

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**  
CAMPUS MONTERREY  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN MECATRONICA  
Y TECNOLOGIAS DE INFORMACION



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

"BENEFICIOS QUE OBTIENEN LAS EMPRESAS  
DESARROLLADORAS DE SOFTWARE CON LA IMPLEMENTACION  
DEL MODELO CMMI EN LA CIUDAD DE MONTERREY"

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:  
MAESTRO EN ADMINISTRACION DE TECNOLOGIAS  
DE INFORMACION

**POR:**

**JOAQUIN ALONSO ARELLANO RAMIREZ**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO DE 2011**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**  
CAMPUS MONTERREY  
PROGRAMA DE GRADUADOS EN MECATRONICA  
Y TECNOLOGIAS DE INFORMACION



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY**

“BENEFICIOS QUE OBTIENEN LAS EMPRESAS  
DESARROLLADORAS DE SOFTWARE CON LA IMPLEMENTACION  
DEL MODELO CMMI EN LA CIUDAD DE MONTERREY”

**TESIS**

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA  
OBTENER EL GRADO ACADEMICO DE:  
MAESTRO EN ADMINISTRACION DE TECNOLOGIAS  
DE INFORMACION

**POR:**

**JOAQUIN ALONSO ARELLANO RAMIREZ**

**MONTERREY, N. L.**

**JUNIO DE 2011**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

**CAMPUS MONTERREY**

**PROGRAMA DE GRADUADOS EN MECATRÓNICA Y TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN**



**TECNOLÓGICO  
DE MONTERREY®**

**“BENEFICIOS QUE OBTIENEN LAS EMPRESAS DESARROLLADORAS DE  
SOFTWARE CON LA IMPLEMENTACIÓN DEL MODELO CMMI EN LA  
CIUDAD DE MONTERREY”**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO  
ACADEMICO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE  
INFORMACIÓN**

**POR:**

**JOAQUÍN ALONSO ARELLANO RAMÍREZ**

**MONTERREY, N.L.**

**JUNIO 2011**

Beneficios que obtienen las empresas desarrolladoras de software con la implementación del modelo CMMI en la ciudad de monterrey

POR:

JOAQUÍN ALONSO ARELLANO RAMÍREZ

**TESIS**

Este trabajo es requisito parcial para obtener el grado de Maestro  
En Administración de Tecnologías de Información

“Presentada al Programa de Graduados en Mecatrónica y Tecnologías de  
Información”

Maestro  
En Administración de Tecnologías de Información

**INSTITUTO TECNOLÓGICO Y DE ESTUDIOS  
SUPERIORES DE MONTERREY**

JUNIO 2011

## **DEDICATORIA**

### **A mis padres**

Marina y Fernando, por darme la vida, su amor incondicional, su guía, su apoyo y los enormes sacrificios hechos para que yo me superara personal y profesionalmente.

### **A mi hermano**

Tonatiuh, parte fundamental en mi vida, por su amor y compañía de hermano.

### **A mis abuelas**

Irene y Ceci, por ser las guerras incansables, por el enorme sacrificio y amor dado, por ser las guías y pilar fundamental de generaciones, por ser pieza fundamental de mi esencia como ser humano.

### **A mis amigos**

Gracias por compañía y amistad en los buenos y malos momentos, por sus consejos y enseñanzas que me dan todos los días.

### **A Dios**

Por su amor infinito y por darme la fortaleza y su guía para superar cada uno de los retos que se me presentan en la vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Al Dr. Macedonio Alanís González**

Por ser guía en la realización del presente trabajo de investigación, muchas gracias.

### **Al Ing. Rafael Salazar Chávez y al Dr. David Ángel Alanís Dávila**

Muchas gracias por el respaldo y apoyo otorgado para que pudiera concluir el presente trabajo de investigación.

### **A las empresas y personas que participaron en el estudio**

Que sin su importante apoyo, confianza y tiempo invertido no existiría el presente trabajo de investigación.

