

Herramienta para el cálculo de materiales y costos de obras de infraestructura en proyectos urbanísticos



Abstract

As a result of this study was to develop a tool that calculates the amount of materials and labor costs of infrastructure development projects. The application from Excel allows you to generate reports for each item as well as reports of the projects to be undertaken.

To develop this project with the criteria for the developer of contractors and other professionals related to the field of construction of such development projects, those who agree, moreover, the importance of obtaining accurate information materials and costs of each of the elements that make up the different activities of these projects.

The conclusion of the work done to determine the importance of such a tool for calculating materials and real costs of an infrastructure project planning and the creation of a program to input and process information from the analysis planes, and the different situations that arise in the field.

(keywords: cantidad de materiales, costos unitarios, programa)

Resumen

Como resultado del presente estudio se desarrolló una herramienta que permite calcular la cantidad y costo de los materiales requeridos en las actividades de un proyecto de infraestructura urbanística. La aplicación obtenida con Excel permite generar informes para cada elemento así como informes generales de los proyectos por realizar.

Para el desarrollo de este proyecto se contó con los criterios de contratistas de la empresa desarrolladora, así como de otros profesionales relacionados con el ámbito de la construcción de proyectos urbanísticos, quienes concuerdan, además, en la importancia de obtener información precisa de los materiales y costos de cada uno de los elementos que conforman las diferentes actividades de dichos proyectos.

La conclusión del trabajo realizado permite determinar la importancia que tiene una herramienta de este tipo para facilitar la introducción y procesamiento de la información obtenida a partir del análisis de planos así como del propio campo, para agilizar el cálculo de materiales y de los costos reales de un proyecto de infraestructura urbanística.

Herramienta para el cálculo de materiales y costos de obras de infraestructura en proyectos urbanísticos

ÓSCAR EDUARDO ARROYO BARAHONA

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

Mayo, 2009

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA
ESCUELA DE INGENIERÍA EN CONSTRUCCIÓN

Prefacio	1
Resumen ejecutivo.....	1
Introducción.....	4
El problema y su importancia.....	4
Metodología	7
Resultados	9
Análisis de los resultados	20
Conclusiones.....	23
Apéndices	24
Anexos	25
Referencias	26

Contenido

Prefacio

El tema de este estudio, denominado *Herramienta para el cálculo de materiales y costos de obras de infraestructura en proyectos urbanísticos*, se sustenta en la necesidad que tienen las empresas de obtener datos oportunos y precisos para el manejo de materiales y costos en el desarrollo de proyectos.

La obtención de una herramienta para el control de este tipo de actividades, generalmente, tiene un costo muy alto para las empresas. Por lo tanto, el desarrollo de esta con personal de la empresa se vuelve muy atractivo; pues permite un ahorro de costos. Además, permite llevar un control detallado de las actividades, lo cual es muy adecuado para la toma de decisiones durante el desarrollo del proyecto.

Por otra parte, el estudio efectuado concluye que una herramienta de este tipo es indispensable para el manejo de materiales y costos reales de los proyectos de infraestructura urbanística pues permite el manejo oportuno de la información.

Para el desarrollo de este proyecto fue necesaria la entrevista de expertos o participantes en este tipo de proyectos, quienes siempre estuvieron dispuestos a colaborar con la creación de dicha herramienta al considerarla de mucha utilidad.

Hago manifiesto mi más sincero agradecimiento a todos quienes colaboraron con el suministro de información, muchas veces, de carácter confidencial para la empresa.

Agradezco a mi profesor guía, el Ing. Milton Sandoval, por su colaboración en el desarrollo del presente proyecto. Asimismo, a la empresa constructora PAYCOSA por permitirme realizar el estudio en sus instalaciones. Al Ing. Fernando Salazar Solano, por acompañarme durante el proceso de creación de dicha herramienta y por orientarme en aspectos técnicos requeridos en este tipo de proyectos. También, agradezco al Ing. Fidias Castro Leiva su asesoría en aspectos técnicos relacionados con el manejo de la herramienta.

Por último, deseo agradecer la comprensión y apoyo incondicional de mi padre y de mi madre a lo largo de toda mi carrera y en la consecución de este proyecto de graduación. Ambos fueron pilar para lograr mis metas y para llegar a ser un profesional.

Resumen ejecutivo

El costeo y control de los materiales involucrados en las diferentes actividades de los proyectos de obra de infraestructura, llevados a cabo por la empresa PAYCOSA, se detectó como una debilidad para dicha empresa. El presente proyecto busca brindar una herramienta que le permita facilitar la estimación de materiales y costos relativos a ellos en las actividades mencionadas.

Para llevar a cabo este proyecto, se investigó sobre los procedimientos que deben realizarse para el desarrollo de cada uno de los diferentes elementos que conforman las obras de infraestructura, buscando garantizar la captura de la información. Se buscó una plataforma de gran versatilidad y bajo costo, para implementar un sistema que permitiera el manejo de la información, seleccionándose finalmente la hoja de cálculo de Excel para el desarrollo de la herramienta. Con base en la información proveniente de detalles típicos de planos, así como de inspecciones en el campo, se genera un informe detallado de la actividad y uno general del proyecto; esto a partir del almacenamiento de datos.

Para la toma de decisiones en un proyecto de construcción, a nivel de obras de infraestructura, es importante el conocimiento de las cantidades reales de los materiales así como de sus costos, de manera que permitan realizar presupuestos, y posteriormente, mejorar el control de la información y de costos.

Para toda empresa constructora es de suma importancia manejar datos precisos que permitan obtener parámetros que ayuden a establecer los márgenes de utilidad de cada una de las actividades con menor riesgo. De esta manera se puede brindar un mejor precio a los desarrolladores, obtener ganancia y cubrir todos los gastos de contratistas, subcontratistas y proveedores.

Sucede a menudo que durante la ejecución de un proyecto se van facturando costos de las diferentes actividades pero no se lleva un control adecuado de los materiales utilizados en cada una de ellas. Además, muchas veces, a estos materiales se les da un uso inapropiado, lo cual genera un sobrecosto que se debe cubrir que puede afectar la utilidad.

