



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

**EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES  
DE DESARROLLO DE *SOFTWARE* ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA**

**Edwin Guillermo Ramírez Morales**

Asesorado por el Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj

Guatemala, septiembre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES  
DE DESARROLLO DE *SOFTWARE* ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

**EDWIN GUILLERMO RAMIREZ MORALES**  
ASESORADO POR EL ING. EDGAR SANTOS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO EN CIENCIAS Y SISTEMAS**

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paíz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing. Miguel Angel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paíz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Cesar Augusto Fernandez Caseres
EXAMINADOR	Ing. Ludwing Federico Altan Zac
EXAMINADOR	Ing. Oscar Alejandro Paz Campos
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

### **EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE *SOFTWARE* ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, con fecha marzo de 2011.



---

Edwin Guillermo Ramírez Morales



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ciencias y Sistemas

Guatemala, 11 de Agosto de 2011

Ingeniero  
**Marlon Antonio Pérez Turk**  
**Director de la Escuela de Ingeniería**  
**En Ciencias y Sistemas**

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado y aprobado el trabajo de graduación del estudiante: **EDWIN GUILLERMO RAMIREZ MORALES**, carné **200331154**, titulado: **“EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA”**, y a mi criterio considero que se han cumplido las metas propuestas al inicio del trabajo y lo encuentro totalmente satisfactorio, por lo que recomiendo la aprobación del mismo.

Sin otro particular me suscribo de usted,

Atentamente,

  
**Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj**  
Asesor  
Colegiado Activo 5266



Universidad San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas

Guatemala, 13 de Julio de 2011

Ingeniero  
**Marlon Antonio Pérez Turk**  
Director de la Escuela de Ingeniería  
En Ciencias y Sistemas

Respetable Ingeniero Pérez:

Por este medio hago de su conocimiento que he revisado el trabajo de graduación del estudiante **EDWIN GUILLERMO RAMIREZ MORALES**, carné **2003-31154**, titulado: **"EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA"**, y a mi criterio el mismo cumple con los objetivos propuestos para su desarrollo, según el protocolo.

Al agradecer su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para suscribirme,

Atentamente,

  
**Ing. Carlos Alfredo Azurdia**  
Coordinador de Privados  
y Revisión de Trabajos de Graduación



E  
S  
C  
U  
E  
L  
A  
  
D  
E  
  
C  
I  
E  
N  
C  
I  
A  
S  
  
Y  
  
S  
I  
S  
T  
E  
M  
A  
S

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA DE CIENCIAS Y SISTEMAS  
TEL: 24767644

*El Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del asesor con el visto bueno del revisor y del Licenciado en Letras, de trabajo de graduación titulado **“EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA”**, presentado por el estudiante **EDWIN GUILLERMO RAMÍREZ MORALES**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.*

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

*Ing. Marlon Antonio Pérez Turk*

*Director, Escuela de Ingeniería Ciencias y Sistemas*

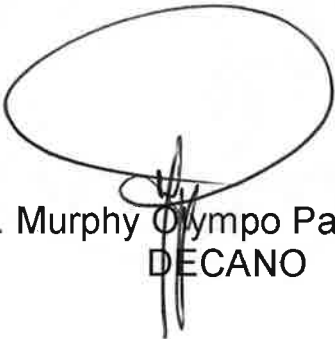


*Guatemala, 23 de septiembre 2011*



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería en Ciencias y Sistemas, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A PYMES EN GUATEMALA**, presentado por el estudiante universitario **Edwin Guillermo Ramírez Morales**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, septiembre de 2011

/cc



## **ACTO QUE DEDICO A:**

<b>Dios</b>	Por ser la iluminación de cada paso de mi vida.
<b>Mis padres</b>	William Edilzar Ramírez Pérez, Elida Lily Morales Maldonado.
<b>Mi hermano</b>	Irwin Edilzar Ramírez Pérez.
<b>Mis abuelos</b>	Juventino Ramírez, Teresa Pérez de Ramírez y Flor de María Maldonado.
<b>Mis tíos</b>	Edwin Ramírez, Thelma Ramírez, Julio Ramírez, Lily Ramírez, Violeta Ramírez, Aura Marina Morales, Karina Morales, Marvin Morales, Nixon Morales.
<b>Mis primos</b>	Bárbara Melissa Morales, Angélica Kim de León Ramírez, Mildred de León Ramírez, Randy Ramírez, Edwin Yapur Ramírez, Edwin Ramírez Quiñónez, William Ramírez Quiñónez, Andy Ramírez, Fredy Ramírez, Karlily Yapur Ramírez, Thelma Yapur Ramírez.
<b>Mi novia</b>	Gabriela del Rosario de León Escobar.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

- Dios** Por la iluminación, la fortaleza y la guía para cumplir con éxito mi meta trazada.
- Mis padres** William Edilzar Ramírez Pérez y Elida Lily Morales Maldonado de Ramírez que con su trabajo, esmero, amor y sobre todo virtud me han apoyado incondicionalmente renunciando a su vida misma para darme un mejor futuro.
- Mi hermano** Irwin Edilzar Ramírez Morales quien me ha demostrado que no importa el estado en el que te encuentres, la vida continúa y es un regalo de nuestro padre celestial.
- Mis abuelos** Juventino Ramírez, Teresa Pérez de Ramírez y Flor de María Maldonado con cariño y oración siempre se acordado de darme amor desinteresadamente.
- Mi tíos** Aura Marina Morales, Edwin Ramírez, Sheny Quiñonez de Ramírez, Lily de Ramírez, Julio Manrique Ramírez y Thelma de Ramírez con sus sabios consejos han podido guiarme en los caminos de la vida.

**Mi novia**

Gabriela del Rosario de León Escobar me ha acompañado, motivado y brindado amor desinteresadamente.

**Mi asesor**

Ing. Edgar Estuardo Santos Sutuj, por compartir sus conocimientos, experiencias e involucrado en la vida profesional.

**Mis amigos de carrera**

Carlos Rodríguez, Erickson Orozco, Belgin Paolo Velásquez, Félix Velásquez, Cesar de León, Jorge Joachin, Pedro Domingo, Max Cerna, Víctor Orozco, Emilio Orozco, Jasón Gálvez, Mario Ramírez, por su amistad por formar parte del equipo de trabajo y grupos de estudios para superar las adversidades académicas en este largo y difícil camino universitario.

**Mis amigos**

Por su apoyo y colaboración en penas, angustias, tareas, juegos deportivos que fueron tan importantes en mi aprendizaje universitario.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	I
GLOSARIO .....	III
RESUMEN .....	V
OBJETIVOS .....	VII
INTRODUCCIÓN .....	IX
1. GENERALIDADES SOBRE FUNCIONES MÉTRICAS EN MODELOS DE ESTIMACIÓN .....	1
1.1. PyMEs .....	1
1.1.1. Definición .....	1
1.2. Métricas de modelos de estimación para cotizaciones en proyectos de desarrollo de <i>software</i> .....	2
1.2.1. Definición .....	2
1.2.2. Modelos de estimación .....	4
1.3. Factores clave en la implementación de modelos de estimación para cotizaciones .....	7
1.3.1. Experiencia .....	7
1.3.2. Clientes .....	8
1.3.3. Economía .....	9
1.3.4. Sector .....	10
1.4. Motivos por los que no se utilizan modelos de estimación en PyMEs de desarrollo de <i>software</i> .....	11
2. METODOLOGÍA DE TRABAJO .....	13
2.1. Plan de trabajo .....	14

2.1.1.	Pre-estudio de micro empresas de desarrollo de <i>software</i> .....	14
2.1.2.	Desarrollo de encuestas.....	16
2.1.3.	Ejecución de la encuesta.....	17
2.1.4.	Análisis de la información y determinación resultados.....	18
3.	<b>BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS NECESARIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN EN PYMES .....</b>	<b>19</b>
3.1.	Beneficios que han obtenido las PyMEs entrevistadas de desarrollo de <i>software</i> en Guatemala con la implantación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de <i>software</i> .....	19
3.1.1.	Identificación y eficiencia del uso de modelos de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de <i>software</i> .....	20
3.1.2.	Apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en el pasado para la toma de decisiones. ....	21
3.1.3.	Aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados.....	23
3.1.4.	Identificación de relaciones y actividades administrativas en los proyectos .....	24
3.1.5.	Principales beneficios adquiridos .....	25
3.2.	Otros beneficios adquiridos con la implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de <i>software</i> .....	29
3.2.1.	Experiencia en presentación de tiempos y manejo de clientes .....	30

3.2.2.	Interfaz de planificación ordenada, reutilizable, consistente y agradable .....	30
3.2.3.	Administración en la planificación de detalle de actividades por rubro a considerar.....	31
3.3.	Condiciones necesarias para la implantación de un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones .....	32
3.3.1.	Informar tempranamente al cliente de la cotización y el enfoque a tomar en avance del proyecto.....	33
3.3.2.	Motivación a los clientes y dueños del proyecto .....	33
3.3.3.	Adquisición de una herramienta que apoye el proceso de planificación en estimaciones de desarrollo de <i>software</i> .....	33
3.3.4.	La reducción de incertidumbre respecto a tiempos de fechas de entrega.....	38
3.3.5.	Las efectivas capacitaciones brindadas a administradores de gestión de proyectos para el análisis de costos y tamaño de <i>software</i> .....	38
3.3.6.	La acertada definición y redefinición de riesgos involucrados.....	39
3.3.7.	Resistencia al cambio.....	39
4.	PROPUESTA: MODELO DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE <i>SOFTWARE</i> ORIENTADO A PYMES .....	41
4.1.	Definición.....	41
4.2.	Justificación y desarrollo.....	41
4.2.1.	Alinear los objetivos de IT con los objetivos estratégicos de la organización .....	42

4.3.	Antecedentes .....	43
4.4.	Metodología de modelo estimación.....	43
4.4.1.	Factores importantes a considerar .....	44
	Siete son los factores más importantes a tomar en cuenta para el desarrollo de este modelo: .....	44
4.4.2.	Ajuste del modelo a escenarios de la industria guatemalteca.....	45
4.4.3.	Riesgos vrs costos .....	46
4.5.	Modelo de estimación .....	48
4.5.1.	Cálculo de horas por fase estimada en proyecto ..	50
4.5.2.	Cálculo de costos por hora de fases estimadas en proyecto.....	55
4.6.	Límites y alcances.....	57
4.7.	Almacenamiento, asimilación y retroalimentación de los modelos de estimación.....	58
CONCLUSIONES.....		63
RECOMENDACIONES.....		69
BIBLIOGRAFÍA.....		71
APÉNDICES.....		73

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Cantidad de empresas que han implementado el uso de modelos de estimación vrs tiempo de uso del modelo.....	19
2.	Porcentajes de empresas que califican el monitoreo de registro de información de cotizaciones para uso e identificación de debilidades en presupuesto. ....	20
3.	Porcentaje de apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en PyMEs encuestadas .....	22
4.	Porcentaje de aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados. ....	23
5.	Actividades más difíciles de identificar en la administración de proyectos de acuerdo al estudio realizado.....	24
6.	Beneficios más importantes a corto plazo de implementar un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de <i>software</i> . ....	27
7.	Beneficios más importantes a largo plazo de implementar un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de <i>software</i> . ....	29
8.	Área donde una herramienta de <i>software</i> apoya a los modelos de estimación en las actividades de planificación a la estimación de proyectos de desarrollo de <i>software</i> .....	34
9.	Funcionalidad del modelo de estimación adquirido y su rendimiento. ....	36
10.	Retroalimentación de cotizaciones basada a registros históricos de estimaciones realizadas. ....	60





## GLOSARIO

<b>CMMi</b>	Integración de Modelos de Madurez de Capacidades o <i>Capability Maturity Model Integration</i> . Es un modelo para la mejora y evaluación de procesos para el desarrollo, mantenimiento y operación de sistemas de <i>software</i> .
<b>Deadlines</b>	Representa un tiempo límite para fecha de entrega de algún pendiente.
<b>DLC</b>	Líneas de Código.
<b>Implantación</b>	Es una de las actividades más comunes en la ingeniería de <i>software</i> , es el proceso de mejora y optimización del <i>software</i> después de su entrega al usuario final (es decir; revisión del programa).
<b>LOC</b>	Acrónimo en inglés: <i>Line of Code</i> , que se utilizan para mencionar Líneas de código en un producto de <i>software</i> .
<b>PF</b>	Puntos de Función.
<b>PMC</b>	<i>Project Planning</i> y <i>Project Monitoring and Control</i> son siglas que describen las disciplinas usadas en actividades de planeación de proyectos.

**PyME**

Acrónimo de aquella identificación a un tipo de empresa con la limitante en su número de trabajadores y un nivel de facturación relativamente moderado.

## RESUMEN

Para obtener *software* de calidad es preciso medir el proceso de desarrollo, cuantificar lo que se ha hecho y lo que falta por hacer, estimar el tamaño del programa, costos, tiempo de desarrollo y otros parámetros. La medición de los productos realizados por pequeñas y medianas empresas en desarrollo de *software* es una escasa tarea que muy pocos realizan, mediante el planteamiento y análisis de modelos de estimación es posible realizar cotizaciones de desarrollo de *software* los cuales se caracterizan en varios aspectos y factores del desarrollo del *software* para pequeñas y medianas empresas dedicadas a la elaboración y desarrollo de *software*.

Es una tarea de alta prioridad, proponer un modelo de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software*, por medio del cual se pueda evaluar la calidad y reducir la incertidumbre que se genera al momento de realizar una cotización para desarrollo de los productos creados por PyMEs en Guatemala.



# OBJETIVOS

## General

Proponer el uso de un modelo de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software* orientado a las PyMEs en Guatemala, así como analizar el impacto de no utilizar estos modelos en la práctica de una organización.

## Específicos

1. Recolectar la información respecto a tiempos de implementación de modelos de estimación, identificación y eficiencia en el uso de manejo adecuado de presupuestos para proyectos de desarrollo de *software* que verifican si es aplicable al sector PyMEs de desarrollo de *software* Guatemala.
2. Consolidar los factores clave más importantes en la implementación de modelos de estimación para cotizaciones de desarrollo de proyectos que se ven más involucrados en las PyMEs Guatemala.
3. Identificar los principales factores por los que no se utilizan los modelos de estimación en PyMEs de desarrollo de *software* en el país.

4. Ejecutar un pre-estudio de al menos 15 empresas asociadas a Sofex (Asociación Gremial de Exportadores de *Software*), bajo tópicos de evaluación que nos lleve al análisis de una muestra de al menos 15 empresas asociadas a esta industria, para la determinación de resultados en cuanto a modelos de estimación para cotizaciones de desarrollo de *software*.
5. Determinar beneficios y características, así como condiciones necesarias que se requieren en la implementación de modelos de estimación para PyMEs de desarrollo de *software*.
6. Generar una propuesta para el uso de un modelo de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software* orientado a las PyMEs en Guatemala, que mejor se adecue al entorno de trabajo que este requiera.

## INTRODUCCIÓN

La medición es esencial para cualquier disciplina de ingeniería y la ingeniería de *software* no es una excepción.