### **Al ITESM**

Mi alma mater desde la preparatoria; a mis maestros por el conocimiento que me transmitieron; a la VITI por confiar en mí y por su apoyo, que sin él, esta tesis no se hubiera realizado.

## RESUMEN

El software no está cien por ciento libre de errores, por lo tanto la calidad de éste está puesta en duda constantemente y en la búsqueda constante por mejora la calidad del software se llevó a la creación del SEI (*Software Engineering Institute*) que en conjunto con Watts Humphrey se desarrolló el modelo CMM el cual evolución, y hoy en día el SEI ofrece el modelo CMMI para desarrollo (Modelo de Madurez de Capacidades Integrado) como un apoyo en el desarrollo de productos y servicios de software de calidad, que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales para procesos eficaces y describe las prácticas esenciales a introducir para alcanzar un desarrollo de software efectivo.

El número de estudios documentados que hacen referencia en México sobre los beneficios y/o dificultades que las empresas desarrolladoras de software obtienen conforme se van certificando en alguno de los niveles del modelo CMMI para desarrollo o modelos similares es bajo, de aquí la necesidad del presente trabajo de investigación como un apoyo para conocer cuáles son los beneficios que obtiene las empresas desarrolladoras de software del área metropolitana de la ciudad de Monterrey y conocer entre otras cosas, las similitudes y diferencias con los beneficios ya documentados en los estudios que se tomaron como referencia.

La aplicación del instrumento de investigación se realizó a catorce profesionistas de TI, que desempeñaban diferentes roles en las dieciocho empresas certificadas en CMMI que conformaron la muestra; se encontró que sí existe una diferencia en el nivel que los beneficios son obtenidos por las empresas de TI que desarrollan software versus lo que los

estudios investigados reportan. De igual forma se encontró que el modelo CMMI es un modelo joven dentro de la industria local acorde al número de años promedio que llevan las empresas usando el modelo y al promedio de años que llevan certificadas en éste.

También se encontró que en general los encuestados sí volverían a participar en un proyecto de CMMI, consideran que el modelo es adecuado para su empresa y para la industria de TI en México, reportan que CMMI sí deja un valor agregado a los proyectos de software y que ha cumplido con las expectativas que tenían de él y principalmente que sí genera una gran cantidad de beneficios a las empresas, por lo que se debe seguir apoyando a la adopción del modelo no solo en la industria local si no a nivel nacional, es un modelo de referencia, maduro y ampliamente aceptado, y una opción ideal en la búsqueda constante de la mejora continua de los procesos involucrados en el desarrollo de productos y servicios de software.



## TABLA DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA.....  | IV   |
| AGRADECIMIENTOS.....  | V    |
| RESUMEN.....  | VI   |
| TABLA DE CONTENIDO.....   | VIII |
| LISTA DE TABLAS.....  | XI   |
| LISTA DE FIGURAS.....   | XII  |
| Capítulo 1: Introducción.....   | 13   |
| 1.1    Introducción.....  | 13   |
| 1.2    Planteamiento del problema.....  | 16   |
| 1.3    Objetivo de la investigación.....  | 18   |
| 1.4    Metodología utilizada.....   | 19   |
| 1.5    Estructura del documento.....  | 19   |
| Capítulo 2: Marco teórico.....  | 21   |
| 2.1    Introducción.....  | 21   |
| 2.2    Calidad en el software.....  | 22   |
| 2.2.1    Gestión de la calidad total.....   | 22   |
| 2.2.2    Importancia de la calidad en el software.....                            | 24   |
| 2.3    Modelo de procesos.....  | 28   |
| 2.3.1    Mejora de los procesos de software.....                                  | 30   |
| 2.4    Modelos de calidad.....  | 31   |
| 2.4.1    ISO 9000, ISO 9001 e ISO 9000-3.....                                     | 32   |
| 2.4.2    ISO 15504.....   | 33   |
| 2.4.3    CMMI.....  | 34   |
| 2.5    Modelo CMMI.....   | 35   |
| 2.5.1    CMMI en la administración de la calidad del software.....                | 48   |
| 2.5.2    CMMI como modelo de mejora de procesos.....                              | 49   |
| 2.6    Estudios sobre los beneficios de los modelos CMM/CMMI en las empresas..... | 51   |
| 2.7    Conclusiones.....  | 65   |
| Capítulo 3: Metodología de Investigación.....                                     | 67   |
| 3.1    Introducción.....  | 67   |
| 3.2    Modelo particular.....   | 67   |
| 3.2.1    Variables de Investigación.....  | 68   |
| 3.2.1.1    Variables independientes.....  | 71   |