Por lo tanto, es necesario contar con una herramienta que sea fácil de manipular y permita obtener los resultados requeridos para la toma de decisiones, y llevar un control adecuado de los recursos que se utilizarán en el desarrollo de un proyecto.

Considerando el problema y sus orígenes, se planteó como objetivo general desarrollar una aplicación informática para el cálculo de diferentes materiales constructivos de elementos, que son parte de un desarrollo urbanístico. La herramienta debe permitir procesar los datos y garantizar que, cualquier persona, en el menor tiempo posible, pueda tener a disposición la cantidad de material y costos relacionados con la construcción de este tipo de proyectos, y que, a su vez, permita la toma de decisiones.

La revisión y análisis de los datos obtenidos en este proceso, permitirá a la empresa enfrentar y superar debilidades en los procesos de incorporación y control de las diferentes actividades aquí analizadas.

Introducción

El problema y su importancia

Es de suma importancia conocer, en el desarrollo de proyectos de infraestructura urbanística y en cualquier tipo de proyecto, los costos reales de las diferentes actividades que lo conforman, esto en función de la toma de decisiones y de un mejor aprovechamiento de los recursos. Esta información es fundamental tanto para los contratistas que desarrollen la obra; es decir, la parte técnica, como para el mismo administrador en el manejo de los recursos existentes de la empresa.

Tener acceso a la información le permite a la empresa maximizar sus ganancias y brindar un buen servicio con base en el conocimiento del costo real que tiene cada actividad. Esto influirá positivamente en la toma de decisiones relacionadas con los proyectos de construcción de la empresa. También como instrumento para competir en un mercado muy amplio donde el manejo oportuno de datos precisos, permitirá brindar un servicio de excelencia a un precio competitivo.

Con el esquema actual de manejo de ciertos costos y estimaciones basados en datos de carácter muy global, la empresa corría el riesgo, en ciertas actividades, de entrar en pérdidas o, por el contrario en ganancias "excesivas" que podrían atentar contra la consecución de futuros contratos. Con un procesamiento adecuado de los datos obtenidos de las diferentes actividades, se puede llevar un control que le permita a la empresa conocer en cuál o cuáles actividades se están presentando este tipo de distorsiones. De esa manera, la empresa podrá tomar medidas pertinentes para

atacar el problema sin afectar la utilidad de la empresa.

Así, para una empresa empleadora, sería importante conocer la información actualizada de los costos de cada uno de los elementos que conforman las actividades contratadas. Además le permitiría tener un buen parámetro para realizar los desembolsos respectivos por cada actividad realizada.

Procesar los datos de forma rápida y precisa es difícil. Debido a esto es necesario e importante poseer una herramienta que permita el manejo de la información en forma rápida y ágil según su fin.

Antecedentes prácticos del problema

La propuesta de este tema de estudio, nace de la necesidad de la empresa PAYCO de poseer una herramienta que le permita conocer los diferentes materiales y costos asociados en actividades de proyectos de infraestructura urbanística. Para procesar la información que se genera en diferentes proyectos, es fundamental contar con un instrumento que favorezca la toma de decisiones, el manejo de los recursos y la realización de contratos de cualquier tipo de actividad.

El problema se presenta cuando se maneja una gran cantidad de proyectos dentro y fuera del área metropolitana y, cuando, para su desarrollo, se contratan a varios contratistas que

aplican diferentes precios, para una misma actividad. Con el fin de atacar esta problemática, se decide crear una herramienta que sea capaz de manejar adecuadamente la información disponible y proveer salidas de datos de mayor precisión que la que se maneja actualmente.

Como ya se ha mencionado, para toda empresa es de suma importancia conocer los costos de cada una de las diferentes actividades que lleva a cabo, para esto se le hace indispensable poseer un instrumento que permita tomar las mejores decisiones y brindar un servicio de excelencia, sin mermar la calidad del producto y los márgenes de utilidad de la empresa

Por ejemplo, cuando la empresa cuenta con varios contratistas que requieren un adelanto de dinero para iniciar actividades, es muy importante conocer los materiales que utilizarán y el costo preciso de la actividad para realizar desembolsos acordes con el valor real de las obras.

Por otra parte, las constructoras cuentan con créditos de diferentes compañías y proveedores a quienes hacen pedidos de diferentes materiales. Esta situación exige el manejo claro de los datos que permita llevar un control de las cantidades de materiales solicitadas y su costo real. Estos controles también permiten evitar el desperdicio de materiales.

Objetivos

Considerando el problema y sus antecedentes, se plantea como objetivo general, desarrollar una herramienta informática para el cálculo de cantidades de materiales y su costo para diferentes elementos, que son parte de un desarrollo urbanístico. La aplicación permite el manejo de datos de manera rápida. A la vez, esta información puede ser utilizada para producir reportes que ayuden a mantener informado a los participantes.

Para alcanzar esta meta, también se establecen una serie de objetivos específicos, a saber:

- a. Conocer los diferentes proyectos con los que cuenta la empresa PAYCO, para obtener una visión de las actividades que se realizan en el campo y las variables que afectan a cada elemento.
- b. Revisar el procedimiento actual que aplica la empresa PAYCO para efectuar los cálculos de material y costos de las actividades que se realizan en un proyecto de infraestructura urbanística. Esto para detectar sus debilidades así como las fortalezas del sistema usado.
- c. Crear una herramienta que no tenga que utilizar ningún tipo de licencia, y pueda ser usada en cualquier computador de uso convencional, con Excel 2007.
- d. Crear una aplicación que sea capaz de procesar los datos de un proyecto de infraestructura, que se obtienen de los planos constructivos y de las diferentes visitas y situaciones que se generan en el campo, que permita obtener resultados rápidos, de manera ordenada, para la toma de decisiones y que sea capaz de generar los siguientes informes:
 - Reporte de cada uno de los elementos que conforman las actividades dentro de un proyecto de infraestructura urbanística, que detalle cada uno de los materiales necesarios para poder realizar la obra, así como su costo unitario, y el costo total de toda la actividad.
 - Reporte de cada una de las actividades que conforman un proyecto de infraestructura, con el nombre de la actividad y su costo total dentro del proyecto. Así como, el costo total de materiales para dicho proyecto.
- e. Crear una herramienta que sea capaz de actualizar los datos, por medio de bases de datos que se pueden obtener de diferentes proveedores de materiales de infraestructura y de ferreterías:

- Base de datos para los materiales que se obtienen de ferreterías ubicadas fuera o dentro del Gran Área Metropolitana.
- Base de datos para los materiales que se obtienen de la empresa Amanco.
- Base de datos para los materiales que se obtienen de Durman.

