de depreciación. Cuando la maquinaria es nueva ese costo es distribuido durante toda su vida, mientras q una maquinaria usada puede ser despreciada en su vida económica restante
- **CFC:** por sus siglas en ingles se refiere al costo del capital de servicios, este costo es calculado al multiplicar el factor CFC por el precio de la maquinaria y dividiendo su resultado entre las horas anuales de uso.
- **Costos laborales para reparaciones y mantenimiento** incluyen los salarios de los mecánicos.
- **Costos de las partes:** son requeridos para todo trabajo de reparación.

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Además de lo anterior, el libro Contractor's Equipment Cost Guide, expone que los costos unitarios que se encuentran en él, están basados en dos supuestos:

1. Los contratistas de topografía, los factores de costo relacionados con el equipo pueden ser desarrollados y aplicados a los equipos en condiciones mecánicas media y trabajando en condiciones no severas.
2. Si se utilizan esos factores como se sigue, la recuperación de costos por hora logrará solvencia al equipo en largo plazo, ya que se derivan de los costos de los equipos actuales.

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Además, el libro Contractor's Equipment Cost Guide fundamenta que los factores de costos son afectados por muchos cambios, incluyendo:

1. Las innovaciones en las tecnologías de la maquinaria afectan los costos de reacondicionamiento o el consumo de combustible.
2. Los promedios de los factores son afectados por la variación en el número o tipo de contratistas participantes en las encuestas.

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Las fórmulas presentes en el "Libro Azul" se muestran a continuación:

Recuperación de propiedad:

$$\text{Costo Adquisición} = \text{precio maquina} * (1 - f_{\text{descuento}} + I.V + f_{\text{flete}})$$

$$\text{Depreciación} = \frac{[(\text{Costo Adquis.} * (1 - f_{\text{salvam.}}))] - \text{precio llantas}}{\text{horas vida economicas}}$$

$$\text{Costo Capital de instalaciones} = \frac{(\text{Precio Maquinaria}) * (f_{\text{cfc}})}{\text{Horas uso anual}}$$

$$\text{Impuestos, licencias, seguridad, supervisión e inspección} = \frac{(\text{Costo Adqui.}) * (f_{\text{imp,seguro}})}{\text{Horas uso anual}}$$

Donde:

**I.V:** impuesto de venta

**F<sub>descuento</sub>:** Factor que se encuentra en el libro azul

**F<sub>Flete</sub>:** Factor que está en el "Libro Azul" ..

**F<sub>salvam</sub>:** factor de salvamento, en "Libro Azul".

**F<sub>cfc</sub>:** factor en el libro azul.

**F<sub>imp,seguro</sub>:** factor de impuestos, licencias, seguridad, supervisión e inspección, en el libro azul.

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación Mano de Obra:

$$\text{Mano de Obra} = \frac{(\text{tasa trabajo actual}) * (\text{horas anual reparacion M.O})}{\text{horas uso anual}}$$

Donde:

**M.O:** Mano de Obra

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación Partes:

$$\text{Partes} = (\text{precio maquinaria}) * f_{\text{partes x hora}}$$

Donde:

**F<sub>partesxhora</sub>:** factor presente en el "Libro Azul".

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación Suministros:

$$\text{Suministros} = \text{Costo de partes por hora} * f_{\text{suministro}}$$

Donde:

**F<sub>suministro</sub>:** factor presente en el "Libro Azul".

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación de llantas:

$$llantas = \frac{\text{precio llantas}}{\text{horas vida llantas}}$$

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación de combustible:

$$combustible = (HP) * f_{combustible} * Combustible \text{ x galon}$$

Donde:

**F<sub>combustible</sub>**: factor presente en el "Libro Azul"..  
**HP**: Potencia de la maquinaria en caballos de fuerza.

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Recuperación de Lubricantes:

$$lubricantes = (\text{costo combustible por hora}) * f_{lubricante}$$

Donde:

**F<sub>lubricantes</sub>**: factor presente en el "Libro Azul"..  
(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Combinación de calculos de recuperación:

$$mensual = 176 * (\text{deprec.} + \text{CFC} + \text{M. O} + \text{Partes} + \text{sumin.} + \text{llantas} + \text{comb.} + \text{lubri.})$$

$$semanal = 0.250 * (\text{mensual})$$

$$Diario = 0.22 * \text{semanal}$$

$$\text{horario} = 0.143 * \text{diario}$$

Donde:

**Deprec:** valor de depreciación.

**CFC:** costo capital de instalaciones.

**M.O:** costo de recuperación de mano de obra.

**Partes:** costo de recuperación de partes.

**Sumin.:** costo de recuperación de suministros.

**Llantas:** costo de recuperación de llantas.

**Comb.:** costo de recuperación de combustible.

**Lubri.:** costo de recuperación de lubricantes

(Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

Para finalizar con esta sección y con el fin de determinar el costo horario de las maquinarias, se presenta el siguiente cuadro, el cual es brindado por el libro Contractor's Equipment Cost Guide, y provee un resumen de la influencia del uso de las variantes en el costo horario del equipo:

Cuadro 4. Factores de ajuste y su influencia en Costos horarios												
Variables de uso	Depreciación	Impuestos, seguros....	M.O	Partes	Suministro	llantas	combustible	lubricante	mensual	semanal	diario	horario
Experiencia contratista	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Actividad de la construcción	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Operaciones graves	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Alquileres a terceros	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Varios Turnos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Máquina Precio lista	*	*		*	*	*			*	*	*	*
Horas vida económica	*	*							*	*	*	*
Horas de uso Anual		*	*						*	*	*	*
Descuento	*	*							*	*	*	*
Factor de Carga	*	*							*	*	*	*
Factor de salvamento	*	*							*	*	*	*
Impuestos, licencias, seguridad, supervisión, inspección		*							*	*	*	*
Factor CFC		*							*	*	*	*
Costo de la tasa de dinero		*							*	*	*	*
Recuperación en espera			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Horas anuales de reparación			*						*	*	*	*
Tasa de trabajo mecánica			*						*	*	*	*
Equipo discontinuado				*	*	*			*	*	*	*
Factor de piezas por horas				*	*				*	*	*	*
Factor de suministros de partes					*				*	*	*	*
Factor de valor de llantas						*			*	*	*	*
Horas de la vida de llantas						*			*	*	*	*
Factor de combustible							*	*	*	*	*	*
Precio Combustible							*	*	*	*	*	*
Variación de HP							*	*	*	*	*	*
Factor de lubricación								*	*	*	*	*
Precio Lubricante								*	*	*	*	*

Fuente: (Contractor's Equipment Cost Guide, 2001)

**B. Mano de Obra:** el autor Hernán Pabón comenta en su libro "Fundamentos de Costos" que los costos de mano de obra son elementos más complejos de los costos de producción y de los costos en general, porque es necesario combinar

cuatro variables, las cuales son: Tipo de relación contractual con el trabajador y sus consecuencias económicas y legales, el tipo de organización de la producción, el tipo de contabilidad y el tipo de costos de mano de obra. (Pabón, 2012).



Además, en el libro llamado “Manual de costos y presupuestos de obras viales, Tomo I” del autor Walter Ibáñez, se describe que la mano de obra es parte de los costos directos de operación. Como también comenta que este rubro debe estar determinado por categorías (tales como capataz, operarios, peones, entre otros). (Ibáñez, 2012). Para el caso de la herramienta de Cálculo en el presente proyecto, se utiliza el costo actualizado del primer semestre del 2015 brindada por el Ministerio de Trabajo de Costa Rica, se utilizan las tarifas mínimas. En la siguiente tabla se presentan los salarios por jornadas o bien mensuales, según el Ministerio de Trabajo de Costa Rica para el primer semestre del 2015 en algunos de los puestos más comunes, dentro del rubro mano de Obra en construcción vial:

<b>Cuadro 5. Salarios de Mano de Obra</b>	
<b>Descripción</b>	<b>Salario mensual/ Jornada</b>
Peón Misceláneo	₡9.509,34
Peón de Construcción	₡9.509,34
Dinamitero	₡10.340,74
Encargado	₡12.421,15
Mecánico	₡12.421,15
Ayudante	₡9.509,34
Albañil	₡10.340,74
Carpintero	₡10.531,09
Armador	₡10.340,74
Soldador	₡10.531,09
Pintor	₡9.509,34
Guarda	₡305.323,98
Serigráfico	₡10.531,09
Ayudante serigrafía	₡9.509,34
Operador de Maquinaria	₡12.421,00

Fuente: (MTSS, 2015)

**C. Materiales:** según el libro “Fundamentos de Costos” del autor Hernán Pabón Barajas, describe que los materiales directos son los que realmente forman parte del producto terminado (Pabón, 2012). Además dice que se clasifican en materiales directos e indirectos, donde

los directos son los que forman parte del producto terminado y los indirectos son los que se requieren para la producción, pero no hace parte integral del producto. (Pabón, 2012).

En el libro antes mencionado del señor Ibáñez, describen que en la ejecución de una carretera se integra materiales semi elaborados, elaborados, mano de obra, herramientas y equipos. (Ibáñez, 2012). Ibáñez comenta que el costo de los materiales necesarios para la construcción de carreteras, son componentes básicos dentro de un análisis de costos unitario. Además el autor del libro “Manual de costos y presupuestos de obras viales”, da como recomendación que se debe tomar en cuenta los gastos que se requiere para ser colocados al pie de la obra, por tal razón, además de su costo de fábrica, es importante considerar el costo del flete, manipulación, almacenamiento, mermas y viáticos. (Ibáñez, 2012).

Cada una de las anteriores debe estar debidamente desglosadas en los siguientes rubros:

- **Cantidades:** Principalmente es para mantener un control de los diferentes puntos, por ejemplo en Maquinaria la cantidad de picos y palas necesarios, en Mano de Obra los soldadores o los operarios que se requieren para esta actividad, y para Materiales la cantidad que se solicita en esa actividad.
- **Descripción:** en este punto es importante tomar en cuenta que de ser Maquinaria, se deben describir los diferentes tipos de equipos que permiten realizar la labor, se puede decir que el uso de un automóvil es un ejemplo de lo anterior. De ser Mano de Obra, se indica el puesto en que cada persona labora, el soldador constituye un ejemplo. Si se refiere a la sección de Materiales, se debe incluir los elementos que conforman la actividad para poder lograrla, como por ejemplo el cemento.
- **Unidad de medida:** este punto es muy importante, ya que para cuestiones de análisis en los costos, se puede comparar mejor el costo de actividades, por ejemplo se puede verificar que el monto de la arena por

utilizar es por m<sup>3</sup>. Según la página web **Economía48**, la unidad de producción es el conjunto de personas y de medios materiales organizados con la finalidad de obtener bienes o servicios (La gran enciclopedia de Economía, 2015).

- **Rendimiento:** según se indica en el sitio web llamado **Economía48**, su significado desde el punto de vista económico, para un proceso productivo, es la cantidad de productos obtenidos en una unidad de tiempo determinada (La gran enciclopedia de economía, 2015). Los datos son recolectados de la base de datos que maneja el MOPT, sin embargo son teóricos y muchas veces difieren de lo que se presenta en campo. Son indispensables en un presupuesto, porque con base en estos se generan los costos por actividad. Muchas veces se representan en producto por tiempo, un ejemplo puede ser m<sup>3</sup>/hora.
- **Cantidad de Horas:** Como anteriormente se dijo, es indispensable este punto para la determinación de los rendimientos, además es posible que una persona ajena a la elaboración del presupuesto, pueda revisar y corroborar que las horas estimadas están bien, de lo contrario sería más difícil de revisar el valor de la actividad.
- **Costo por hora:** mediante este rubro es posible poder determinar el monto de la actividad que se realiza.
- **Monto:** con base en los rendimientos, y contemplando los costos por hora, es como se logra estimar el valor de una actividad; por ejemplo, en toda la maquinaria se puede determinar cuánto cuesta trabajar durante 2 horas una niveladora.
- **Costo Total:** en este punto es donde se concluye el total de todas las líneas de Maquinaria, Mano de Obra y Materiales, y a partir de este costo, es donde se comienza a realizar las estructuras de costos, las cuales se determinan mediante porcentajes de participación de cada uno de los rubros anteriores, más adelante se podrá describir de una forma más detallada.

## Resumen de Estructuras de Costos

Además del desglose de cada renglón de pago, como fue visto en la sección anterior, se debe incorporar a cada renglón una estructura de costos, la cual es la parte significativa de cada rubro como repuestos, llantas, combustibles, lubricantes, mano de obra, materiales, administración en insumos y en mano de obra, imprevistos y utilidad. En realidad esta estructura de costos viene siendo la distribución porcentual de cada uno de esos rubros anteriores en la totalidad de cada proyecto, esta es agregada en forma de resumen de todos los costos. A continuación se presentará un cuadro que ejemplifica lo anterior:

<b>Cuadro 6. Ejemplo del resumen general de una estructura de costos</b>		
<b>Formulario No. 15</b>		
<b>Resumen General Estr. de Costos (Obras Viales)</b>		
<b>Desglose precio total de oferta</b>		
<b>Detalle del rubro</b>	<b>Monto (¢)</b>	<b>(%)</b>
Costos de posesión de maquinaria y equipo	¢1.228.348,00	15,21%
Repuestos	¢76.771,75	0,95%
Llantas	¢76.771,75	0,95%
Combustible	¢76.771,75	0,95%
Lubricantes	¢76.771,75	0,95%
Mano de Obra	¢811.250,00	10,04%
Materiales	¢3.161.421,80	39,14%
Administración (insumos)	¢568.846,27	7,04%
Administración (mano obra)	¢372.289,17	4,61%
Imprevistos	¢202.784,73	2,51%
Utilidad	¢1.424.769,16	17,64%
<b>Subtotal</b>	<b>¢8.076.794,26</b>	<b>100,00%</b>

Fuente: Estructura de precio de señalamiento, (Morice, 2014)

Según la entrevista que se realizó a la ingeniera que labora en el puesto de asistente de administración, comenta con respecto a estas estructuras de costos que son la base para el cálculo de reajustes. En los carteles se presenta de forma referencial y es responsabilidad del contratista presentar su propia estructura de costos en la oferta. (Vargas Sandoval, 2014)



# Rendimientos

Los rendimientos son variables determinadas por la capacidad y eficiencia de cada uno de los elementos que intervienen en una partida de una obra vial, son los que establecen los costos y tiempos más óptimos, lo descrito anteriormente fue parte de lo que el autor Ibáñez comenta sobre los rendimientos. (Ibáñez, Rendimientos Estándar, 2012). Además agrega que para calcular el costo unitario de una actividad es necesario saber las cantidades de los insumos utilizados (ya sean mano de obra, equipo mecánico, materiales y herramientas), las mismas que deben estar determinadas por el cálculo de rendimientos. (Ibáñez, Rendimientos Estándar, 2012).

En el sitio web llamado **Definicion.de** describen la definición de rendimiento, donde dice que se refiere a la proporción que surge entre los medios empleados para obtener algo y el resultado que se consigue. El beneficio o el provecho que brinda algo o alguien también se conoce como rendimiento (Definifion.de, 2014).

En la tesis realizada por el señor Carlos Julio Calle Castro, la cual lleva el nombre de “Análisis de los rendimientos de mano de obra, equipo y materiales en edificaciones de hasta tres plantas en la ciudad de Azogues” como su nombre le hace referencia, se comenta en muchas de sus secciones que existen diferentes tipos de rendimientos, ya sea para mano de obra, materiales o maquinaria. (Calle Castro, 2012).

Ibáñez comenta, que el contar con un rendimiento lo más exacto posible determina un costo unitario más exacto, y se evita sobrevalorar o sub valorar el presupuesto. También los rendimientos permiten definir los plazos de ejecución de la obra. (Ibáñez, Rendimientos Estándar, 2012).

## Rendimiento de Mano de Obra

El autor de la tesis nombrada anteriormente, hace énfasis al trabajo realizado por unos investigadores los cuales cita como Cano y Duque, donde dice que a partir de dos publicaciones, (“Estimator’s General Conctructuion Man-Hour Manual” del señor John

S. Page y “Control de Métodos y Tiempos” del autor Francesc Castanyer Figueras) establecieron una clasificación de los distintos factores que afectan un rendimiento en cuanto a mano de Obra, y formaron entonces siete categorías (Calle Castro, 2012).

Ambiente en el que se desarrolla la Obra:

1. **Economía General:** Implica cuantificar el volumen de la construcción, si este tiene una tendencia creciente o si es decreciente, influye considerablemente en cuanto a las oportunidades de empleo se refiere. Además deben ser evaluadas las tendencias de los negocios en general, el volumen de la construcción y la situación del empleo. (Calle Castro, 2012)
2. **Clima:** Influye de manera notable, ya que dependiendo si es invierno o verano, si hace frío o calor en determinada zona, afecta positiva o negativamente los rendimientos de la mano de obra. Se tienen en cuenta los factores como lluvia, y temperatura. (Calle Castro, 2012).

Características de la Obra:

3. **Actividad:** Se tienen en cuenta las condiciones específicas del trabajo, el alcance del proyecto y el tipo de trabajo involucrado. También influye en este conjunto si el programa de trabajo es apretado o permite tener suficiente holgura entre el fin de una actividad y el inicio de la siguiente, los asuntos más importantes por considerar son: alcance de trabajo, condiciones del sitio, suministro de materiales y operaciones manuales o mecanizadas. (Calle Castro, 2012)
4. **Equipamiento:** Se refiere principalmente a la disponibilidad de equipo y su buen funcionamiento, además que destacan tres elementos en esta categoría: Disponibilidad la cual favorece la acción de la Obra. Condición se refiere al estado general afecta el desempeño. Mantenimiento y reparación donde la

agilidad en resolver los problemas del equipo se convierte muy importante en la productividad. (Calle Castro, 2012).

5. **Supervisión:** en este punto es clave la experiencia, la disponibilidad y los sueldos. El personal de supervisión, su experiencia y experticia, con que se pueda contar en un proyecto, conduce a obtener una mejor productividad. (Calle Castro, 2012).
6. **Laborales:** las condiciones laborales donde desarrollan los trabajadores sus tareas son muy importantes para obtener un buen resultado, en este punto es valorable la experiencia, los salarios, la disponibilidad y la contratación. (Calle Castro, 2012).

Propias del trabajador:

7. **Trabajador:** entre lo más importante es el estado de ánimo, situaciones familiares, habilidad, conocimientos, condición física. (Calle Castro, 2012)

(Calle Castro, 2012)

En el libro Manual de costos y presupuestos de obras viales, el autor comenta que la mano de obra se convierte en un componente más, es por eso que los rendimientos están determinados por el equipo mecánico y el hombre tiene que adecuarse a dicho rendimiento. (Ibáñez, Rendimientos Estándar, 2012).

## Rendimiento de Maquinaria

Según el manual de rendimientos de maquinaria Caterpillar, comenta acerca de los rendimientos y su importancia con respecto a los costos, en sus propias palabras dice que el rendimiento de una maquinaria debe medirse como el costo por unidad de material movido, una medida que incluye tanto producción como costo. (Caterpillar, 2014)

Además se comenta en este manual, los factores que afectan de manera directa, por lo que un rendimiento varia, dentro de ellos están la capacidad de caballos de fuerza, capacidad, tipos de transmisión, velocidades y costos de operación. (Caterpillar, 2014). Sin embargo

también existen otros menos directos donde no es posible realizar gráficos, tablas o cuadros. Dentro de ellos se puede nombrar como ejemplos la utilidad, disponibilidad, y la experiencia del operador. (Caterpillar, 2014).

En la tesis llamada La Maquinaria Pesada En Movimiento de Tierras (Descripción y Rendimiento) realizada por Roberto Vega Sánchez, en su sección 5 identificada como conceptos de rendimiento de maquinaria y métodos para su cálculo, destaca el tema de rendimientos describiendo lo siguiente: Dentro del cálculo de los costos del equipo de construcción, así como para la planificación y programación de las obras, es 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. (Vega, 1999)

Además Vega afirma que ha sido tradición realizar un uso indiscriminado del factor de eficiencia (igual a un 0.75) en los rendimientos calculados por los analistas, lo cual puede ser válido para períodos cortos de operación; pero, en realidad y a largo plazo, el factor de 50% se considera razonable y de ninguna manera como pesimista. (Vega, 1999), y se considera que los rendimientos de maquinaria pesada se calculan en tres principales funciones como gráficos, mediante fórmulas y por observación directa. (Vega, 1999).

# Resultados

Se presentan a continuación los principales resultados, ordenados de acuerdo con los objetivos específicos planteados.