Para analizar y medir el proceso de la elaboración de una cotización para un proyecto de desarrollo de *software* en pequeñas y medianas empresas del país, es necesario analizar y cuantificar lo que se ha hecho y lo que falta por hacer para estimar el tamaño del programa, el tema de costos, el tiempo de desarrollo y otros parámetros directos e indirectos que se involucran en una cotización de desarrollo de *software*.

Se pretende realizar una propuesta para el uso de un modelo de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software* orientado a las PyMEs en Guatemala, tomando en cuenta factores claves como la experiencia y economía que poseen los estimadores al momento de cotizar un proyecto a uno o varios clientes dependiendo del sector económico en el que se encuentran.





# **1. GENERALIDADES SOBRE FUNCIONES MÉTRICAS EN MODELOS DE ESTIMACIÓN**

## **1.1. PyMEs**

### **1.1.1. Definición**

La empresa es una unidad económica de producción y decisión que, mediante la organización y coordinación de una serie de factores (capital y trabajo), persigue obtener un beneficio produciendo y comercializando productos prestando servicios en el mercado.

PyME es aquella identificación a un tipo de empresa con la limitante en su número de trabajadores y un nivel de facturación relativamente moderado. Según criterio de la cámara de la industria de Guatemala para empresas industriales, tenemos; para una pequeña empresa de 11 a 20 empleados un total de ventas máximas anuales de Q60 ,001 a Q300 ,000 y activos totales de Q50 ,001 a Q500 ,000, para una mediana empresa de 21 a 50 empleados un total de ventas máximas de Q300 ,001 a Q3 ,000 ,000 y activos totales de Q500 ,001 a Q2 ,000 ,000.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Ana Alicia Paz Pierri (2007). Maestría en Administración Industrial y de Empresas de Servicios, Universidad de San Carlos de Guatemala.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Pequeña\\_y\\_mediana\\_empresa#cite\\_note-Guatemala1-9](http://es.wikipedia.org/wiki/Pequeña_y_mediana_empresa#cite_note-Guatemala1-9)

De tal forma que se puede considerar a una PyME como una empresa donde el número de trabajadores, con la participación del propietario es mayor a veinticinco y menor a sesenta, con características distintivas que poseen ciertos límites ocupacionales y financieros prefijados por los estados o regiones que se encuentren.

## **1.2. Métricas de modelos de estimación para cotizaciones en proyectos de desarrollo de *software***

### **1.2.1. Definición**

En el campo de la ingeniería del *software* una métrica es cualquier medida o conjunto de medidas destinadas a conocer o estimar el tamaño u otra característica de un *software* o un sistema de información, generalmente se utilizan modelos de estimación para planificar un proyecto de desarrollo de *software*.<sup>2</sup>

Métrica, es pues una asignación de valor a un atributo de una entidad propia del *software*, ya sea un producto o un proceso.<sup>3</sup>

Cuando se habla de un atributo este se refiere a una determinada característica que se pretende medir y cuantificar. Si se habla de un producto se refiere, por ejemplo, a un código, un diseño, una especificación, etc. Cuando se habla de un proceso se hace referencia a una etapa de la construcción del *software* y a la manera de llevarlo a cabo; un diseño, unas pruebas, etc. (Pérez, 2011).

---

<sup>2</sup> Dyskusja " Métrica del software", Enciclopedia Wikipedia, 2011.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9trica\\_del\\_software](http://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9trica_del_software)

<sup>3</sup> Jose Luis Cerrón Pérez "Modelos de Estimación de costos de Proyectos Informáticos", 2011.  
<http://www.scribd.com/doc/8076837/Estimacion-de-Costos-de-Un-Proyecto-de-software>

Para Pérez (Pérez, 2011) es generalizable mencionar que la mayoría de las métricas buscan evaluar tres grandes magnitudes generales; la calidad, el tamaño (a menudo del producto) y la productividad (frecuentemente del proceso de construcción del producto).

Sin embargo Pérez (Pérez, 2011) menciona que las métricas de productividad recogen la eficiencia del proceso de producción de *software* y relacionan el *software* que se ha construido con el esfuerzo que ha costado elaborarlo. Y para el uso de métricas de *software* es posible encontrar factores para analizar la productividad del proceso de construcción de *software*, así como encontrar la posibilidad de relación a volumen del trabajo y esfuerzo que representa desarrollar un producto de *software* determinado.

Todo esfuerzo requiere un costo, y según Pérez (Pérez, 2011), la gestión de un proyecto informático empieza con la calificación del proyecto, es decir que se pretende con el proyecto, y para ello lo primero que hay que realizar es obtener una idea del volumen de trabajo que costará construir la aplicación (estimación) y posterior a ello, planificar el tiempo para las diferentes actividades que sean necesarias llevar a cabo el proyecto (planificación).

Cuando nos referimos a tener una idea del costo que implicará el trabajo por realizar nos estamos centrando directamente al nombre de estimación de costos de un proyecto informático, ya que a partir de dicha estimación comienza el presupuesto. Del mismo modo, después de la planificación y el reparto en el calendario de las tareas que se deben realizar, para obtener los plazos, punto vital que menciona Pérez (Pérez, 2011) que es lo que se conoce como tiempo de desarrollo del proyecto.

La mayor parte del costo del *software* se encuentra en el valor económico de las horas a trabajar en análisis, diseño, programación y pruebas que se deben utilizar para obtener el producto óptimo a una calidad confiable. Por ello, cuando Pérez (Pérez, 2011) menciona: estimación de costos, éste hace referencia, exclusivamente, al esfuerzo humano que ha sido necesario aplicar a las horas de trabajo requeridas para construir el *software*.

Por otro lado, De Marco (De Marco, 1985) propone dos definiciones sucesivas muy realistas de lo que es una estimación:

- Definición implícita de estimación: es la predicción más optimista que tiene una probabilidad no nula de llegar a ser cierta.
- Definición propuesta de estimación: es una predicción que tiene la misma probabilidad de estar por encima que de estar por debajo del resultado real.<sup>4</sup>

### **1.2.2. Modelos de estimación**

Cuantificar y estimar costo del software de acorde a lo que implica la construcción de un sistema de información es una tarea que debe apoyarse de un modelo de estimación, según Pérez (Pérez, 2011) los modelos de estimación nos dan idea y métodos generales para proceder a realizar el análisis de costos para la construcción de *software* de aplicación.

Los diferentes modelos de estimación de costos y/o esfuerzos en la construcción de *software* se pueden dividir en cinco grandes grupos principales:

---

<sup>4</sup> De Marco, T. (1985). *The Deadline*. p. 155.

- Modelos con base histórica. Son aquellos que de base histórica son los más antiguos y, en cierta manera, primitivos. A menudo se basan en la analogía con otros proyectos parecidos y se fundamentan casi exclusivamente en la experiencia profesional (la “historia”) de los que efectúan la estimación.
- Modelos con base estadística. A partir del estudio estadístico de los datos reales disponibles tomados de un conjunto más o menos numeroso de proyectos ya terminados, se pueden obtener fórmulas que relacionan las diferentes unidades de medida del *software*, a menudo las líneas de código (LOC) y el esfuerzo (generalmente medido en hombre-mes).
- Teóricos. Estos modelos, más que basarse en datos estadísticos disponibles, lo que hacen es partir de una serie de ideas generales sobre el proceso de construcción de *software* y, sobre esta teoría, elaboran fórmulas que relacionan diferentes métricas de *software*.
- Compuestos. Estos modelos intentan obtener las ventajas de los dos sistemas anteriores: estadísticos y teóricos. Es decir, se parte de una serie de planteamientos teóricos y se complementan o corrigen con datos estadísticos obtenidos de proyectos reales ya acabados.
- Basados en estándares.

A continuación se enlistan y describen los métodos más utilizados en la actualidad para la estimación del tamaño del *software*:

- Conteo de líneas de código. Este método toma las líneas de código necesarias para la construcción de un sistema como medida de su tamaño.

- Conteo por número de bloques. Este método toma como medida del tamaño de un sistema, el número de funciones que éste contiene.
- Estimación basada en la estadística. Este método divide, el sistema en componentes, para así realizar las estimaciones sobre cada uno de ellos.
- Estimación por puntos de función. Se basa en la funcionalidad del sistema, mas no en el producto del desarrollo, para realizar su estimación se deben determinar los componentes de puntos de función para el sistema y clasificarlos según su dificultad.

De los cuales los modelos más usados para la gestión de costos, se pueden considerar como:

- Costos por Analogía. Para este modelo se estima el costo del proyecto basándose en el costo de proyectos similares ya realizados.
- Precio a Ganar. Se ajusta el precio del proyecto para mejorar la propuesta económica realizada, con el fin de ganar el proyecto.
- COCOMO. Modelo empírico para la estimación del esfuerzo y costo del desarrollo de un sistema de *software*, se basa en el uso de multiplicadores de esfuerzo.
- SLIM. Basado en la distribución del esfuerzo realizado por el hombre, apoyándose de cálculos para relacionar el tiempo de entrega y factores ambientales y/o externos, en los cuales se refleja la capacidad de desarrollo de la empresa.

### **1.3. Factores clave en la implementación de modelos de estimación para cotizaciones**

Los factores determinantes para la competitividad en la actividad económica, son marcados por la eficiencia, el sector y ambiente que rodea a las PyMEs.

#### **1.3.1. Experiencia**

El uso de registros históricos de medidas del tamaño de la aplicación y esfuerzo requerido aportan un gran valor para la inteligencia del análisis en la estimación de cotizaciones que desde un inicio es necesario tomar en cuenta.

Las suposiciones básicas de falta de herramientas de estimación deben ser ajustadas para emparejar la realidad del proyecto que está siendo estimado.

Algunos de los factores de ajustes disponibles incluyen:

- La experiencia de personal con proyectos similares
- La experiencia de cliente con proyectos similares
- El tipo de *software* para ser producido
- El tamaño del proyecto de *software*
- El tamaño de los elementos entregables (documentos, casos de prueba etc.)
- Los métodos de requerimientos usados
- Inspecciones y revisión de los métodos usados
- Diseño de métodos usados
- Programación de los lenguajes usados
- Disponibilidad de materiales reutilizables
- Métodos de evaluación usados



- Sobretiempo pagado
- Sobretiempo no pagado

Según *McGraw*<sup>5</sup>, es necesario consultar a varios expertos, ya que analizar costos y sus técnicas para el uso de desarrollo de *software*, es necesario validar las propuestas en el dominio de aplicación.

Sin información histórica, la estimación es más propensa a errores. Si se utilizan registros de tiempos de actividades anteriores, las estimaciones de costos, se pueden mejorar.

### **1.3.2. Clientes**

Para crecer, las Pymes necesitan impulsar sus negocios y mejorar la productividad. Deben tomar una cultura enfocada a los clientes, lo cual implica enormes desafíos y grandes esfuerzos para los empresarios.

En la mayoría de casos el cliente acostumbra hacerse una idea equivocada, de una solución que desconoce, que en muchos casos cuando estas ideas se plantean de mejor forma al cliente, este tiende a visualizarlas mejor que la primera vez.

Cuando se realiza el proceso de implantación, es decir cuando el proyecto está prácticamente terminado. El cliente ve la aplicación, verifica que hay cambios que no le gustan y procede a deshacer o mejorar los mismos, y estos a su vez producen y provocan que gran parte del proyecto se tenga que volver a reconstruir, por lo consiguiente costo aumente y es difícil repercutir y estimar estos numerosos problemas que alteran la relación empresa-cliente.

---

<sup>5</sup>(McGraw Hill, 1998)

### 1.3.3. Economía

Las PyMEs han sido y son uno de los pilares fundamentales de las tecnologías modernas debido a su gran capacidad de generación de riqueza y empleo<sup>6</sup>.

La gestión económica de proyectos es un campo muy especializado y todavía lo es más, la de proyectos informáticos.

Para ello existen dos enfoques de análisis económico, el flujo de caja y la teoría de opciones que se pueden aplicar con bastante éxito a la gestión económica de desarrollo de *software*.

- Flujo de caja

Es necesario contar con las siguientes premisas en el manejo de un flujo de caja:

- Los gastos a operar por la falta de desconocimiento por parte del equipo de desarrollo.
- Los factores imprevistos que tarde o temprano podrán afectar el presupuesto analizado.
- Los factores incontrolables que aunque en su mayoría se desearán controlar y por más que se quiera estos no se pueden adivinar el momento en que ocurrirán.
- La complejidad que es la fuente principal de todo riesgo en el desarrollo del proyecto. Cuanto más complejo sea el proyecto, mas afectará al plazo, al costo y a los beneficios que aportará el sistema.

---

<sup>6</sup> Revista Galega de Economía, vol. 16, núm. 2 (2007) ISSN 1132-2799

#### **1.3.4. Sector**

Un factor clave para la estimación exacta involucra la eliminación de defectos a través de revisiones, inspecciones y evaluación. La frecuencia de depuración de defectos es de hecho bastante sencilla y muchas empresas ahora hacen esto.

El promedio un 85% de empresas de los Estados Unidos son destacadas por promediar más del 95% de niveles de eficiencia y eliminación de defectos (Jones 1997).

Hoy en día cerca de 15 empresas, que conforman la Comisión de *Software* (Sofex), de la Asociación Guatemalteca de Exportadores (Agexport), venden su producción en Sudamérica, Centroamérica y México, cubriendo diversas áreas del entorno empresarial, tales como la administrativa financiera, recursos humanos, servicio al cliente, educación, comercio electrónico, servicios bancarios, entre otros. Más del 75% de lo que elaboran, incluye tanto tecnología (computadoras), como *software* (programas operativos).

El fortalecimiento de la posición de Guatemala en los Mercados Internacionales FOGUAMI, trabaja para estimular la inversión del sector empresarial y la creciente participación de capital extranjero en proyectos de desarrollo de *software* y fortalece los niveles de competencia y competitividad de la economía, dentro del proceso de integración centroamericana.

#### **1.4. Motivos por los que no se utilizan modelos de estimación en PyMEs de desarrollo de *software***

Durante la estimación de una cotización el diseño de un proyecto incluye analizar un plan de proyecto para poder realizar su trabajo con calidad, cumplir con los requisitos del cliente, ajustar el presupuesto que el cliente ha establecido y mantener el orden en el trabajo a realizar.

A pesar de la importancia de estas actividades, en muchas ocasiones no se le dedica suficiente tiempo para establecer en forma correcta los requisitos y tiempos que se deben cumplir. Pocas organizaciones de *software* han cumplido en forma fiable sus compromisos de tiempo y planificación, lo que ocasiona serios problemas en los negocios y molestias con el cliente, ya que existen ciertas actividades que en una negociación o planificación son difíciles de analizar y visualizar, estas solo con el tiempo y la experiencia se hacen notar.