Metodología

El problema surge de las necesidades que posee la empresa Pavimentos y Construcciones S.A., en cuanto a la planificación y control de los diferentes proyectos de desarrollo urbanístico que realiza alrededor del Área Metropolitana y fuera de esta. Para subsanar estas necesidades se requiere contar con una herramienta para el cálculo de materiales y de costos de cada proyecto de infraestructura urbanística, de manera que la información que se obtiene de los planos y de las diferentes situaciones que se presentan en el campo, sea fácil de procesar y sirva, a su vez, para obtener criterio para la toma de decisiones.

Para el desarrollo de las diferentes actividades que se requieren en un proyecto de infraestructura urbanística, es necesario hacer inversión en los materiales que se van a necesitar para llevarlas a cabo. Debido a esto, es de suma importancia poseer un sistema de control para efectuar los pedidos y dar un buen uso a los recursos.

El desarrollo de proyectos de infraestructura no es una labor complicada pero se requiere de un trabajo serio y ordenado, con el fin de controlar los costos de la obra y garantizar que estos se mantengan dentro del rango del presupuesto.

Algunos de los proyectos que se realizan en la empresa PAYCO son obras por contrato. Esto aplica el mismo sistema de control de gastos con el fin de llevar un buen manejo de los costos contra presupuesto o monto contratado. Esta modalidad se define como *Contrato por obra terminada*, y es aquella que permite cobrar un monto fijo por la construcción que incluye todos los materiales, mano de obra, cargas sociales, transporte, utilidad, imprevistos, entre otros, y se va cobrando por avance de obra.

Revisión de lo actuado

Para efectos de la elaboración de la herramienta se procedió a realizar un análisis de la forma en que la empresa efectuaba los cálculos de materiales y costos de los diferentes elementos de infraestructura de un proyecto urbanístico.

Para llevar a cabo esta parte de la investigación fue necesario entrevistar al personal de la empresa, con respecto a cómo se realizan estos cálculos de materiales y costos, con el fin de mejorar los procedimientos que se aplican en la ejecución de esta tarea.

Situación externa

Para que la herramienta fuera lo más útil posible, también fue necesario efectuar la consulta a diferentes contratistas que se dedican al desarrollo de obras de infraestructura urbanística. Para esta actividad se elaboró un cuestionario que permitió obtener una visión más amplia del desarrollo de este tipo de proyectos.

El cuestionario incluyó consultas sobre los siguientes temas:

- Forma en que se lleva a cabo el cálculo de materiales y costos de cada elemento de infraestructura.
- El costo de los diferentes elementos dentro de una misma actividad.
- El tiempo estimado en la duración del cálculo de un presupuesto.
- El tipo de herramienta que utilizan para el cálculo de presupuestos.
- Las ventajas que poseen las herramientas que utilizan.

El resultado de la información obtenida por medio de las entrevistas efectuadas, sirvió para mejorar el enfoque del presente proyecto.

Identificación y solución del problema

Obtenida la información de cada uno de los entrevistados dentro de la empresa, se procedió a establecer, por escrito, el mecanismo utilizado actualmente para el flujo e información de costos. Con las opiniones dadas por los profesionales y propietarios de otras empresas, se identificaron las fortalezas o debilidades del sistema empleado en el momento. Basados en lo anterior, se sugirió un nuevo mecanismo para incorporar todos los elementos claves que garanticen un buen manejo de la información.

Como complemento a la solución, se creó una herramienta para facilitar la tabulación de la información, de manera tal, que reduzca al máximo los errores u omisiones, que en el momento se puedan dar, por la vulnerabilidad que tienen algunas otras herramientas muy utilizadas, como las hojas electrónicas.

Para la determinación de la herramienta o plataforma por utilizar, y que sea la más adecuada, se consideraron los siguientes elementos:

- Que no sea de un alto costo para la empresa.
- Que no requiera de licencias especiales para su utilización.
- Que pueda ser modificada y ampliada por el propietario o usuario.
- Que sea segura y confiable y no permita errores al procesar la información.
- Que sea versátil en cuanto a la información que se le suministre y la que se quiere obtener.
- Que no requiera de un hardware y software más allá de lo que contiene una PC de uso doméstico.

Para dar solución a este problema, se buscó una herramienta lo más accesible posible como es Excel, la cual es muy poderosa y versátil y de uso común dentro del ámbito laboral de la empresa.

Resultados

Análisis del sistema de presupuestos de la empresa

Las variables que utiliza la empresa para el cálculo del presupuesto de diferentes proyectos son la ubicación y las listas de precios que son actualizadas anualmente.

Para sus proyectos urbanísticos, la empresa lleva a cabo los presupuestos de las siguientes actividades:

- Sistema potable.
- Sistema sanitario.
- Sistema pluvial.
- Obras complementarias.
- Pavimentos.

Presupuesto de sistema potable

Para el cálculo del sistema potable la empresa tiene un costo global asignado por cada actividad, compréndase instalación de válvulas, colocación de tubería potable de diferentes diámetros, previstas potables, hidrantes y materiales necesarios para el desarrollo de estas. A continuación se hará una descripción de cada una de ellas para poder realizar un presupuesto detallado de materiales de cada actividad.