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| 3.2.1.2     | Variables dependientes .....   | 73  |
| 3.3         | Proceso de la investigación.....   | 73  |
| 3.4         | Metodología de la investigación.....   | 76  |
| 3.5         | Recolección de datos .....   | 76  |
| 3.6         | Selección de la población y la muestra.....  | 77  |
| 3.7         | Instrumento de investigación.....  | 80  |
| 3.7.1       | Diseño del instrumento.....  | 80  |
| 3.7.2       | Validación y prueba del instrumento.....   | 86  |
| Capítulo 4: | Resultados obtenidos .....   | 88  |
| 4.1         | Introducción.....  | 88  |
| 4.2         | Perfil de las empresas y de los profesionistas que participaron en el estudio.....                         | 89  |
| 4.2.1       | Tamaño de la empresa .....   | 89  |
| 4.2.2       | Giro que atiende la empresa .....  | 90  |
| 4.2.3       | Tipo de software que desarrollan las empresas .....  | 91  |
| 4.2.4       | Porcentaje de empleados que trabajan por contrato de asignación con los clientes .                         | 92  |
| 4.2.5       | Rol que desempeña.....   | 93  |
| 4.2.6       | Distribución de la muestra por tamaño de empresa.....  | 94  |
| 4.3         | El modelo CMMI en las empresas.....  | 95  |
| 4.3.1       | Nivel en el modelo CMMI.....   | 96  |
| 4.3.2       | Porcentaje de la organización que desarrolla software y está certificada en CMMI                           | 96  |
| 4.3.3       | Principales razones de la implementación del modelo CMMI en la empresa .....                               | 98  |
| 4.3.4       | Porcentaje en que los proyectos se han beneficiado con el uso de CMMI .....                                | 99  |
| 4.3.5       | ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI?.....                                     | 100 |
| 4.3.6       | Principales desventajas del modelo CMMI .....  | 101 |
| 4.3.7       | Cambios que le gustaría que se hiciera en la manera en la que se aplica el modelo CMMI en la empresa ..... | 103 |
| 4.3.8       | Aportaciones o cambios que se harían al modelo CMMI.....   | 104 |
| 4.3.9       | Opinión de los ingenieros de software sobre la aplicación del modelo CMMI.....                             | 106 |
| 4.4         | Beneficios del modelo CMMI .....   | 107 |
| 4.5         | Beneficios adicionales reportados por los encuestados .....  | 111 |
| Capítulo 5: | Análisis de resultados .....   | 113 |
| 5.1         | Introducción.....  | 113 |
| 5.2         | Análisis de los resultados.....  | 116 |
| 5.2.1       | ¿CMMI sólo para empresas medianas y grandes?.....  | 116 |