## Herramientas que posee la entidad GIZ para estimación de costos

Como se indicó en la sección de metodología una de las actividades iniciales que se deben realizar es la evaluación de las hojas de cálculo que han sido utilizadas en otras ocasiones, sin embargo, solamente se obtuvo acceso a varias de ellas, las cuales fueron brindadas, gracias a personeros de la entidad. Al revisar las herramientas que posee la empresa GIZ, para la estimación de costos, se pudo reconocer varios resúmenes de hojas de cálculo (o bien, recopilaciones), las cuales poseen un formato parecido a una llamada “*Sumario de Cantidades*”, la cual, mediante observación, revisión y entrevistas, se obtiene que es la más actualizada y usada por los miembros de la empresa. (Martínez, 2015), por esta razón, se enfocará el análisis y los resultados en esta hoja de cálculo.

Esta herramienta de costos fue desarrollada por un funcionario que ha trabajado durante mucho tiempo, tanto en el sector público como privado, y siempre en el mismo tema de control de costos y elaboración de presupuestos. Cuando se comenzó con la evaluación, se pudo comprender ciertos puntos importantes que permitieron desarrollar un diagnóstico de ella.

## Diagnóstico

Dentro de los puntos más destacados obtenidos de la hoja de cálculo, anteriormente nombrada, se pueden resaltar los siguientes:

- Fue elaborada en Excel, mediante macros y fórmulas.
- A lo largo del tiempo, se han agregado anexos y se ha ampliado la hoja de cálculo, esto genera más información que procesar, y su aplicación tiende a ser lenta en el momento de uso.
- El trabajar en ella es complejo, pues no parece tener una secuencia sencilla para introducir los datos de entrada, esto se debe a que no existe alguna conexión entre los renglones de pago de la hoja de entrada y los renglones de pago en su respectivo desglose. Se puede observar en la figura 4 lo que se aprecia en la hoja llamada datos de entrada, en ella no existen hipervínculos para correlacionar cada renglón de pago y así, de ser necesario, el revisar algún costo, sea más rápido y fácil.
- Existe una hoja llamada presupuesto (en esta sí existen hipervínculos para los renglones y se re direccionan a sus actividades), en ella se desglosa cada renglón de pago por costos fijos, repuestos, combustible, lubricantes, llantas, mano de obra, materiales, utilidad, imprevistos y administración (correspondientes a las actividades que comprenden cada renglón de pago). Sin embargo, este desglose aparece tres veces por renglón, y en todas las ocasiones contienen datos diferentes, con el agravante que no se detalla su encabezado para saber de qué son esos

valores, Lo anterior se puede observar de la figura 6 a la 9.

- Las hojas de cálculo pueden ser utilizadas solamente por la persona que las elaboró, pues si un usuario externo desea

emplearlas, primero requiere estudiarlas e incluso preguntarle a la persona que las elaboró sobre su uso.

1				
2	ZONA :	1-1	IMPRIMIR RESUMEN	ACTUALIZAR
3	PROYECTO :	CONSERVACIÓN VIAL ZONA DE SAN JOSÉ		IMPRIMIR MEMORIAS DE CÁLCULO
4	Licitación N°:			
5				
6	<b>RENGLÓN DE PAGO</b>		<b>UNIDAD</b>	<b>TOTAL DE CANTIDADES REQUERIDA</b>
7				<b>TOTAL DE CANTIDADES ESTIMADA</b>
8	<b>MANTENIMIENTO RUTINARIO</b>	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	und.	5514
9		Conformación de cunetas y espaldones	m <sup>2</sup>	0
10		Limpieza de cunetas revestidas	m <sup>3</sup>	73070
11		Chapea derecho de vía	m <sup>2</sup>	1213014
12		Descuaje de árboles por hora	h	462
13		Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	ton	52580
14		Bacheo de urgencia	ton	5061
15	<b>MANTENIMIENTO PERIÓDICO</b>	Perfilado de pavimentos	m <sup>2</sup>	1070230
16		Pavimento bituminoso en caliente	ton	246807
17		Levantamiento de tapas de pozos	un	209
18		Tratamientos superficiales o sellos de preservación	m <sup>2</sup>	0
19		Rehabilitación de pavimentos de alta resistencia	m <sup>2</sup>	30480

Figura 5. Vista de hoja llamada Datos de entrada en herramienta de cálculo.  
Fuente: (Abarca, 2014)

A	B	C	D	E	F	G	H	I	JK	L
RENGLÓN DE PAGO			UNIDAD	TOTAL DE CANTIDADES REQUERIDAS	TOTAL DE CANTIDADES ESTIMADAS	PRECIO UNITARIO	MONTO TOTAL DE CANTIDADES REQUERIDAS	MONTO TOTAL DE CANTIDADES ESTIMADAS	COSTOS FUOS	
MANTENIMIENTO RUTINARIO	M21(B)	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	u	5 514	2 690	€ 19 099,91	€105 316 908,87	€51 378 760,40	€ 1 966,05	
	M21(G)	Conformación de cunetas y espaldones	m2	0	0	€ 98,53	€ 0,00	€ 0,00	€ 27,15	
	M 21(E)	Limpieza de cunetas revestidas	m	73 070	35 644	€ 3 487,92	€254 862 405,25	€124 323 464,80	€ 713,81	
	M20(B)	Chapea derecho de vía	m2	1 213 014	591 714	€ 29,80	€36 145 285,62	€17 631 842,28	€ 3,77	
	M20(D)	Descuaje de árboles por hora	Hr	462	225	€ 11 215,36	€5 181 494,77	€2 523 455,24	€ 1 411,52	
	M41(A)	Bacheo con mezcla asfáltica en caliente	t	52 580	25 649	€ 36 249,36	€1905 991 321,75	€929 759 821,45	€ 5 634,00	
	M41(D)	Bacheo de urgencia	t	5 061	2 469	€ 40 159,71	€203 248 297,52	€99 154 326,53	€ 6 557,33	

Figura 6. Algunos renglones de pago en hoja presupuesto  
Fuente: (Abarca, 2014)

I	JK	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
MONTO TOTAL DE CANTIDADES ESTIMADAS	COSTOS FUOS	REPUESTOS	COMBUSTIBLE	LUBRICANTES	LLANTAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	Utilidad, imprevistos, administración y dirección	TOTAL	
€51 378 760,40	€ 1 966,05	€ 1 853,29	€ 4 038,47	€ 500,18	€ 544,09	€ 6 377,84	€ 0,00	€ 3 819,98	€ 19 099,91	
€ 0,00	€ 27,15	€ 11,91	€ 16,24	€ 2,45	€ 3,16	€ 17,89	€ 0,00	€ 19,71	€ 98,53	
€124 323 464,80	€ 713,81	€ 250,61	€ 402,76	€ 62,67	€ 105,34	€ 1 255,15	€ 0,00	€ 697,58	€ 3 487,92	
€17 631 842,28	€ 3,77	€ 0,91	€ 3,04	€ 0,59	€ 0,53	€ 14,99	€ 0,00	€ 5,96	€ 29,80	
€2 523 455,24	€ 1 411,52	€ 348,81	€ 1 093,31	€ 208,97	€ 188,18	€ 5 721,51	€ 0,00	€ 2 243,07	€ 11 215,36	
€929 759 821,45	€ 5 634,00	€ 3 932,07	€ 4 535,88	€ 511,54	€ 561,68	€ 2 739,04	€ 11 085,27	€ 7 249,87	€ 36 249,36	
€99 154 326,53	€ 6 557,33	€ 3 886,99	€ 5 461,87	€ 564,33	€ 716,72	€ 3 855,26	€ 11 085,27	€ 8 031,94	€ 40 159,71	

Figura 7. Algunos renglones de pago en hoja presupuesto, continuación  
Fuente: (Abarca, 2014)

T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS TOTAL DE CANTIDADES REQUERIDAS</b>										
TOTAL	COSTOS FIJOS	REPUESTOS	COMBUSTIBLE	LUBRICANTES	LLANTAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	Utilidad, imprevistos, administración y dirección	TOTAL	
€ 19 099,91	€ 10 840 815,29	€ 10 219 027,65	€ 22 268 147,41	€ 2 758 010,65	€ 3 000 126,32	€ 35 167 399,76	€ -	€ 21 063 381,77	€ 105 316 908,87	
€ 98,53	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
€ 3 487,92	€ 52 157 977,60	€ 18 311 846,51	€ 29 429 774,94	€ 4 579 422,94	€ 7 697 436,78	€ 91 713 465,43	€ -	€ 50 972 481,05	€ 254 862 405,25	
€ 29,80	€ 4 577 245,38	€ 1 102 665,39	€ 3 684 365,47	€ 714 792,83	€ 648 463,64	€ 18 188 695,78	€ -	€ 7 229 057,12	€ 36 145 285,62	
€ 11 215,36	€ 652 121,39	€ 161 148,11	€ 505 108,50	€ 96 543,70	€ 86 936,96	€ 2 643 337,15	€ -	€ 1 036 298,95	€ 5 181 494,77	
€ 36 249,36	€ 296 235 658,30	€ 206 748 173,67	€ 238 496 592,03	€ 26 896 922,85	€ 29 533 173,95	€ 144 018 968,61	€ 582 863 568,00	€ 381 198 264,35	€ 1 905 991 321,75	
€ 40 159,71	€ 33 186 625,06	€ 19 672 050,81	€ 27 642 517,21	€ 2 856 073,26	€ 3 627 344,53	€ 19 511 468,81	€ 56 102 558,34	€ 40 649 659,50	€ 203 248 297,52	

Figura 8. Algunos renglones de pago en hoja presupuesto, continuación  
Fuente: (Abarca, 2014)

AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN
<b>ESTRUCTURA DE COSTOS TOTAL DE CANTIDADES REQUERIDAS</b>										
TOTAL	COSTOS FIJOS	REPUESTOS	COMBUSTIBLE	LUBRICANTES	LLANTAS	MANO DE OBRA	MATERIALES	Utilidad, imprevistos, administración y dirección	TOTAL	
€ 105 316 908,87	€ 5 288 682,10	€ 4 985 343,56	€ 10 863 495,93	€ 1 345 493,05	€ 1 463 608,96	€ 17 156 384,72	€ -	€ 10 275 752,08	€ 51 378 760,40	
€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	€ -	
€ 254 862 405,25	€ 25 442 985,54	€ 8 932 632,50	€ 14 356 027,07	€ 2 233 870,96	€ 3 754 857,49	€ 44 738 398,27	€ -	€ 24 864 692,96	€ 124 323 464,80	
€ 36 145 285,62	€ 2 232 802,07	€ 537 885,42	€ 1 797 251,01	€ 348 679,34	€ 316 323,65	€ 8 872 532,33	€ -	€ 3 526 368,46	€ 17 631 842,28	
€ 5 181 494,77	€ 317 591,59	€ 78 481,22	€ 245 994,40	€ 47 018,04	€ 42 339,43	€ 1 287 339,52	€ -	€ 504 691,05	€ 2 523 455,24	
€ 1 905 991 321,75	€ 144 506 435,90	€ 100 853 630,78	€ 116 340 796,67	€ 13 120 562,46	€ 14 406 549,61	€ 70 253 756,67	€ 284 326 125,06	€ 185 951 964,29	€ 929 759 821,45	
€ 203 248 297,52	€ 16 190 037,00	€ 9 596 975,59	€ 13 485 353,68	€ 1 393 330,35	€ 1 769 593,68	€ 9 518 635,94	€ 27 369 534,98	€ 19 830 865,31	€ 99 154 326,53	

Figura 9. Algunos renglones de pago en hoja presupuesto, continuación  
Fuente: (Abarca, 2014)

- En lo que respecta a la información principal de cada proyecto, se presenta una deficiencia, pues no se detalla bien algunas de las características principales, como por ejemplo: ubicación del proyecto, quién ejecuta la obra, nombre del proyecto, responsable a cargo, fechas de proyección de inicio y final, entre muchas otras más. En la parte superior de la figura 5, en amarillo, se puede ver el espacio asignado para la información del proyecto. La sección de información principal de cada proyecto, se encuentra correlacionada con otra hoja de Excel, la cual es utilizada también por los miembros de la GIZ, en ella se agrega información correspondiente a cada proyecto, esta hoja es llamada “Machote estimación 1”, sin embargo, no fue evaluada en este proyecto, porque en su uso no hay directamente cálculo de costos de los proyectos de obras viales.
- Información confusa, no se determina cual es el dato real en base de datos de materiales, no se puede interpretar la información, ya que muchas columnas no poseen encabezado. (ver figuras 10 y 11).
- Los rendimientos utilizados en las hojas de cálculo de la GIZ, son los mismos que usa el CONAVI. Estos valores se encuentran más cercanos a la experiencia de profesionales en el campo. Por estas razones son aceptables. En las figuras 12 y 13, ubicadas en la página 29, se puede ver la forma en que el autor utiliza los rendimientos, y puede calcular con esto, las horas de trabajo. En ambas figuras las fórmulas son diferentes, en un caso se usa rendimiento diario y en el otro, se hace una comparación entre la cantidad de horas por laborar, con respecto al trabajo por hacer.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	L	M	N	O	P	Q	R
2	FACTCOM	FACTOR DE COMBUSTIBLE	u	16/05/2015	1,20	1,2	1,2				1,20	0,13		1,04			CÓDIGO
3	FACTLUB	FACTOR DE LUBRICANTES	u	31/07/2003	1,20	1,2	1,2				1,20	0,13		1,04			MAP001
4	FACTMOM	FACTOR DE MANO DE OBRA MECANICA	u	31/07/2003	1,00	1	1				1,00	0,13		0,87			MAP003
5	FACTREP	FACTOR DE REPUESTOS	u	31/07/2003	1,15	1,15	1,15				1,15	0,13		1,00			MAP004
6	MAT001	BROCAS 3" DIAM.	u	31/07/2003	19876,899	19876,899	22847,01				22.847,01	0,13		19.876,90			MAT007
7	MAT002	MANGUERAS COMP. 600 C.C.	u	31/07/2003	10264,417	10264,417	2542,5				11.798,18	0,13		10.264,42			MAT008
8	MAT003	BARRAS O BARRENOS	u	31/07/2003	7199,6154	7199,6154	9591,51				8.275,42	0,13		7.199,62			MAT010
9	MAT004	DINAMITA (25 kg)	kg	31/07/2003	29463,664	29463,664	1611,41				33.866,28	0,13		29.463,66			MAT011
10	MAT005	ALAMBRE ELECTRICO (cordón detonante)	m	31/07/2003	119,1813	119,1813	162,95				136,99	0,13		119,18			MAT012
11	MAT006	FULMINANTES (eléctrico de retardo cable 2 m)	u	31/07/2003	662,1048	662,1048	905,28				761,04	0,13		662,10			MAT013
12	MAT007	MADERA FORMALETA	pulg	28/02/2011	773,14	773,14368	773,14368		31/03/2005	343,64	888,67	0,13		773,14			MAT015
13	MAT008	CLAVOS VARIOS	kg	28/02/2011	775,3527	775,3527	775,3527		31/03/2005	541,65	891,21	0,13		775,35			MAT016
14	MAT009	DIESEL	l	28/02/2011	435,65	435,65	435,65		28/02/2011	435,65	560,90		125,25	435,65			MAT021
15	MAT010	LIQUIDO PARA CURA	l	31/03/2005	1713,0518	1713,0518	1969,03		31/03/2005	1969,03	1.969,03	0,13		1.713,05			MAT024
16	MAT011	ACERO REFUERZO G40	kg	31/03/2005	373,99835	373,99835	361,998		31/03/2005	429,88	429,88	0,13		374,00			MAT026
17	MAT012	ALAMBRE NEGRO	kg	31/03/2005	419,7837	419,7837	279,11		31/03/2005	482,51	482,51	0,13		419,78			MAT044
18	MAT013	CEMENTO	kg	28/02/2011	103,33408	103,33408	56,342403		31/03/2005	60,84	118,77	0,13		103,33			MAT052
19	MAT014	PINTURA ESFERAS P/ VIAS	gl	31/07/2003	18669,565	18669,565	23661,18		31/07/2003	18669,56	21.459,27	0,13		18.669,56			MAT053
20	map001	Pintura amarilla para vías	gl	31/03/2005	21058,35	21058,35	21058,35		31/03/2005	24205,00	24.205,00	0,13		21.058,35			MAT054
21	map002	Pintura blanca para vías	gl	01/02/2004	16048,89	16048,89	16048,89		01/02/2004	16048,89	18.447,00	0,13		16.048,89			MAT055
22	map003	Solvente para pintura de vías	gl	31/03/2005	6031,71	6031,71	6031,71		31/03/2005	6933,00	6.933,00	0,13		6.031,71			MAT058

Figura 10. Algunos materiales en hoja Materiales.  
Fuente: (Abarca, 2014)

	J	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z
2		1,20	0,13		1,04			CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	FECHA	PRECIO				
3		1,20	0,13		1,04			MAP001	PINTURA AMARILLA PARA VIAS	GL	31/03/2005	24205,00				
4		1,00	0,13		0,87			MAP003	SOLVENTE PARA PINTURA VIAS	GL	31/03/2005	6933,00				
5		1,15	0,13		1,00			MAP004	ESFERAS DE VIDRIO PARA VIAS	KG	31/03/2005	800,00				
6		22.847,01	0,13		19.876,90			MAT007	MADERA FORMALETA	pulg	31/03/2005	343,64				
7		11.798,18	0,13		10.264,42			MAT008	CLAVOS VARIOS	kg	31/03/2005	541,65				
8		8.275,42	0,13		7.199,62			MAT010	LIQUIDO PARA CURA	l	31/03/2005	1969,03				
9		33.866,28	0,13		29.463,66			MAT011	ACERO REFUERZO	kg	31/03/2005	429,88				
10		136,99	0,13		119,18			MAT012	ALAMBRE NEGRO	kg	31/03/2005	482,51				
11		761,04	0,13		662,10			MAT013	CEMENTO PORTLAND (PLANTA AGUA CALIENTE)	kg	31/03/2005	60,84				
12	343,64	888,67	0,13		773,14			MAT015	MARCADORES PAVIM. REF 2 CARAS	u	31/03/2005	684,44				
13	541,65	891,21	0,13		775,35			MAT016	EPOXY / MARCADORES	glob	31/03/2005	14733,01				
14	435,65	580,90		125,25	435,65			MAT021	ASFALTO 85/100	l	31/03/2005	169,65				
15	1969,03	1.969,03	0,13		1.713,05			MAT024	CEMENTO PORTLAND (PLANTA AGUA CALIENTE)	t	31/03/2005	60842				
16	429,88	429,88	0,13		374,00			MAT026	EMULSION ASFALTICA	l	31/03/2005	145,91				
17	482,51	482,51	0,13		419,78			MAT044	TUB HORM C-III 0.46m Ø	m	31/03/2005	20530,00				
18	60,84	118,77	0,13		103,33			MAT052	TELA FIBRA SINTETICA Basetex 300(Geotextil No tejido) (Produ	m2	31/03/2005	365,00				
19	18669,56	21.459,27	0,13		18.669,56			MAT053	POSTES P/ VIGA GALVANIZADA	u	31/03/2005	20221,84				
20	24205,00	24.205,00	0,13		21.058,35			MAT054	VIGA GALVANIZADA	m	31/03/2005	7841,45				
21	16048,89	18.447,00	0,13		16.048,89			MAT055	TERMINAL GALV. GUARDACAMINO	u	31/03/2005	4945,82				
22	6933,00	6.933,00	0,13		6.031,71			MAT058	POSTES P/CERCA DE ALAMBRE	u	31/03/2005	2707,97				
23	800,00	800,00	0,13		696,00			MAT059	ALAMBRE DE PUAS (Produc excento)	m	31/03/2005	25,67				
24	684,44	684,44	0,13		595,46			MAT060	GRAPAS PARA ALAMBRE (25.4 mm)	kg	31/03/2005	438				
25	14733,01	14.733,01	0,13		12.817,72			MAT063	PINTURA PARA ESTRUCTURAS	gl	31/03/2005	10709,95	Bunker	D. Pesado	Asfalto	Emulsión Asf.
26	7367,35	8.468,22	0,13		7.367,35			MAT070	GAVION 2.40 mm 2 X 1 X 1 MALLA 8X10	u	31/03/2005	16380,40	87,919	124,514	125,932	107,937

Figura 11. Algunos materiales en hoja Materiales.  
Fuente: (Abarca, 2014)




SUMA		✕ ✓ fx		=SI(AM493=0;0;SAO\$489*SAO\$487/AM493)			
	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
476							
477							
478							
479							
480							
481							
482							
483							
484	CONSERVACIÓN VIAL ZONA DE SAN JOSÉ ; Zona : 1-1					Fecha :	mayo-05
485	603-21-3B Tubo de hormigón reforzado clase III de 0.91 m de diámetro					Cambio €/S =	€1,00
486							
487	Longitud de acarreo de tubos = 77 km					Total de días	16,6
488							
489	CANTIDAD	166	m		RENDIMIENTO DIARIO:		10
490							
491	COSTO DE MAQUINARIA	CANT.	REND. un /hr	% PARTICIP.	Nº HORAS	COSTO HORARIO	MONTO TOTAL
492							
493	- GRUA HIDRAULICA 4x2 20.1 ft (7.7 tm) BROTHERSON IC-80-1F 74 hp	1	=SI(AM493=	6%	2,97	€ 10 471,17	€31.132,57

Figura 12. Fórmula usada para determinar rendimiento de maquinaria.