- **Previstas potables**

Las silletas o abrazaderas utilizadas pueden ser de diferente diámetro, dependiendo del tubo madre, de si son roscadas o sin roscar. (los diámetros disponibles son de 12mm o 18mm.)

- **Tubería potable**

El costo dependerá del diámetro de la tubería, la profundidad de colocación de la misma, así como el espesor de pared requerido para el tubo, y la longitud. Cada una de estas variables está

asociada a las condiciones particulares de cada proyecto.

- **Hidrantes**

Los hidrantes dependerán del proveedor que los suministre así como del resto de las piezas que lo conforman, ya que si es un tubo principal este deberá ser de diámetro grande y se necesitan más piezas para poder adaptar la te. También el costo depende de si el hidrante se encuentra en la margen izquierda o derecha de calle.

Presupuesto de sistema sanitario

El sistema sanitario se compone de una serie de actividades muy particulares que se deben de considerar en el momento de realizar su presupuesto. Las principales actividades son la fabricación de pozos, colocación de tubería y las previstas sanitarias.

- **Pozos sanitarios**

Estos dependerán de diferentes variables como la profundidad del mismo, que no puede ser la misma para cada pozo, por lo cual cada uno tendrá un costo diferente. Además de esto, se deben considerar los espesores de pared y de fondo y el diámetro, así como si este debe o no llevar refuerzo. Otro factor importante es cómo se va a colar el concreto hecho en sitio o premezclado.

- **Tubería sanitaria**

Dependerá de la profundidad de colocación, del proveedor del material y de la longitud a colocar.

- **Previstas sanitarias**

Dependerán del proveedor del material. En el mercado nacional existen dos.

Presupuesto de sistema pluvial

El sistema pluvial de un proyecto de infraestructura urbanístico va estar compuesto de pozos pluviales, tragantes y colocación de tubería.

- **Pozos pluviales**

La construcción de pozos pluviales con refuerzo o sin refuerzo dependerá de su profundidad, diámetro y de la norma que rija al proyecto. Además de cómo se vaya a colar el concreto, ya que este puede ser premezclado o hecho en sitio.

- **Tragantes**

Al igual que los pozos, para los tragantes se debe tomar en cuenta el uso de refuerzo, la profundidad y el colado del concreto. Este último puede ser premezclado o hecho en sitio.

- **Tubería pluvial**

Dos factores que rigen el costo de la colocación de la tubería pluvial es la profundidad y el diámetro del tubo requerido, puesto que a mayor diámetro mayor costo.

Presupuesto de obras complementarias

En el desarrollo de proyectos urbanísticos es de suma importancia la construcción de obras complementarias como son los cordones de caño, aceras, bordillos, losas de protección y vados, los cuales van a depender de los requerimientos de cada proyecto, y de las características a las que se deben de adecuar.

- **Aceras**

El costo de construcción de las aceras dependerá de si se cuelean con concreto hecho en sitio o con concreto premezclado y del refuerzo que lleven, si este fuera necesario. Por ejemplo en el acceso a casas o a otros lugares, como los depósitos de basura, donde el paso de camiones de gran peso es constante.

- **Bordillos**

Es necesario conocer las dimensiones que este tendrá para poder obtener sus características y realizar un cálculo exacto en el momento de cuantificar los materiales.

- **Cordón y caño**

Varios factores importantes por tomar en cuenta son las dimensiones, la resistencia del concreto que se vaya a utilizar, sobre todo en el acceso a

casas o edificios y si se va a colar con concreto hecho en sitio o premezclado.

- **Losas de protección**

Se utilizan para tubos cuando estos se encuentran muy superficiales por lo que es necesario protegerlos contra el tránsito de vehículos y así evitar el daño de los mismos. Por lo tanto, para efectos del presupuesto y para cuantificar los materiales es necesario conocer el diámetro del tubo, la longitud y el refuerzo que llevará.

- **Vado**

Es una estructura para canalizar las aguas en los cruces de calles. Estos muchas veces requieren de refuerzo ya que sobre ellos van a transitar vehículos pesados.

Presupuesto de pavimentos

La pavimentación de proyectos de obras de infraestructura se puede realizar de tres formas: con pavimento rígido, semirrígido y flexible. Esto dependerá del requerimiento de cada proyecto.

- **Pavimentos semirrígidos**

En esta actividad es importante conocer el área requerida, el tipo de adoquín que se colocará (de colores o gris), si el espesor es de 6cm ó 8cm. Además, si fuera necesario, cotizar los espesores de base y sub-base ya que la empresa se dedica solamente a la colocación del pavimento.

- **Pavimentos flexibles**

Es importante conocer el área que se desea cubrir, así como el espesor de cada uno de los elementos que conforman la superficie de ruedo, requerido para el proyecto.

- **Pavimentos rígidos**

Para efectos del presupuesto, es necesario conocer los espesores de losa, la resistencia del concreto por utilizar y la colocación de base y sub-base.

Resultado de la encuesta

De los datos que se generaron con la encuesta aplicada a nueve contratistas de obras de infraestructuras para proyectos urbanísticos, se desprende la siguiente información:

- El 67,7% de los entrevistados utilizan la herramienta de Excel para hacer sus cálculos, el resto hacen sus cálculos a mano, y asignan precios de acuerdo con su experiencia.
- El 100 por ciento de los entrevistados asigna un costo global por cada actividad. Por ejemplo los pozos, cuentan la cantidad que tiene el proyecto y dan un costo global como si estos tuvieran las mismas dimensiones.
- El 75% de los entrevistados dura de tres a cuatro horas en la elaboración del presupuesto y el 25% dura más de cuatro horas.
- El 67% de los entrevistados considera que la herramienta de Excel presenta muchas ventajas; entre ellas, su fácil manipulación y la posibilidad del manejo rápido de la información.

interfaz presentes en las formas que componen el Sistema.