Según Garzás<sup>7</sup> los principales motivos y razones del fracaso en los proyectos:

- Requisitos y especificaciones incompletas
- Pobre aportación del usuario
- Falta de recursos
- Expectativas irrealistas
- Falta de soporte en implementación de proyectos
- Cambios en los requisitos – especificaciones
- Falta de planificación
- Falta de gestión tecnológica
- Desconocimiento tecnológico en modelos de estimación
- La falta de experiencia en desarrollo de cotizaciones

---

<sup>7</sup> Javier Garzás, Intruducción a la estimación Software, Junio 2005 p. 4



## 2. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La disminución de la incertidumbre a través de la experiencia y manejo de un mejor aprovechamiento de recursos después de implementar un modelo de estimación para el uso desarrollo de cotizaciones depende en gran parte de:

- Una mayor estabilidad en los flujos de caja que se analizan en el presupuesto del proyecto, tomando en cuenta la mayoría de actividades que no se alcanzan a validar con el cliente, pero que exigen una administración del proyecto en gestión.
- Un aumento de las utilidades para trabajar con incertidumbre que disponen de análisis de opciones como: cambiar, cancelar, esperar, acelerar o crecer.

Si los administradores de proyectos y clientes no se sienten a gusto, con el plan de trabajo y el precio estimado para el proyecto en un período de tiempo analizado; en relación a cotizaciones de proyectos orientados a las PyMEs en Guatemala; entonces la estimación fracasará, o bien podrá ser aceptada por parte del cliente, haciéndole notar las actividades de administración del proyecto que al paso del tiempo fortalecerán la madurez del proyecto y traerá una mejor evolución respecto a su ciclo de vida.

De acorde a la toma de decisiones que puede tomar el cliente, luego de una presentación de estimación para desarrollo de *software* a un proyecto cualquiera, es necesario cubrir con la totalidad del análisis, para que el cliente pueda brindar la mejor elección respecto al proyecto presentado. Sin embargo, el analizar y evaluar una estimación para desarrollo de *software* marca en gran

manera el grado de éxito que pueda tomar la implementación y negociación del proyecto en mención.

Por eso, se considera realizar este estudio, que es dirigido a personas que desempeñan el rol de administrador de proyectos de desarrollo de *software* y a su vez, han logrado cuantificar el uso de métricas en modelos de estimación; reduciendo la incertidumbre en planificaciones elaboradas, las cuales les ha permitido solventar inconvenientes que de una u otra forma se presentan a lo largo de los proyectos de desarrollo de *software*.

## **2.1. Plan de trabajo**

Los pasos desarrollados para medir el grado de éxito y los problemas solventados en la implementación de modelos de estimación en PyMEs de desarrollo de *software* Guatemala:

- Pre-estudio de pequeñas y medianas empresas de desarrollo de *software*, que utilicen modelos de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de *software*.
- Desarrollo de encuesta.
- Ejecución de encuesta.
- Análisis de la información y determinación de resultados.

### **2.1.1. Pre-estudio de micro empresas de desarrollo de *software***

En Guatemala existen alrededor de 15 empresas que conforman, la Comisión de *Software* (Sofex), de la Asociación Guatemalteca de Exportadores (Agexport), de estas empresas más del 75% elaboran *software* para exportación, cubriendo diversas áreas del entorno empresarial, tales como la

administrativa financiera, recursos humanos, servicio al cliente, educación, comercio electrónico, servicios bancarios, entre otros.

De las pequeñas y medianas empresas pertenecientes a Sofex, no más del 55,56% elabora sus estimaciones en base a la experiencia y por métodos empíricos que hoy en día se basan a prueba y error. Esta información se obtuvo mediante una encuesta que se hizo llegar vía mail, web y por medio de entrevistas a personas que poseen el rol de administradores de gestión de proyectos y a su vez, concernientes a 15 PyMEs guatemaltecas encuestadas pertenecientes a Sofex.

Como parte de la encuesta se consultó, si actualmente utiliza y cuenta con modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* que se utilicen en proyectos del día a día. De lo cual se observó, en la mayoría de encuestas y entrevistas realizadas, un patrón común respecto a la personas que apoyaron con la información brindada, siendo este patrón, el rol de Gerente de proyectos.

En aquellos casos donde la respuesta al uso de modelos de estimación fue afirmativa, se solicitaron datos más específicos del contacto, como correo electrónico y números de teléfono, lo cual permitió concertar citas para ejecutar las entrevistas planificadas, que apoyaron la ejecución de la encuesta, haciendo de estas una recaudación de información más precisa y satisfactoria. Los resultados de estas encuestas permitieron validar y analizar las metas y objetivos que se plantean los administradores de gestión de proyectos de desarrollo de *software*.



## **2.1.2. Desarrollo de encuestas**

### **2.1.2.1. Tópicos de evaluación**

Los diferentes tópicos de evaluación en la encuesta fueron los siguientes:

- El tiempo de haber implementado el modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*.
- Entre más tiempo tiene la empresa de haber implementado un modelo de estimación, más información para obtención de beneficios adquiridos y datos de distintos problemas afrontados.
- La calidad de la información almacenada para la toma de decisiones.
- Inicio en la estrategia de identificación, segmentación y diferenciación de los riesgos en presupuestos.
- La satisfacción del modelo.
- Aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados.
- Identificación de relaciones de actividades consistentes de los trabajadores.
- Las actividades cumplidas para una exitosa implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de proyectos de *software*.
- Que problemas importantes fueron solventados para cumplir con la implementación.

### **2.1.2.2. Especificación de la muestra**

Según el estudio de la existencia de implementaciones de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* orientado a las PyMEs en Guatemala se tiene el registro que un 60% de las empresas de desarrollo de *software* han comenzado una iniciativa de dicho tipo, es decir diez de las 15

empresas de desarrollo de *software* entrevistadas son las que han implementado una iniciativa de modelos de estimación.

La encuesta ha sido dirigida a personas con perfil administrativo en gestión de proyectos (jefes de proyecto, arquitectos de *software* o *sponsors*). Cuando se refiere a personas con perfil administrativo en gestión de proyectos, se hace referencia a todas aquellas personas que se ven involucradas en la toma de decisiones a raíz de la información que genera la estimación desarrollada para cotizaciones de *software*.

En total se ejecutaron 15 encuestas. De la muestra encuestada existen 7 personas con el perfil de Administradores de gestión de proyectos, el resto de los entrevistados ocupan un perfil de implementadores de proyectos, que de cierta forma ocupan un papel importante en la administración y estimación del proyecto, a este último perfil se le llamará, coordinador de proyectos de desarrollo de *software* de aquí en adelante.

### **2.1.3. Ejecución de la encuesta**

Las encuestas para ser ejecutadas fueron enviadas vía correo electrónico, además se concertaron citas o entrevistas con cada una de las personas identificadas como administradores y/o coordinadores de gestión de proyectos de las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de *software* miembros de Sofex Guatemala y por la misma vía también se recibió la respuesta.

La encuesta fue desarrollada en formato de texto y posteriormente fue trasladado un formulario de Google docs para la difusión de la misma. Todas las preguntas (un total de 24) son de selección múltiple, nueve de las preguntas son de múltiple respuesta con una respuesta requerida y 15 de respuesta

múltiple con más de una respuesta posible, con opción de adicionar más (ver anexo No. 1).

#### **2.1.4. Análisis de la información y determinación resultados**

El análisis de la información fue porcentual. Algunas preguntas dependían de las respuestas de preguntas anteriores (7 en total). De igual forma su resultado presentado en capítulo 3 es porcentual.

El capítulo 3 trata sobre los beneficios obtenidos luego de implementar un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* así como la mejor opción preliminar para la elección del modelo de estimación a usar y que mejor se adapta al entorno de trabajo.

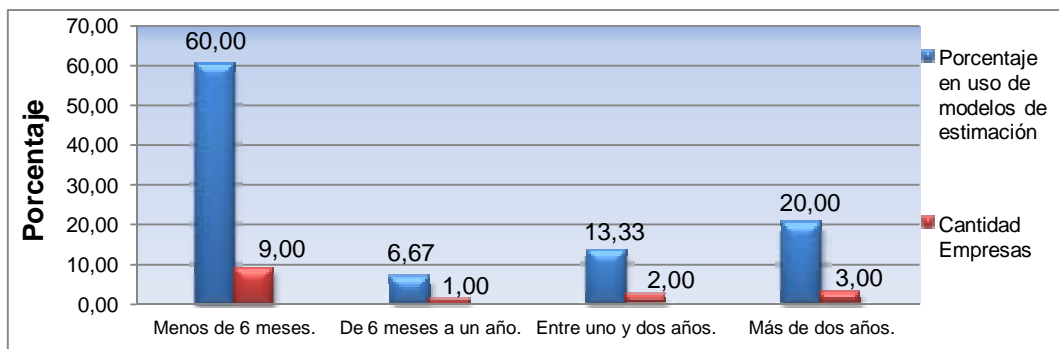
### 3. BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS NECESARIAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE MODELOS DE ESTIMACIÓN EN PYMES

#### 3.1. Beneficios que han obtenido las PyMEs entrevistadas de desarrollo de *software* en Guatemala con la implantación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*

En Guatemala actualmente se considera que existen alrededor de unas 15 empresas de desarrollo de *software* asociadas a Sofex. Algunas de estas han comenzado a realizar iniciativas del uso de modelos de estimación para elaborar cotizaciones de *software*.

La figura 1, ilustra la cantidad de empresas que han implementado el uso de modelos de estimación versus el tiempo de uso del modelo.

Figura 1. Cantidad de empresas que han implementado el uso de modelos de estimación vrs tiempo de uso del modelo



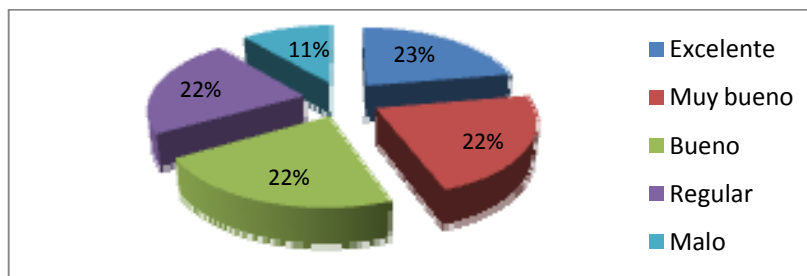
Fuente: elaboración propia.

Según la figura 1, solamente un 20% (3 empresas) de las PyMEs encuestadas desarrollo de *software* en Guatemala lleva implementado más de dos años. El resto está repartido en 60% menos de seis meses, 6,67% entre seis y un año de implementado y 13,33% para el rango de uno y dos años. Con estos datos se puede observar que en Guatemala los modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* son poco usados, pero comienzan a ser útiles y gran parte de la muestra posee iniciativas de comenzar a utilizarlos.

### 3.1.1. Identificación y eficiencia del uso de modelos de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de *software*

Los modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* implementados por PyMEs empresas guatemaltecas, refleja que en un 47% de los casos han ayudado a identificar y corregir las prácticas de análisis de presupuesto, lo que por consecuencia optimiza las tareas de administración del proyecto al ser presentado ante el cliente entre el 60 y 100% de los proyectos a desarrollar.

Figura 2. **Porcentajes de empresas que califican el monitoreo de registro información de cotizaciones para uso e identificación de debilidades en presupuesto**



Fuente: elaboración propia.

Un 88,89% de los encuestados indican que los modelos de estimación han ayudado a identificar de forma excelente, muy buena y de buena forma, el rendimiento en sus análisis de cotizaciones de desarrollo, estos a su vez ha apoyado la identificación de actividades y tareas que implican riesgos y debilidades que si no se involucran desde el inicio de la administración del proyecto, afectarán en gran manera la estimación del proyecto.

De tal forma correspondiendo a los datos de la encuesta, un 56% indican que las estrategias que fueron utilizadas en la identificación de actividades no vistas por el cliente y administrador del proyecto que fueron agregadas a la estimación, les han ayudado entre un 41 y 100% en la minimización de tiempos de estimación del proyecto.

La identificación de estos beneficios apoyan en gran manera a los administradores de proyectos para el manejo de una buena relación con el cliente que con el paso del tiempo llegaran a formar un mejor círculo de confianza en la presentación de estimaciones de cotizaciones de desarrollo de *software*.

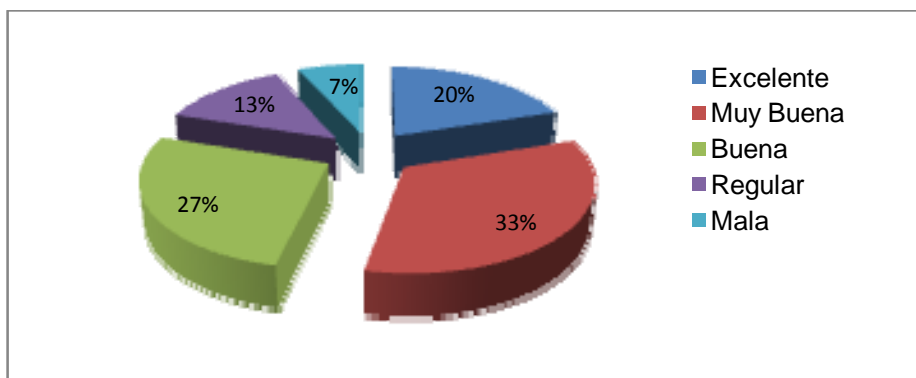
### **3.1.2. Apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en el pasado para la toma de decisiones.**

El apoyo de registro histórico por parte de los administradores de proyectos refleja que el 22% de las veces es útil entre un 81% y 100% de las veces para ser reutilizada la información, un 56 % entre un 61 y 80%, 0% entre 41 y 60%, 22% para el rango de 21% y 40% y 0% de los encuestados reflejan que no utilizan esta información.

Con estos datos se puede observar que en Guatemala la reutilización de información está siendo utilizada en base a la experiencia y esta a su vez sirve

para la toma de difíciles decisiones. Por otro lado se observa que existe una cantidad no exagerada de administradores que no reutilizan esta información por la carencia de la misma, ya que comienzan a crear su propio histórico de información, que seguramente en el futuro les servirá para ir creando sus patrones de estimación en la elaboración de cotizaciones de desarrollo de *software* al igual que el resto de la competencia en la industria local.

Figura 3. **Porcentaje de apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en PyMEs encuestadas**



Fuente: elaboración propia.

En cuanto al apoyo de la información para identificar, segmentar y diferenciar las actividades involucradas en la administración de un proyecto y con ello formar una buena estimación de desarrollo, un 80 % manifiesta que el apoyo es significativo, contra un 20% que el apoyo es bajo.