Fuente: (Abarca, 2014)


SUMA		✕ ✓ fx		=+\$AO\$200/AM205			
	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO
190							
191							
192							
193							
194							
195	CONSERVACIÓN VIAL ZONA DE SAN JOSÉ ; Zona : 1-1					Fecha :	mayo-05
196	605(22) Tela no tejida de fibra sintética para subdrenaje frances (m2)					Cambio €/S =	€1,00
197							
198	Longitud promedio de acarreo de geotextil = 150 km					Total de días	2,6
199							
200	CANTIDAD	1280	m2		RENDIMIENTO DIARIO:		500
201							
202	COSTO DE MAQUINARIA	CANT.	REND. un /hr	% PARTICIP.	Nº HORAS	COSTO HORARIO	MONTO TOTAL
203							
204							
205	- VEHÍCULO DE CARGA LIVIANA-4X2 (GAS) CONVENCIONAL 1 TON 4X2 180 hp	1	=\$AO\$200,	100%	0,94	€ 5 326,40	€5.023,63

Figura 13. Fórmula usada para determinar rendimiento de maquinaria.

Fuente: (Abarca, 2014)

- En las hojas de cálculo revisadas se utiliza un 5% para imprevistos, costos directos y administración de obra y la administración central. Para el caso de la utilidad se trabaja con el 10%, con estos porcentajes se trabajara en la hoja nueva. Ver la siguiente figura.

IMPREVISTOS			5%		₡568,97
COSTOS INDIRECTOS Y ADM. DE OBRA			5%		₡568,97
ADMINISTRACIÓN CENTRAL (OVERHEAD)			5%		₡568,97
UTILIDAD			10%		₡1.137,95
PRECIO DE OFERTA:	UNITARIO / MONTO TOTAL				₡14.224,37
					₡14.224,37

Figura 14. Cuadro resumen de costos por Reglón.

Fuente: (Abarca, 2014)

- La hoja de cálculo no se encuentra protegida, si así lo fuera, se evitaría perder información necesaria, o bien, impediría modificar el formato, y lograr, por lo tanto, que sea fácil de interpretar.

## Determinación de necesidades

En parte de la metodología que se nombró anteriormente, se dijo que las necesidades existentes en la empresa se iban a determinar mediante encuestas, entrevistas u otros. En este caso se presentan los resultados obtenidos por el proceso seleccionado de investigación:

### Entrevista:

El lunes 26 de Enero del presente año, se practicó una entrevista al Señor Eduardo Barquero, quien es coordinador del proyecto que tiene el BID con el MOPT, en colaboración con la GIZ, la misma puede ser encontrada en la sección de apéndices (ver apéndice 1), en donde se puede apreciar las preguntas realizadas, y sus respuestas, a continuación una pequeña reseña de las necesidades obtenidas mediante la entrevista:

- Elaboración de herramienta de cálculo oficial.
- Elaborar la debida actualización de datos.
- Fijar una persona responsable de la estimación de costos, ya sea en las municipalidades o en la entidad GIZ.
- Elaborar una metodología de estimación de costos.
- Se requiere por parte del MOPT que provea de recursos que agilicen el proceso (tales como vehículos, estudios de mercado, entre otros).

- Actualizar los costos unitarios de la herramienta.
- Tener una mejor comunicación con las demás entidades del MOPT.
- La herramienta de Excel debe ser simple, fácil de usar y entendible para cualquier usuario.
- Utilizar rendimientos prácticos y no teóricos.
- Es recomendable tener a una persona que esté trabajando solamente en reajustes y revisiones de presupuestos.
- Parte de lo que se desea mejorar con los años es por medio de la metodología de seguimiento de facturas y elaboración de reajustes, mediante el empleo de un sistema computarizado. (Barquero, 2015)

Además en la entrevista realizada a la ingeniera Jennifer Vargas, aplicada el día 16 de febrero de este año. (La entrevista completa se encuentra en los apéndices con el nombre de apéndice 2). Se pudo determinar algunas de las necesidades de la entidad GIZ.

- Actualización de los costos en el sistema.
- Seguimiento por parte de la municipalidad en las variaciones de costos durante la ejecución de un proyecto.
- Se requiere que una herramienta de estimación de costos debe ser sencilla, de fácil manejo y amigable con el usuario. (Vargas Sandoval, 2015)

El día 18 de Febrero, se llevó a cabo otra de las entrevistas aplicadas, esta se dirigió al ingeniero Efraín Zeledón (ver apéndice 3), el cual trabaja en el cargo de asistente en gestión de proyectos. Dentro de las necesidades que expone en esta entrevista están:

- Actualización de los datos.
- Precios de mercado reflejados por zonas.

- Que incluya la mayor cantidad de renglones posibles, los más utilizados en diferentes proyectos.
- Las aproximaciones de costos deberían tomar en cuenta otros elementos de estudio y análisis, como complemento al precio estimado.
- Las herramientas de cálculo deben adaptarse al programa y a la realidad que enfrenta cada zona.

## Rendimientos en Maquinaria, Mano de Obra y Materiales

En palabras del señor Eduardo Barquero durante la entrevista aplicada sobre el tema de los rendimientos, comenta la necesidad de utilizar los valores reales y no teóricos, esto se debe a las grandes variantes y factores (tanto externos como internos) que pueden afectar el determinado desarrollo de una actividad (Barquero, 2014). Sin embargo, dentro de la base de datos brindada por la GIZ, los rendimientos fueron tomados directamente del documento realizado por el ingeniero Sánchez Bonilla, con el nombre de “Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor para la actualización y modernización del sistema de costos de obras viales del área de vialidad”.

Se realizó una investigación de los rendimientos que utilizaban los renglones de pago dentro de las hojas de cálculo para estimar los costos de los proyectos viales, elaborada por el señor William Abarca y utilizadas por la empresa GIZ. Los rendimientos que se obtuvieron de las bases de datos y documentos, pueden ser vistos en cada renglón de pago, dentro de la hoja de cálculo que se desarrolla a lo largo de este proyecto de graduación.

La metodología que utiliza el documento del señor Sánchez, se puede interpretar de la siguiente manera:

- Para la sección de maquinaria, se tomó en cuenta varios factores, como relaciones volumétricas del trabajo por realizar (tanto en banco como suelto), también se consideró rendimientos de las maquinarias (las cuales son establecidas en este mismo documento), eficiencia de la maquinaria (siempre se consideró un 75%), entre otros criterios más.
- En la elaboración de los rendimientos para la mano de obra, en muchas ocasiones se presentan los mismos valores de la maquinaria, sin embargo existen actividades que solo dependen de la mano de obra y para estos casos, son elaborados por el rendimiento de la cuadrilla, relación del trabajo por realizar, por volumen de trabajo, también la eficiencia es un factor importante a considerar.
- Los rendimientos de materiales son obtenidos por la misma relación volumétrica, los rendimientos de la cuadrilla de trabajo y el desperdicio de material.

Como ejemplificación de los resultados obtenidos de rendimientos en la nueva herramienta de cálculo, se muestran los datos presentes en el renglón de pago con el código CR.201.01 .LIMPIEZA Y DESMONTE. Donde la figura 15, representa los rendimientos que existen en la maquinaria utilizada para realizar las actividades que conforman el renglón de pago. En la figura 16 se pueden apreciar los rendimientos de la mano de obra, los cuales resultan ser, en la mayoría de veces, iguales a los de la maquinaria existente, y por último, en la figura 17, se pueden ver los rendimientos de los materiales, los cuales dependen de la actividad y su unidad de medida.

Maquinaria			
Cant. Requerida	Descripción	Rendimiento	Unidad Rendimiento
1	TRACTOR DE ORUGA (EROPS/U BLADE) D8R 305HP	0,45	ha/hra
1	Cargador de Orugas Mod.973 210HP	0,6	ha/hra
3	VAGONETA (6 m3 - 8 m3) 6x4 235HP	0,6	ha/hra

Figura 15. Rendimientos en maquinaria para renglón de pago CR.201.01.  
Fuente: propia

Mano de Obra			
Cant. Requerida	Descripción	Rendimiento	Unidad Rendimiento
3	Op. Vagoneta	0,6	ha/hra
1	Op. Cargador	0,6	ha/hra
1	Op. Tractor	0,45	ha/hra
2	Peón Miseláneo	0,45	ha/hra
1,00	Encargado	1,5	ha/hra
2	Peón Miseláneo	0,6	ha/hra

Figura 16. Rendimientos en Mano de Obra para renglón de pago CR.201.01.  
Fuente: propia

Materiales			
Cant. Requerida	Descripción	Rendimiento	Unidad Rendimiento
1	EQUIPO MENOR	1	global

Figura 17. Rendimientos en Materiales para renglón de pago CR.201.01.  
Fuente: propia

# Renglones de Pago usados en Herramienta

Para poder realizar una herramienta de estimación de costos, donde uno de los puntos más importantes es la proveniencia de los resultados, nace la necesidad de utilizar los renglones de pago, en donde cada uno de ellos será desglosado por materiales, mano de obra y maquinaria. De esta forma, se podrá analizar renglón por región utilizado, la veracidad de los datos.

Así se lleva a cabo el análisis de licitaciones públicas que han sido publicadas en el sistema del Ministerio de Hacienda llamado "Comprared", desde el año 2012 hasta el presente. En el siguiente cuadro se presenta el resumen de las líneas (o renglones de pago) que fueron evaluadas durante esta selección, corresponden a un total de 1065 renglones, presentes en 93 licitaciones, las cuales a su vez formaron parte de 34 carteles públicos.

<b>Cuadro 7. Total de renglones revisados</b>	
<b>Total líneas</b>	1065
<b>Total de licitaciones</b>	93
<b>Total de carteles</b>	34
<b>Total de renglones de pago revisados</b>	99

Fuente: (Propia)

Se intentó, mediante el uso de estadística, realizar una muestra del número de veces que debía repetirse un renglón de pago, tomando en cuenta un 5% de error en el resultado. En el cuadro 8 se demuestra que el valor obtenido es 170, lo cual es el resultado de la cantidad de veces que tendría que repetirse un

renglón de pago para tomarlo en cuenta en la selección necesaria, con este resultado se debió plantear otro tipo de metodología para la selección de los renglones más comunes, a continuación el cuadro del cálculo:

<b>Cuadro 8. Determinación de la Muestra</b>	
Muestra con 5% de error =	<b>170,46</b>
<b>z (95%)=</b>	1,96
<b>N =</b>	1065
<b>p =</b>	0,05
<b>q =</b>	0,95
<b>d (3%)=</b>	0,03

Fuente: (Propia)

Luego se procede a determinar el porcentaje de participación de los renglones de pago, con respecto a la cantidad de licitaciones revisadas (dividiendo la cantidad de veces que se repite cada renglón entre la cantidad de licitaciones, multiplicando por 100 el valor obtenido). Por criterio profesional, se decide utilizar el mínimo del 10%, pues de ser menor, es menos frecuente su uso. En el siguiente cuadro se puede apreciar el resultado a partir del 10%:

Cuadro 9. Renglones que se usan con frecuencia hasta un 10% o mayor		
%	Renglones	
92%	CR.303.01	
74%	CR.633.01	
62%	CR.663.01	
57%	CR.204.05	
47%	CR.311.03	
45%	CR.204.02	
45%	CR.552.01 (a)	
42%	CR.301.06 (b)	
41%	CR.209.01 (a)	
39%	CR.303.01 (a)	
37%	PRVC-I.402	
35%	CR.209.04 (a)	
33%	CR.301.03	
32%	CR.152.01 (a)	CR.152.01 (b)
28%	CR.608.01 (d)	
27%	CR.602.01 (b)	
25%	CR.422	
24%	CR.152.01 (c)	
20%	CR.413.02	
19%	CR.413.03	
17%	CR.556.01 (b)	
16%	CR.609.02	
15%	CR.634.04 (b)	
14%	CR.201.01	CR.209.03
13%	CR.554.01 (a)	CR.634.01 (b)
12%	CR.203.05	
11%	CR.208.01	CR.602.01 (c) CR.634.02 (a)
10%	CR.204.01 (a)	CR.602.01 (e)

Fuente: (Propia)

Además de la selección anterior, en las entrevistas realizadas a los profesionales que laboran en la empresa, se consultó cuáles serían los renglones de pago que no deberían faltar en la herramienta de estimación de costos, estas respuestas pueden observarse en la sección de apéndice, A continuación se presentan los criterios de cada entrevistado, en los siguientes cuadros:

Cuadro 10. Criterio 1 (Jennifer Vargas)	
Tipo de renglones	Drenajes
	Mejoramiento
	Rehabilitación

Fuente: (Propia)

Cuadro 11. Criterio 2 (Ramiro Martínez)	
Tipo de renglones	Concretos
	Sub bases
	Bases
	Excavaciones
	Tratamientos superficiales
	Mezcla Asfáltica
	Señalamiento
	Préstamos
	Barandas de Protección
	Tuberías
	Rellenos

Fuente: (Propia)

Cuadro 12. Criterio 3 (Eduardo Barquero)	
Tipo de renglones	Excavación y limpieza
	Alcantarillas
	Movimientos de tierra
	Excavación no clasificada
	Materiales de préstamo
	Sub base
	Base
	Sello asfáltico
	Tratamientos superficiales bituminosos
	Carpetas asfálticas
	Losas de concreto
	Señalamiento
	Conformación de caminos en tierra o lastre
	Conformación de superficie
Cabezales	

Fuente: (Propia)

<b>Cuadro 13. Criterio 4 (Efraín Zeledón)</b>	
<b>Tipo de Renglones</b>	Reacomodamiento de subrasante
	Cunetas y espaldones
	Material granular
	Préstamo de base
	Base
	Subbase
	Asfaltos
	Tratamientos de carpetas
	Concretos 225

Fuente: (Propia)

Además de los criterios de los profesionales en el campo, otro punto importante que se toma en cuenta para la selección de los renglones de pago, es el estado de proyectos, así se le nombra a la condición que se encuentra el proyecto en análisis. Existen en esta categoría 7 tipos de estados: adjudicación en firme, en ejecución, en evaluación de ofertas, en orden de inicio, en período de firmeza, en recepción de ofertas y en trámite infructuoso.

Dentro del análisis que se realizó a cada tipo de estado de proyecto, se pudo determinar las licitaciones que están presentes en cada uno de ellos, a continuación se presenta una lista donde se reflejan esos estados en el siguiente cuadro:

<b>Cuadro 14. Licitaciones y diferentes Estados</b>	
<b>Estado</b>	<b># Licitación</b>
<b>Adjudicación en firme</b>	2014LPN-002-32703
<b>Ejecución</b>	2013LA-000068-32703
	2013LA-000069-32703
	2013LN-000010-32703
	2013LA-000064-32703
	2013LA-000073-32703
	2013LA-000074-32703
	2013LA-000075-32703
	2013LA-000085-32703
<b>Evaluación de oferta</b>	2014BI-000006-32703
	2014LPN-001-32703

Fuente: (Propia)

<b>Cuadro 15. Licitaciones y diferentes Estados</b>	
<b>Estado</b>	<b># Licitación</b>
<b>Orden de inicio</b>	2014LPN-003-32703
	2014LPN-004-32703
<b>Periodo firmeza</b>	2014BI-000005-32703
	2014BI-000007-32703
	2014BI-000008-32703
	2014BI-000009-32703
<b>Recepción de ofertas</b>	2014BI-000029-32703
<b>Trámite infructuoso</b>	2013LA-000070-32703
	2013LN-000003-32703
	2013LN-000004-32703
	2013LN-000005-32703
	2013LN-000006-32703

Fuente: (Propia)

A continuación se presenta un cuadro resumen, de los dos anteriores, utilizando solamente los reglones que se mantienen en ejecución además de los que próximamente dará inicio en sus obras.

<b>Cuadro 16. Renglones presentes en diferentes estados de proyectos</b>			
<b>En 7 estados</b>	CR.204.05	CR.209.04(a)	CR.633.01
	CR.209.01(a)	CR.303.01	CR.663.01
		CR.552.01(a)	
<b>En 6 estados</b>	CR.204.02	CR.303.01(a)	CR.422
	CR.301.03	CR.311.03	CR.602.01(b)
	CR.301.06	PRVC-I.402	CR.608.01(d)
<b>En 5 estados</b>	CR.209.03	CR.602.01(a)	CR.602.01(e)
<b>En 4 estados</b>	CR.208.03	CR.602.01(c)	CR.634.04(b)
<b>En 3 estados</b>	CR.201.01	CR.411.06(a)	CR.554.01(b)
	CR.204.01(a)	CR.554.01(a)	CR.552.01(d)
			CR.604.04(e)
<b>En 2 estado</b>	CR.253.04	CR.602.01(f)	CR.634.02(a)
	CR.411.06 (d)	CR.602.01(g)	CR.634.05(a)
	CR.413.02	CR.602.01(h)	CR.634.06(c)
	CR.413.03	CR.604.04(c)	CR.634.06(d)
	CR.552.04	CR.609.02	CR.634.06(e)
	CR.556.01(b)	CR.615.03	CR.651.02 (f)
	CR.602.01(d)	CR.634.01(b)	

Fuente: (Propia)

Ya con estos 3 criterios planteados: porcentaje de repetición, opinión profesional y presencia en proyectos, se presenta un cuadro resumen de la depuración de los renglones de pago, obtenida en la verificación de estos puntos

anteriores. La lista definitiva se utilizada e integrada a la herramienta de estimación de costos. La lista es presentada en los siguientes cuadros:



<b>Cuadro 17. Renglones de Pago seleccionados</b>				
<b>Renglón</b>	<b>Descripción</b>	<b>Repetición en licitaciones</b>	<b>Aparición en proyectos</b>	<b>Opinión profesional</b>
CR.303.01	Reacondicionamiento de subrasante y espaldones	92%	todos los proyectos	3 criterios
CR.663.01	Excavación, limpieza y conformación de cunetas y/o canales o zanjas	62%	todos los proyectos	3 criterios
CR.204.05	Material de préstamo selecto para cabado-caso 2	57%	todos los proyectos	3 criterios
CR.552.01 (a)	Concreto estructural clase A (25 Mpa)	45%	todos los proyectos	2 criterios
CR.633.01	Instalación de señales verticales, tipo IV	74%	todos los proyectos	1 criterio
CR.209.01 (a)	Excavación para otras estructuras, alcantarillas y obras de arte	41%	todos los proyectos	1 criterio
CR.209.04 (a)	Relleno para estructuras, alcantarillas y obras de arte	35%	todos los proyectos	1 criterio
CR.311.03	Capa granular de rodadura graduación TM-40b modificada	47%	6 estados de proyecto	3 criterios
CR.204.02	Subexcavación	45%	6 estados de proyecto	3 criterios
CR.303.01 (a)	Reacomodamiento de cunetas	39%	6 estados de proyecto	3 criterios
PRVC-I.402	Capa de concreto asfáltico preparado en planta en caliente, diseñado por la metodología Marshall	37%	6 estados de proyecto	3 criterios
CR.301.06	Subbase de agregados, graduación B, caso 2	42%	6 estados de proyecto	2 criterios
CR.608.01 (d)	Canal revestido tipo IV, concreto hidráulico	28%	6 estados de proyecto	2 criterios
CR.301.03	Base de agregados graduación C, caso 2	33%	6 estados de proyecto	1 criterio
CR.602.01 (b)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con diámetro de 800mm	27%	6 estados de proyecto	1 criterio
CR.422	Sello asfáltico no estructural integrado contra erosión (indicar tipo y grado del cemento asfáltico)	25%	6 estados de proyecto	1 criterio
CR.602.01 (e)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con diámetro de 1.22 m	10%	5 estados de proyecto	3 criterios

Fuente: (Propia)

<b>Cuadro 18. Renglones de Pago seleccionados (continuación)</b>				
<b>Renglón</b>	<b>Descripción</b>	<b>Repetición en licitaciones</b>	<b>Aparición en proyectos</b>	<b>Opinión profesional</b>
CR.209.03	Relleno de Fundación	14%	5 estados de proyecto	2 criterios
CR.634.04 (b)	Señalización Línea continua amarilla, tipo A	15%	4 estados de proyecto	1 criterio
CR.602.01 (c)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con	11%	4 estados de proyecto	1 criterio
CR.201.01	Limpieza y desmonte	14%	3 estados de proyecto	3 criterios
CR.554.01 (a)	Acero de refuerzo, ASTM A-615 grado 40	13%	3 estados de proyecto	3 criterios
CR.204.01 (a)	Excavación en la vía	10%	3 estados de proyecto	3 criterios
CR.556.01 (b)	Baranda para puente tipo Flex beam	17%	2 estados de proyecto	4 criterios
CR.609.02	Cuneta y cordón de hormigón	16%	2 estados de proyecto	4 criterios
CR.411.06(d)	Tratamiento superficial bituminoso E-38	5%	2 estados de proyecto	4 criterios
CR.413.02	Riego de imprimación con asfalto emulsionado	20%	2 estados de proyecto	3 criterios
CR.413.03	Material de secado	19%	2 estados de proyecto	3 criterios
CR.634.01 (b)	Señalización Línea continua amarilla, tipo A	13%	2 estados de proyecto	3 criterios
CR.634.02 (a)	señalización tipo A	11%	2 estados de proyecto	3 criterios
CR.411.06(c)	Tratamiento superficial bituminoso E-33	4%	1 estado de proyecto	4 criterios
CR.208.01	Excavación para estructuras mayores	11%	1 estado de proyecto	3 criterios
CR.203.05	Remoción de estructuras y obstáculos	12%	1 estado de proyecto	1 criterio

Fuente: (Propia)

# Herramienta de estimación de Costos

Tomando en cuenta todos los datos obtenidos anteriormente, se procede a realizar un conjunto de ellos en la herramienta, parte de lo que se busca es cumplir con las necesidades encontradas y los requisitos más necesarios de los usuarios. A continuación un resumen de la herramienta de cálculo realizada:

## Índice

Se consideró que para mantener un orden y una secuencia correcta de trabajo para los usuarios, era necesario utilizar un índice. En la figura 18 se puede observar el índice propuesto, el mismo funciona al seleccionar cualquiera de los nombres (ya sea Datos Generales del proyecto, Renglones de Pago, Estructura de costos general, Base Datos renglones de Materiales, Base Datos Renglones de Maquinaria o Base Datos Renglones de mano de obra) y automáticamente se re direccionará a la hoja en la que se desea trabajar. Esta sección trabaja por medio de hipervínculos, y de la misma manera, existe en cada hoja una sección que dice, volver al Índice, donde nuevamente se podrá observar los puntos del inicio.