Los controles son objetos gráficos que se colocan en las hojas de Excel, para mostrar o introducir datos, realizar una acción. Estos objetos incluyen cuadros de texto, cuadros de lista, botones de opciones, botones de comandos y otros elementos. Los controles ofrecen al usuario opciones para seleccionar botones en los que hacer clic para ejecutar macros (macro: acción o conjunto de acciones que se pueden utilizar para automatizar tareas. (Véase Cuadro 1)

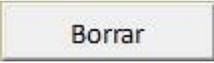
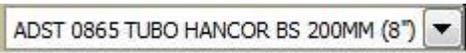
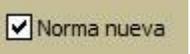
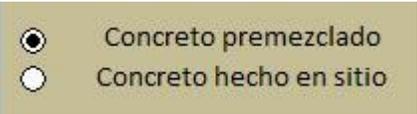
Creación de la herramienta

Una vez efectuado el estudio en la empresa PAYCO, y después de hacer un análisis de la forma en que se realizan los presupuestos de los diferentes proyectos, y de determinar la importancia de conocer cantidades precisas de los materiales y el costo de estos, en el menor tiempo posible, para la toma de decisiones rápidas y acertadas, se procedió a crear una herramienta que satisfaga estas necesidades, y que no fuera muy costosa para la empresa.

Se utilizó Microsoft Excel como plataforma para desarrollar dicha herramienta puesto que es un programa de bajo costo, de fácil operación y no requiere de ningún tipo de licencia. Además permite aprovechar todas las opciones que ofrece.

• Elementos de Interfase

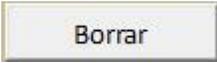
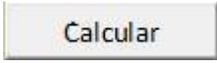
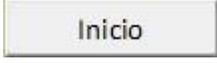
Una pantalla está compuesta de una serie de elementos que tienen una función y apariencia física distinta, para emplearse en una función que se le es asignada por medio de un código. A continuación se describen los elementos de

Elemento	Descripción
Botones de acción	Utilizados generalmente en la parte inferior de las pantallas y permiten llevar a cabo las acciones de cada función del programa, y que se indican con sus nombres. 
Listas desplegables	Se utilizan para mostrar las opciones disponibles en cada pantalla para determinada función. 
Cajas de texto	Las cajas de texto permiten ingresar los datos requeridos en distintas áreas del programa. 
Casillas de verificación	Este elemento permite elegir si se desea realizar determinada función para el cálculo. 
Botones de opción	Estos permiten escoger entre las diferentes opciones que existen para realizar un cálculo. 

Cuadro 1. Elementos de interface.

- **Descripción de los botones.**

Dentro de las funciones del programa, se recurre generalmente a la utilización de los botones de acción para llevar a cabo las actividades de cada función. A continuación se muestran los principales botones que se encuentran en las diferentes pantallas del programa (Véase Cuadro 2)

Botón	Descripción
	Este botón es el encargado de borrar los datos, para insertar la nueva información.
	Es el encargado de guardar la información, en los informes, detallados, así como en el informe resumen del proyecto.
	Es el encargado de procesar todos los datos que se ingresan a la herramienta.
	Es el encargado de enviar al usuario al inicio donde se encuentran las diferentes actividades del proyecto.
	Una vez realizado todos los cálculos del proyecto, este botón lo lleva a una hoja, donde se encuentra un informe resumen del proyecto.
	Es el encargado de sacarlo del programa.
	En ella se inserta el nombre del proyecto.

Cuadro 1. Botones empleados.

- **Desarrollo de los cálculos.**

Para el desarrollo de la herramienta se hizo el cálculo, en las casillas de Excel, pero también fue necesario el empleo de las macros para poder almacenar la información, además de realizar otras acciones, para hacer la herramienta más dinámica, y de fácil uso para el usuario este código fue asignando a cada a un botón, que al presionarlo cumple con la función establecida. (Véase cuadro 3 y 4)

Las macros son grupos de instrucciones que tienen un seguimiento cronológico usado

para facilitar tareas; una macro no es más que un conjunto de instrucciones tales como «borrar archivo», «añadir registro», etc., y que se almacenan en una ubicación especial (por ejemplo en otra hoja de Excel observamos que hay una zona para crear macros, una macro en Excel trabajando para una base de datos podría ser un archivo que al llamarse desde otra instrucción: se almacena en un documento.

```

Private Sub CommandButton1_Click()
    Base = "Informes"
    Info = Base
    Areadedatos = "A1:F350"
    Bloque = 0
    Celdainicial = "A1"
    Dim Archivo As String
    Archivo = ThisWorkbook.Path & Application.PathSeparator & "Informes.xls"
    Workbooks.Open Filename:=Archivo
    Workbooks("Práctica 1").Worksheets(Base).Activate
    ActiveSheet.Range(Areadedatos).Select
    Selection.Copy
    Workbooks("Informes").Worksheets(Info).Activate
    ActiveSheet.Cells(1 + Bloque, 1).Select
    ActiveSheet.Paste
    Selection.PasteSpecial Paste:=xlPasteValues, Operation:=xlNone, SkipBlanks:=False, Transpose:=False
    Workbooks("Práctica 1").Worksheets(Base).Activate
    ActiveSheet.Range(Celdainicial).Select
    ActiveWorkbook.Save
    Workbooks("Informes").Close (True)
    Application.CutCopyMode = False
End Sub

```

Cuadro 3. Código para el almacenamiento de la información.

```

Private Sub CommandButton2_Click()
    Range("A10:F350").Select
    Selection.ClearContents
    Range("A9").Select
End Sub

```

Cuadro 4. Código para limpieza de casillas.