|       |   |     |
|-------|---|-----|
| 5.2.2 | El modelo CMMI es un modelo joven en las empresas .....                       | 117 |
| 5.2.3 | Años que tiene la empresa usando el modelo CMMI .....                         | 118 |
| 5.2.4 | Años que lleva la empresa certificada en CMMI .....                           | 120 |
| 5.2.5 | Años que lleva la empresa certificada en el nivel más reciente de CMMI .....  | 121 |
| 5.2.6 | Siguiente paso que tomará la empresa .....                                    | 123 |
| 5.3   | Análisis entre los beneficios documentados y los obtenidos en el estudio..... | 127 |
| 5.3.1 | Beneficios económicos .....   | 133 |
| 5.3.2 | Beneficios enfocados a los procesos.....                                      | 134 |
| 5.3.3 | Beneficios enfocados al cliente .....   | 135 |
| 5.3.4 | Beneficios enfocados a las personas.....                                      | 136 |
| 5.3.5 | Otros beneficios .....  | 137 |
| 5.4   | ¿El modelo CMMI es adecuado para la empresa?.....                             | 138 |
| 5.5   | ¿El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México?.....                | 139 |
| 5.6   | ¿El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de las empresas?..... | 140 |
| 5.7   | ¿El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas?.....                        | 141 |
|       | Conclusiones.....   | 143 |
| 6.1   | Estudios futuros .....  | 145 |
|       | Anexos.....   | 147 |
|       | Anexo I: Instrumento de Investigación.....                                    | 147 |
|       | Bibliografía.....   | 153 |
|       | VITA.....   | 157 |

## LISTA DE TABLAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabla 1 - Conceptos sobre CMMI.....   | 42  |
| Tabla 2 - Tipos de representaciones del modelo CMMI.....  | 44  |
| Tabla 3 - Niveles de Madurez del modelo CMMI.....   | 45  |
| Tabla 4 - Áreas de procesos por nivel de madurez.....   | 46  |
| Tabla 5 - Beneficios del modelo CMMI.....   | 58  |
| Tabla 6 - Costos y beneficios del modelo CMMI.....  | 61  |
| Tabla 7 - Costos y beneficios del modelo CMMI.....  | 62  |
| Tabla 8 - Beneficios obtenidos del modelo CMMI.....   | 63  |
| Tabla 9 - Resumen de beneficios por fuente consultada.....  | 64  |
| Tabla 10 - Beneficios obtenidos con los modelos CMM/CMMI por fuente consultada.....                         | 70  |
| Tabla 11 - Resumen de beneficios obtenidos con los modelos CMM/CMMI.....                                    | 71  |
| Tabla 12 - Clasificación de las variables.....  | 72  |
| Tabla 13 - Distribución de los tipos de encuestados por tamaño de empresa.....                              | 79  |
| Tabla 14 - Resumen de beneficio y pregunta relacionada.....   | 86  |
| Tabla 15 - Principales razones de la implementación del modelo CMMI en la empresa.....                      | 98  |
| Tabla 16 - ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI? – SÍ.....                      | 101 |
| Tabla 17 - ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI? – NO.....                      | 101 |
| Tabla 18 - Principales desventajas del modelo CMMI.....   | 101 |
| Tabla 19 - Cambios a considerar en la manera de aplicar el modelo CMMI en la empresa.....                   | 103 |
| Tabla 20 - Aportaciones o cambios al modelo CMMI.....   | 104 |
| Tabla 21- Opiniones positivas de los ingenieros de software sobre la aplicación de CMMI.....                | 106 |
| Tabla 22 - Opiniones negativas de los ingenieros de software sobre la aplicación de CMMI.....               | 106 |
| Tabla 23 - Opciones de respuesta y codificación usada 1.....  | 108 |
| Tabla 24 - Opciones de respuesta y codificación usada 2.....  | 108 |
| Tabla 25 - Codificación de preguntas.....   | 109 |
| Tabla 26 - Resultados de las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI 1.....                       | 110 |
| Tabla 27 - Resultados de las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI 2.....                       | 110 |
| Tabla 28 - Beneficios adicionales reportados.....   | 112 |
| Tabla 29 - Siguiendo paso a tomar: certificarse en el siguiente nivel.....                                  | 124 |
| Tabla 30 - Siguiendo paso a tomar: continuar la mejora de procesos indistintamente de una certificación ... | 125 |
| Tabla 31 - Resumen de las evidencias encontradas sobre los beneficios.....                                  | 131 |
| Tabla 32 - Evidencias sobre los beneficios económicos.....  | 133 |
| Tabla 33 - Evidencias sobre los beneficios enfocados a procesos.....  | 134 |
| Tabla 34 - Evidencias sobre los beneficios enfocados al cliente.....  | 135 |
| Tabla 35 - Evidencias sobre los beneficios enfocados a las personas.....                                    | 136 |
| Tabla 36 - Evidencias sobre otros beneficios evaluados.....   | 137 |