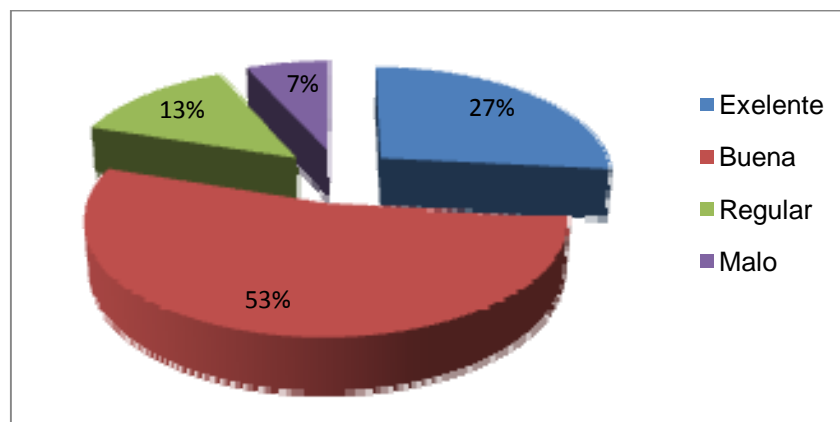
Este beneficio es el más importante a considerar a largo plazo pues, ya que de la buena información tomada y almacenada en los históricos de cotizaciones, se reflejarán las mejores decisiones y estrategias para mantener y adquirir nuevos clientes y/o proyectos de desarrollo de *software*.

### 3.1.3. Aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados

Se observa que el uso de modelos de estimación en PyMEs encuestadas ha apoyado el incremento en un 60% la productividad de su personal interno-externo, evidenciado en decremento en estimaciones de tiempos de desarrollo, para una a mejor toma de decisión en la asignación de recursos y tiempos asignados para la realización de actividades de desarrollo del proyecto. De tal forma que la incertidumbre que se tiene para el análisis de tiempos de desarrollo, se ha disminuido en un 80% de las empresas de desarrollo de *software*.

Esto indica que al paso del tiempo el administrador de proyectos aprende a minimizar la incertidumbre relacionada al sobretiempos pagado y saturado a los recursos asignados a un proyecto, con el fin de tener un mejor resultado en tiempos esperados por el cliente.

Figura 4. **Porcentaje de aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados**



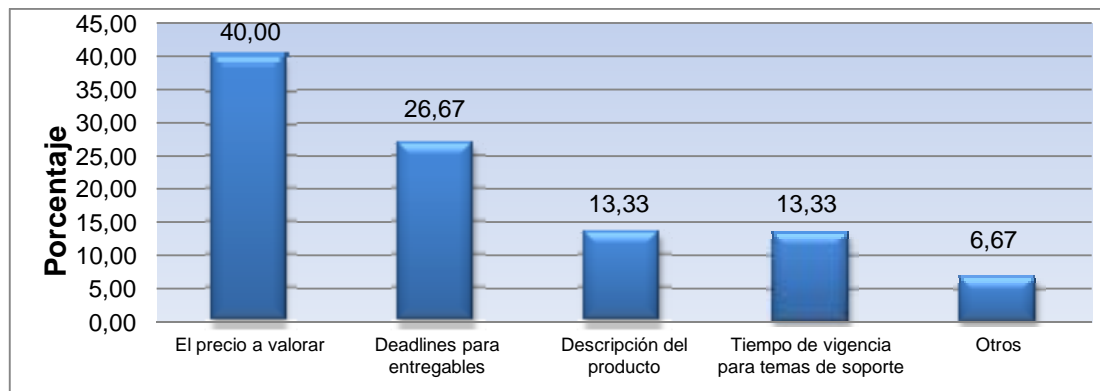
Fuente: elaboración propia.



### 3.1.4. Identificación de relaciones y actividades administrativas en los proyectos

La implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*, va ligada a la identificación y almacenamiento de toma de decisiones en la administración de proyectos, así como las tendencias que pueda tomar en el transcurso de la implementación. La siguiente gráfica ilustra la información y el porcentaje de actividades más difíciles de identificar en la administración de proyectos de acuerdo al estudio realizado.

Figura 5. **Actividades más difíciles de identificar en la administración de proyectos de acuerdo al estudio realizado**



Fuente: elaboración propia.

Según los datos de la figura 5, presentada anteriormente se puede concluir que las PyMEs en Guatemala que han implementado los modelos de estimación han logrado cuantificar el precio a valorar de los proyectos analizados (40%). Así como las fechas de entregas para presentar las fases del proyecto (en un 26,67%). Seguidos están dos puntos (en un 13,33%) estos son:

- Descripción del producto. Las pequeñas y medianas empresas del país dedicadas al desarrollo de *software* han podido determinar en un 13,33% de los casos cómo evoluciona un proyecto en su implementación luego de la venta.
- Tiempo de vigencia para temas de soporte. Se han podido identificar que los proyectos tienen como factor clave luego de la implementación una actividad estratégica que ayudarán a adquirir nuevos proyectos, por el seguimiento interno y externo que se pueda llevar con la relación con el usuario final luego de la implementación del proyecto.

También se observa que existen actividades “Otros” mostradas en la figura 5 (Reuniones para retroalimentación del proyecto, uso de metodologías de CMMi para la parte de *Project Planning* y *Project Monitoring and Control* PMC) que hacen difícil la identificación de tareas que conllevan costos ocultos o transparentes en seguimientos de proyectos por lo que muy pocas pymes toman esto en su modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones representado en un 6,67%.

### **3.1.5. Principales beneficios adquiridos**

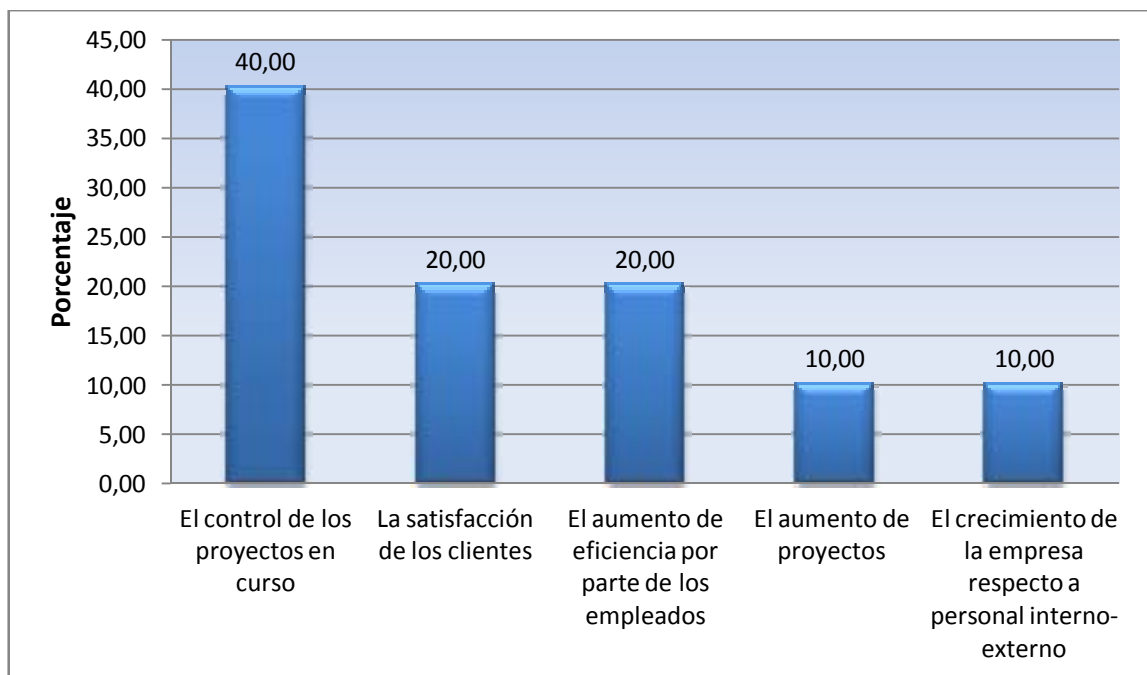
Cinco son los beneficios más importantes percibidos por las empresas de desarrollo de *software* que han implementado modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones a corto plazo,

- La satisfacción de los clientes. Esta se ha manifestado con un interés en la adquisición de nuevos proyectos por la credibilidad de las estimaciones planteadas desde un inicio al cliente.

- El aumento de eficiencia por parte de los empleados. Los empleados han obtenido un claro beneficio porque los tiempos de desarrollo son más reales, ya que poseen un margen de incertidumbre aceptable y pegado a la realidad, esto mejora en gran manera el ambiente de trabajo, disminuyendo la tensión y presión del proyecto para la realización en cada una de sus actividades, cumpliéndolas a su más alta calidad.
- El control de los proyectos en curso. La administración de proyectos bajo una estimación pegada a la realidad, apoya de inmediato a todos los involucrados del proyecto, mostrando resultados satisfactorios en cada una de las áreas de la gestión del proyecto.
- El aumento de proyectos. Los empleados internos y externos, clientes y responsables de proyectos de desarrollo de *software* van ganando confianza con el paso de tiempo, respecto al compromiso adquirido en la asignación de actividades, fechas de entrega y objetivos a cumplir por el nivel de aceptación que se han tenido en proyectos pasados. Esto a su vez apoya la buena relación entre los involucrados para la adquisición de más proyectos.
- El crecimiento de la empresa respecto a personal interno-externo. Definir correctamente la actividad y tiempo que debe llevar cada entregable es un beneficio considerable que va de la mano con el o los recursos asociados a estas actividades.

Entre más adquisiciones de proyectos existan, mayor serán los compromisos y tiempos límites en fechas de entrega para los proyectos, de tal forma que las empresas para no alterar la credibilidad que con el paso de tiempo han venido manteniendo, se apoyan en la asignación de más recursos a las actividades consideradas en su estimación de desarrollo, para cumplir con lo pactado ante el cliente y con ello ganan beneficios ante el cliente y mayor mano de obra para la realización de actividades.

Figura 6. **Beneficios más importantes a corto plazo de implementar un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de software**

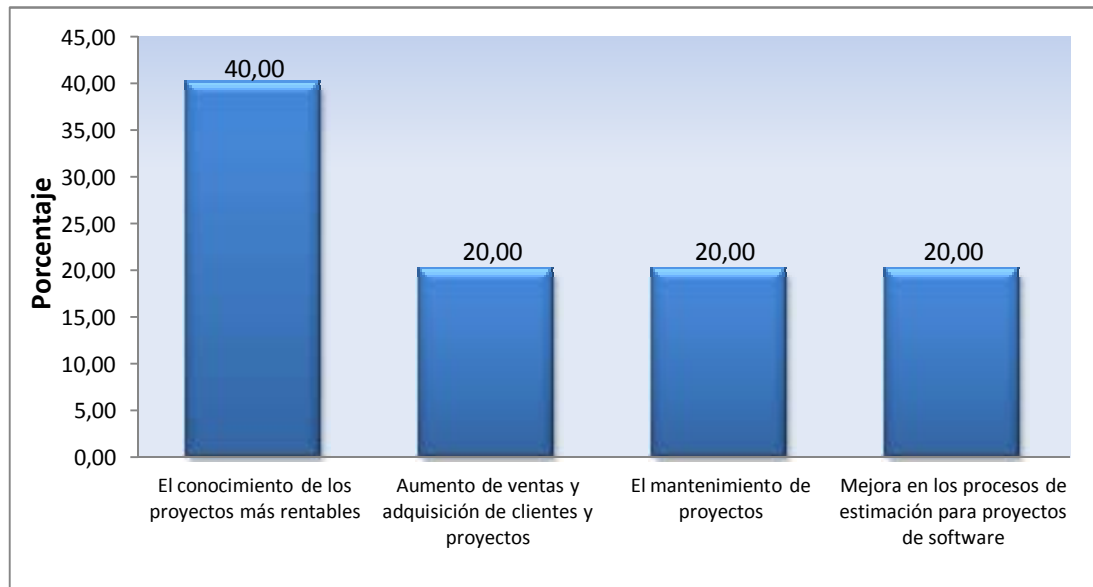


Fuente: elaboración propia.

A largo plazo, cuatro son los beneficios más importantes percibidos por las empresas de desarrollo de *software*:

- Aumento de ventas y adquisición de clientes y proyectos. El incremento de ventas es un beneficio que poco a poco se hace notar, lo que representa un 20% de los encuestados que es uno de los más importantes para crecimiento de la empresa.
- El conocimiento de los proyectos más rentables. El 40% de los encuestados refleja que conocer a fondo el tema del proyecto a desarrollar refleja en gran manera las mejoras de la empresa, siendo este, el más importante.
- El mantenimiento de los proyectos. Al igual que el aumento de las ventas y de adquisición de clientes, el mantener a flote los proyectos en buen estado con los clientes hacen valiosa la colaboración de beneficios a largo plazo para la empresa y clientes.
- Mejora en los procesos de estimación para proyectos de *software*. Este otro beneficio es tan valioso como los mencionados anteriormente para las empresas y los clientes, porque se mejoran resultados, objetivos, metas, asignación de recursos en entregables de mejor calidad.

Figura 7. **Beneficios más importantes a largo plazo de implementar un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software***



Fuente: elaboración propia.

### **3.2. Otros beneficios adquiridos con la implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software***

Aún con los beneficios mostrados anteriormente, una empresa de desarrollo de *software* que comience a hacer uso de los modelos de estimación encontrará una lista de beneficios que ayudaran en gran manera la forma de planificar sus estimaciones de desarrollo de *software*.

La siguiente lista representa una serie de beneficios obtenidos con la implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*.

### **3.2.1. Experiencia en presentación de tiempos y manejo de clientes**

Con este beneficio se llega a ganar la confianza y seguridad en el manejo del proyecto, ya que la experiencia en presentar el proyecto, para llegar al objetivo deseado con la presentación de tiempos, se hace difícil ya que al implementar una planificación de desarrollo de software es necesario mostrar la presencia de actividades inmersas que al cliente no le interesen a un inicio pero que son necesarias para garantizar el éxito de un proyecto, siendo estas actividades: análisis, definición, diseño, desarrollo, pruebas, documentación, implementación, administración del proyecto, capacitaciones y soporte de ser necesario.

La calidad de la información presentada y proporcionada a los ejecutivos y dueños del proyecto servirá para conocer los rubros que existen por cada actividad mencionada, y con esto mostrar los costos del proyecto que son necesarios tomarlos en cuenta para tener un mejor ciclo de vida del proyecto.

### **3.2.2. Interfaz de planificación ordenada, reutilizable, consistente y agradable**

Los modelos de estimación para desarrollo de *software* proporcionan herramientas de *software* para la gestión de costos, precio a ganar, riesgos críticos y no críticos, entre otros, de tal forma que la implementación de una propia interfaz que agrupe cada uno de estos aspectos, apoyará de mejor forma comprender el todo de una estimación de desarrollo de *software*.

La interfaz a considerar debe ser ordenada, reutilizable, consistente y agradable para agrupar todos los porcentajes de desarrollo de actividades, así como tiempos y costos para realizar cada una de estas, en cada uno de los

proyectos a estimar. Esta interfaz será de guía a los administradores y responsables del proyecto, para conocer y comprender los cálculos que son necesarios para la planificación del proyecto.

### **3.2.3. Administración en la planificación de detalle de actividades por rubro a considerar**

Los modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de software en sí, permiten administrar actividades que son de alto interés para los administradores e involucrados que costean el proyecto.

De forma general podemos mencionar que existen rubros y actividades a incluir en una estimación, siendo estos los más generales:

- Análisis. El análisis de requerimientos incluye la primera estimación que se hace para entregar una propuesta de ventas y su presentación que esta contenga.
- Control de calidad. Asegurar la funcionalidad en cada uno de los módulos entregados.
- Documentación interna. Exclusivamente a la documentación del código fuente.
- Documentación técnica o externa. Documentación técnica solicitada por el cliente como manuales técnicos, documento de especificación de requerimientos y aceptación del usuario técnico, manual de instalación, control y manejo de versión, documentación de pruebas, minutas de seguimientos.