Figura 18. Índice de la propuesta de herramienta de estimación de costos.  
Fuente: Propia.

### Datos Generales del Proyecto:

Esta sección puede ser utilizada para revisar el proyecto en que se está trabajando el presupuesto, además de poder tomar en cuenta los datos ingresados, para efectos de almacenamiento de información importante del proyecto. Dentro de la información que debe ser ingresada están: el número de licitación (el cual resulta muy importante para efectos de almacenaje del presupuesto en base de datos), número de orden de compra, monto aproximado de la obra (este valor se ingresa al terminar de usar la herramienta, cuando ya se posea el costo del proyecto), número de camino, las fechas del proyecto (dentro de estas las más destacadas

son la siguientes: de firma, de contrato, vencimiento de garantía, inicio y proyección de finalización), además posee un espacio para agregar el nombre del proyecto (o bien el nombre que viene en la licitación), tiempo de ejecución (en este caso, el usuario solamente debe ingresar los meses, la hoja calcula los días y horas), ubicación del proyecto, y la información estacionaria del proyecto (la longitud también debe ingresarse). Esta hoja tiene la posibilidad de volver al índice para ingresar a las otras secciones del presupuesto. En la siguiente figura se puede apreciar la propuesta para el ingreso de los principales datos generales del proyecto.

<b>Ministerio de Obras Públicas y Transportes</b>			
<b>Primer Programa de la Red Vial Cantonal Préstamo BID No.2098/OC-CR</b>			
<b>Consultoría GIZ</b>			
<b>Datos Generales del Proyecto</b>			
<i>Ministerio de Obras Públicas y Transportes</i>			
<i>Primer Programa de la Red Vial Cantonal Préstamo BID No.2098/OC-CR</i>			
<i>Consultoría GIZ</i>			
<b># Licitación :</b>		<b>Fecha firma contrato:</b>	
<b># Orden de Compra:</b>		<b>Fecha Vencimiento Garantía:</b>	
<b>Monto Aproximado:</b>		<b>Fecha Inicio:</b>	
<b># Camino:</b>		<b>Fecha Finalización:</b>	
<b>Proyecto:</b>			
<b>Tiempo Ejecución:</b>	<b>meses</b>	<b>Días</b>	<b>Horas</b>
<b>Ubicación</b>			
<b>Provincia:</b>	<b>Cantón:</b>	<b>Distrito:</b>	
<b>Extensión de proyecto</b>			
<b>Longitud:</b>	<b>Desde Estación:</b>	<b>Hasta Estación:</b>	

[Volver al Índice](#)

Figura 19. Ingreso datos generales de la propuesta de herramienta de estimación de costos.  
Fuente: Propia.

### Resumen de renglones de pago

Se trabaja con los renglones de pago obtenidos por la depuración anterior, y en la hoja llamada Renglones de pago (la cual es parte de la herramienta de estimación de costos), se presentan varias características de los mismos, incluyendo la división a la que pertenecen dentro de lo que dice el CR-2010, el código del renglón de pago, la descripción, la unidad en que se interpreta el costo horario, el precio unitario (horario), Cantidad necesaria (espacio que deberá llenar el usuario de la herramienta) y el monto total para la cantidad necesaria. Además en cada renglón se puede ver la estructura de costos por renglón de pago (donde se incluye el monto y porcentaje de los costos fijos o de posesión, repuestos, llantas, combustibles, lubricantes, mano de obra, materiales, administración de insumos, administración de mano de obra, imprevistos, utilidad, costos de acarreo (de ser necesario por las actividades del renglón de pago) y total del renglón de pago. Todos estos valores de la estructura de costos, son provenientes de los datos obtenidos en cada renglón de pago. Al final de la estructura de costos se puede ver el total de costo de los renglones de pago.

Para poder seleccionar la maquinaria, mano de obra y materiales que incluye cada uno

de ellos, solamente basta con posicionarse en la casilla con el nombre deseado y esta acción permitirá que se re direcciona al desglose individual. Lo anterior se da por medio de hipervínculos presentes en las casillas. Más adelante se detallarán los elementos que contiene la hoja perteneciente a cada renglón de pago.

Los valores de cada precio unitario (o costo horario), también está ligado a cada hoja de desglose correspondiente a los renglones de pago, el monto total, es proveniente de la misma que los costos unitarios (esta cambia con la cantidad necesaria agregada).

Al igual que en los casos anteriores existe la forma de llegar nuevamente al índice y posicionarse a otra sección deseada. En las siguientes figuras se puede interpretar lo descrito anteriormente, variando cada una por la división del renglón de pago, se incluye la 200 (Movimientos de Tierra), 300 (Capas de Base y Sub base), 400 (Pavimentos asfálticos y tratamientos superficiales), 550 (construcción de puentes), 600 (construcciones conexas), 650 (Drenaje y Protección de la Plataforma) y Acarreo (esta fue tomada de la lista de precios que posee el CONAVI en su página web, donde se describe el cálculo para materiales en banco o sueltos).

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
200 - Movimientos de Tierra	<b>Sección 201 (Limpieza y Desmante)</b>					
	CR.201.01	Limpieza y desmante	ha	€415.831,37	0	€0,00
	<b>Sección 203 (Eliminación de estructuras, servicios existentes y Obstáculos)</b>					
	CR.203.05	Remoción de estructuras y obstáculos	m3	€83.892,03	0	€0,00
	<b>Sección 204 (Excavación y Terraplanado)</b>					
	CR.204.01(a)	Excavación en la vía	m3	€2.295,86	0	€0,00
	CR.204.02	Subexcavación	m3	€2.295,86	0	€0,00
	CR.204.05	Material de préstamo selecto para cabado-caso 2	m3	€9.659,37	0	€0,00
	<b>Sección 208 (Excavación y Relleno para estructuras mayores)</b>					
	CR.208.01(a)	Excavación para estructuras mayores	m3	€5.578,08	0	€0,00
	<b>Sección 209 (Excavación y Relleno para otras estructuras)</b>					
	CR.209.01(a)	Excavación para otras estructuras, alcantarillas y obras de arte	m3	€8.320,46	0	€0,00
	CR.209.03	Relleno de Fundación	m3	€2.889,75	0	€0,00
CR.209.04(a)	Relleno para estructuras, alcantarillas y obras de arte	m3	€642,40	0	€0,00	

Figura 20. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 200.  
Fuente: Propia.

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
<b>300 - Capas de Base y Sub base</b>	<b>Sección 301 (Subbases o bases granulares)</b>					
	CR.301.03	Base de agregados graduación C, caso 2	m3	€12.064,42	0	€0,00
	CR.301.06	Subbase de agregados, graduación B, caso 2	m3	€13.269,67	0	€0,00
	<b>Sección 303 (Reacondicionamiento de la calzada)</b>					
	CR.303.01	Reacondicionamiento de subrasante y espaldones	km	€1.046.900,35	0	€0,00
	CR.303.01(a)	Reacomodamiento de cunetas	m lineal	€385,43	0	€0,00
	<b>Sección 311 (Capas Granulares de Rodadura)</b>					
CR.311.03	Capa granular de rodadura graduación TM-40b modificada	m3	€15.753,84	0	€0,00	

Figura 21. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 300.  
Fuente: Propia

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
<b>400 - Pavimentos Asfálticos y tratamientos superficiales</b>	<b>Sección 402 (Pavimento de Concreto Asfáltico en caliente según metod. Marshall)</b>					
	PRVC-I.402	Capa de concreto asfáltico preparado en planta en caliente, diseñado por la metodología Marshall	m3	€51.262,50	0	€0,00
	<b>Sección 411 (Tratamientos Superficiales Asfálticos)</b>					
	CR.411.06(c)	Tratamiento superficial bituminoso E-33	m2	€1.028,35	0	€0,00
	CR.411.06(d)	Tratamiento superficial bituminoso E-38	m2	€1.028,35	0	€0,00
	<b>Sección 413 (Riego de Imprimación)</b>					
	CR.413.02	Riego de imprimación con asfalto emulsionado	litro	€556,77	0	€0,00
	CR.413.03	Material de secado	m3	€17.580,43	0	€0,00
<b>Sección E - Sello Asfáltico integrado contra erosión</b>						
CR.422	Sello asfáltico no estructural integrado contra erosión (indicar tipo y grado del cemento asfáltico)	m2	€1.627,88	0	€0,00	

Figura 22. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 400.  
Fuente: Propia

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
550 - Construcción Puentes	<b>Sección 552 (Concreto Estructural)</b>					
	CR.552.01(a)	Concreto estructural clase A (25 Mpa)	m3	€122.766,60	0	€0,00
	<b>Sección 554 (Acero de Refuerzo)</b>					
	CR.554.01(a)	Acero de refuerzo, ASTM A-615 grado 40	kg	€298,69	0	€0,00
	<b>Sección 556 (Barandas para Puentes)</b>					
CR.556.01(b)	Baranda para puente tipo Flex beam	metro	€118.758,53	0	€0,00	

Figura 23. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 550.

Fuente: Propia

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
600 - Construcciones Conexas	<b>Sección 602 (Alcantarillado y Drenajes)</b>					
	CR.602.01(b)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con diámetro de 800mm	metro	€95.931,68	0	€0,00
	CR.602.01(c)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con diámetro de 900mm	metro	€84.979,00	0	€0,00
	CR.602.01(e)	Tuberías de concreto reforzado clase III-C76, con diámetro de 1.22 m	metro	€160.809,73	0	€0,00
	<b>Sección 608 (Revestimiento de Cunetas y Canales)</b>					
	CR.608.01(d)	Canal revestido tipo IV, concreto hidráulico	m2	€2.025.051,29	0	€0,00
	<b>Sección 609 (Cordón o Bordillo y Cuneta)</b>					
	CR.609.02	Cuneta y cordón de hormigón	m	€12.850,78	0	€0,00
	<b>Sección 633 (Dispositivos de Control Permanente del Tráfico)</b>					
	CR.633.01	Instalación de señales verticales, tipo IV	unidad	€159.592,35	0	€0,00
	<b>Sección 634 (Señalización Horizontal Permanente)</b>					
	CR.634.01(b)	Señalización Línea continua amarilla, tipo A	m	€78,32	0	€0,00
CR.634.02(a)	señalización tipo A	m2	€787,50	0	€0,00	
CR.634.04(b)	Señalización Línea continua amarilla, tipo A	km	€107.474,44	0	€0,00	

Figura 24. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 600.

Fuente: Propia



División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
650 - Drenaje y Protección de la Platafor	<b>Sección 663 (Construcción de Canales, cunetas y Contracunetas)</b>					
	CR.663.01	Excavación, limpieza y conformación de cunetas y/o canales o zanjas	m lineal	€270,82	0	€0,00

Figura 25. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división 650.

Fuente: Propia

División	Renglón de Pago	Descripción	Unidad	Precio Unitario	Cant. Necesaria	Monto total
Acarreo	SAB	Sobre acarreo Pagado en Banco	m3-km	€373,73	0	€0,00
	SAS	Sobre acarreo Pagado suelto	m3-km	€298,99	0	€0,00

Figura 26. Resumen de renglones de pago de la propuesta de herramienta de estimación de costos, división Acarreo.

Fuente: Propia

Costos Fijos (de posesión)	%	Repuestos y reparaciones	%	Llantas	%	Combustibles	%	Lubricantes	%
€39,23	14,49%	€23,42	8,65%	€2,95	1,09%	€32,30	11,93%	€0,23	0,08%
€83,83	22,43%	€82,32	22,03%	€9,63	2,58%	€133,49	35,72%	€0,86	0,23%
€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%
€61,53	18,46%	€52,87	15,34%	€6,29	1,83%	€82,90	23,82%	€0,54	0,16%

Figura 27. Estructura de costos para división 650 y Sobre acarreo Pagado en Banco.

Fuente: Propia



<i>Estructura de costos por Renglón de pago</i>									
Lubricantes	%	Mano de Obra	%	Materiales	%	Administración (insumos)	%	Administración (Mano de Obra)	%
<b>Sección 663 (Construcción de Canales, cunetas y Contracunetas)</b>									
€0,23	0,08%	€138,22	51,04%	€0,00	0,00%	€1,96	0,72%	€4,15	1,53%
€0,86	0,23%	€17,25	4,62%	€0,00	0,00%	€6,55	1,75%	€0,52	0,14%
€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%
€0,54	0,16%	€77,74	27,83%	€0,00	0,00%	€4,26	1,24%	€2,33	0,83%

Figura 28. Continuación (hacia la derecha) de Estructura de costos para división 650 y Sobre acarreo Pagado en Banco.  
Fuente: Propia

Administración (Mano de Obra)	%	Imprevistos	%	Utilidad	%	Acarreo	%	Total	%
€4,15	1,53%	€4,73	1,75%	€23,63	8,73%	€0,00	0,00%	€270,82	100,00%
€0,52	0,14%	€6,55	1,75%	€32,74	8,76%	€0,00	0,00%	€373,73	100,00%
€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%	€0,00	0,00%
€2,33	0,83%	€5,64	1,75%	€28,19	8,74%	€0,00	0,00%	€322,28	100,00%

Figura 29. Continuación (hacia la derecha) de Estructura de costos para división 650 y Sobre acarreo Pagado en Banco.  
Fuente: Propia

Estructura General de Costos:

La siguiente Hoja que se puede observar recibe el nombre de estructura general de costos, en este caso, se toman los datos promediados del total de la estructura general en cada renglón y se agrupan en una sola lista. En esta sección, no es necesario modificar algún valor, pues todos

los datos están correlacionados a la hoja anterior de renglones de pago. Al igual que en todas las hojas anteriores, se puede volver al índice del inicio, y consultar otra sección. En la próxima figura, se puede ver el resumen de la estructura de costos ya mencionada.

**Ministerio de Obras Públicas y Transportes**

**Primer Programa de la Red Vial Cantonal Préstamo BID No.2098/OC-CR**

**Consultoría GIZ**

[Volver al Índice](#)

**Desglose Precio total de la Oferta**

Detalle del Rubro	Monto	Porcentaje
Costos de Posesión de maquinaria y equipo	¢61,53	18,46%
Repuestos y reparaciones	¢52,87	15,34%
Llantas	¢6,29	1,83%
Combustibles	¢82,90	23,82%
Lubricantes	¢0,54	0,16%
Mano de Obra	¢77,74	27,83%
Materiales	¢0,00	0,00%
Administración (insumos)	¢4,26	1,24%
Administración (Mano de Obra)	¢2,33	0,83%
Imprevistos	¢5,64	1,75%
Utilidad	¢28,19	8,74%
Acarreo	¢0,00	0,00%
<b>Subtotal</b>	<b>¢322,28</b>	<b>100,00%</b>

Figura 30. Resumen General de la estructura de costos, tomado de la hoja llamada Renglones de pago.  
Fuente: Propia

### Base de Datos de Materiales:

Los materiales que se colocaron en esta base de datos, fueron tomados en cuenta con dos criterios, el primero fue verificar los materiales necesarios para cada renglón de pago y sus actividades requeridas (incluidos en el documento *Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor para la actualización y modernización del sistema de costos de obras viales del área de vialidad*) y el segundo punto considerado fue tomar en cuenta los materiales presentes en la base de datos de materiales en la hoja del señor William Abarca.

Esta hoja posee la descripción del material, unidad del rendimiento (este puede variar según la actividad en la que se requiera), unidad de medida y los costos por unidad.

Los costos de los materiales fueron tomados de distintas fuentes dependiendo del tipo:

- Los derivados con el petróleo fueron obtenidos por la página web de RECOPE (RECOPE, 2015). En estos materiales, se agregó una casilla llamada *ver en*, en

donde existe un comentario que incluye el Link para poder actualizar estos costos.

- Los otros costos de materiales fueron tomados de un libro llamado Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales elaborado por el señor Walter Ibáñez. (Ibáñez, Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales, 2012). Sin embargo, en este caso, los costos estaban en la moneda oficial de Perú, por lo tanto fueron pasados a costos en colones, utilizando el tipo de cambio para el día 17 de mayo del 2015, en ese momento, el valor de 1 sol peruano equivalía a 169,2 colones.