## LISTA DE FIGURAS

|   |     |
|---|-----|
| Figura 1 - Dimensiones críticas acorde al SEI.....  | 17  |
| Figura 2 - Atributos de Calidad.....  | 26  |
| Figura 3 - Características de calidad.....  | 27  |
| Figura 4 - Constelaciones del Modelo CMMI.....  | 38  |
| Figura 5 - Historia del modelo CMMI para desarrollo.....  | 39  |
| Figura 6 - Áreas de proceso del modelo CMMI-DEV v1.2.....   | 41  |
| Figura 7 - Estructura y relación de la representación continua del modelo CMMI v1.2.....  | 47  |
| Figura 8 - Estructura y relación de la representación por etapas del modelo CMMI v1.2.....  | 47  |
| Figura 9 - Las tres dimensiones críticas.....   | 50  |
| Figura 10 - Porcentaje de entrevistados que informaron que su organización tenía "excelente" o "buen" desempeño en cada área..... | 54  |
| Figura 11 - Modelo Particular.....  | 68  |
| Figura 12 - Industria de software en Monterrey.....   | 78  |
| Figura 13 - Tamaño de las empresas de software en Monterrey y número de empleados en éstas.....                                   | 78  |
| Figura 14 - Tamaño de la empresa en la que labora.....  | 89  |
| Figura 15 - Giro que atiende la empresa.....  | 90  |
| Figura 16 - Tipo de software que se desarrolla en la empresa.....   | 91  |
| Figura 17 - Porcentaje de empleados que se encuentra trabajando por contrato de asignación con los clientes de la empresa.....    | 92  |
| Figura 18 - Tipo de rol que desempeña en la empresa.....  | 93  |
| Figura 19 - Distribución de la muestra por tamaño de empresa.....   | 94  |
| Figura 20 - Nivel del modelo CMMI en el que se encuentra la empresa.....  | 96  |
| Figura 21 - Porcentaje de la organización que desarrolla software y está certificada en CMMI.....                                 | 97  |
| Figura 22 - Porcentaje en que los proyectos se han beneficiado con el uso de CMMI.....  | 99  |
| Figura 23 - Participar en otro proyecto de certificación en CMMI.....   | 100 |
| Figura 24 - Nivel en CMMI en que se encuentran las empresas que participaron en el estudio.....                                   | 117 |
| Figura 25 - Años que se lleva usando el modelo CMMI.....  | 118 |
| Figura 26 - Años que llevan las empresas usando CMMI por nivel en el modelo.....  | 119 |
| Figura 27 - Años que llevan las empresas certificadas en el modelo CMMI.....  | 120 |
| Figura 28 - Años que llevan las empresas certificadas en CMMI por nivel del modelo.....   | 121 |
| Figura 29 - Años que llevan las empresas certificadas en el nivel más reciente de CMMI.....                                       | 122 |
| Figura 30 - Años que llevan las empresas certificadas en el nivel más reciente del modelo CMMI por nivel del modelo.....          | 123 |
| Figura 31 - Siguiendo paso que tomarán las empresas respecto al modelo CMMI.....  | 124 |
| Figura 32 - Siguiendo paso a tomar por las empresas respecto al modelo CMMI por nivel en el modelo.....                           | 126 |
| Figura 33 - Siguiendo paso a seguir por las empresas respecto al modelo CMMI acorde a los años usando el modelo CMMI.....         | 127 |
| Figura 34 - ¿El modelo CMMI es adecuado para la empresa en la que se labora?.....   | 138 |
| Figura 35 - ¿El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México?.....  | 139 |
| Figura 36 - ¿El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de las empresas?.....   | 140 |
| Figura 37 - ¿El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas?.....  | 141 |