- Instalación ambientes internos y externos. Pasar funcionalidad construida en el ambiente de desarrollo a cada uno de los ambientes que sean utilizados para certificar y asegurar la calidad de la funcionalidad del proyecto.
- Preparación de ambientes. Incluye tiempo de revisión del servidor interno en la empresa así como el servidor del cliente para la instalación, es decir verificar que tenga el *software* y los componentes requeridos para disminuir posibles riesgos en caso de contingencia en una instalación.
- Cantidad de ambientes del cliente. Es la cantidad de ambientes del cliente en donde se tienen que instalar, certificar y asegurar, la funcionalidad del proyecto.

### **3.3. Condiciones necesarias para la implantación de un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones**

La implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* en PyMEs guatemaltecas, son aceptados de buena forma por los administradores de proyectos, ya que el enfoque que los administradores de proyectos le dan a su planificación se refleja en un 83,3% de los casos encuestados. El siguiente listado resume las condiciones necesarias que apoyaron implementación de forma satisfactoria a los modelos de estimación.

### **3.3.1. Informar tempranamente al cliente de la cotización y el enfoque a tomar en avance del proyecto**

En un 78,78% de los casos donde la implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones fue aceptado de buena manera; se informó al cliente desde un inicio del cambio y enfoque que pudiese tomar el proyecto respecto a su avance. La información temprana de estos aspectos en una estimación de proyecto fue marco la buena relación con los clientes y dueños del proyecto.

### **3.3.2. Motivación a los clientes y dueños del proyecto**

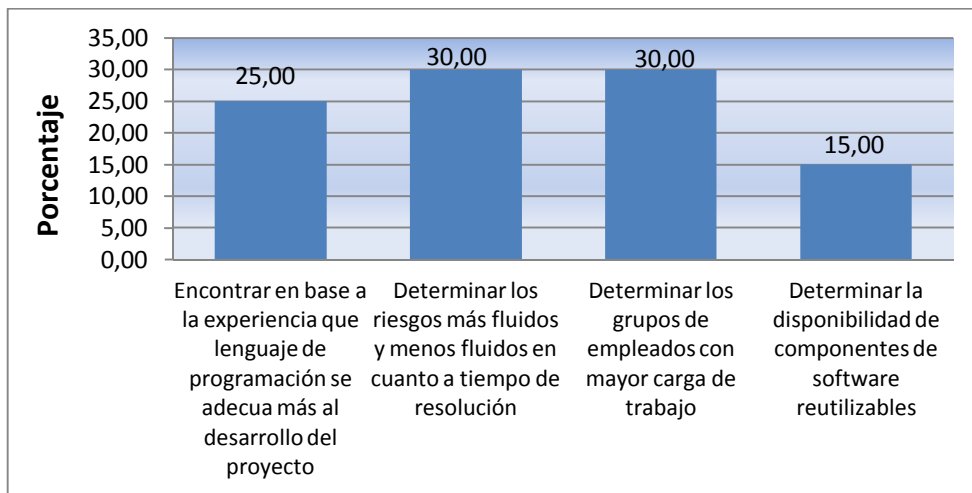
La motivación a los clientes y dueños del proyecto es de suma importancia que hay que mencionar como condición relevante para marcar el éxito de los proyectos. Sin la motivación involucrada desde un inicio por parte de los interesados del proyecto; la venta del mismo fracasará. Un 77,78% de los casos que han implementado modelos de estimación para desarrollo de software manifiesta que se indicó a los clientes que aquellos involucrados en la implementación y seguimiento de la estimación entenderían de mejor forma el desarrollo del proyecto estimado.

### **3.3.3. Adquisición de una herramienta que apoye el proceso de planificación en estimaciones de desarrollo de software**

La herramienta de *software* que se adquiriera o se cree para el uso de modelos de estimación para desarrollo de *software*, debe cumplir con actividades propias que permitan calcular los tiempos y costos para la administración del proyecto en cada una de las fases de:

- Análisis
- Definición
- Diseño
- Desarrollo
- Pruebas
- Documentación
- Implementación
- Capacitaciones y soporte de ser necesario.

Figura 8. **Área donde una herramienta de *software* apoya a los modelos de estimación en las actividades de planificación a la estimación de proyectos de desarrollo de *software***

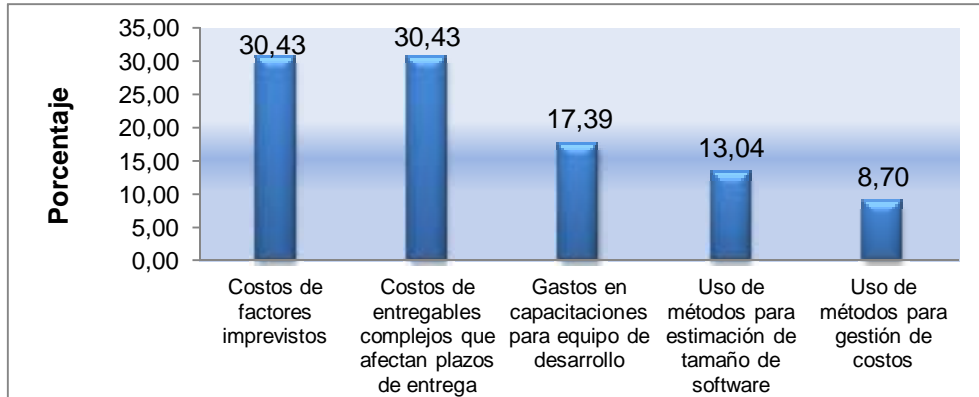


Fuente: elaboración propia.

Entre las actividades propias de la planificación de un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* que las PyMEs guatemaltecas han podido realizar tenemos las siguientes:

- Determinación de riesgos en cuanto a tiempos de resolución. En un 30% de los casos han podido detectar los riesgos más fluidos y menos fluidos respecto a estimación en fechas de entrega. Estos riesgos pueden ser de alta importancia para marcar el éxito del proyecto y marcar la calidad del mismo.
- Determinación de balanceo de cargas de trabajo a empleados. Conocer el trabajo que hacen los recursos asignados al proyecto es importante, cada recurso tiene habilidades y dificultades, encontrar este equilibrio asegura y minimiza los riesgos en fechas de entrega del proyecto. En un 30% de los casos han logrado establecer métricas y tiempos de trabajo para el avance de cada actividad asignada a cada empleado involucrados en desarrollo del *software*.
- La búsqueda del mejor lenguaje a utilizar en un proyecto de acuerdo a la experiencia. Esta característica que ha cumplido con un 25% de los casos que han implementado modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones en PyMEs de desarrollo guatemaltecas. Para esta sección es de suma importancia recalcar que los segmentos de proyectos a donde se aplica una estimación se han podido establecer a través de varios criterios como tamaño del proyecto, presupuesto, equipo, licencias, etc.
- Determinación de disponibilidad en componentes de *software* reutilizables. Un 15% de los casos demuestra que esta cualidad apoya en las estimaciones de proyectos de desarrollo de *software*, apoyando como factor importante a considerar en las herramientas de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*.

Figura 9. **Funcionalidad del modelo de estimación adquirido y su rendimiento**



Fuente: elaboración propia.

En base a las funcionalidades básicas que un modelo de estimación posee y para que un administrador de gestión de proyectos trabaje de mejor manera, se listan las siguientes cualidades de los modelos de implementación implementados por PyMEs en Guatemala:

- **Costos de factores imprevistos.** Los costos de factores imprevistos que no dependen del administrador de gestión de proyectos pueden afectar en gran manera la estimación en un 30,43% de los casos. Este punto es importante mencionar que la mayoría de estimaciones se ven afectadas por no considerar estos factores, ya que no dependen del día a día en cada actividad pero que en un momento dado estos pueden aparecer, de tal manera que es importante considerarlos.
- **Costos de entregables complejos que afectan plazos de entrega.** Para que un administrador de gestión de proyectos pueda considerar y analizar información puntual de costos de entregables y estos no afecten

a sus fechas de entrega, estos costos deben estar ordenados, congruentes y sobre todo comprensibles desde un inicio en la estimación. En un 30,43 % de los casos que han implementado modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* en pymes guatemaltecas estos costos han sido analizados y han afectado los plazos de entrega.

- Gastos en capacitaciones para equipo de desarrollo. Los gastos a operar por falta de conocimiento a un equipo de desarrollo para entender la lógica del negocio reflejan en un 17,39% de los casos que es importante considerarla en una estimación. Las capacitaciones a equipos de desarrollo son trascendentales en las herramientas de modelos de estimación por lo que es importante tomar en cuenta esta cualidad al momento de realizar una estimación.
- Uso de métodos para estimación de tamaño de *software*. El tamaño de *software* en métodos de estimación refleja que las PyMEs guatemaltecas han implementado el análisis en conteo de líneas de código, conteo por número de bloques, puntos de función, entre otros; siendo estos utilizados como métricas para cuantificar el tamaño de *software* en herramientas de *software* para modelos de estimación en un 13,04% de los casos.
- Uso de métodos para gestión de costos. El uso de métodos para gestión de costos como COCOMO, SLIM, Precio a ganar, entre otros, ayuda a interpretar cuanto puede llegar a costar cada módulo del proyecto de *software*.

Un 8,7% de los casos dan evidencia que las PyMEs guatemaltecas se apoyan de estos métodos como cualidades a considerar en herramientas para realizar estimaciones de cotizaciones de proyectos de desarrollo de *software*.

#### **3.3.4. La reducción de incertidumbre respecto a tiempos de fechas de entrega**

En las PyMEs guatemaltecas que han implementado modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*, se ha observado que la reducción de incertidumbre respecto a tiempos asociados a fechas de entrega disminuye respecto a la experiencia que se posee cada PyMEs en Guatemala, Un 18,18% de los casos menciona que cumplir con estas fechas de entrega no importa el recurso y trabajo a realizar, marcan como condición la implementación de modelos de estimación.

#### **3.3.5. Las efectivas capacitaciones brindadas a administradores de gestión de proyectos para el análisis de costos y tamaño de *software***

Capacitar a los administradores de gestión de proyectos en análisis de costos, y tamaños de *software* apoyará de referencia y guía de trabajo a otros administradores, esto ayudará a determinar la existencia de necesidades o problemas que puedan darse en proyectos a estimar, siendo de suma importancia para la toma de decisiones, determinación riesgos y sobre todo la clasificación de estos.

Un 18,18% de las empresas que han implementado modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* manifiesta que estas capacitaciones apoyan a reducir costos y a cuantificar de mejor manera el tamaño de *software* a estimar.

### **3.3.6. La acertada definición y redefinición de riesgos involucrados**

De los casos que han implementado modelos de estimación en pymes guatemaltecas, el 36,36% de estas, han realizado una acertada definición y redefinición de riesgos involucrados en una estimación. Analizar riesgos que están implícitos en los proyectos de forma inadecuada, hacen ineficientes y poco confiables las estimaciones, y en el futuro llegan a afectar la lealtad y confianza de los clientes. Y esto hace que busquen otra empresa más eficiente y capaz de cumplir con lo que solicita.

### **3.3.7. Resistencia al cambio**

La resistencia al cambio es una condición que refleja un 9,09% de los casos en las PyMEs guatemaltecas que han implementado modelos de estimación. Estas a su vez han tenido que lidiar con las dificultades y cuestionamientos que conllevan por parte del cliente respecto a la forma de trabajo que están acostumbrados a realizar con otros proveedores de *software*. Es importante manejar esta condición en la presentación de actividades estimadas y asociadas a costos, para no tener problemas en el futuro.





## **4. PROPUESTA: MODELO DE ESTIMACIÓN PARA REALIZAR COTIZACIONES DE DESARROLLO DE SOFTWARE ORIENTADO A PYMES**

### **4.1. Definición**

Se ha tomado como referencia el marco teórico, los casos de estudio de implementación de soluciones IT y resultados de las entrevistas realizadas a profesionales del medio, para formar una propuesta de uso de modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de desarrollo de *software* en Guatemala.

De acuerdo a los datos recabados, experiencias de encuestados y lo que a teoría concierne respecto al tema, se propone el presente modelo de estimación que posibilita obtener una certera y confiable estimación temprana del costo a invertir de acuerdo a registros de proyectos terminados en PyMEs guatemaltecas.

### **4.2. Justificación y desarrollo**

Existen distintas técnicas de estimación usadas en el medio, como: modelar algoritmo de costos, opinión de expertos, estimación por analogía, ley de *Parkinson*, asignar costos por ganar, y sin olvidar los métodos de estimación que se han analizado en capítulos anteriores como los compuestos y los basados en estándares (COCOMO, SLIM, entre otros).

Sin embargo de acorde a resultados observados en capítulos anteriores, la industria y mercado guatemalteco cada vez más, se inclina a la estimación basa en casos de usos, por lo que se propone usar en el presente modelo la técnica de asignación de costos por pagar.

La asignación de costos por pagar, se estima dependiendo de lo que el cliente esté dispuesto a pagar por el proyecto. Ya que el esfuerzo estimado depende del presupuesto del cliente y no de la funcionalidad del *software*.

En Guatemala, la mayoría de proyectos dependen del capital que se tenga disponible en presupuestos para proyectos por parte de los empresarios y esto afecta en gran manera la motivación del cliente, de tal forma que lo que se trata de proponer es, llegar a combinar los factores mayormente observados en el mercado guatemalteco y con ello balancear cada costo y actividad involucrada para encontrar un modelo de estimación general a la industria de pequeñas y medianas empresas guatemaltecas.

#### **4.2.1. Alinear los objetivos de IT con los objetivos estratégicos de la organización**

Con el presente modelo se pretende apoyar a los pequeños y medianos empresarios guatemaltecos en la elaboración de estimaciones para cotizaciones de desarrollo de *software*.

Determinar los escenarios más comunes de la industria de *software* local y de acorde a ello realizar los cálculos necesarios para medir el esfuerzo total del proyecto.

Alinear tiempo, dinero, costos, recursos y satisfacción profesional en un proyecto de desarrollo de *software*.

#### **4.3. Antecedentes**

Las PyMEs tienen como finalidad llegar a diagnosticar el valor a su trabajo, sin embargo, poder generar una cifra no es tan simple como parece, ya que los factores y métricas que hemos analizado anteriormente depende mucho del mercado y tipo de trabajo, al que están orientadas las pequeñas y medianas empresas en Guatemala.

Estos tipos de trabajo van enfocados a áreas del entorno empresarial, tales como la administrativa financiera, recursos humanos, servicio al cliente, educación, comercio electrónico, servicios Bancarios, entre otros.

Alinear tiempo, dinero, costos, recursos, satisfacción profesional para una pyme guatemalteca es de suma importancia, y cada vez son más los objetivos estratégicos IT de las pymes guatemaltecas, por tal motivo se debe organizarse y modelar una fórmula para balancear cada actividad, por ende, ponerle un valor al proyecto en cotización.