Al igual que en las demás hojas, que ya fueron analizadas, existe un hipervínculo llamado *Volver al índice*, seleccionando este, se puede regresar al inicio y así trabajar en otra hoja. En la siguiente figura se puede ver como se agrupan las descripciones anteriores a la hoja de base de datos en materiales:

**Ministerio de Obras Públicas y Transportes**  
**Primer Programa de la Red Vial Cantonal Préstamo BID No.2098/OC-CR**  
**Consultoría GIZ**

[Volver al Índice](#)

### **Base de Datos de Materiales para actividades**

#	Material	unidad rendimiento	Costo Por unidad	Unidad medida
1	PINTURA AMARILLA PARA VIAS	km/galon	¢7.219,49	galon
2	SOLVENTE PARA PINTURA VIAS	km/galon	¢8.878,21	galon
3	ESFERAS DE VIDRIO PARA VIAS	kg/galon	¢606,72	kg
4	MADERA FORMAleta 19mm	pul/m3	¢17.156,49	lam
5	CLAVOS VARIOS	kg/m3	¢550,64	kg
6	LIQUIDO PARA CURA	lt/m3	¢2.906,15	kg
7	ACERO REFUERZO	kg/und	¢453,77	kg
8	ALAMBRE NEGRO	kg/und var	¢501,35	kg
9	CEMENTO PORTLAND (PLANTA AGUA CALIENTE)	kg/m3	¢6.300,00	saco
10	MARCADORES PAVIM. REF.2 CARAS	uds	¢1.002,71	uds
11	EPOXY / MARCADORES	uds/galón	¢15.575,95	galon

Figura.31. Lista base de datos Materiales.  
Fuente: Propia

7					
8	#	Material	unidad rendimiento	Costo Por unidad	Unidad medida
20	12	ASFALTO AC/30	lt/lt	¢253,43	ver en:
21	13	EMULSIÓN ASFÁLTICA	lt/lt	¢166,77	ver en:
22	14	TUB HORM C-III 0.46m Ø	m/m	¢20.530,00	
23	15	Derecho Extracción de materiales	m3/hra	¢790,40	
24	16	CHALECOS DE SEGURIDAD	global	¢2.000,00	global
25	17	CASCOS	global	¢2.332,00	global
26	18	CARRETILLOS	global	¢35.910,00	global
27	19	RÓTULOS DE SEÑALIZACIÓN	global	¢10.000,00	global
28	20	Cemento asfaltico AC-30	kg/m3	¢328,12	kg
29	21	TUB HORM C-III 0.76m Ø	m/m	¢39.400,00	m
30	22	TUB HORM C-III 0.91m Ø	m/m	¢58.021,06	m
31	23	TUB HORM C-III 1.2m Ø	m/m	¢93.962,16	m
32	24	TUB HORM C-III 1.52m Ø	m/m	¢141.879,67	m
33	25	EQUIPO MENOR	global	¢10.000,00	global
34	26	LAMINA DE ACERO LISO 16mmx1.2mx2.4m	und/lam	¢207.691,25	lam
35	27	POSTES P/SEÑALES VERTICALES 1.8m	und/pza	¢20.659,17	uds
36	28	MATERIAL REFL. SEÑALES (ROLLO)	und/rollo	¢1.928,94	uds
37	29	TORNILLOS GALV. DE 5/8 Grado 8 (Con tuerca y arandela)	und/tornillo	¢463,96	uds
38	30	TINTA SERIGRAFICA	und/litro	¢188.124,86	galon
39	31	ARENA (PRECIO TAJO) max 4.75 mm	m3	¢16.000,00	m3
40	32	PIEDRA CUARTA (PRECIO TAJO) max 38 mm	m3	¢15.500,00	m3
41	33	PIEDRA BRUTA (TAJO) max 250 mm	m3	¢17.234,67	m3
42	34	BUNKER	lt/lt	¢218,61	ver en: litro
43	35	LASTRE max 38 mm	m3	¢15.000,00	m3

Isabel:  
<https://www.recope.go.cr/productos/precios/tabla-precios/>

Figura.32. Continuación (hacia abajo) de lista base de datos Materiales.  
Fuente: Propia

#	Material	unidad rendimiento	Costo Por unidad	Unidad medida
36	CONO DE SEÑALIZACIÓN (seguridad) 18"	und/km via	¢11.303,40	uds
37	ALAMBRE ELÉCTRICO	m3/m	¢250,00	m
38	BARRENOS	m3/hra	¢56.024,14	uds
39	BROCAS	m3/hra	¢22.850,00	uds
40	DINAMITA	m3/kg	¢14,62	kg
41	FULMINANTES caja 100uds x 0.160kg	m3/und	¢93,47	uds
42	MANGUERA	m3/hra	¢11.800,00	m

Figura.33. Continuación (hacia abajo) de lista base de datos Materiales.  
Fuente: Propia

### Base de datos Mano de Obra:

Esta base de datos es la más simple, en ella se encuentra la lista de los puestos de trabajo requeridos para las actividades de los renglones de pago, de igual forma que los materiales, también fueron revisados en el documento del señor Sánchez y en la herramienta elaborada por el señor William Abarca.

Los costos de los puestos, fueron actualizados con la lista elaborada por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS), la cual es publicada cada semestre, este año fue publicada en La Gaceta No.235 del 05 de diciembre del 2014. La lista posee los salarios correspondientes a jornadas laborales ordinarias, las cuales no deben ser mayor a 12 horas, por esto se toman como 10 horas de trabajo al día, así se pudo determinar los costos horarios.

Para el caso de esta base de datos, existe una casilla llamada *Fecha actualización*, en ella el usuario debe anotar la última fecha en que se actualizó la lista de costos horarios.

Esta hoja posee las siguientes casillas: Descripción (en ella están los puestos seleccionados para trabajar), unidad de rendimiento (esta puede variar con respecto a la actividad elaborada), Salario por hora (como ya

fue descrito, se toman los costos horarios brindados por el MTSS y se dividen por las 10 horas de la jornada en que fue determinado el salario), Salario mensual (este monto es el que determina el MTSS), siglas (estas siglas son incluidas en la hoja, principalmente para que a la hora de actualizar la herramienta, el usuario pueda ubicarse mejor en las listas del MTSS) y la Fecha de actualización (ya mencionada anteriormente).

Es importante destacar que los costos horarios de los trabajadores rondan la mayor parte del tiempo sobre el costo mínimo utilizado en esta base de datos, para poder utilizar salarios más destacados se debe poseer experiencia previa sobre este tipo de costos.

Como todas las hojas anteriores, presenta una casilla llamada *volver a índice* la cual puede ser usada al terminar de trabajar en la hoja de base de datos de Mano de Obra. En las siguientes figuras, se puede ver la lista de mano de obra y los costos correspondientes al primer semestre del 2015.

<b>Ministerio de Obras Públicas y Transportes</b>						
<b>Primer Programa de la Red Vial Cantonal Préstamo BID No.2098/OC-CR</b>						
<b>Consultoría GIZ</b>						<a href="#">Volver al Índice</a>
<b>Base de Datos de Mano de Obra para actividades</b>						
#	Descripción	unidad rendimiento	Salario por hora	Salario mensual/ Jornada	siglas	Fecha actualización
1	Peón Miseláneo	ud/hra	¢950,93	¢9.509,34	TNC	1er semestre-2015
2	Peón de Construcción	ud/hra	¢950,93	¢9.509,34	TNC	1er semestre-2015
3	Dinamitero	ud/hra	¢1.034,07	¢10.340,74	TSC	1er semestre-2015
4	Encargado	ud/hra	¢1.242,12	¢12.421,15	TE	1er semestre-2015

Figura.34. Lista de mano de obra.  
Fuente: Propia

#	Descripción	unidad rendimiento	Salario por hora	Salario mensual/ Jornada	siglas	Fecha actualización
5	Mecánico	ud/hra	¢1.242,12	¢12.421,15	TE	1er semestre-2015
6	Ayudante	ud/hra	¢950,93	¢9.509,34	TNC	1er semestre-2015
7	Albañil	ud/hra	¢1.034,07	¢10.340,74	TSC	1er semestre-2015
8	Carpintero	ud/hra	¢1.053,11	¢10.531,09	TC	1er semestre-2015
9	Armador	ud/hra	¢1.034,07	¢10.340,74	TSC	1er semestre-2015
10	Soldador	ud/hra	¢1.053,11	¢10.531,09	TC	1er semestre-2015
11	Pintor	ud/hra	¢950,93	¢9.509,34	TNC	1er semestre-2015
12	Guarda	ud/hra	¢1.018,00	¢305.323,98	TSCG	1er semestre-2015
13	Serigráfico	ud/hra	¢1.053,11	¢10.531,09	TC	1er semestre-2015
14	Ayudante serigrafía	ud/hra	¢950,93	¢9.509,34	TNC	1er semestre-2015
15	Op. Construcción	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
16	Op. Pala excavadora	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
17	Op. Vagoneta	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
18	Op. Quebrador	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
19	Op. Cargador	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
20	Op. Cabezal	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
21	Op. Grua	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
22	Op. Máquina Pintura Vías	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
23	Op. Carga Liviana	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
24	Op. Tractor	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
25	Op. Mototrailla	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
26	Op. Compactador	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
27	Op. Niveladora	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
28	Op. Retroexcavadora	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
29	Op. Perforadora	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
30	Op. Planta de Asfalto	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
31	Op. Finishers	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
32	Op. Mezcladora de Hormigón	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
33	Op. Acabadora Hormigón	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015
34	Op. Varios	ud/hra	¢1.242,10	¢12.421,00	TE	1er semestre-2015

Figura.35. Continuación de lista de mano de obra.

Fuente: Propia



### Base de Datos de Maquinaria:

La base de datos que comprende todo lo referente a maquinaria, es la más compleja y sin embargo, la más completa de las tres bases de datos.

La maquinaria que se encuentra en ella, es tomada de la lista de precios del CONAVI, la cual puede encontrarse en su página web. Esta lista, posee los costos horarios de la maquinaria (desglosados en Costos fijos + Operador y costo horario con o sin impuestos, y tanto dentro como fuera de la vida útil del equipo), cantidad de vida útil en años, potencia de la maquinaria (representada en caballos de fuerza (HP/kW), modelo y marca de la maquinaria, descripción y un código de referencia para cada uno. Para la herramienta de estimación de costos para este trabajo, solamente contempla la lista de maquinaria, los demás datos fueron determinados mediante las fórmulas que fueron descritas en la sección de marco teórico.

En la base de datos de maquinaria que se planteó en la herramienta, contiene la siguiente información:

- *Descripción:* en esta parte se describe la maquinaria, la potencia que tiene, e incluso, el modelo en algunas.
- *Rendimiento de referencia:* estas casillas están solamente en algunos espacios, fueron tomadas del folleto elaborado por el señor Rafael Sánchez, sin embargo, solamente son para referencia, por si el usuario quisiera saber que rendimiento ronda en tener un equipo. La razón de esto es porque los rendimientos pueden variar, para un mismo equipo, con solo cambiar el material en que trabaja, las condiciones atmosféricas, la mano de obra, entre otros.
- *Unidad rendimiento:* de igual manera que los rendimientos de referencia son la unidad, ya que esta depende del rendimiento y la actividad en que se desempeña.
- *Costo horario:* El costo horario es derivado dos divisiones, costos de operación y los costos fijos, los cuales se describen a continuación:
  - a. Costos de operación: son desglosados en combustibles, lubricantes, repuestos, reparaciones y llantas.

- b. Costos fijos: determinados por medio del valor a recobrar mediante trabajo, intereses, seguros e impuestos.

Para poder determinar los costos anteriores y sus derivados, se realizó una búsqueda de datos dentro del documento llamado “Libro Azul” (Constructor’s Equipment Cost Guide), los datos que se obtuvieron del libro fueron:

- Horas económicas equipo.
- Horas uso anual equipo.
- Horas económicas llantas
- Horas anuales de reparación.
- Valor del equipo en Costa Rica (se convirtió el precio de Estados Unidos al de Costa Rica por medio del TCD.
- Valor de llantas por hora.
- Valor del equipo sin llantas.
- Costo reparación por medio del TCD y los costos de reparación de labor y partes horario.
- Factores de salvamento, reparaciones, llantas, partes, impuestos y seguros, CFC, combustible y lubricantes.

Además, se determinaron los siguientes puntos en otras fuentes:

- Vida útil (años): se obtuvo mediante la lista de precios del CONAVI.
- Tipo de cambio del dólar: Superior a esta casilla está *ver en*, en esta se puede ver como comentario la dirección electrónica para ingresar y actualizar el dato.
- Precio combustible: al igual que en el anterior, se puede actualizar por medio del comentario que se encuentra en el superior de la casilla.
- Prime Rate: Este porcentaje también puede obtenerse por medio del comentario que posee la casilla sobre su nombre.
- Spread%: el valor de este porcentaje es de 4,17%.
- %Seguros: el Instituto Nacional de Seguros (INS), brinda este valor.

Agregado a los datos anteriores, existe una lista de porcentajes para comparar el valor de



combustibles, lubricantes, repuestos, reparaciones llantas y costos de operación, con respecto a los costos horarios ya calculados, esto con el fin de promediar en el cuadro siguiente (con respecto al tipo de maquinaria), el porcentaje que equivale al desglose del costo horario. De esta manera, se puede determinar el porcentaje que debe ir en la estructura de costos que desglosará el costo total de la maquinaria para cada renglón de pago.

Dentro de esta base de datos existen unas celdas de color amarillo, estas son las máquinas que no poseen costo horario, sin embargo si se incluyen en la base de datos por si el usuario desea agregar los datos necesarios y

determinar su costo horario. Dentro de la hoja de cálculo de este proyecto no afecta, pues la maquinaria que se requiere para los renglones de pago determinados, sí están.

Como en las hojas anteriores, en esta base de datos existe una casilla para que el usuario indique la última fecha de actualización de los datos. También se presenta un hipervínculo para re direccionarse al índice principal. En las siguientes imágenes, se puede apreciar la lista de maquinarias con sus respectivos datos.

Base de Datos en Maquinarias

#	Descripción	Rendimiento de referencia	Unidad rendimiento	Costo Horario directo	Potencia (HP)	Horas económicas equipo	Horas uso anual equipo	Horas económicas llantas	Horas Anuales de reparación	valor de maquinaria en \$
1	Acabadora de Hormigón 107HP		m3/hra	0,00	107,0					
2	Acabadora de Hormigón 135HP		m3/hra	0,00	135,0					
3	Acabadora de Hormigón Ingersoll Rand 180HP		m3/hra	0,00	180,0					
4	Compresor de aire (Diesel) 160cfm 60HP	271,83	m3/hra	08.656,92	60,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$18.620,00
5	Compresor de aire (Diesel) 185cfm 75HP	314,30	m3/hra	09.815,71	75,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$18.693,00
6	Compresor de aire (Diesel) 250cfm 95HP	424,74	m3/hra	09.928,92	95,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$29.407,00
7	Compresor de aire (Diesel) 450cfm 150HP	764,52	m3/hra	20.857,44	150,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$52.688,00
8	Compresor de aire (Diesel) 600cfm 200HP	1019,37	m3/hra	24.993,32	200,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$54.733,00
9	Compresor de aire (Diesel) 750cfm 240HP	1274,21	m3/hra	30.549,49	240,0	10155,0	1170,0	3900,0	76,0	\$70.718,00
10	Borradora de líneas de tráfico EDCO TLR-711HP (sin discos)		m3/hra	0,00	711,0					
11	Barredora de Vías Autopropulsada T-20 85HP	600,00	l/hra	14.646,28	85,0	5000,0	850,0	1500,0	170,0	\$20.500,00
12	Barredora de Vías Autopropulsada RB-38 76HP	600,00	l/hra	15.937,29	76,0	5000,0	850,0	1500,0	170,0	\$28.000,00
13	Barredora de Vías Autopropulsada RJ-350 80HP	600,00	l/hra	15.444,53	80,0	5000,0	850,0	1500,0	170,0	\$26.000,00

Figura.36. Hoja Base de datos Maquinaria..  
 Fuente: Propia

Horas Anuales de reparación	valor de maquinaria en \$	Valor maquinaria en CR	Valor Llantas en \$ por hora	Valor Llantas	Valor equipos/llantas	Vida Util (años)	Costo Reparación Labor (x hrs)	Costo Reparación partes (x hrs)	Costo reparación (xhrs)
		€0,00		€0,00	€0,00	8,4			€0,00
		€0,00		€0,00	€0,00	8,4			€0,00
		€0,00		€0,00	€0,00	8,4			€0,00
76,0	\$18.620,00	€10.241.000,00	\$0,04	€102.410,00	€10.138.590,00	8,7	\$1,76	\$1,56	€1.826,00
76,0	\$18.693,00	€10.281.150,00	\$0,04	€102.811,50	€10.178.338,50	8,7	\$1,76	\$1,57	€1.831,50
76,0	\$29.407,00	€0,00	\$0,07	€0,00	€0,00	8,7	\$1,76	\$2,46	€2.321,00
76,0	\$52.688,00	€28.978.400,00	\$0,13	€289.784,00	€28.688.616,00	8,7	\$1,76	\$4,41	€3.393,50
76,0	\$54.733,00	€30.103.150,00	\$0,14	€301.031,50	€29.802.118,50	8,7	\$1,76	\$4,58	€3.487,00
76,0	\$70.718,00	€38.894.900,00	\$0,18	€388.949,00	€38.505.951,00	8,7	\$1,76	\$5,92	€4.224,00
		€0,00		€0,00	€0,00	5,6			€0,00
170,0	\$20.500,00	€11.275.000,00	\$0,20	€146.575,00	€11.128.425,00	5,9	\$6,58	\$2,39	€4.933,50
170,0	\$28.000,00	€15.400.000,00	\$0,27	€200.200,00	€15.199.800,00	5,9	\$6,58	\$3,21	€5.384,50
170,0	\$26.000,00	€14.300.000,00	\$0,22	€185.900,00	€14.114.100,00	5,9	\$6,58	\$2,60	€5.049,00

Figura.37. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

IFAM= 50,01 €4,95 I.V= 13%								
Costo reparación (xhrs)	verlo en:	verlo en:	verlo en:	Spread%	Prime Rate+Spread%	%seguros	fSalvamento	fReparaciones
	Tipo Cambio Dólar (TCD)	Precio Combustible regular (litro)	Prime Rate					
€0,00	€550,00	€545,00	3,25%	4,17%	7,42%	1,15%		
€0,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%		
€0,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%		
€1.826,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€1.831,50	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€2.321,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€3.393,50	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€3.487,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€4.224,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,12	0,12
€0,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%		
€4.933,50	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,16	0,15
€5.384,50	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,16	0,15
€5.049,00	€550,00	€545,00	0,0325	4,17%	7,42%	1,15%	0,16	0,15

Figura.38. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

fSalvamento	fReparaciones	flantas	fpartes	fimpuestos y seguros	fCFC	fComb.	flubricante
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,12	0,12	0,01	0,000083	0,058	0,036	0,037	0,143
0,16	0,15	0,013	0,0001	0,048	0,038	0,03	0,144
0,16	0,15	0,013	0,0001	0,048	0,038	0,03	0,144
0,16	0,15	0,013	0,0001	0,048	0,038	0,03	0,144

Figura.39. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

Costo Horario maquinaria (costos Operación)					Costo Fijos						Costo Horario directo
Combustibles	Lubricantes	Repuestos	Reparaciones	Llantas	Valor residual al reemplazo	Valor recobrar mediante trabajo	Interes	Seguros	Impuestos	Costos Operación de servicios	
0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,00	0,00	0,00	0,00	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
4.579,87	77,94	1.826,00	219,12	26,26	1.216.630,80	878,58	358,53	56,13	634,50	1.927,73	8.656,92
5.724,84	77,94	1.831,50	219,78	26,36	1.221.400,62	882,02	359,93	56,35	636,98	1.935,29	9.815,71
7.251,47	77,94	2.321,00	278,52	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9.928,92
11.449,69	77,94	3.393,50	407,22	74,30	3.442.633,92	2.486,06	1.014,51	158,82	1.795,40	5.454,79	20.857,44
15.266,25	77,94	3.487,00	418,44	77,19	3.576.254,22	2.582,56	1.053,89	164,99	1.865,08	5.666,51	24.993,32
18.319,50	77,94	4.224,00	506,88	99,73	4.620.714,12	3.336,80	1.361,68	213,17	2.409,79	7.321,44	30.549,49
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
5.260,67	78,48	4.933,50	740,03	97,72	1.780.548,00	1.869,58	568,30	89,24	1.008,78	3.535,89	14.646,28
4.703,65	78,48	5.384,50	807,68	133,47	2.431.968,00	2.553,57	776,21	121,89	1.377,85	4.829,51	15.937,29
4.951,22	78,48	5.049,00	757,35	123,93	2.258.256,00	2.371,17	720,77	113,18	1.279,43	4.484,55	15.444,53

Figura.40. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

% de participación					
Combustibles	Lubricantes	Repuestos	Reparaciones	Llantas	Costos Operación de servicios
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
52,90%	0,90%	21,09%	2,53%	0,30%	22,27%
58,32%	0,79%	18,66%	2,24%	0,27%	19,72%
73,03%	0,78%	23,38%	2,81%	0,00%	0,00%
54,89%	0,37%	16,27%	1,95%	0,36%	26,15%
61,08%	0,31%	13,95%	1,67%	0,31%	22,67%
59,97%	0,26%	13,83%	1,66%	0,33%	23,97%
0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
35,92%	0,54%	33,68%	5,05%	0,67%	24,14%
29,51%	0,49%	33,79%	5,07%	0,84%	30,30%
32,06%	0,51%	32,69%	4,90%	0,80%	29,04%

Figura.41. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

El siguiente cuadro es empleado para agrupar los porcentajes de combustible, lubricantes, repuestos, reparaciones, llantas y costos operación, con respecto a la maquinaria. Además se utiliza en cada renglón de pago, para después desglosar en el presupuesto final, el costo de la

maquinaria, cabe destacar que en todos los renglones de pago, está correlacionado este cuadro, por lo tanto si la maquinaria es actualizada, el cuadro también lo será.