## Capítulo 1: Introducción

### 1.1 Introducción

El software no está 100% libre de errores y por lo tanto la calidad de éste está puesta en duda constantemente. Existen muchos casos documentados de las consecuencias que las fallas en el software o de alguno de sus componentes han causado:

En Dick, Bethel, & Kandel, (2002) se indica:

- La NASA había perdido dos sondas espaciales debido a fallas en el software, lo que le costó cientos de millones de dólares.

En Lyu (1996) se mencionan los siguientes casos:

- El problema del agujero de ozono sobre la Antártida se hubieran revisado antes por la comunidad científica si un programa de análisis de datos no hubiera suprimido la anomalía de datos porque estaba "fuera de rango".
- La máquina de terapia masiva Therac-25 había disfrutado de un perfecto registro de seguridad hasta que errores en su software de sistemas de control sofisticado hizo que la maquina funcionara mal, lo que le atribuyó la vida de varios pacientes entre 1985 y 1986.
- El 26 de octubre de 1992, el sistema del despacho asistido por computadora de los servicios de ambulancia de Londres dejó de funcionar después de su instalación, paralizando la capacidad del más grande servicio de ambulancia del mundo en aquellos años, el cual manejaba diariamente 5000 solicitudes de transporte de enfermos en situaciones de emergencia.

El uso constante de la tecnología en actividades cotidianas es cada vez mayor y se incorpora rápidamente en el día a día de las personas (leer noticias, escuchar música, comunicarnos, etc.), y en el mundo de los negocios un alto número de éstos (por no decir que virtualmente todos) usan computadoras o dispositivos tecnológicos para desempeñar sus actividades operativas diarias como pagos, control de inventarios, nómina, compras, procesos de control, etc. y/o operaciones críticas como sistemas de navegación, sistemas de emergencias, etc. (Littlewood & Strigini, 2000).

Por razones como las anteriormente descritas es que a lo largo de muchos años y en especial desde los 60's, cuando se identificó la naturaleza problemática del desarrollo de software, es decir, la calidad de éste (Gefen, Zviran, & Elman, 2006), se han venido desarrollando modelos, metodologías y herramientas para atacar y mejorar la calidad del software; en consecuencia, el control de la calidad de los sistemas de software se ha convertido en una preocupación importante (Venkataraman, 1999) y por ende muchas organizaciones ya han estado tomando o cuentan ya con una Gestión de la Calidad Total (por sus siglas en inglés: TQM) que les ayuda entre otras cosas, para mejorar la calidad del software que producen. TQM es un estilo de gestión en el que la calidad y la satisfacción del cliente son los principales objetivos (Wheeler & Duggins, 1998).

Existen muchas formas de atacar la calidad del software y la filosofía de TQM, una de ellas es a través de la mejora de los procesos (Venkataraman, 1999), el SEI (*Software Engineering Institute*), bajo el trabajo dirigido por Watts Humphrey, hizo una primera aportación a la mejora de proceso en la década de los 90's con el Modelo de Madurez de Capacidades o simplemente CMM (*Capability Maturity Model*); con base a las retroalimentaciones recibidas y bajo el concepto de mejora continua, en su última

aportación, el SEI ofrece el Modelo de Madurez de Capacidades Integrado o modelo CMMI, como una respuesta a las demandas del mercado y como una alternativa para lograr una mejora en los procesos de entrega de productos y servicios de software.

Entonces, CMMI como un apoyo en el desarrollo de productos y servicios de software de calidad, es un modelo que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales para procesos eficaces y en específico CMMI para desarrollo (por sus siglas en inglés: CMMI-DEV) describe las prácticas esenciales a introducir para alcanzar un desarrollo de software efectivo (*Software Engineering Institute, 2006*).