#### **4.4. Metodología de modelo estimación**

Cada proyecto de desarrollo, es distinto, de tal forma que es necesario clasificarlo de acuerdo al medio y sus características, de modo que para poder diferenciar los criterios tecnológicos o humanos de la no existencia de modelos de estimación en la industria guatemalteca, se propone el presente modelo de estimación, para ir adaptándolo incrementalmente a la pyme guatemalteca, a medida que se hayan finalizado proyectos de cada tipo.

#### **4.4.1. Factores importantes a considerar**

Siete son los factores más importantes a tomar en cuenta para el desarrollo de este modelo:

- Ganancia del proyecto. Se debe definir cuanto se quiere ganar por proyecto.
- Evaluación de ganancias en el mercado. Es importante evaluar si la ganancia del proyecto corresponde a lo que el mercado guatemalteco está dispuesto a pagar por los proyectos.
- No trabajar por menos. Trabajar por menos de lo que la empresa ha trabajado, es una devaluación del mercado, y es un factor que afecta al resto de PyMEs guatemaltecas. En caso de ser la primera vez para una pyme, se recomienda no trabajar por menos de lo que a los administradores de proyectos los haga sentir incómodos.
- Evaluación de tiempos. Calcular el tiempo en horas que llevará terminar el proyecto.
- Evaluación de costos. Se debe incluir todos los gastos adicionales que se harán para desarrollar el proyecto.
- Evaluación de esfuerzo de personal. Es decir evaluar los recursos necesarios para cumplir con las fechas planificadas de entrega del proyecto.

- Contratos y documentación del proyecto. Elaborar un contrato con cláusulas de compromisos por proveedor, cliente y empleado, para marcar tiempos estimados y porcentaje de pagos, esto apoyará la motivación e incentivos para los involucrados del proyecto.

#### **4.4.2. Ajuste del modelo a escenarios de la industria guatemalteca**

Los escenarios más importantes de la industria de desarrollo de *software* según resultados analizados en capítulos anteriores, demuestran que las pymes guatemaltecas están enfocadas a áreas de entorno empresarial, y estas pueden variar su tamaño de *software*.

De tal forma que podemos clasificar a cada área de trabajo bajo los siguientes sectores:

- Administrativo financiero
- Recursos humanos
- Servicio al cliente
- Educación
- Comercio electrónico
- Servicios bancarios

Para buscar la forma en que estas áreas de trabajo se adecuen al trabajo a realizar, se presentan algunas técnicas para evaluar:

##### **4.4.2.1. Cobrar por hora**

Se debe analizar el tiempo que llevará el proyecto y para ello se debe proponer un precio por hora de trabajo a cada una de las actividades a realizar.

Sin embargo, debe considerarse que esto solo aplica para actividades que no tarden más de unas dos semanas.

#### **4.4.2.2. Cobrar por fases**

Es posible evaluar el cobro por fases del proyecto y calcular los tiempos. Aquí es importante mencionar que se debe procurar que cada fase dure un mes para apoyarse de las estimaciones basadas a puntos de función, líneas de código o incluso estimaciones de casos de uso, y siempre considerando que cada actividad tiene un precio por hora, esto reflejará el costo total de cada fase conforme se vaya culminando el proyecto.

#### **4.4.2.3. Cobrar por proyecto**

Para cobrar por proyecto es necesario sumar todos los tiempos, costos, porcentajes de riesgos para llevar a cabo cada actividad en el proyecto y con esto, asociar un cobro a la hora por actividad para encontrar el costo y asociar un precio total al proyecto. Esto puede involucrar pequeños, medianos y grandes proyectos independientemente del sector en el que se encuentre.

#### **4.4.3. Riesgos vrs costos**

Llegar a encontrar parámetros de porcentaje asociado a riesgos en cada actividad involucrada a costos del proyecto está dada planteada de la siguiente manera:

- *Hardware y Software* incluyendo mantenimiento. Aquí es necesario encontrar una métrica asociada al valor que representa el costo y riesgo de aparición.

Los riesgos deben ser asociados a porcentajes y costo que representa por mes, de tal forma que para hardware asociamos: depreciación y mantenimiento de equipo, y para *software*, costo de mantenimientos y consultoría asociadas a la tarifa de empresa por hora.

- Viajes y capacitaciones. Encontrar el parámetro basado a la incertidumbre que representa un riesgo en la experiencia, los viajes y capacitaciones necesarios para la implementación del proyecto, es vital para los costos asociado a cada actividad y los recursos a utilizar, tomando en cuenta el riesgo que implica el reemplazo de algún capacitador y costo asociado para no romper la confianza del cliente.
- Costos de esfuerzo. Es muy importante mencionar que no es la mano de obra que involucra al salario mensual de los ingenieros sino al costo total de mantener a flote la empresa con las personas productivas que laboran en la misma.

Para ello es necesario definir

- Costos de proveer un ambiente agradable en oficina.
- Costos de personal de apoyo en las distintas áreas de la empresa, es decir área administrativa, contable, y de mantenimiento (limpieza).
- Costo de red y comunicación.
- Costo de adquisición de materiales para capacitaciones a equipos de desarrollo.
- Costos de prestaciones de ley a empleados.

El costo de mantener *hardware*, *software*, esfuerzos latentes por la parte productiva de la empresa, los viajes y capacitaciones, son necesarios asociarlos al porcentaje de riesgo que implica la gestión y administración del proyecto.



#### 4.5. Modelo de estimación

Una vez seleccionado el escenario, modo de cobro, analizados los riesgos, el presupuesto para proyecto, capital, recursos y costos a cada actividad involucrada al proyecto. Se procede a proponer el siguiente modelo de cálculo para la estimación de la cotización desarrollo del proyecto.

*Costo Proyecto*

$$= \sum_{i=1}^n [(Total\ horas\ por\ fase\ estimación\ proyecto_n) \\ * (Total\ costo\ por\ hora\ en\ fase\ estimada\ proyecto_n)]$$

Donde  $n$  representa el número de actividades necesarias a realizar en cada fase del ciclo de vida de la estimación del proyecto.

Para este modelo, se ha considerado a  $n = 10$  como la suma de las fases más representativos a tomar en cuenta en una estimación.

- Definición de automatización de procesos
- Definición de requerimientos
- Diseño del proyecto
- Desarrollo del proyecto
- Pruebas
- Documentación
- Implementación
- Administración de proyecto
- Capacitación
- Soporte

Estas fases, las ordenaremos y detallaremos para conocer el número de horas a invertir por proyecto, bajo la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \textit{Total horas proyecto} \\ &= \textit{Horas de gestión y administración} + \textit{Horas de construcción} \\ &+ \textit{Horas complementarias} \end{aligned}$$

Donde horas de gestión y administración del proyecto representan, la adición de horas complementarias con horas de construcción asociadas a una variable de porcentaje de incertidumbre que implica los riesgos de gestión y administración del modelo, así:

$$\begin{aligned} \textit{Horas de seguimiento y administración} \\ &= (\textit{Horas adicionales} + \textit{Horas construcción}) * z \\ z &= \% \textit{Gestión y administración del proyecto} \end{aligned}$$

Para horas de construcción del proyecto, se agrupa el tiempo necesario para la estimación de cada requerimiento del proyecto. Es decir, por cada requerimiento, podemos encontrar los tiempos asociados a cada actividad y variable a considerar, así:

$$\textit{Horas de Construcción} = \sum_{I=1}^n \textit{Total de tiempo requerimiento}(n)$$

Y finalmente el número de *horas complementarias*, suman un conjunto de variables generalizadas de la siguiente forma:

$$\textit{Horas complementarias} = a + b + c + d + e$$

*a = No. horas para Análisis*

*b = No. de horas para elaboración de documento de especificación de requisitos aceptados por usuario final o dueño del proyecto.*

*b = No. horas para construcción documento.*

*+ No. horas para negociación documento.*

*+ No. horas ajustes documento.*

*c = No. de horas para identificación de proceso a automatizar.*

*d = No. de horas para preparar ambientes.*

*e = No. de horas para la Implementación del proyecto.*

#### **4.5.1. Cálculo de horas por fase estimada en proyecto**

Para calcular el total de horas a invertir en un proyecto, es necesario definir los porcentajes de incertidumbre a trabajar con cada actividad de cada fase del proyecto. De tal forma que representaremos nuestro modelo con las siguientes variables asociadas al porcentaje de riesgo para llevar distintas actividades en el proyecto:

*t = % Documentación interna.*

*u = % Diseño de escenarios para pruebas a usar en control de calidad.*

*v = % Pruebas de construcción unitarias e integradas.*

*x = % Control de calidad ambientes internos.*

*y = % Control de calidad ambientes externos.*

Sin olvidar al porcentaje de riesgo asociado de llevar a cabo la gestión y administración del proyecto.

*z = % Gestión y administración del proyecto.*

Siendo estas, las variables que apoyaran el cálculo de tiempo representando a cada requerimiento en particular del sistema a cotizar y pueden variar de 1 a 100% y su suma total debe reflejar un 100 % de riesgos estimados al desarrollo de la actividad propuesta en este modelo.

#### **4.5.1.1. Cálculo de tiempo por requerimiento**

Para analizar los requerimientos del sistema, es necesario cuantificar los casos de uso y/o funcionalidades aceptadas por el cliente y encontrar el total de requerimientos necesarios para tener integro el proyecto.

Es necesario contar con las siguientes variables asociadas al número de horas que representan culminar cada actividad en un requerimiento funcional del proyecto:

- Relación base datos. Tiempo en número de horas para cambios a base datos, infraestructura externa, como migraciones y/o estructura interna como cambios a procedimientos almacenados, tablas, vistas, entre otros.
- Inducción al requerimiento. Tiempo en número de horas a invertir por parte de los involucrados para conocer el requerimiento y la percepción de lo que desea el cliente.
- Investigación o capacitación a recurso humano (equipo de desarrollo). Tiempo en número de horas para llevar a cabo el aprendizaje del lenguaje a programar, los términos técnicos a conocer y todo lo relacionado al aprendizaje al equipo de desarrollo para culminar el requerimiento.

- Construcción. Tiempo en número de horas para llevar a cabo el requerimiento.

- Documentación interna:

$$Doc.interna = [No.hrs Construcción] * t$$

- Diseño de escenarios para control de calidad.

$$Diseño de escenarios para pruebas = [No.hrs Construcción] * u$$

- Pruebas técnicas por equipo de desarrollo.

$$QA Técnico = [No.hrs Construcción] * v$$

- Pruebas funcionales para control de calidad ambiente interno.

$$QA Interno = [No.hrs Construcción + Doc.interna] * x$$

- Pruebas funcionales para control de calidad ambiente externo.

$$QA Externo$$

$$= [No. hrs Construcción + Doc Interna] * y$$

$$* No. ambientes ext.$$

- Elaboración de control de cambios y manejo de versión. Tiempo en número de horas para administrar el control de versiones del proyecto.

- Documentación externa. Tiempo en número de horas para satisfacer la necesidad de implementación del proyecto.

- Instalación en ambientes internos. Tiempo en número de horas para llegar a tener el mínimo de errores de instalaciones ambientes controlados de la empresa.
- Instalación en ambientes externos. Tiempo en número de horas para llegar a instalar en ambientes del cliente.
- Capacitación a usuarios. Tiempo en número de horas para capacitar a los involucrados del lado del cliente para que el proyecto avance correctamente.
- Documentación para usuarios. Tiempo en número de horas para documentar los manuales de usuario como material de apoyo a usar en capacitaciones y de soporte de implementación.
- Tiempo de soporte implementación u holgura por cambios. Tiempo en número de horas que necesita el proyecto para cubrir el desfase de tiempos en implementación y cambios necesarios a realizar al proyecto.

Siendo estos los aspectos más importantes a considerar en un requerimiento y deben sumarse para tener un estimado de tiempo para cumplir con la funcionalidad de un requerimiento.

#### **4.5.1.2. Cálculo de tiempo en fase**

Una vez conocidos los aspectos y elementos a considerar en un requerimiento, es momento de obtener un desglose de cálculo para cada fase del proyecto.

- Definición de automatización de procesos. Tiempo en número de horas para elaborar la identificación y definición de procesos a automatizar en el sector. Esto se verá reflejado en las horas complementarias de la estimación del proyecto.
- Definición de requerimientos. Es el tiempo resultante de la adición para llevar a cabo el análisis y la elaboración del documento de especificación de requisitos aceptados por usuario final o dueño del proyecto.
- Diseño del proyecto. Es el total de tiempo de todas las variantes usadas en el impacto a base de datos de los requerimientos en proyecto.
- Desarrollo del proyecto. Es un total del invertido a cada requerimiento, bajo los aspectos de investigación y capacitación a equipo de desarrollo, inducción al requerimiento y tiempo de construcción del requerimiento.
- Pruebas. Es el tiempo total del resultado en tiempo invertido en cada requerimiento para realizar el QA técnico, QA interno y QA externo.
- Documentación. No es más que la suma de tiempos estimados para llevar a cada la documentación interna, el diseño de escenarios para control de calidad y la documentación a usar por usuarios en cada requerimiento funcional del proyecto.
- Implementación. Es el tiempo estimado resultante de la suma en tiempos para preparación de ambientes, implementación e instalaciones en ambientes del cliente por cada requerimiento funcional en proyecto.

- Gestión y administración de proyecto. La gestión y administración del proyecto, ya la hemos analizado anteriormente, que no es más que el resultado de la suma de tiempo en horas complementarias y la suma de tiempos llevadas a cabo para la construcción del proyecto.
- Capacitación. En la capacitación del proyecto se deben sumar todos los tiempos estimados de cada requerimiento respecto a los aspectos de inducción y adiestramiento para el aprendizaje tanto técnico como funcional de los involucrados al proyecto.
- Soporte. No es más que la suma de porcentaje de incertidumbre usada para riesgo de aparición en temas de soporte interno como externo y los cambios a realizar en cada requerimiento del proyecto.

#### **4.5.2. Cálculo de costos por hora de fases estimadas en proyecto**

Dentro de las fases de cada proyecto, es importante saber definir un costo asociado a la hora invertida en las actividades de cada fase del proyecto.

Para ello se hizo un sondeo de actividades asociadas a cada fase del proyecto. Respecto a estas actividades, se propone promediar el costo por hora de pagos asociados a los roles sugeridos existentes en la empresa.

- Definición de automatización de procesos. Identificación y definición de procesos a automatizar en el sector. Se sugiere estimar el costo por hora que requiere un analista de sistemas para elaborar esta actividad.
- Definición de requerimientos. Se sugiere promediar los costos asociados por hora que requieren la creación del análisis y la elaboración del



documento de especificación de requisitos aceptados por usuario final o dueño del proyecto. Para ello, se propone estimar en base a lo que se paga por hora al empleado más creativo de la empresa.