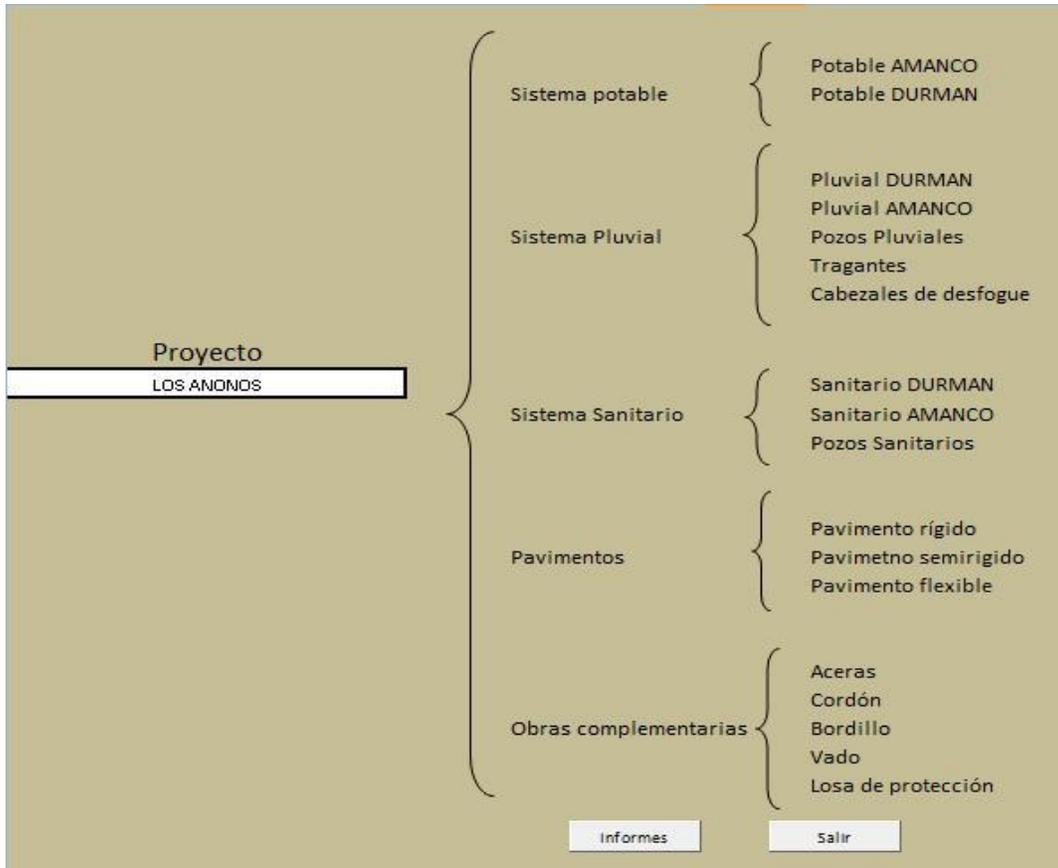


Figura 1. Hoja principal

El programa consiste en establecer las diferentes actividades que conforman un proyecto de infraestructura urbanística, para que, desde este, se puedan movilizar las mismas. Para tal fin, se creó una hoja principal que sirve de medio para dirigirse a las diferentes secciones del programa. (Véase Figura 1)

Este panel contiene una serie de hipervínculos que desplazan al usuario a

diferentes hojas de cálculo e informes que se describirán a continuación:

- *Hoja para el cálculo de elementos*
Por medio de cada hipervínculo el usuario puede desplazarse a las diferentes hojas de cálculo para cada elemento de un proyecto de obra urbanística (Véanse Figuras 2, 3 y 4).

CORDÓN

CORDÓN

f'c del concreto= kg/cm²

Espesor de base (s)= cm

Ancho de cordón (n)= cm

Altura de espalda (a)= cm

Altura de frente (b)= cm

Longitud de cordón (L)= m

Concreto premezclado
 Concreto hecho en sitio

MATERIALES A UTILIZAR EN ACERAS

FICHA TÉCNICA

Longitud de cordón= 200 m

Resistencia de concreto 260 kg/cm²

MATERIALES

Materiales	Cant.	Unid.	Precio unit.	Total
Lastre	26.0	m3	€34,500.00	€897,000.00
Concreto de 260 kg/cm2	19.7	m3	€103,000.00	€2,025,237.50
Formaleta	70	m2	€500.00	€35,000.00
Alambre	2	kg	€1,515.00	€3,030.00
Cemento	0.00	unid	€0.00	€0.00
Arena	0.00	m3	€0.00	€0.00
Piedra	0.00	m3	€0.00	€0.00
				€2,960,267.50

Figura 2. Hoja de cálculo para cordones de caño.

Nº de previstas unid

Silleta

Adaptador macho

Adoptador hembra

Tapón

Manguera

Costo de prevista=

Costo total=

Figura 3. Hoja de cálculo para previstas potables.

VADO

VADO

Con refuerzo

f'c concreto kg/cm²

Espesor de lastre (n)= cm

Ancho (a)= cm

Pendiente (a)= %

Ancho (b)= cm

Pendiente (b)= %

Espesor (s)= cm

Longitud (L)= m

Longitud con refuerzo (L)= m

Cantidad de varillas= unid

Ø de la varilla=

Aros @ cm

Concreto premezclado
 Concreto hecho en sitio

MATERIALES A UTILIZAR EN ACERAS

FICHA TÉCNICA

Longitud de vado= 200 m

Resistencia de concreto= 210 kg/cm²

MATERIALES

Materiales	Cant.	Unid.	Precio unit.	Total
Lastre	10.5	m3	€34,500.00	€362,250.00
Concreto de 210 kg/cm2	0	m3	€0.00	€0.00
Alambre	20	kg	€1,515.00	€30,300.00
Formaleta	232.7	m2	€500.00	€116,331.25
Varilla longitudinal #4	7.119	unid	€3,700.00	€26,339.21
Varilla para aros #3	7.5	unid	€2,600.00	€19,500.00
Cemento	55.13	unid	€5,500.00	€303,187.50
Arena	6.28	m3	€18,000.00	€113,116.50
Piedra	6.28	m3	€14,000.00	€87,979.50
				€1,059,003.96

Figura 4. Hoja de cálculo para previstas potables.