<b>Cuadro 19. Resumen de porcentajes por maquinaria</b>						
<b>Equipo</b>	<b>Combustibles</b>	<b>Lubricantes</b>	<b>Repuestos</b>	<b>Reparaciones</b>	<b>Llantas</b>	<b>Costos Operación de servicios</b>
Compresores	60,0%	0,6%	17,9%	2,1%	0,3%	19,1%
Barredoras de vías	32,5%	0,5%	33,4%	5,0%	0,8%	27,8%
Bombas para agua	39,4%	0,3%	34,6%	9,4%	0,3%	15,9%
Cabezales	35,2%	0,2%	20,0%	3,5%	21,3%	19,8%
Camión Plataforma	64,0%	0,5%	9,7%	1,5%	2,9%	21,4%
Cargador a llantas	36,1%	0,3%	17,2%	3,4%	3,5%	39,6%
Cargador Orugas	23,8%	0,3%	33,4%	6,7%	0,0%	35,8%
carretas	0,0%	2,2%	32,3%	6,5%	17,6%	41,5%
Trailetas	0,0%	2,0%	17,3%	3,5%	16,7%	60,6%
compactador tambor y manual	15,6%	0,6%	39,0%	6,1%	0,0%	38,6%
compactador neumático	18,4%	0,2%	43,0%	6,5%	3,0%	29,0%
pata de cabro	28,9%	0,1%	29,4%	4,4%	0,0%	37,2%
criba	5,9%	0,0%	50,8%	12,7%	0,0%	30,7%
compactador rodillo	33,0%	0,2%	22,3%	3,3%	1,2%	40,0%
Distribuidores de Asfalto	0,0%	0,1%	47,1%	0,7%	0,0%	52,0%
generadores eléctricos	74,2%	0,1%	13,4%	2,0%	0,0%	10,3%
Grúa	20,6%	0,3%	23,1%	3,6%	3,3%	49,2%
martinete	9,6%	0,4%	39,5%	7,9%	0,0%	42,6%
motoraila	28,3%	0,1%	23,6%	3,9%	5,4%	38,6%
Motoniveladora	32,9%	0,2%	20,4%	3,4%	3,0%	40,0%
Pala excavadora	23,6%	0,4%	27,6%	6,9%	0,0%	41,5%
perforadora	0,0%	0,0%	34,2%	13,7%	0,0%	52,2%
Vehiculo carga liviana	71,4%	0,2%	9,0%	1,5%	1,6%	16,4%
plantas concreto	0,0%	0,2%	36,4%	9,1%	0,0%	54,3%
componentes plantas asfalto	0,0%	0,0%	28,4%	5,0%	0,0%	66,6%
quebradores	0,0%	0,0%	45,6%	11,4%	0,0%	43,1%
retroexcavadoras	25,6%	0,5%	20,0%	5,1%	3,6%	45,1%
trompos	0,0%	0,0%	42,5%	0,0%	0,0%	57,5%
tanques de agua	0,0%	0,5%	33,9%	5,1%	12,2%	48,4%
tractor de oruga	28,3%	0,2%	28,8%	5,8%	0,0%	37,0%
Vagonetas	43,0%	0,3%	22,7%	3,8%	3,1%	27,0%

Fuente: Propia

A continuación se presenta un cuadro de comparación de algunos datos, al azar, de la lista de maquinaria obtenida, con relación a la listas

de costos horarios arrojadas por el CONAVI el 26 de febrero del 2010, en el diario oficial La Gaceta N°.40.

<b>Cuadro 20. Comparación en lista CONAVI y lista calculada de costos horarios en maquinaria</b>			
<b>Maquinaria</b>	<b>Costo Horario CONAVI</b>	<b>Costo Horario Calculado</b>	<b>Diferencia</b>
Compresor de aire (Diésel) 160cfm 60HP	¢8.167,00	¢8.656,92	¢489,92
Barredora de Vías Autopropulsada T-20 85HP	¢13.297,00	¢14.646,28	¢1.349,28
Bomba Centrífuga para Agua (GASOLINA-8 000 gph) Mod.2" 7HP	¢2.283,00	¢3.479,78	¢1.196,78
Cabezal 6x4 (37,5 ton) 400HP	¢42.834,00	¢51.576,38	¢8.742,38
Camión Plataforma 6x4 (21,5 ton) 235HP	¢25.099,00	¢24.287,91	-¢811,09
Cargador a Llantas 4WD Articulado 544E 115HP	¢18.856,00	¢22.313,66	¢3.457,66
Cargador a Llantas 4WD Articulado 988G 475HP	¢101.847,00	¢108.599,57	¢6.752,57
Carreta de Cuello de Cisne Flexible (35 T) 3 ejes	¢6.327,00	¢7.723,95	¢1.396,95
Compactador de Asfalto con 2 Tambores Vibratorios CB214B 33HP	¢10.298,00	¢10.842,01	¢544,01
Compactador Manual Vibratorio (Plancha vibratoria 840 mm ancho (33" ))	¢17.074,00	¢14.993,23	-¢2.080,77
Distribuidor De Asfalto 1100gal	¢22.766,00	¢22.842,12	¢76,12
Generador Eléctrico (Incluye Todo El Set) 300 Kw (Diésel) 428HP	¢56.655,00	¢59.131,15	¢2.476,15
Grúa Hidráulica 4x4 72.2 ft (16.3 tm) TR-180XL 180HP	¢30.985,00	¢44.992,78	¢14.007,78
Martinete 99,90 Kn-M; Peso De Masa 29,37 Kn; Carrera Max. 3,40 M (Acción Simp) D30-32 44HP	¢53.557,00	¢55.029,91	¢1.472,91
Motoniveladora Articulada Erops 130g 135hp	¢26.666,00	¢30.572,97	¢3.906,97
Motoniveladora Articulada EROPS 750A 210HP	¢50.268,00	¢54.554,80	¢4.286,80
Pala Excavadora Hidráulica (10.9 TM) EX100-2	¢21.707,00	¢31.976,10	¢10.269,10
Componente Planta De Asfalto (Tolva alimentadora de fríos) 4 Tolvas 13HP	¢60.212,00	¢71.403,14	¢11.191,14
Cargador Retroexcavador Llantas 2WD 580-L 70HP	¢12.576,00	¢20.444,92	¢7.868,92
Tanque De Agua (11 000 L) 1200gph	¢10.526,00	¢10.911,29	¢385,29
Tractor De Oruga (ROPS/SEMI-U) D275A-2 405HP	¢111.177,00	¢102.279,04	-¢8.897,96
Vagoneta (12 m3 - 14 m3) 6x4 325HP	¢27.615,00	¢44.658,96	¢17.043,96
Vagoneta Roquera (18,5 TM, 13 m3) 6x6 A20 186HP	¢42.337,00	¢40.295,54	-¢2.041,46

Fuente: Propia

#### Desglose individual por renglón de pago:

Cada renglón de pago existente en la hoja de resumen posee una hoja aparte donde se puede seleccionar la maquinaria, mano de obra y materiales necesarios para realizar las actividades correspondientes a cada renglón de pago. Al lado del desglose de maquinaria, existe una lista (proveniente de la base de datos de maquinaria) y en ella se selecciona la máquina que se requiere agregar a la lista, luego se utiliza

el botón de "Agregar a lista de Maquinaria" y automáticamente se agrega, así se utiliza hasta encontrar todas las necesarias, si por alguna razón se desea borrar esa lista, se utiliza el botón de borrar y esta queda como en el inicio.

De esta misma forma se trabaja con las listas de mano de obra y materiales. Solamente hay que agregar la cantidad necesaria y modificar el rendimiento, si fuera necesario. Además de todo, lo anterior, se encuentra una lista llamada



*Recomendación*, ahí se incluye la maquinaria, mano de obra y materiales para desarrollar ese renglón de pago.

Al final de las tres listas (Maquinaria, Mano de Obra y materiales), se puede ver la estructura de costos de los renglones. Esta estructura tiene como función desglosar el monto total (para la cantidad requerida) en costos de posesión, repuestos y reparaciones, llantas, combustibles, lubricantes, mano de obra, materiales, administración de insumos, administración de mano de obra, imprevistos y utilidad. Los anteriores montos son obtenidos al multiplicar un porcentaje por el monto correspondiente:

- Costos de Posesión, Repuestos y reparaciones, Llantas, Combustible y Lubricantes, son obtenidos del monto total de la maquinaria, mediante la utilización de los porcentajes que se obtuvieron en la base de datos de maquinaria, pues estos varían con respecto a los equipos utilizados. Se puede observar del siguiente cuadro hacia abajo de la estructura de costos del renglón, son los promedios obtenidos por el porcentaje del cuadro resumen de porcentajes de maquinaria (ver cuadro 19).
- Mano de obra y materiales se mantienen igual.
- Administración (insumos) es determinada con un 5% de materiales y maquinaria, administración (mano de obra) es determinada por el 5% de la mano de obra e imprevistos se determina con el 5% del subtotal del renglón de pago. Mientras que la utilidad se determina con un 10% del sub total del costo en el renglón de pago. Estos porcentajes son tomados de la experiencia del autor en la hoja de cálculo utilizada por la GIZ, pues dentro de su herramienta se utilizan esos porcentajes.

Además del cuadro de estructura de costo, también fue agregado un cuadro de acarreo total, donde el usuario solamente debe escribir “sí” o “no” y contestar a la pregunta: ¿*Vagonetas*? (la pregunta se refiere a que si existen o no existen

vagonetas en la maquinaria seleccionada), con esto se agrega al monto total del renglón de pago el acarreo por 10km (este valor es el máximo en acarreo, de ser mayor se recurre al renglón de pago llamado sobre acarreo).

Todas las demás hojas correspondientes a los renglones de pago, poseen el hipervínculo para trasladarse hasta la lista de renglones de pago, o bien al índice. Lo anterior puede ser interpretado mejor en las siguientes figuras, las cuales corresponden al renglón de pago CR.311.03 CAPA GRANULAR DE RODADURA GRADUACION TM-40b MODIFICADA (se toma como ejemplo uno de los renglones, pues en todos los demás se trabaja de la misma manera):

**Sección 311 (Capas Granulares de Rodadura)**

Renglón	Descripción	Cantidad	Precio unit	Monto Total
CR.311.03	Capa granular de rodadura graducción TM-40b modificada	1	€16.567,48	€16.567,48

**Maquinaria**

Cant. Requerida	Descripción	Rendimiento	Unidad Rendimiento	Costo Horario Directo	Cantidad de horas	Monto
1	Cargador a LLantas 4WD Articulado 966F serie II 216HP	135	m3/hra	€51.241,42	0,007	€379,57
8	VAGONETA (9 m3 - 11 m3) 6x4 255HP	135	m3/hra	€36.141,98	0,001	€33,46
1	MOTONIVELADORA ARTICULADA ROPS 140G 150HP	36,92	m3/hra	€33.046,47	0,027	€895,08
1	TANQUE DE AGUA (11 000 L) 1200gph	36,92	m3/hra	€10.911,29	0,027	€295,54
1	Cabezal (20 ton) 6 x 4235HP	36,92	m3/hra	€31.053,64	0,027	€841,11
1	COMPACTADOR DE SUELOS CON TAMBOR LISO VIBR CS 563 145HP	46,16	m3/hra	€39.146,21	0,022	€848,05
1	TANQUE DE AGUA (11 000 L) 1200gph	46,16	m3/hra	€10.911,29	0,022	€236,38
1	Camión Plataforma 4x2 (12,5ton) 180HP	46,16	m3/hra	€16.541,86	0,022	€358,36
1	MOTONIVELADORA ARTICULADA ROPS 140G 150HP	120	m3/hra	€33.046,47	0,008	€275,39
<b>Subtotal</b>						<b>€4.162,94</b>

Figura.42. Hoja renglón de pago CR.311.03, desglose de maquinaria.  
Fuente: Propia

[Volver Renglones de Pago](#)

[Volver al Índice](#)

Precio unit	Monto Total
€16.567,48	€16.567,48

Monto
€379,57
€33,46
€895,08
€295,54
€841,11
€848,05
€236,38
€358,36
€275,39
€4.162,94

Recomendación en:

Maquinaria necesaria	Mano de obra necesaria
Pala excav Vagoneta	Operadores
Vagoneta r Tanq.Agua c/bomba	Misceláneos
Quebrador Compactador	Encargado
Quebrador Motoniveladora	Ayundate
Cargador Bomba centrífuga	Mecánico

VAGONETA (5 m3) 4x2 180HP  
 VAGONETA (5 m3 - 7 m3) 4x2 210HP  
 VAGONETA (6 m3 - 8 m3) 6x4 235HP  
 VAGONETA (9 m3 - 11 m3) 6x4 255HP  
**VAGONETA (12 m3 - 14 m3) 6x4 325HP**  
 VAGONETA (9 m3 - 11 m3) fuera de vida útil 6x4 255HP  
 VAGONETA ROQUERA 613C 175HP  
 VAGONETA ROQUERA (18,5 TM, 13 m3) 6x6 A20 186HP  
 VAGONETA ROQUERA (22,7 TM, 16 m3) R25 230HP

Figura.43. Hoja renglón de pago CR.311.03, selector de maquinaria y botón de agregado  
 Fuente: Propia

Mano de Obra						
Cant. Requerida	Descripción	Rendimiento	Unidad Rendimiento	Costo Horario Directo	Cantidad de horas	Monto
1	Encargado	338,08	m3/hra	€ 1.242,10	0,003	€3,67
1	Peón Miseláneo	135	m3/hra	€ 950,93	0,007	€7,04
4	Peón Miseláneo	36,92	m3/hra	€ 950,93	0,007	€6,44
3	Peón Miseláneo	46,16	m3/hra	€ 950,93	0,007	€6,87
3	Peón Miseláneo	120	m3/hra	€ 950,93	0,003	€2,64
1	Op. Cargador	135	m3/hra	€ 1.242,10	0,007	€9,20
8	Op. Vagoneta	135	m3/hra	€ 1.242,10	0,001	€1,15
2	Op. Niveladora	156,92	m3/hra	€ 1.242,10	0,003	€3,96
1	Op. Compactador	46,16	m3/hra	€ 1.242,10	0,022	€26,91
<b>Subtotal</b>						<b>€67,88</b>

Figura.44. Hoja renglón de pago CR.311.03, desglose de Mano de Obra  
Fuente: Propia

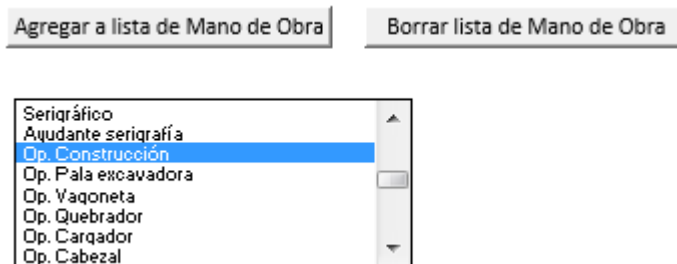


Figura.45. Hoja renglón de pago CR.311.03, selector de mano de obra y botón de agregado  
Fuente: Propia



Subtotal	€13.571,84
Subtotal precio unitario	€13.571,84
<b>Precio Unitario</b>	<b>€16.567,48</b>

Estructura de costos del renglón				
Detalle		Monto	Porcentaje	Monto unitario
Costo de Posesión	34%	€1.396,26	8,43%	€1.396,26
Repuestos y reparaciones	27%	€1.128,72	6,81%	€1.128,72
Llantas	7%	€273,27	1,65%	€273,27
Combustible	32%	€1.349,54	8,15%	€1.349,54
Lubricantes	0%	€15,15	0,09%	€15,15
Mano de Obra		€67,88	0,41%	€67,88
Materiales		€9.341,02	56,38%	€9.341,02
Administración (insumos)	5%	€675,20	4,08%	€675,20
Administración (mano de Obra)	5%	€3,39	0,02%	€3,39
Imprevistos	5%	€678,59	4,10%	€678,59
Utilidad	10%	€1.357,18	8,19%	€1.357,18
		<b>Precio propuesto</b>	<b>€16.567,48</b>	<b>€16.567,48</b>

Figura.48. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

Acarreo total
Vagonetas ? = si
t maniobra (min)= 7
min efectivos= 50
Velocidad Vag (km/h)= 30
Distancia total(km)= 10
Costo Horario vagoneta= €35.906,71
Cap de vagoneta (m3) = 12
Factor de acarreo= 10,64
<b>valor de Acarreo = €281,27</b>
% = 1,70%

Figura.49. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).  
Fuente: Propia

Marcar 1 en maquinaria presente	Equipo	Resumen de % por maquinaria					
		Combustibles	Lubricantes	Repuestos	Reparaciones	Llantas	Costos Operación de servicios
	Compresores	60,0%	0,6%	17,9%	2,1%	0,3%	19,1%
	Barredoras de vías	32,5%	0,5%	33,4%	5,0%	0,8%	27,8%
	Bombas para agua	39,4%	0,3%	34,6%	9,4%	0,3%	15,9%
1	Cabezales	35,2%	0,2%	20,0%	3,5%	21,3%	19,8%
1	Camión Plataforma	64,0%	0,5%	9,7%	1,5%	2,9%	21,4%
1	Cargador a llantas	36,1%	0,3%	17,2%	3,4%	3,5%	39,6%
	Cargador Orugas	23,8%	0,3%	33,4%	6,7%	0,0%	35,8%
	carretas	0,0%	2,2%	32,3%	6,5%	17,6%	41,5%
	trailetas	0,0%	2,0%	17,3%	3,5%	16,7%	60,6%
1	compactador tambor y manual	15,6%	0,6%	39,0%	6,1%	0,0%	38,6%
	compactador neumático	18,4%	0,2%	43,0%	6,5%	3,0%	29,0%
	pata de cabro	28,9%	0,1%	29,4%	4,4%	0,0%	37,2%
	criba	5,9%	0,0%	50,8%	12,7%	0,0%	30,7%
	compactador rodillo	33,0%	0,2%	22,3%	3,3%	1,2%	40,0%
	Distribuidores de Asfalto	0,0%	0,1%	47,1%	0,7%	0,0%	52,0%
	generadores eléctricos	74,2%	0,1%	13,4%	2,0%	0,0%	10,3%
	grúa	20,6%	0,3%	23,1%	3,6%	3,3%	49,2%
	martinete	9,6%	0,4%	39,5%	7,9%	0,0%	42,6%
	motoraila	28,3%	0,1%	23,6%	3,9%	5,4%	38,6%
1	Motoniveladora	32,9%	0,2%	20,4%	3,4%	3,0%	40,0%
	Pala excavadora	23,6%	0,4%	27,6%	6,9%	0,0%	41,5%
	perforadora	0,0%	0,0%	34,2%	13,7%	0,0%	52,2%
	Vehículo carga liviana	71,4%	0,2%	9,0%	1,5%	1,6%	16,4%
	plantas concreto	0,0%	0,2%	36,4%	9,1%	0,0%	54,3%
	componentes plantas asfalto	0,0%	0,0%	28,4%	5,0%	0,0%	66,6%
	quebradores	0,0%	0,0%	45,6%	11,4%	0,0%	43,1%
	retroexcavadoras	25,6%	0,5%	20,0%	5,1%	3,6%	45,1%
	trompos	0,0%	0,0%	42,5%	0,0%	0,0%	57,5%
1	tanques de agua	0,0%	0,5%	33,9%	5,1%	12,2%	48,4%
	tractor de oruga	28,3%	0,2%	28,8%	5,8%	0,0%	37,0%
1	Vagonetas	43,0%	0,3%	22,7%	3,8%	3,1%	27,0%

Figura.50. Hoja Base de datos Maquinaria, continuación (hacia la derecha).

Fuente: Propia

# Análisis de los resultados

En este capítulo se presenta el análisis complementario a los resultados expuestos en la sección anterior.

## Diagnóstico de herramientas utilizadas

Cumpliendo la metodología y el objetivo específico primero, se detalla en la página 24 los resultados obtenidos al evaluar y elaborar un diagnóstico de las herramientas principales que posee la GIZ. Se realiza esta actividad comenzando por revisar las herramientas que existen, de manera tal que se termina unificando el diagnóstico a una sola, ya que las otras hojas de cálculo, resultan ser fragmentos de la principal, esta recibe el nombre de “Sumario de Cantidades”.

Se destacaron varios puntos del diagnóstico de esta herramienta de cálculo, los cuales corresponden a:

1. La hoja de cálculo fue elaborada en Excel, por medio de macros y fórmulas complejas. Mediante una entrevista a los principales usuarios de estas herramientas (ver en apéndice 4), se destacó la deficiencia que posee para ejecutarse de manera ágil y rápida, esto se debe a la complejidad de crear macros en Excel y que estas a su vez funcionen al 100% de lo esperado.
2. Según el siguiente punto, los usuarios de la herramienta de cálculo, han desarrollado anexos en ellas (estos han surgido por las distintas necesidades que se van dando a lo largo del uso de la misma), por lo tanto, existen varias hojas

de presupuestos que son provenientes de la principal, pero diferentes en sus agregados. Lo anterior fue indicado por el entrevistado del apéndice 1 (ver en sección de Apéndices). Al realizar el análisis de esto, se puede observar que si se está trabajando en conjunto con herramientas distintas, si un usuario actualiza sus datos y otro no, puede tender a dar distintos resultados.