- Desarrollo del proyecto. Se sugiere promediar los costos invertidos en investigaciones y capacitación a necesitar para equipo de desarrollo, los gastos de inducción a requerimientos para los programadores y en si los costos que requieren mantener a flote los recursos asociados al equipo de desarrollo. Para ello, considerar un promedio de costo por hora al pago asociado a programadores novatos y avanzados que conforman el equipo de desarrollo.
- Pruebas. Se sugiere promediar el costo invertido en los QA a necesitar por requerimiento del sistema. Para ello, considerar el costo por hora asociados a auditores de control de proyectos novatos y expertos y el costo por hora del líder del proyecto a cargo.
- Documentación. Se sugiere promediar el costo a invertir para llevar a cabo la documentación interna por parte del equipo de desarrollo, el diseño de escenarios para control de calidad y la documentación a usar por usuarios en cada requerimiento funcional del proyecto. Para ello, se propone considerar el promedio de los costos asociados por hora del analista de sistemas novato y experto, el costo por hora del auditor de sistemas novato y experto y el costo por hora del líder a cargo de la construcción del proyecto.
- Implementación. Se sugiere promediar el costo a cobrar por preparación de ambientes, instalaciones en ambientes del cliente por cada requerimiento. Para ello, se propone promediar el costo por hora de los analistas de sistemas y de sistema.

- Gestión y administración de proyecto. Se sugiere promediar el costo de mantener *hardware*, *software*, esfuerzos latentes por la parte productiva de la empresa, viajes, capacitaciones y promedio de costo por hora usado en construcción del *software*. Para ello se propone calcular usar los costos por hora de las personas quienes realizan estas actividades.
- Capacitación. De la misma forma que la gestión administrativa, las actividades que requieren con personal de la empresa para llevar a cabo la inducción y adiestramiento del lado técnico y funcional por parte de los usuarios del *software*, estos se sugiere promediar el costo por hora de cada uno de ellos.
- Soporte. Se sugiere promediar el costo por hora en pago a personal experto en tema, respecto a experiencia y relación corporativa entre empresa y cliente. Para ello, se propone calcular el promedio del costo asociado al pago de invertir por cambios en el *software* implementado, este puede ser tomado de los mismos costos asociados a recurso humano en el cálculo de costo de construcción.

Con esto elementos obtendremos una tasa promedio por hora para cada fase del proyecto, que servirá como guía para calcular el costo total del proyecto.

#### **4.6. Límites y alcances**

Este modelo está enfocado al análisis de forma de trabajo que una pyme guatemalteca desempeña, asumiendo que está en proceso de creación o ya se cuenta con registros históricos de costos asociados a personal interno que desempeñan cada una de las actividades mencionadas en el modelo.

Se tiene como alcance para el modelo, el tiempo para llevar a cabo cada fase del proyecto, no se recomiendan cifras porque estas métricas dependen de la capacidad de mano de obra en cada empresa, por eso es importante mencionar que el alcance del modelo apoyará en gran medida a cubrir un resumen de esfuerzos estimados a presentar ante el cliente y/o dueños del proyecto.

El modelo posee como limitante los factores de porcentaje de riesgos para la elaboración de cada fase en el proyecto, sin embargo este puede ir creciendo respecto a la experiencia que se vaya adquiriendo en el desarrollo de proyecto.

El modelo es limitado a no proponer las cantidades de porcentajes asociados a riesgos de elaboración en cada actividad del proyecto, ya que cada administrador del proyecto debe ingresar los porcentajes de incertidumbre de acorde a su elección, experiencia y manejo del proyecto.

#### **4.7. Almacenamiento, asimilación y retroalimentación de los modelos de estimación**

La asimilación del conocimiento, basada a datos recaudados y descubiertos de una base de datos existente y dedicada al almacenamiento de estimaciones realizadas, marcan el factor más importante para la retroalimentación y madurez con que se elaboren las cotizaciones de desarrollo de *software*.

Basado en teoría de sistemas, uno de los factores más importantes para garantizar la eficacia de un modelo, es el principio de la retroalimentación que

pueda tener un sistema. Es decir, mientras mayor sean los detalles históricos de datos estimados que se tengan de proyectos realizados, mayor será el nivel de madurez para asignar tiempos correctos a cada actividad analizada y planificada en las fases del proyecto a cotizar.

La retroalimentación de un modelo de estimación, se basa en la creación de una base de datos que facilite el conocimiento para estimar tiempos y costos asociados a cada actividad involucrada en un proyecto.

Para encontrar y asignar la más adecuada y madura estimación de una actividad del proyecto, se necesita almacenar, asimilar o interpretar los datos históricos provenientes de la base de datos de estimaciones y sobre todo retroalimentar la base de datos para el correcto uso de futuras estimaciones.

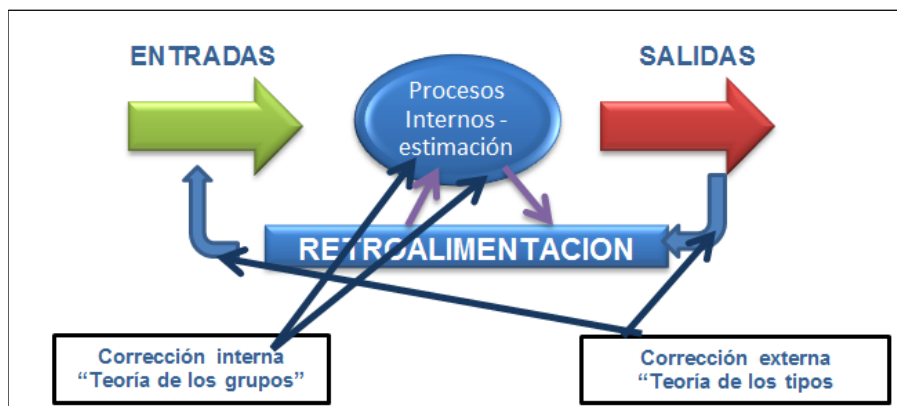
La base de datos de estimaciones, provee al ingeniero o administrador de proyectos una herramienta de trabajo esencial, que marca la madurez y cercanía a la realidad de asignación de tiempos y costos a las cantidades a considerar en una estimación.

El modelo de estimación debe apoyarse a una base de datos, para facilitar el trabajo y asimilación de experiencias pasadas. Lo que produzca como resultado final un registro tangible de datos, que puedan ser usados por personas quienes por primera vez, se encuentren en el proceso de asignación de tiempos, costos y recursos. Siendo esta base de datos de mucha utilidad para el aprendizaje y comparación de estimaciones. Evitando así, no comenzar a estimar desde cero y permita el apoyo a la comparación de datos históricos.

Debido a que la estimación de *software* es un campo crítico en la fase de un proyecto, por ser un bien intangible, existen variables críticas que no deben pasar desapercibidas.

Se debe considerar la experiencia, eficacia y conocimiento de los programadores, arquitectos de *software* y líderes de proyecto, para definir exactamente los tiempos que puede llevar cada tipo de actividad, además de la negociación y administración del proyecto.

Figura 10. **Retroalimentación de cotizaciones basada a registros históricos de estimaciones realizadas**



Fuente: elaboración propia.

De acorde a la figura 10, el factor más importante que se pretende resaltar es la retroalimentación de estimaciones que permitan generar cotizaciones de desarrollo de *software* cada vez más maduras y cercanas a la realidad.

Para lograr una estimación madura es necesario comenzar con la implementación de un *software* apoyado de una base de datos histórica de estimaciones, que registre y permita la consulta de proyectos de una manera sencilla, para el análisis de cotizaciones realizadas por la organización que implemente el modelo propuesto.

Esto apoyará en gran manera, para la toma de decisiones en asignación de tiempos, costos y recursos, que son necesarias para la elaboración de cada actividad del proyecto a evaluar. Facilitando así, la comparación de datos y obteniendo estimaciones más cercanas a la realidad.



## CONCLUSIONES

1. La implementación de los modelos de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software*, retorna un conjunto de beneficios, en pequeñas y medianas empresas, siendo los más importantes:
  - Identificación y eficiencia del uso de modelos de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de *software*.
  - Alto apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en el pasado para la toma de decisiones.
  - Aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados.
  - Identificación de relaciones y actividades administrativas en los proyectos.
  
2. La identificación y eficiencia del uso de modelos de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de *software* ha sido demostrado como un beneficio importante, ya que, un 60 – 100 % de las pymes guatemaltecas han identificado y mejorado en el 66,6% de los casos; el rendimiento para generar estimaciones se ha podido administrar de buena, muy buena y excelente forma en un 88,89%; y por lo tanto se demuestra que existe una minimización de riesgos en un 41 – 100% en el tiempo de estimación del proyecto, esto se refleja en el 56,6%<sup>8</sup> de los casos.



3. Las pymes guatemaltecas que han implementado un modelo de estimación para elaborar cotizaciones de desarrollo de *software* han demostrado que poseen un alto apoyo de la información registrada para la toma de decisiones, puesto que esta es buena y excelente en el 77,8% de los casos; la calidad de la información es alta para identificar, segmentar y distinguir a los proyectos, generando como consecuencia, la toma de decisiones para hacer una negociación de proyecto de acuerdo a lo que los clientes esperan en un 22%.
4. El aumento de productividad y reducción de incertidumbre en sobretiempos pagados ha evidenciado como beneficio importante a pymes guatemaltecas que han implantado modelos de estimación, ya que el apoyo de estos modelos ha incrementado en un 80% y se han minimizado las variantes respecto a incertidumbres de estimación en un 5% en el 40% de los casos.
5. Los modelos de estimación implementados en PyMEs han ayudado a identificar relaciones y actividades administrativas en los proyectos. La principal actividad identificada es el precio a valorar para los proyectos existentes, evidenciándose en el 40% de los casos. Después de esta característica, la evolución de cálculo para las fechas de entrega se reflejan en el 26,67% de los casos. Así como las actividades para la descripción del producto y definición de tiempos de vigencia para temas de soporte, se reflejan en un 13,33% de los casos. Por otra parte existe un margen de empresas que han evidenciado que involucran actividades apoyándose de metodologías de CMMi para la parte de *Project Planning* y *Project Monitoring and Control PMC* en un 6,67% de los casos.

6. Los beneficios a corto plazo más importantes observados en las PyMEs guatemaltecas que han implementado modelos de estimación para elaboración de cotizaciones de desarrollo de *software* son:

- La satisfacción de los clientes
- El aumento de eficiencia por parte de los empleados
- El control de los proyectos en curso
- El aumento de proyectos
- El crecimiento de la empresa respecto a personal interno-externo

Y aquellos a largo plazo son:

- El aumento de ventas y adquisición de clientes y proyectos
- El conocimiento de los proyectos más rentables
- El mantenimiento de los proyectos
- La mejora en los procesos de estimación para proyectos de *software*

7. La implementación de modelos de estimación no es, solamente de colocar cifras y porcentajes a riesgos, al utilizarlo, es necesario considerar cumplir con ciertos aspectos para que el modelo sea funcional. Los más importantes llevados a cabo por PyMEs guatemaltecas han sido:

- La información temprana al cliente de la cotización y el enfoque a tomar en avance del proyecto
- La motivación a clientes y dueños del proyecto
- La adquisición de una herramienta que apoye el proceso de planificación en estimaciones de desarrollo de *software*
- La reducción de incertidumbre respecto a tiempos de fechas de entrega

- Las efectivas capacitaciones brindadas a administradores de gestión de proyectos para el análisis de costos y tamaños de *software*
  - La acertada definición y redefinición de riesgos involucrados
  - La resistencia al cambio
8. Al agenciarse de una herramienta para el apoyo de modelos de estimación, debe considerarse y valorar dos singularidades importantes. Y estas son considerar por completo el máximo de actividades propias de cada fase del proyecto y los factores de incertidumbre que conllevan cada una de estas.
9. Las herramientas de apoyo existentes para realizar estimaciones de costos y tiempos adquiridas por PyMEs guatemaltecas han evidenciado tres características importantes respecto a las funcionalidades de un modelo de estimación para realizar cotizaciones de desarrollo de *software*, todas ellas en el 30% de los casos:
- Determinación de riesgos en cuanto a tiempos de resolución la resistencia al cambio
  - Determinación de balanceo de cargas de trabajo a empleados
10. La propuesta del modelo de estimación ha sido considerada en base a la experiencia de estimaciones mencionadas por administradores de proyectos encuestados, esta refleja el cálculo de riesgos y actividades que se deben contemplar para obtener el costo total del proyecto, luego de haber definido el escenario a trabajar en sector empresarial, modo de cobro, y sobre todo haber analizado el máximo de riesgos y costos a involucrar en cada actividad del proyecto.

11. Los modelos de estimación en las organizaciones mejoran mientras se tiene una base de comparación contra la ejecución real del proyecto, ya que esto permite retroalimentar a las personas a cargo de las estimaciones puedan realizar cálculos más cercanos a lo real que impacta directamente en la ejecución de todo proyecto y por ende en sus precios.



## RECOMENDACIONES

1. La implementación de modelos de estimación en PyMEs guatemaltecas; les beneficiara grandemente, y su adaptación debe realizarse si y solo si la pyme se encuentra en fase de aprendizaje y se ve necesitada de mejorar en el medio. La finalidad de un modelo de estimación es crear un vínculo con el administrador de proyectos para reducir la incertidumbre de cálculos en tiempos, riesgos y costos.

Si una empresa mantiene un registro de cotizaciones, esta brindará una estimación más completa y especializada de acorde al sector del proyecto que se analice, podrá también cultivar la confianza de sus clientes existentes, mejorará el rendimiento y productividad en empleados respecto a saturación de trabajo, y sobre todo atraerá a nuevos proyectos a medida que cada cliente los vaya necesitando.

2. La implementación de modelos de estimación es una tarea que se va perfeccionando respecto al tiempo y experiencia en planificaciones de proyectos; implementar estos modelos requiere mucha dedicación, observación, análisis exhaustivo de tiempos de trabajo en cada fase del proyecto contemplada con cada miembro de la empresa; de tal forma que el apoyo de almacenamiento en una base de datos que contenga la información de estimaciones realizadas, permitirá ser eficaz y madura la fase de implementar el modelo de estimación de acorde a las condiciones en las que se encuentre el proyecto, que a su vez reflejarán en tiempos futuros, los beneficios ofrecidos.

3. La implementación de modelos de estimación en PyMEs guatemaltecas, depende del sector, tamaño de *software* con el modo a cobrar, y todos los riesgos posibles que se tomen en cuenta para llevar a cabo la finalización de las actividades planificadas. Considerar y proponer tiempos no es la mejor decisión, se debe tener un promedio de horas trabajadas en cada actividad y entre más esfuerzos y costos sean encontrados menores serán los riesgos en la estimación, es por eso que se debe tener un balance entre cada uno de estos para no llegar a elevar el costo del proyecto, para obtener mejores ganancias.
4. Los porcentajes de incertidumbre asociados a cada actividad del modelo propuesto se deben encontrar en base al registro y experiencia del administrador de proyectos, en caso de no tener registros, se debe manejar un peor, ideal y mejor escenario de estimación, con el fin de obtener un promedio equilibrado de la estimación al proyecto.
5. Si al final de la estimación de un proyecto se observa que hay factores que los hace sentir incómodos, se recomienda volver a considerar cada actividad, tiempo y costo para encontrar la vulnerabilidad de la estimación y sobre todo recordando que nunca se debe trabajar por menos de lo que se espera recibir.