En esta hoja el usuario podrá introducir las variables con las que cuenta cada una de las diferentes actividades. Esto podrá hacerlo por medio de listas desplegables, cuadros para

introducir datos y casillas de chequeo. Luego de introducir todas las variables que conforman la actividad, el usuario podrá ver el resultado haciendo uso del botón calcular, y si desea hacer el cálculo de un nuevo elemento, puede oprimir el botón borrar e ingresar la nueva información. Dentro de la misma hoja existe un botón de guardar el cual almacena los datos en dos partes: la primera guarda un informe detallado con la cantidad de material y costo unitario de cada uno, tabulados para cada actividad; y el

segundo, es un compendio de todas las actividades juntas donde se elabora el presupuesto general de la obra.

Además, existe otro botón que se llama inicio que envía al usuario a la primera hoja donde se encuentran las llaves con los vínculos; esto para hacer el cálculo de una nueva actividad.

- **Vista de informes detallados**

En esta hoja se encuentran tabulados los datos en diferentes columnas: materiales, cantidad, unidad, precio unitario y costo total de cada material (Véase Figura 5).

CORDON DE CAÑO

Materiales	Cant.	Unid.	Precio unit.	Total
Base	26.0	m3	€34,300.00	€897,000.00
Concreto de 260 kg/cm ²	19.7	m3	€103,000.00	€2,025,237.50
Formaleta	70	m2	€500.00	€35,000.00
Alambre	2	kg	€1,515.00	€3,030.00
Cemento	0.00	unid	€0.00	€0.00
Arena	0.00	m3	€0.00	€0.00
Piedra	0.00	m3	€0.00	€0.00
				€2,960,267.50

Materiales	Cant.	Unid.	Precio unit.	Total
Base	26.0	m3	€34,300.00	€897,000.00
Concreto de 260 kg/cm ²	19.7	m3	€103,000.00	€2,025,237.50
Formaleta	70	m2	€500.00	€35,000.00
Alambre	2	kg	€1,515.00	€3,030.00
Cemento	0.00	unid	€0.00	€0.00
Arena	0.00	m3	€0.00	€0.00
Piedra	0.00	m3	€0.00	€0.00
				€2,960,267.50

Materiales	Cant.	Unid.	Precio unit.	Total
Base	26.0	m3	€34,300.00	€897,000.00
Concreto de 260 kg/cm ²	19.7	m3	€103,000.00	€2,025,237.50
Formaleta	70	m2	€500.00	€35,000.00
Alambre	2	kg	€1,515.00	€3,030.00
Cemento	0.00	unid	€0.00	€0.00
Arena	0.00	m3	€0.00	€0.00
Piedra	0.00	m3	€0.00	€0.00
				€2,960,267.50

Figura 5. Hoja de informe detallado

- *Vista de informe general*

En esta hoja se encuentran tabulados los datos en columnas: actividad, unidad, cantidad, precio unitario y costo total de cada

actividad, así como el costo total de la obra. Este informe es específico para cada proyecto (Véase Figura 6).

PROTECRO: LOS ANONOS
 FECHA: 31/05/2009
 EMPRESA: PAYCO S.A.



Costo General Proyecto **₡11,691,533**

Actividad	unidad	Cant.	Costo unit.	Costo Total	
TRAGANTE	A1	unid	1	₡459,033.06	₡459,033.06
TRAGANTE	A2	unid	1	₡459,033.06	₡459,033.06
POZO PLUVIAL	PP1	unid	1	₡1,076,164.50	₡1,076,164.50
POZO SANITARIO	PS1	unid	1	₡686,311.48	₡686,311.48
PREVISTAS POTABLES		unid	50	₡18,505.39	₡925,269.60
HIDRANTES		unid	2	₡767,424.15	₡1,534,848.30
ACERAS		m2	25	₡22,545.96	₡563,649.00
CORDÓN		m	200	₡17,045.97	₡3,409,193.73
BORDILLO		m	150	₡2,321.70	₡348,255.00
VADO		m	200	₡6,354.02	₡1,270,804.75
LOSAS DE PROTECCION		m	30	₡31,965.68	₡958,970.49

Figura 6. Hoja de informe general

Análisis de los resultados

Presupuesto de los diferentes proyectos

Como resultado del estudio realizado, a la empresa Pavimentos y Construcciones S.A, sobre la forma en que realizan los presupuestos de los diferentes proyectos de obras de infraestructura, se pudo observar que estos presentan algunas debilidades, situación que puede acarrear serias consecuencias a la empresa y al cliente.

Estas debilidades se resumen seguidamente:

- En los casos de obras como pozos y tragantes se asigna un costo general sin importar sus dimensiones.
- En la colocación de tubería pluvial se asigna un costo por metro lineal, sin importar la profundidad de colocación.
- En el caso de los hidrantes se asigna un costo sin tomar en cuenta factores como el diámetro de la tubería principal, y si se encuentra ubicado a la derecha o izquierda de la línea principal.
- Cada vez que se realiza un presupuesto no se obtiene un informe detallado de materiales y costos de las diferentes actividades, de obras de infraestructura.
- Cuando se genera algún tipo de cambio en alguna de las obras que se está realizando, no se cuenta con alguna herramienta que asigne rápidamente el costo de esta nueva actividad.

El uso de costos generales puede generar un presupuesto excesivo que eventualmente podría sacar a la empresa de la competencia o, de alguna manera, provocar que se le cobre más de lo

debido al cliente, o en el peor de los casos, producir una pérdida a la empresa.

Cambios propuestos

Con base en el análisis producto del presente estudio se recomienda lo siguiente:

Hacer un informe detallado de todas las actividades que formen parte de un proyecto de infraestructura urbanística. Este debe precisar las cantidades de material y su costo, para asignar un valor a cada una de las actividades, tomando en cuenta los márgenes de utilidad razonable y el buen precio al cliente, sin dejar de lado la calidad del producto que se ofrece.

Poner atención a los materiales que tienen un mayor costo dentro de una actividad. Esto para asignar el costo y planear la forma en que se pedirá al proveedor para que no genere ningún tipo de atraso.

Llevar la documentación de cada proyecto y de las actividades que lo componen para que, en el momento que surja algún tipo de cambio en la obra por algún inconveniente de diseño o construcción, se pueda calcular y hacer el reajuste de la nueva actividad, sin que esta genere algún tipo de costo excesivo o pérdida.