3. En la página 24, del capítulo de resultados, se puede ver la figura 5, la cual es una pequeña vista de la sección llamada principal (perteneciente a la herramienta de cálculo que se analiza), con ello se pueden determinar varios puntos, uno de los principales es la información del proyecto. Esto porque al revisar y utilizar con detalle la hoja, se pudo notar, que la parte superior de la imagen es el único espacio para información detallada del proyecto en que se está trabajando. Esto hace notar la necesidad de incluir información más eficiente. Lo anterior se da porque el documento es dividido en dos archivos distintos, uno se encarga de toda la logística administrativa, y otra, (la de interés de este proyecto) es la encargada de estimar los costos de los presupuestos. El siguiente punto por valorar, es que al ser esta hoja la principal, debería de tener hipervínculos o alguna forma de poder ir directamente al desglose de los costos, lo cual resultaría de suma importancia para



- mantener una secuencia aceptable del ingreso de datos a la herramienta, sin embargo, esta no los posee.
4. Se pudo ver que existe una hoja de la herramienta que si posee hipervínculos en sus renglones y re direccionan al usuario hacia el desglose de los costos por actividad, según lo describe la figura 6 en la página 25. Sin embargo el autor usa en ella unos cuadros de estructuras de costos que aparecen de manera repetitiva y con valores distintos, esto hace que el usuario no encuentre el dato esperado de manera rápida, lo anterior puede verse en la página 25 y 26 (figuras 7,8 y 9).
  5. Es necesario permitir al usuario nuevo una inducción al empleo de la herramienta, pues es complejo su uso e interpretación de datos.
  6. El orden es una de las principales causas del éxito de un proyecto o el fracaso del mismo, en este caso, existe poco orden en las hojas de cálculo evaluadas, en las figuras 10 y 11 se puede ver la sección de base de datos de materiales, en ella no existen encabezados de los datos en una parte, y a la par están otros materiales que sí lo poseen. De igual manera, se puede observar que en ninguna sección incluye una fecha para revisar la última actualización de los materiales. En este caso, no existe bloqueo alguno de las celdas, lo cual permite que cualquier usuario genere cambios en las hojas de la herramienta (como por ejemplo, en esas mismas imágenes 10 y 11 se puede apreciar los distintos colores que algún usuario utilizó en ella; si fuera importante conocer los usos de estos colores, no existe alguna explicación válida).
  7. Parte fundamental de un proceso de estimación de costos en proyectos de infraestructura vial son los rendimientos. En estas hojas de cálculo, el autor utiliza las ecuaciones que están presentes en el documento realizado por el Ingeniero Rafael Sánchez Bonilla, llamado

“Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor, para la actualización y modernización del sistema de costos de obras viales del área de vialidad” (Sánchez R. , 2001). Gracias a este documento es posible realizar una revisión de los rendimientos por actividad, por tipo de maquinaria, por diferentes trabajadores (mano de obra), y contemplando factores como tipo de terreno, material a transportar, eficiencia de las máquinas y los usuarios, entre otros más. En la herramienta que fue evaluada en la sección de resultados, se utilizan estos datos, se hace una relación entre la cantidad de horas estimadas a trabajar y el trabajo por hacer ( $m^2$ , m, l, km, entre otros), pero no se trabaja así en todos los renglones, pues en otros se calcula mediante un rendimiento diario (el autor toma los datos del documento ya mencionado) y se multiplica con el total de días (calculado por la cantidad de trabajo por hacer entre rendimiento diario) y su resultado es dividido entre el número de horas para cada maquinaria. Lo anterior se puede ver en las figuras 12 y 13 de la página 29. Los mismos rendimientos fueron utilizados en la hoja de cálculo de estimación de costos que se genera en este proyecto.

8. En los desgloses de precios por renglón de pago, se debe sumar ciertos porcentajes de costos que participan además de maquinaria, mano de obra o materiales. El autor de la hoja en estudio, utiliza los mismos en todos los renglones de pago, un 5% para imprevistos, un 5% para costos directos y administración de obra, 5% para Administración central (overhead) y 10% para utilidad. Aprovechando la experiencia del autor de esta hoja de cálculo. Estos porcentajes fueron aprovechados en la herramienta final del presente proyecto de graduación. En la figura 14 de la página 30, se puede observar uno de todos los cuadros que existen en esta herramienta evaluada.

9. Como se mencionó anteriormente, es importante que las hojas programadas en Excel sean protegidas para evitar la alteración de fórmulas, pues en ocasiones estas pueden afectarse por algún dato erróneo, lo que hace que se arrastre el error hasta próximas utilidades. La hoja que se encuentra en estudio no posee ningún bloqueo en sus hojas o celdas, e incluso, este archivo es vinculado con otro, por lo tanto, si en un momento dado esta hoja de cálculo es brindada a otra persona sin uno de los dos archivos, sin duda generaría posibles inconvenientes en el resultado.

## Necesidades determinadas en la entidad GIZ

Con respecto al segundo objetivo cumplido, existen necesidades para complementar las deficiencias que contenga la herramienta, esto por parte de los usuarios, por lo tanto, surge como respuesta elaborar entrevistas personalizadas y lograr de forma más eficiente complementos requeridos en la nueva hoja de cálculo.

En el apéndice 1, se puede apreciar la entrevista realizada al señor Barquero, en ella se comentaron varios puntos:

- La GIZ maneja al año muchos proyectos de caminos y es necesario el manejo de una herramienta oficial, esta debería ser utilizada por cualquier miembro de la entidad, y siempre ser igual para todos, en otras palabras, se debe evitar agregarle extras o complementos sin comunicarlo a los demás usuarios. Lo anterior es importante pues son muchas personas que usan y esto puede generar confusión al tener algunos precios diferentes a la hora de hacer los presupuestos. (Barquero, 2014).
- Dentro de los principales problemas que se localizaron aparece la falta de actualización de información. No tiene sentido elaborar una base de datos muy completa si al pasar el tiempo no se

actualiza, debe existir un método sencillo de aplicar, para que a los usuarios no se les dificulte llevarla a los precios actuales. Principalmente debe de ser actualizada con los precios de los materiales y las maquinarias (en ellas se incluyen combustibles, tipo de cambio de dólar e incluso el costo de las maquinarias, entre otros).

- El señor Barquero hace énfasis en poder seleccionar a una persona para lograr tener actualizadas las listas de datos (Barquero, 2015), así sería responsable de cualquier agregado a la herramienta o mejora que se le haga. Esta persona también debe hacer llegar la herramienta actualizada a todos los que utilizan. La persona seleccionada como responsable, tendría que mantener informados a los usuarios de la metodología empleada para la estimación de costos, por medio de capacitaciones y reuniones, con el fin de que todos trabajen de la misma forma y así evitar diferencias en los presupuestos obtenidos.
- La poca relación que existe entre el MOPT y los demás organismos, genera una baja comunicación entre las partes, de no ser así, se podría mejorar varios puntos, por ejemplo la disponibilidad de recursos (como por ejemplo vehículos para visitar más los proyectos en ejecución). Además se podría trabajar en conjunto con el CONAVI y MOPT y actualizar juntos, los datos de la información.
- El escenario perfecto dentro de una herramienta de cálculo es la facilidad de uso, y la información agregada debería ser de datos prácticos y no teóricos, así los presupuestos serían más cercanos a la realidad. Lo anterior es porque los rendimientos son la base para conocer la necesidad de las máquinas con respecto al tiempo de ejecución de la obra y la mano de obra que se debe aplicar en campo.

Con el aporte del apéndice 2, el cual es el resultado de la entrevista aplicada a la señora Vargas (puede verse en la sección de apéndices), hace énfasis en los mismos puntos anteriores, lo cual permite ver que hay varios personeros dentro de la empresa con las mismas necesidades (Vargas Sandoval, 2015). El criterio de Vargas hace resaltar la necesidad de la actualización de los datos, lo importante que es poder realizar seguimiento a estas actualizaciones (si se aplicaron o no, poder establecer una fecha en la que no se pueda dejar pasar el revisar la herramienta, revisar si las máquinas que fueron incluidas en los presupuestos son las que en realidad se están utilizando, entre otras). Al igual que Barquero, Vargas comenta la necesidad de una herramienta sencilla, fácil de manejar y ágil.

Dentro de las necesidades aportadas por el asistente en gestión de proyectos (Apéndice 3), el ingeniero Zeledón, hace énfasis en los puntos importantes ya mencionados, sin embargo comenta que los precios deberían ser actualizados mediante las zonas donde se trabaje, esto se da por la diferencia en precios que existe en las distintas áreas del país (no se puede decir que los mismos costos existen en la capital, que en zonas lejanas a la misma), también aporta la necesidad de actualización de datos. Zeledón hace ver la importancia de desarrollar la herramienta de estimación de costos con la mayoría de renglones de pago más utilizados, de esta manera se podría trabajar con un documento más rápido (la mayor problemática en las hojas existentes es la lentitud con la que trabajan, esto es por la gran cantidad de información que poseen y no siempre se utiliza.

## **Rendimientos de Maquinaria, Mano de Obra y Materiales**

En cuanto a los rendimientos que fueron utilizados en la herramienta de cálculo, se puede responder al objetivo 3. Se realizó un análisis a la hoja de cálculo empleada por el señor Abarca, y complementario a esto, se revisaron los rendimientos brindados por el señor Sánchez en su documento "Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor para la actualización y modernización del sistema de costos de obras viales del área de vialidad"

(Sánchez R., 2001). Cabe destacar que es importante poder medirlos en campo, y que no van a ser iguales siempre, esto se debe a que son teóricos y en campo siempre existen variantes que alteran los valores.

En la hoja de cálculo que cumple el objetivo principal de este proyecto, se utilizan estos rendimientos y son agregados uno a uno en su renglón de pago correspondiente, además de incluir la maquinaria, mano de obra y equipo, que son requeridos para cumplir con esos rendimientos. Estos rendimientos son obtenidos por medio de factores que puedan hacer más aceptables los resultados, son factores de volúmenes de tierra a trabajar, porcentaje de eficiencias del 75%, e incluso algunos rendimientos teóricos por maquinaria. Todos estos valores anteriores son tomados y brindan los rendimientos que son aplicados en las herramientas existentes.

En la figura 15, ubicada en la página 32, se puede hacer notar la maquinaria requerida para el renglón de pago CR.201.01, donde se interpreta que un tractor de oruga con esas características (potencia y modelo) realiza 0,45 hectáreas por hora. Además se puede notar que las vagonetas poseen el mismo rendimiento que los cargadores, esto se da porque trabajan en conjunto, y para que el cargador pueda realizar 0,6 hectáreas por hora, requiere 3 vagonetas trabajando en equipo. Al conocer este rendimiento por hora, es más fácil determinar la cantidad de tiempo que se necesitan para sacar el trabajo por realizar y así determinar el costo horario, o total de la actividad. Debe hacerse mención de que los datos utilizados son provenientes del autor Sánchez y complementados con la información obtenida del señor Abarca. (Sánchez, 2001) (Abarca, 2015).

Continuando con la página 32, en la figura 16, se puede observar que la mano de obra trabaja de la misma manera que las vagonetas y el cargador (unas dependen de la otra), por ejemplo, para que las vagonetas trabajen 0,6 hectáreas por hora, requieren que el operario genere ese rendimiento, por lo tanto posee el mismo valor. En cuanto al encargado, su puesto permite estar en todas las actividades que se realicen por renglón de pago, por eso su rendimiento es la suma de los demás.

Los materiales no son siempre necesarios, como en el caso de la mano de obra, sin embargo son parte importante del

presupuesto; en este caso se puede observar como la figura 17, en la página 32, permite ver que se necesita equipo menor para realizar esta actividad (se entiende como equipo menor, carretillos, palas, cuchillos, y demás), su rendimiento es 1 por la misma razón de ser global, sin embargo en otras ocasiones los rendimientos varían dependiendo de la actividad que se realice.

## **Renglones de pago determinados para la Herramienta de Estimación de costos propuesta**

La sección que incluye los renglones de pago, responde a lo solicitado en el objetivo 4, en el cual era necesario determinar los renglones de pago más comunes, no era posible utilizar todos, porque muchas veces se han dejado renglones por fuera de los proyectos de la GIZ, esto porque sus proyectos son muy parecidos, y son pocos los proyectos que necesitan incluir renglones diferentes.

Estas son las razones por las cuales se realizó el estudio a los carteles que había publicado la entidad a partir del 2012 y hasta finales del año 2014.

Los resultados fueron muy sorprendentes, incluían renglones de pago que solamente aparecían en una oportunidad, o todo lo contrario, otros aparecían en casi todos los renglones. El total de líneas (entiéndase líneas como el total de renglones de pago que fueron revisados), las cuales formaban parte de 93 licitaciones y a su vez 34 carteles. (Ver en el cuadro 7)

Principalmente debe establecerse un número de repeticiones que incluya al renglón de pago en la herramienta de estimación de costos. Como sugerencia del señor Barquero (coordinador de la GIZ), se realizó la ecuación de la muestra, la cual puede verse en la página 6, lo cual dio como resultado un valor de 170,46 repeticiones (ver resultados en cuadro 8, página 34). El resultado anterior hace ver que no es posible utilizar este método para incluir el dato y por lo tanto, es descartado y se continúa buscando otra metodología.

La siguiente fue la metodología utilizada para la depuración de los renglones de pago, se comenzó por determinar el porcentaje de frecuencia con respecto a la cantidad de licitaciones que se revisaron. Por recomendación del ingeniero Efraín Zeledón (ver en apéndice 3) se tomó en cuenta los renglones que obtuvieran un porcentaje mayor a 10%, con esto se puede observar el cuadro 9, de la página 34, de la sección de resultados, el cual refleja la lista de los renglones de pago con respecto a su correspondiente porcentaje de frecuencia. El conocer la frecuencia que un renglón de pago se incluye en proyectos de caminos vecinales, es el más importante de todos los criterios por considerar, esto, porque es la base de lo que se busca: utilizar los más comunes y descartar los renglones que no son relevantes.

Otro de los criterios importantes por considerar fue, consultar en las entrevistas a los personeros, cuales son los renglones de pago que no pueden faltar dentro de una herramienta de estimación de costos para la GIZ, ellos contestaron con respecto a su experiencia en el campo. En el cuadro 10 de la página 34, se puede ver el criterio de la asistente de administración Jennifer Vargas, ella comenta que los drenajes, mejoramiento de caminos y las rehabilitaciones son indispensables para tomarlos en cuenta. El siguiente cuadro 11 (misma página), puede observarse el criterio del ingeniero Ramiro Martínez, quien es asesor principal en ejecución de proyectos, donde la lista se torna un poco más extensa, incluyendo en ella, actividades que son partidarias del criterio anterior, también las respuestas pueden ser vistas en el apéndice 4. El cuadro 12 refleja los renglones de pago que el coordinador de la GIZ expone en su entrevista. (Ver el apéndice 1). Barquero dentro de su criterio está de acuerdo con los otros dos entrevistados. Para finalizar con los criterios, se puede revisar el apéndice 3, donde el asistente de gestión de proyectos (Efraín Zeledón) comenta, desde su perspectiva, las actividades que no pueden faltar, y nuevamente se puede observar la relación que existe entre las que fueron comentadas por los otros personeros y por Zeledón (ver cuadro 13). El criterio es muy importante para la toma de decisiones, pues los personeros que trabajan en los proyectos son los que se encuentran directamente relacionados al campo, y pueden

determinar, cuales son los renglones de pago que más se utilizan.

Además del criterio profesional, se solicitó la lista de los estados de proyectos (entiéndase como estado si está en adjudicación en firme, en ejecución, evaluación de oferta, si posee orden de inicio, periodo de firmeza, recepción de ofertas o trámite infructuoso), en el cuadro 14 y 15 de la página 35, puede verse el número de licitación pública y su estado, luego se procede a seleccionar solamente los que están en ejecución o inician pronto, por lo tanto se obtiene el cuadro 16 (página 36), donde corresponde a la lista de los número de renglones de pago que son partícipes de los diferentes estados, para considerarlos luego en la depuración de los renglones de pago. Este proceso se utilizó, porque de haber alguna posibilidad de medir rendimientos en campo, se podría tomar en cuenta los renglones de pago que son ejecutados en un momento dado para la medición de las maquinarias, mano de obra e incluso materiales.

Ya con los tres resultados obtenidos de porcentajes de repetición, criterio profesional y estado de proyectos, se forma una lista, la cual fue filtrada de manera especial, considerando como primer factor importante, la repetición de los proyectos, siguiéndole en importancia, la aparición de los proyectos y por último, la opinión profesional. Esta filtración permitió lograr depurar los 99 renglones de pago a una lista de 33, los cuales son los que se tomarán en cuenta para ingresarlos a la lista de renglones de pago de la herramienta para estimación de costos, los renglones obtenidos finalmente, pueden apreciarse en los cuadros 17 y 18 (ver página 37 y 38)

## Herramienta de Estimación de Costos Propuesta

Finalizando con los objetivos por cumplir, está el último y más importante de todos, donde se agrupan todos los resultados anteriores para lograr obtener la herramienta de cálculo esperada y que cumpla las necesidades que tiene la GIZ.

Se debe iniciar en discutir las principales partes que conforman la herramienta, todo es resumido en una sección llamada índice, la cual posee

hipervínculos que permitirán al usuario ubicarse en la sección que necesite, estas son: Datos generales del proyecto (este funcionará para guardar los archivos o bien, en determinado momento si se necesita conocer alguna información que sea importante, se podrá consultar en esa sección), renglones de pago (esta es la más importante de todas, en ella el usuario puede ingresar la cantidad de trabajo que necesita y el resultado lo obtendrá en esa misma sección, por ejemplo los metros cúbicos que necesita remover), estructura de costos general (en ella se puede ver el porcentaje de los desgloses de costos en los renglones de pago consultados), y las bases de datos de materiales, maquinaria y mano de obra (importantes para poder actualizar o revisar algún valor necesario). En la figura 18 de la página 39, se puede interpretar lo que se ve en la herramienta de cálculo en la sección de índice, donde los hipervínculos funcionan con solo seleccionar la casilla a donde desea ir. El índice es importante para el usuario, porque puede trasladarse a cualquier parte de la herramienta.

En la sección de datos generales, puede observarse en la figura 19 de la página 40, donde el usuario debe ingresar los datos. Dentro de los principales datos que debe tener la herramienta, se consideraron: el número de licitación, número de orden de compra, el monto aproximado y el número del camino (estos son importantes para llevar el control y saber cuál documento se debe revisar si hubiera alguna discrepancia sobre el cartel y el presupuesto), también se incluyen las fechas de firma de contrato, vencimiento de garantía, inicio y proyección final (al ingresar las fechas, se puede verificar tiempo después, cuánto se tardó en realizar el proyecto, por ejemplo, para solicitar reajustes son importantes, pues los tiempos durante la ejecución permiten determinar si es o no posible realizarlos). En el espacio asignado con la palabra proyecto, es donde debe incluirse el nombre completo del proyecto (este es sumamente importante, por lo general siempre poseen información del trabajo que se va a realizar, ya sea una rehabilitación o mejoramiento, además en el nombre dice el lugar donde será ejecutado y otras señas importantes para ser documentadas). En la sección de abajo, está tiempo de ejecución (el usuario solamente coloca el número de meses y automáticamente obtiene los días y horas, esto es funcional, porque así el usuario puede ver cuánto es el

máximo de horas que posee para realizar las actividades que va a presupuestar). Para finalizar con esta sección, en la parte inferior se puede observar el espacio para agregar la ubicación de la obra y además la extensión del proyecto, donde se ingresan la longitud y las estaciones, desde donde empieza hasta donde termina, es muy importante agregar estos datos para mantener la información lo más detallada posible. En esta hoja existe la posibilidad de volver al índice desde donde se re ubicará el usuario al lugar donde desea seguir trabajando.

Dentro de la sección llamada renglones de pago, como bien lo indica el señor Abarca, en la presentación realizada por él (en la página 11 de este documento se puede ver, sección de Marco teórico), es importante incluir el precio unitario y deben ser desglosados en la estructura de costos (Abarca, 2014). También se incluyen el total de cantidades y el monto total por cantidades necesarias (ver página 11, Marco teórico). En la figura 20 (página 41) se puede apreciar que se consideró agregar la información respectiva a los renglones de pago (Código de renglón de pago y la descripción), además de la unidad en que se trabaja cada uno (esta información es obtenida del Manual de especificaciones para caminos y carreteras CR-2010, (MOPT, 2010)). Otro punto a considerar es que se contempló, como bien se indica en la página 10 y 11, el precio unitario, cantidad necesaria y monto total, esta información es respaldada por la presentación que se menciona en esas páginas (Abarca, 2014). El precio unitario es obtenido por medio del desglose que se realiza en cada renglón de pago, de manera individual. La cantidad necesaria es la que el usuario debe agregar para conocer el monto total (este se obtiene mediante costo unitario y cantidades necesarias). De la figura 20 a la 26 se pueden observar los costos unitarios obtenidos (por cada división del CR-2010), para cada renglón de pago, además se puede apreciar lo que fue mencionado anteriormente, cada uno de estos renglones posee su costo unitario y el total, dependiendo de la cantidad necesaria que se haya incluido en él. Al lado derecho de cada renglón de pago, se desglosa el costo total por medio de una estructura de costos, como bien lo indica la GIZ en su cartel guía, citado en la página 10 (GIZ, 2014), donde se incluye los montos y porcentajes de los costos fijos o de posesión, repuestos y reparaciones, llantas, combustibles, lubricantes, mano de obra,

materiales, administración de insumos, administración de mano de obra, imprevistos, utilidad y el monto de acarreo (aunque este último no va incluido en la estructura de costos). Lo anterior puede verse en las figuras de la 27 a la 29. Esta estructura de costos es sumamente importante, gracias a estos datos es posible valorar el presupuesto y algunos porcentajes de participación en la estimación de costos.