## BIBLIOGRAFÍA

1. ALBRECHT, Allan. *AD/M productivity measurement and estimate validation*. NY IBM Corporation, 1984. [en línea]:  
<http://www.itmpi.org/assets/base/images/itmpi/privaterooms/capersjones/Estimating2006.pdf>. [Consulta: 30 de agosto de 2011].
2. CAPERS, Jones. *Applied software measurement*. 2a ed. New York: McGraw-Hill, 1996. 618 p. ISBN 0-07-032826-9.
3. \_\_\_\_\_. *Software assessment, benchmark, and best practices*. New York: McGraw-Hill, 2005. 618 p. ISBN 978-0-201-48542-4.
4. \_\_\_\_\_. *Software project management practices: failure versus success*. New York: McGraw-Hill, 2004. [en línea]:  
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.170.3858&rep=rep1&type=pdf>. [Consulta: 30 de agosto de 2011].
5. \_\_\_\_\_. *Software quality analysis and guidelines for success and estimating software costs*. New York: McGraw-Hill, 1998. 724 p. ISBN 0-07-913094-1.
6. DE MARCO, Robert T. *The Deadline*. California: Dorset House, 1985. 155 p. ISBN: 0932633390.



7. WESLEY, Addison. *Metrics and models in software quality engineering*.  
2a ed. Boston: Longman, 2002. 528 p. ISBN 0-201-72915-6.

## **APÉNDICE 1**



## ENCUESTA A ADMINISTRADORES DE GESTIÓN DE PROYECTOS DE *SOFTWARE*

La presente encuesta está orientada a aquellos empleados de empresas de desarrollo de *software* que son administradores de gestión de proyectos.

Favor contestar las siguientes preguntas:

1. ¿Cuánto tiempo lleva aplicando modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*?  
Seleccione una respuesta.
  - a. Menos de 6 meses.
  - b. De 6 meses a un año.
  - c. Entre uno y dos años.
  - d. Más de dos años.
  
2. ¿La implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* les ha ayudado a identificar y mejorar los procesos clave en temas relacionados a económica y estabilidad en presupuesto del proyecto? Seleccione una respuesta.
  - a. 81 – 100%
  - b. 61 – 80%
  - c. 41 – 60%
  - d. 21 – 40%
  - e. 0 – 20%

Si su respuesta a la respuesta anterior fue menor a un 60%, Responda la siguiente pregunta.

3. ¿Por qué razones no pudo identificar y mejorar las estimaciones en cotizaciones de proyectos de *software*? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
  - a. Por premuras de tiempo y poco análisis de lo que se intenta cobrar.
  - b. Por desconocimiento de precios en el mercado en relación a la cotización realizada.
  - c. Otro (especifique)

---

---

4. Los modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones que actualmente usa, le brindan facilidad para monitorear los flujos de caja en sus proyectos; así como para identificar debilidades en su presupuesto. ¿En qué medida? Seleccione una respuesta.
- a. Excelente
  - b. Muy bueno
  - c. Bueno
  - d. Regular
  - e. Malo

Si su respuesta a la pregunta anterior fue Regular o mala responda la siguiente pregunta:

5. Que actividades le han sido difíciles de identificar cuando implementa un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*, desde el punto de vista de administración en gestión de proyectos?
- a. El precio a valorar
  - b. Descripción del producto a horas
  - c. Deadlines para entregables
  - d. Tiempo de vigencia para temas de soporte
  - e. Otro (especifique)

---

---

6. ¿Los modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones en qué medida porcentual han ayudado a minimizar la incertidumbre en relación al sobretiempo pagado y ha apoyado a aumentar la productividad del personal interno-externo de la empresa? Seleccione una respuesta.
- a. 81 – 100 %
  - b. 51 – 80 %
  - c. 21 – 50 %
  - d. 0 – 20 %

Si su respuesta a la pregunta anterior fue menor a un 51%, conteste la siguiente pregunta.

7. ¿Por qué motivos la implementación de un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software* no han ayudado a mejorar la productividad del personal interno-externo de la empresa? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La experiencia del cliente con proyectos similares no ha sido la esperada.
  - b. La experiencia del personal con proyectos similares no ha sido la esperada.
  - c. El tamaño de los elementos entregables (documentos, casos de prueba etc.) resultan ser distintos a los negociados respecto a las fechas de entrega.
  - d. El sobretiempo pagado no resulta ser la mejor opción.
  - e. Otro (especifique)
- 
- 

8. El apoyo de la información registrada de cotizaciones realizadas en el pasado, con el fin de realizar consultas confiables para la toma de decisiones, es:
- a. Excelente
  - b. Muy buena
  - c. Buena
  - d. Regular
  - e. Mala

Si su respuesta a la pregunta anterior fue regular o mala, explique las razones en la siguiente pregunta:

9. ¿Por qué motivos, la información almacenada de las cotizaciones realizadas en el pasado no le han ayudado a tomar decisiones? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La congruencia de proyectos a cotizar no es la misma para cada cotización de desarrollo de *software*.
  - b. La información que brindan los reportes de cotizaciones consultadas, no es reflejo de lo que al final término costando el proyecto.
  - c. La información registrada de cotizaciones realizadas en el pasado y que utiliza el administrador de proyectos no es la más importante.
  - d. Otro (especifique)
-

10. ¿En qué grado la capacidad del Líder de Proyecto y *Sponsor* han ayudado a: Identificar riesgos, segmentarlos y diferenciarlos. Y en base a ello tomar decisiones, que le ayuden a efectuar mejores estimaciones de acuerdo a las necesidades del cliente? Seleccione una respuesta
- a. Muy Alto
  - b. Alto
  - c. Medio
  - d. Bajo

Si su respuesta a la pregunta fue baja, explique sus razones en la siguiente pregunta:

11. ¿Cuáles son los motivos por los que el responsable de realizar estimaciones para cotizaciones de proyectos no han ayudado a identificar, segmentar y diferenciar los riesgos; y con ello tomar decisiones? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. No hay forma de identificar, segmentar y diferenciar riesgos
  - b. Los criterios de segmentación no son los adecuados
  - c. No hay forma de diferenciar desde un punto de vista monetario a riesgos en específico.
  - d. Otro (especifique)

---

---

12. Según su punto de vista; ¿qué porcentaje de clientes quedan satisfechos con las cotizaciones que ha realizado y estas no han sufrido cambios a lo largo del desarrollo del proyecto? Seleccione una respuesta.
- a. 76 a 100 %
  - b. 51 a 75 %
  - c. 26 a 50 %
  - d. 0 a 25 %

Si su respuesta a la pregunta anterior fue menor a 51%, responda la siguiente pregunta.

13. ¿Explique sus razones, por lo que los clientes no han aumentado su grado de satisfacción con el planteamiento de la cotización para el proyecto estimado? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. Los métodos usados para inspecciones y revisión de la estimación no han sido adecuados.
  - b. El número de clientes insatisfechos que presentan su malestar en cuanto a cotizaciones se mantiene o ha aumentado
  - c. Se han perdido proyectos, y por lo tanto clientes, por malas estimaciones en cotizaciones realizadas.
  - d. Otros (especifique)

---

---

14. ¿El número de clientes, proyectos y personal interno-externo nuevo adquiridos en la empresa ha aumentado mensualmente, con la implementación modelos de estimación? Seleccione una respuesta.
- a. Más de un 100%
  - b. Un 100%
  - c. Un 50%
  - d. Un 25 %
  - e. No ha aumentado.

Si su respuesta a la pregunta anterior fue que no ha aumentado, responda la siguiente pregunta.

15. ¿El número de clientes, proyectos y personal de trabajo no ha aumentado porque? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La empresa tiene poco tiempo de vida.
  - b. Los clientes no perciben una mejora luego de la presentación de la estimación del proyecto.
  - c. Los clientes poseen poco presupuesto para la compra del proyecto.
  - d. Otras especifique

---

---



16. Con la implementación de modelos de estimación para el desarrollo de cotizaciones de *software*, dentro de la empresa he podido identificar y conocer: (marque cada uno de los puntos cumplidos)
- a. Las expectativas y preferencias de los proyectos.
  - b. Al proyecto más rentable de la empresa
  - c. Qué nuevos proyectos debemos perseguir
  - d. La evolución de la satisfacción de haber cotizado proyectos exitosos
  - e. Cuántos proyectos se pierden y da seguimiento la empresa cada año.
  - f. Otro especifique
- 
- 
17. La aplicación de modelos de estimación implementados directa o indirectamente me ha permitido hacer las siguientes actividades: (marque cada uno de los puntos cumplidos).
- a. Encontrar en base a la experiencia que lenguaje de programación se adecua más al desarrollo del proyecto.
  - b. Determinar los riesgos más fluidos y menos fluidos en cuanto a tiempo de resolución.
  - c. Determinar los grupos de empleados con mayor carga de trabajo.
  - d. Determinar la disponibilidad de componentes de *software* reutilizables
  - e. Otro especifique
- 
- 
18. Del siguiente listado, marque aquellos incisos que corresponden a los elementos que un modelo de estimación deben de incluir.
- a. Los costos de factores imprevistos.
  - b. Los costos de aquellos entregables complejos que afecten al plazo de entrega.
  - c. Los gastos a operar por la falta de conocimiento por parte del equipo de desarrollo.
  - d. El uso de métodos para estimación de tamaño de *software* como conteo de líneas de código, Conteo por número de bloques, puntos de función, entre otros.
  - e. El uso de métodos para gestión de costos como COCOMO, SLIM, Precio a ganar, entre otros.

19. El grado de aceptación y motivación de los clientes, respecto a la muestra del resultado de la estimación para desarrollo de cotizaciones de proyectos fue:
- a. Aceptable (71 a 100%)
  - b. Bueno (41 a 70 %)
  - c. Malo (menos de 40%)

Si su respuesta a la pregunta anterior fue malo, favor de contestar la siguiente pregunta.

20. ¿Qué considera ha influido en el desinterés de los clientes luego ver la estimación y cotización de un proyecto presentado? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La información de la cotización y estimación es muy imprecisa y muy poco confiable
  - b. El precio de la cotización es muy elevado
  - c. No existe motivación para la negociación del proyecto de software
  - d. No se ha demostrado dominio del tema por parte del proveedor de *software*.
  - e. Otro especifique

---

---

Contestar la siguiente pregunta si la respuesta a la pregunta No. 19 fue, bueno o aceptable.

21. Que actividades se realizaron dentro de la empresa para que los clientes aceptaran de buena forma la estimación y cotización del proyecto de software? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. Se les informo desde un inicio del cambio y enfoque que podría tomar el proyecto respecto al avance del mismo.
  - b. Se les hizo notar el interés y el efecto que pudiera tomar el proyecto por atender a los nuevos cambios anunciados por ellos.
  - c. Se capacito a los involucrados para el manejo del léxico empresarial usado por el cliente, como muestra de interés y dominio del tema en proyecto a cotizar.
  - d. Otra razón especifique

---

---

22. Durante el análisis e implementación de un modelo de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*, ¿Cuál fue el problema más importante que se tuvo que solventar? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La capacitación a administradores de gestión de proyectos por el uso de métodos de estimación de tamaño de *software*.
  - b. La capacitación a administradores de gestión de proyectos por el uso de métodos de gestión de costos para balancear el tema de presupuesto del proyecto.
  - c. La definición y redefinición de riesgos involucrados.
  - d. La reducción de incertidumbre respecto a fechas analizadas para los entregables.
  - e. Poco capital para el desarrollo y toma de decisiones, respecto al presupuesto en la empresa.
  - f. Otra (especifique)
- 
- 

23. ¿Cuáles han sido los beneficios más importantes a corto plazo obtenidos con la implementación de modelos de estimación de desarrollo de cotizaciones de *software*? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.
- a. La satisfacción de los clientes.
  - b. El aumento de eficiencia por parte de los empleados
  - c. El control de los proyectos en curso.
  - d. El aumento de proyectos
  - e. El crecimiento de la empresa respecto a personal interno-externo.
  - f. Otros (especifique)
- 
-

Si su respuesta la pregunta 1 fueron los incisos c y d, (entre uno y dos años, más de dos años respectivamente) responda a la siguiente pregunta:

24. Cuáles han sido los beneficios más importantes a largo plazo, con la implementación de modelos de estimación para desarrollo de cotizaciones de *software*? Puede seleccionar y escribir varias respuestas.

- a. Aumento de ventas y adquisición de clientes y proyectos
- b. El conocimiento de los proyectos más rentables
- c. El mantenimiento de proyectos
- d. La mejora en los procesos de estimación para proyectos de software
- e. Otra (especifique)

---

---



## APÉNDICE 2



Tabla I. **Matriz del número de respuesta por opción de una pregunta**

No. Pregunta	Respuestas					
	a	b	c	d	e	f
1	9	1	2	3		
2	3	5	4	2	1	
3	5	2	0			
4	2	2	2	2	1	
5	6	2	4	2	1	
6	4	8	2	1		
7	1	2	0	1	0	
8	2	1	4	1	1	
9	5	2	1	0		
10	1	4	3	1		
11	2	3	1	1		
12	1	6	1	1		
13	1	1	1	0		
14	0	1	1	2	4	
15	1	2	1	1		
16	4	7	5	5	1	0
17	5	6	6	3	0	
18	7	7	4	3	2	
19	2	7	0			
20	0	1	5	0	1	
21	7	2	0	0		
22	2	2	4	2	0	1
23	2	2	4	1	1	0
24	2	4	2	2	0	

Fuente: elaboración propia.





## **APÉNDICE 3**



Tabla I. **Matriz del porcentaje por opción de una pregunta**

No. Pregunta	Respuestas					
	a	b	c	d	e	f
1	60,00	6,67	13,33	20,00		
2	20,00	33,33	26,67	13,33	6,67	
3	71,43	28,57	0,00			
4	22,22	22,22	22,22	22,22	11,11	
5	40,00	13,33	26,67	13,33	6,67	
6	26,67	53,33	13,33	6,67		
7	25,00	50,00	0,00	25,00	0,00	
8	22,22	11,11	44,44	11,11	11,11	
9	62,50	25,00	12,50	0,00		
10	11,11	44,44	33,33	11,11		
11	28,57	42,86	14,29	14,29		
12	11,11	66,67	11,11	11,11		
13	33,33	33,33	33,33	0,00		
14	0,00	12,50	12,50	25,00	50,00	
15	20,00	40,00	20,00	20,00		
16	18,18	31,82	22,73	22,73	4,55	0,00
17	25,00	30,00	30,00	15,00	0,00	
18	30,43	30,43	17,39	13,04	8,70	
19	22,22	77,78	0,00			
20	0,00	14,29	71,43	0,00	14,29	
21	77,78	22,22	0,00	0,00		
22	18,18	18,18	36,36	18,18	0,00	9,09
23	20,00	20,00	40,00	10,00	10,00	0,00
24	20,00	40,00	20,00	20,00	0,00	

Fuente: elaboración propia.