Interpretación de la encuesta

Por medio de la encuesta aplicada a los diferentes contratistas de obras de infraestructura, y con base en las experiencias que estos han tenido a lo largo de los años, se

determinó que es de suma importancia, para cualquier tipo de empresa (pequeña, mediana o grande), conocer la cantidad de material y costo de estos, tanto para la toma de decisiones, no solo a nivel administrativo, sino también en el momento de ejecución de la obra, como para lo que son los pedidos de material y el crédito con los diferentes proveedores.

Asignar un costo correcto a los materiales por utilizar en la construcción de un proyecto urbanístico, ayudará a la empresa a estimar de mejor manera el margen de utilidad. Además, le permitirá contar con un presupuesto detallado y le brindará al cliente una buena imagen de la empresa que ofrece el servicio. Esto provocará que se le tome en cuenta en futuros proyectos pues será bien recomendada a otros clientes.

Respecto de la parte técnica que conforma una empresa, se puede agregar que contar con precios actualizados le permitirá tener buenos parámetros para la toma de decisiones, generar un trabajo de calidad, eficiente, al menor costo posible. Todo lo anterior repercutirá positivamente pues producirá una buena ganancia a la empresa.

El sistema de presupuestos de la empresa no es el mejor, aunque le permite tener información muy cercana a la realidad y ejecutar los diferentes proyectos. Así, para realizar los diferentes presupuestos la empresa cuenta con hojas de cálculo donde asigna la cantidad global y el costo unitario total; no obstante, no toma en cuenta las diferentes características que se puedan presentar en las actividades constructivas. Por otra parte, no permite guardar la información de los materiales que cada actividad requiere. Las hojas de cálculo están adecuadas para un proyecto en específico, por lo que cada vez que se elabora un nuevo presupuesto, este se debe readecuar al nuevo proyecto lo cual puede resultar engorroso y difícil.

Programa para control de costos

Con el desarrollo de la herramienta para el cálculo de materiales y costos de obras de

infraestructura en proyectos urbanísticos, considerando diferentes variables, se ha pretendido crear un sistema que minimice, lo más eficientemente posible, los diferentes problemas relacionados con el costo real de un proyecto y sus diferentes actividades, en tiempo presente.

La aplicación almacena datos en informes, los cuales están divididos de acuerdo con su categoría, actividad por realizar y por cada elemento que conforma la actividad. Además de estos informes detallados por actividad, también brinda un informe general del proyecto que resume el costo de cada actividad.

En dicha herramienta se ingresan las variables por medio de listas desplegables y casillas de chequeo, cuadros de inserción de datos, para poder agilizar el proceso de cálculo del usuario. El proceso es dinámico y flexible para que se ajuste a las necesidades de cada proyecto en específico.

La aplicación, al ser creada en Microsoft Excel, no requiere de ningún tipo de licencia y permite ser utilizada en cualquier tipo de computador que cuente con Office 2007, de uso común en cualquier tipo de oficina dedicada a la elaboración de presupuestos.

Esta se encuentra limitada al cálculo de materiales y sus costos, por medio de bases de datos que son suministradas por los diferentes proveedores de material, como lo son la empresa AMANCO y DURMAN en el caso de las tuberías, además de una tercera base de datos que es alimentada con precios de materiales de las diferentes ferreterías y proveedores, que se necesitan para determinados proyectos.

La herramienta no incluye el costo de mano de obra que demanda cada actividad. Para este cálculo la empresa cuenta con una tabla de precios, la cual es actualizada anualmente. Por otra parte, el tema de la mano de obra no se encuentra dentro de los alcances de este proyecto.

Una limitación que presenta la plataforma de Excel, en el momento de almacenamiento de datos, es la lentitud, puesto que debe de realizar varias acciones para poder cumplir con el

proceso. Sin embargo, aunque en el momento de guardar no es tan rápida como se deseara sí es capaz de almacenar gran cantidad de datos sin ningún problema.

Conclusiones

Con el trabajo realizado se examinaron los procesos o metodologías que son aplicados por la empresa PAYCO, con el fin de que la información de costos esté a la mano, según sus necesidades.

Con las visitas a los diferentes proyectos con los que cuenta la empresa PAYCO, se pudo apreciar las diferentes actividades involucradas en el desarrollo de los mismos, los materiales, mano de obra y equipos requerido par la ejecución de la obra.

Como se ha podido observar, para la elaboración del presupuesto de un proyecto de infraestructura, se deben tomar en cuenta varios aspectos que afectan el costo de las actividades, tales como los sistemas potables, pluviales, sanitarios y pavimentos. Por lo tanto, un adecuado manejo de estas variables ayudará a obtener presupuestos más precisos y a mejorar los parámetros de control.

También es recomendable almacenar la información de la cantidad de materiales y costo de estos para evitar un exceso de gastos de materiales en una actividad.

Se logró desarrollar una herramienta que es posible utilizar en cualquier computador que cuente con el programa de Excel 2007.

La aplicación provee al usuario un procesamiento de la información y almacenamiento de datos, para diferentes proyectos de infraestructura urbanística de pequeña y mediana envergadura.

El programa podría extenderse, según las necesidades, agregando hojas o comandos, ya sea para el cálculo de mano de obra o de alguna actividad nueva que se quiera introducir.

Apéndices

Anexos

Referencias

Villón Béjar, M. 2008. **TRABAJO CON VISUAL BASIC 6.0**. Costa Rica: Taller de Publicaciones, ITCR, 684p.

Acuña, A. 2005. Excel 2000: fórmulas, gráficos, tablas y programación. **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA**. Escuela de Matemática. 63p.

Coghi, J.; Álvarez M. 2005. **DISEÑO DE UN MODELO PARA EL CONTROL DE COSTOS REALES DE UNA CONSTRUCCION**. Informe proyecto final de graduación. Escuela de Ingeniería, Instituto Tecnológico de Costa Rica. 26 p.