Al finalizar la lista de renglones de pago, en la parte inferior de la estructura de costos, se encuentra el promedio de todos los datos que la conforman para poder realizar la siguiente sección, y recibe el nombre de Estructura general de costos. En ella se localizan los promedios de los montos y porcentajes existentes en los renglones de pago requeridos. Su función es poder determinar la información desglosada del monto total (que incluye todos los renglones de pago en que se les agregó cantidad necesaria). Se puede ver la figura 30 de la página 46, donde se desglosan los costos obtenidos de los ejemplos anteriores, que abarcaban el renglón de pago CR.663.01 y sobrecarreo pagado en banco.

La siguiente sección por analizar es la base de datos de materiales, en ella se encuentra la lista de los materiales necesarios para los renglones de pago seleccionados, además se incluyen otros materiales que fueron incluidos en la base de datos de la hoja de cálculo del señor Abarca. También se agregó a los precios de los productos hechos a base de petróleo un comentario el cual incluye la página web a la que se puede ingresar para actualizar los datos. En esta base de datos se buscó que se pudiera actualizar de la manera más fácil y ágil, con todas las herramientas necesarias. En la imagen 31 de la página 47, se puede apreciar como se acomodó la base de datos, en donde la unidad de rendimiento en cada material puede variar con respecto a la actividad que se realice. También se puede trasladar hacia el inicio por medio del hipervínculo llamado *volver al índice*. La figura 32 es una continuación de la lista de base de datos en materiales, en ella puede notarse como el material llamado *emulsion asfáltica* y *asfalto* tienen una casilla llamada *ver en*, en este caso se puede ver la dirección que se puede acceder para actualizar el costo. De igual manera se puede observar en la figura 33, la continuación de la figura 32, además de otros comentarios donde se puede actualizar la línea.

La base de datos de mano de obra resulta ser de las más fáciles en actualizar, ya que simplemente se toman los datos de las listas que cada semestre envía el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. En la figura 34 de la página 50, puede notarse una parte de la lista de puestos que se incluyen en esta base de datos, cabe destacar que se utilizó el criterio del señor William Abarca y Rafael Sánchez para determinar la lista oficial, pues en esta lista se incluyen los puestos que indicaba la presentación de Abarca (Abarca, 2014) y los que son incluidos en los renglones de pago que son parte de los renglones de pago descritos por Sánchez en su documento (Sánchez, 2001). En la figura 35 puede verse la continuación de la lista en la figura anterior.

Si se comparan la base de datos de materiales y mano de obra con la de maquinaria, se podría decir que es la más detallada y a la vez difícil de elaborar, esto se debe a la gran cantidad de datos que es necesario ingresar en ella para obtener un monto del costo horario real. La cantidad total de equipos son 519 distintos (sin embargo no a todos se les determinó el costo horario, esto porque no eran necesarias para las máquinas que requerían los renglones de pago ya seleccionados, sin embargo se mantienen en la lista, por si el usuario necesita agregarlo en alguno de los desgloses, estas máquinas que no poseen costo horario se caracterizan por destacarse mediante un color amarillo sobre ellas.).

Para cada uno de los equipos se debe determinar el costo horario, estos, a la vez, son divididos en costos fijos y variables, los cuales vuelven a fraccionarse en diferentes rubros, esto puede interpretarse mejor en la figura 3 de la página 12. Para determinar cada rubro se deben utilizar las ecuaciones de las páginas 13, 14, 16 y 17 del Marco Teórico.

En la página 54 se puede apreciar la figura 36, la cual corresponde a las primeras trece líneas de equipo, en ella puede observarse la línea amarilla sobre los equipos que son costos horarios. También se incluye dentro de la descripción la potencia de las máquinas (con el fin de que, a la hora de seleccionarse en el desglose de la maquinaria para el renglón de pago, se pueda basar la escogencia, además de la descripción, en la capacidad del equipo).

La lista incluye también rendimientos de referencia, estos fueron tomados de las listas

brindadas por el señor Sánchez (Sánchez, 2001), sin embargo como también se indica en el documento, los rendimientos varían por actividad, por lo tanto se mantienen esos valores, para que el usuario pueda tener una idea del rendimiento que puede cumplir la máquina y a su vez ejercer algún tipo de criterio a la hora de seleccionar la maquinaria (pero de una forma muy general).

La unidad de rendimiento es otro parámetro que puede llegar a cambiar, dependiendo de la actividad que realice el equipo, sin embargo se agrega esta información para que se pueda comprender mejor el rendimiento de referencia ubicado en las listas de maquinaria.

El costo horario, como se mencionó en varias ocasiones, es obtenido por medio de las fórmulas que se nombraron, además de los factores que necesita cada uno de estos. La mayor parte de la información utilizada para el costo horario de la maquinaria fue tomada del libro Contractor's Equipment Cost Guide o "Libro Azul", como se le llama comúnmente en Costa Rica. En la figura 36, se puede ver parte de los datos que se requieren para obtener esos resultados. En la figura 37, la continuidad de la tabla anterior, sin embargo en la figura 38 existe un punto importante que analizar, la hoja posee varias casillas con el nombre de *ver en*: las mismas están sobre las casillas que se pueden actualizar, y como se pudo observar en reiteradas ocasiones, la página web donde se pueden actualizar los datos están como comentario. La figura 39, es continuación de las demás figuras. Cabe destacar que luego de la columna de costo horario, existe una en donde se debe colocar el último día de actualización de la base de datos, esto es muy importante, por si alguna persona utiliza la herramienta y desea saber si los costos están o no actualizados.

La figura 40 de la página 57, es la más importante en cuanto al costo horario de la maquinaria, en ella se puede analizar los costos que se obtienen por medio de los datos de las figuras anteriores (incluyendo costos de combustible, lubricantes, repuestos, reparaciones, llantas, valor a recobrar mediante trabajo, interés, seguros e impuestos, para obtener el monto del costo horario directo). En la figura 41 se detallan los porcentajes a los que le pertenece a cada monto correspondiente a una máquina. Por consiguiente, en el cuadro 19, se muestran los promedios de los porcentajes de cada máquina,

los cuales se agruparon por tipo de maquinaria. Este mismo cuadro es anotado en cada hoja de renglón de pago, ya que se toman en cuenta estos porcentajes para desglosar los costos horarios de los equipos.

En el cuadro 20 de la página 60, se puede apreciar una comparación que se realizó con maquinaria seleccionada al azar, y se comparó con la lista oficial de precios del CONAVI (la cual puede verse en la sección de anexos), la primera columna detalla la descripción de la maquinaria; la segunda, es el precio brindado por el CONAVI y la columna llamada costo horario calculado, contiene los costos obtenidos por la nueva herramienta de estimación de costos, contiguo a estas columnas está la última, donde se marca la diferencia de precios, en la mayoría de los casos, los costos son similares, lo que hace ver que los costos horarios obtenidos mediante los cálculos están dentro de un rango aceptable.

Como último punto del análisis, se puede observar en la página 62, la imagen de uno de los desgloses, el cual corresponde al renglón de pago CR.311.03, donde se detalla la maquinaria necesaria, con su rendimiento y costo directo, luego se calculó las horas con respecto a una unidad de trabajo y los rendimientos, el monto es el resultado de la multiplicación de la cantidad de horas por el costo horario. Otras de las señas que se pueden ver son los hipervínculos que permiten al usuario volver a los renglones de pago, o bien al índice.

Además, al lado de la lista de maquinaria está un cuadro de lista, donde el usuario puede seleccionar la maquinaria que desee, luego de seleccionarla, solamente elige el botón de agregar y queda en la lista (así se puede repetir hasta llenar su lista, si lo que el usuario desea es comenzar de cero la elección de maquinaria, solamente debe seleccionar el botón llamado borrar lista de maquinaria y la tabla quedará en blanco. Lo anterior puede ser visto en la figura 43 de la página 63, como también puede observarse una lista llamada recomendación, la cual está basada en las listas del Ingeniero Sánchez (Sánchez, 2001) donde el usuario puede revisar la lista final con respecto a la recomendada.

De la misma forma trabajan las listas de mano de obra y materiales, con sus respectivos botones de agregar a la lista o bien, borrarla, esto puede verificarse en las figuras 44, 45 (página 64) y 46,47 (página 65).

En la figura 48 se puede apreciar la tabla llamada estructura de costos, donde cada monto es desglosado con respecto a su porcentaje (los mismos son tomados de la listas de porcentajes promedio que se realizó con la base en datos de maquinaria, ver figura 50). Para obtener el costo de posesión se multiplicó el costo de la maquinaria por el porcentaje que le pertenece (el mismo método se utilizó para repuestos y reparaciones, llantas, combustible, lubricantes. mano de obra, materiales, administración de insumos y mano de obra, imprevistos y utilidad). Los montos de mano de obra y materiales son iguales a los de las listas respectivas, el monto de administración de insumos es el porcentaje correspondiente por la suma de insumos (materiales y maquinaria), administración de mano de obra se determinó mediante el porcentaje multiplicado por la mano de obra, y los imprevistos y utilidad fueron tomados del sub total multiplicado por el porcentaje que le corresponde.

En la figura 49, puede apreciarse el cuadro del cálculo de acarreo, este se da en los primeros 10 km, de ser más distancia, debe tomarse como extra, en el renglón de pago, llamado sobre acarreo. En este cuadro solo debe verificarse si existe o no vagonetas en la lista de material y si el costo horario es igual en ambas listas, de no haber maquinaria, el costo unitario no lo toma en cuenta.



# Conclusiones y Recomendaciones

Dentro de las principales conclusiones del proyecto están:

1. La herramienta para estimación de presupuestos utilizada por la GIZ es lenta y el ingreso de datos es difícil, contiene mucha información que puede ser simplificada y sus datos están desactualizados. No existe un manual de cómo se utiliza la herramienta.
2. Algunos de los renglones de pago actuales, se desglosan de tal manera, que supone que la empresa constructora los fabrica o produce, cuando en algunos casos son productos terminados o semiprocesados que la constructora adquiere. Eventualmente estos supuestos podrían distorsionar el costo de algunos renglones de pago.
3. La entidad GIZ requiere una herramienta de estimación de costos con la siguientes características:
  - Que sea de uso oficial.
  - Con datos actualizados.
  - Debe ser simple, rápida y fácil de usar.
  - Con rendimientos prácticos.
  - Que incluya los renglones de pago más usados.
4. Los rendimientos de la mano de obra, maquinaria y materiales usados tanto en la herramienta utilizada por la GIZ como la nueva, se basa en información de documentos generados incluso hace varias décadas y a lo sumo en datos suministrados por los fabricantes, por lo que es probable que dicha información genere costos erróneos en el tanto las técnicas y equipos de construcción pudieran haber variado, teniéndose en el presente eficiencias y rendimientos diferentes a los usados en las estimaciones.
5. Para la nueva herramienta propuesta se incluyen 33 renglones de pago, que responden a un proceso de selección según la frecuencia en que los mismos aparecen en licitaciones, según el criterio experto de varios de los profesionales en ingeniería que laboran para la GIZ y además, según estuvieran presentes en algunos de los proyectos que ya están en marcha, en proceso de adjudicación o licitación.
6. Los costos horarios obtenidos presentan similitud con los oficiales del CONAVI, básicamente porque se utilizaron los mismos rendimientos de mano de obra y maquinaria.
7. La nueva herramienta de estimación de costos fue desarrollada de tal forma que contiene algunas secciones donde actualizar los datos se realiza de manera más fácil y rápida, mediante comentarios que poseen la dirección electrónica de sitios donde se puede encontrar el precio actualizado del ítem en cuestión.
8. Al disminuir la cantidad de renglones de pago, se logró obtener una herramienta más rápida.
9. Los principales aportes de la nueva herramienta se pueden resumir en:
  - Más rápida.
  - Material para actualización de datos.

- Base de datos en cuanto a materiales, maquinaria y mano de obra.
  - Estimación de costos horarios para la maquinaria, incluyendo costos directos e indirectos.
  - Claves de bloqueo en las hojas de la herramienta, para evitar la alteración de las fórmulas que brindan los costos.
  - Posee interfaz sencilla, fácil de comprender para cualquier usuario.
  - Incluye los renglones de pago más utilizados.
5. Ampliar el alcance de la nueva herramienta de estimación de costos con otras actividades o renglones de pago no consideradas en el presente trabajo.
  6. Utilizar alguna nube electrónica en la cual sea posible la actualización de la herramienta para todos los usuarios.
  7. Restringir el acceso a las claves de bloqueo presentes en la herramienta, de esta manera se podrá evitar las modificaciones erróneas en la misma.

Dentro de las recomendaciones más destacadas están:

1. La herramienta propuesta o cualquier otra que adoptara la organización, debería tener restricciones en cuanto a la manipulación de la misma; además se recomienda que los profesionales que la utilizan, realicen una reunión periódica para discutir mejoras a la misma (como actualizaciones de precios, rendimientos actualizados, incorporación de nuevos equipos, entre otros), de manera que todos utilicen siempre la misma herramienta base. Eventualmente podría haber un funcionario responsable de la herramienta de estimación de costos, el cual debe asesorar a los usuarios y actualizar las bases de datos de manera constante.
2. Realizar mediciones de rendimientos en campo, que permitan avalar los datos utilizados para la estimación de todos los recursos materiales, mano de obra y maquinaria.
3. Fijar fechas o periodos para la actualización de base de datos.
4. Elaborar una herramienta de estimación de costos en un programa computacional diferente de Excel MS, que haga más sencillo, seguro (evite la manipulación o modificación de datos) y amigable su uso.

# Apéndices

En esta sección se presentarán cuatro apéndices, los cuales corresponden a entrevistas realizadas a personeros de la empresa consultora GIZ.

El apéndice 1, corresponde a la entrevista realizada hacia el coordinador de la GIZ, el señor Eduardo Barquero. (Barquero, 2015).

El apéndice 2, corresponde a la entrevista realizada a la Asistente de administración, la señora Jennifer Vargas. (Vargas, 2015).

El apéndice 3, corresponde a la entrevista realizada al Asistente en gestión de Proyectos, Efraín Zeledón. (Zeledón, 2015)

El apéndice 4, y último de esta lista, corresponde a la entrevista realizada al Asesor principal en ejecución de proyectos, el señor Ramiro Martínez. (Martinez, 2015)

# Anexos

En esta sección se adjuntan como anexos dos documentos importantes, los cuales corresponden a:

Anexo 1. Con este se pudo determinar la comparación de los costos horarios en las maquinarias, presentes en el cuadro 20, el documento fue emitido por el MOPT y publicado por el Diario Oficial La Gaceta en diciembre del 2009. (Gaceta, 2009).

Anexo 2. Corresponde a la lista de salarios mínimos determinada por el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social (MTSS, 2015), utilizado en la base de datos de mano de obra, en la herramienta propuesta para la estimación de costos.

# Referencias

- 101.04 Definiciones. (2010). En MOPT, *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)* (págs. 15-31). San José: UCR.
- Abarca, W. (s.f.). *Costo Horario*. San José: CONAVI.
- Barquero, E. (26 de Enero de 2014). Necesidades y requerimientos en una herramienta de estimación de costos. (I. Araya, Entrevistador)
- BCCR. (21 de Enero de 2015). *Banco Central de Costa Rica*. Obtenido de [http://www.bccr.fi.cr/indicadores\\_economicos/Indices\\_Precios.html](http://www.bccr.fi.cr/indicadores_economicos/Indices_Precios.html)
- BID. (2006). Políticas para Adquisición de Bienes y Obras Financiados por el Banco Interamericano de Desarrollo. En BID.
- BID. (27 de Enero de 2015). *BID*. Obtenido de <http://www.iadb.org/es/acerca-del-bid/acerca-del-banco-interamericano-de-desarrollo,5995.html>
- Bolaños Rodríguez, E. (2012). *Muestra y Muestreo*. Estado de Hidalgo: Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo Escuela Superior de Tizayuca.
- Calle Castro, C. (2012). *Análisis de los rendimientos de mano de obra, equipo y materiales de hasta tres plantas en la ciudad de Azogues*. Cuenca, Ecuador.
- Caterpillar. (2014). *Manual de Rendimiento, edición 44*.
- Contractor's Equipment Cost Guide*. (2001). PRIMEDIA.
- Definifion.de*. (09 de Febrero de 2014). Obtenido de <http://definifion.de/rendimiento/>
- Gaceta, L. (2009). *Decreto ejecutivo No.35765-MOPT*. San Jose: La Gaceta.
- GIZ. (2014). *Cartel Guía 30 Octubre 2014*. San José: MOPT.
- Ibáñez, W. (2012). Costos Directos: Insumos. En *Manual de costos y presupuestos de Obras Viales, Tomo I* (págs. 553-563). Lima-Perú: Macro E.I.R.L.
- Ibáñez, W. (2012). *Manual de Costos y Presupuestos de Obras Viales*. Lima: Macro E.I.R.L.
- Ibáñez, W. (2012). Rendimientos Estándar. En *Manual de Costos y presupuestos de Obras viales* (pág. 585). Lima, Perú: Macro E.I.R.L.
- INEC. (03 de Febrero de 2015). *Índice de Precios de la Construcción*. Obtenido de [http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com\\_content&view=article&id=72](http://www.inec.gob.ec/estadisticas/?option=com_content&view=article&id=72)
- INEC. (21 de Febrero de 2015). *INEC Costa Rica*. Obtenido de <http://www.inec.go.cr/Web/Home/Noticia.aspx?id=1>
- Jiménez Reyes, F. (2010). Introducción. En *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)* (pág. 4). San José: UCR.

- La gran enciclopedia de Economía*. (09 de Febrero de 2015). Obtenido de Economía48: <http://www.economia48.com/spa/d/unidad-de-produccion/unidad-de-produccion.htm>
- Martinez, R. (20 de Enero de 2015). estimación de costos. (I. Araya, Entrevistador)
- Mathematics Dictionary*. (07 de febrero de 2015). Obtenido de <http://www.mathematicsdictionary.com/spanish/vmd/full/u/unitprice.htm>
- MEIC. (2011). *Reglamento para el Reajuste de Precios en los Contratos de Obra Pública de Construcción y Mantenimiento*. San José, Costa Rica: La Gaceta.
- MOPT. (2010). *Manual de Especificaciones Generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes (CR-2010)*. San José, Costa Rica: MOPT.
- Morice, A. (Octubre de 2014). Programación de costos. (I. Araya, Entrevistador)
- MTSS. (Enero de 2015). *Ministerio de Trabajo y Seguridad Social*. Obtenido de <https://docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=bXRzcy5nby5jcjxtbHNzfGd4OjFiY2E5NmNkNmVhYmY4OGU>
- Pabón, H. (2012). Planeación, Clasificación, Costeo y Control de Materiales. En H. Pabón, *Fundamentos de Costos* (págs. 77-83). Bogotá: Alfaomega.
- RECOPE. (Abril de 2015). Obtenido de <https://www.recope.go.cr/productos/precios/tabla-precios/>
- Sánchez, L. (07 de Febrero de 2015). *Wordpress*. Obtenido de <https://capitulo7pmbok.wordpress.com/gestion-de-los-costos-del-proyecto/>
- Sánchez, R. (2001). *Licitación restringida para la contratación de los servicios de un consultor para la actualización y modernización del sistema de costos de obra viales del área de vialidad*. San José: MOPT-CONAVI.
- Vargas Sánchez, R. (1999). *La Maquinaria Pesada en Movimientos de Tierras (Descripción y Rendimiento)*. Ciudad de México.
- Vargas Sandoval, J. (16 de Febrero de 2014). Apéndice #2 (entrevista). (I. Araya, Entrevistador)
- Vega, R. (1999). *La Maquinaria Pesada en Movimiento de Tierras*.