Siendo hoy en día una referencia internacional para la determinación de la capacidad de los procesos de desarrollo de software (Gasca, Tornés, Rojas, & López, 2008), el SEI ha comprobado que bajo una correcta implementación del modelo CMMI, las empresas certificadas han logrado obtener beneficios como: mejor calidad del software, mejor previsibilidad de presupuestos, se incrementa la productividad de la empresa, mejor habilidad para cumplir presupuestos, mejor satisfacción del cliente y se mejora el valor del negocio (por sus siglas en inglés: ROI) (*Software Engineering Institute, 2007*), respaldado también por otros estudios que presentan datos similares (Li, 2007), (Niazi, Wilson, & Zowghi, 2005).

Sin embargo, a pesar de los estudios antes mencionados, en México y en especial en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey se sabe muy poco al respecto sobre este tema, se encontraron pocos estudios que hablan sobre la mejora de procesos y en especial sobre el modelo CMMI, como son el caso de Gasca et al. (2008) y Álvarez, Muñoz, & Weitzenfeld (sin fecha). Se puede asumir que se obtendrá los mismos resultados acorde a lo que el modelo dice, pero de ser así, se tiene que corroborar hasta qué punto es cierto esto,



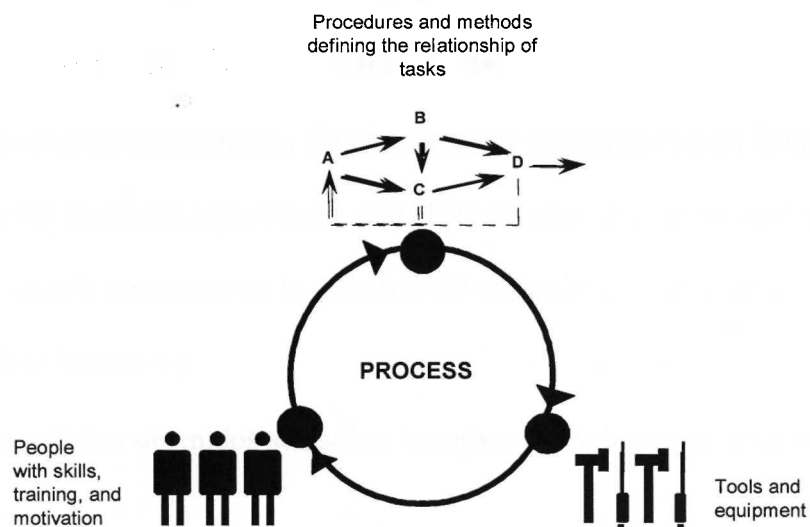
es decir, averiguar si las empresas obtienen los mismos beneficios documentados (al implementar el modelo CMMI) en estudios que se han hecho en otros países o si existe una diferencia o GAP y qué tan grande es este.

## **1.2 Planteamiento del problema**

El número de estudios documentados encontrados en México sobre los beneficios y/o dificultades que las empresas desarrolladoras de software obtienen conforme se van certificando en alguno de los niveles del modelo CMMI para desarrollo o modelos similares es bajo, si es que deciden certificarse, ya que muchas empresas desarrolladoras de software en México son pequeñas (87% y tienen entre 7 y 60 empleados) y por ende no encuentran una utilidad/beneficio y más bien ven restricciones y dificultades en implementar el modelo (Álvarez et al. sin fecha); en varios estudios se ha documentado que el modelo pudiera no estar orientado a pequeñas empresas (Herbsleb, Zubrow, Goldenson, Hayes, & Paulk, 1997), (Biberoglu & Haddad, A, 2002), (Álvarez et al. sin fecha).

Pero en el caso de que sí se certifican y/o no consideraran el mercado que cubre el modelo CMMI, no se conoce a profundidad los beneficios que obtienen las empresas (para este estudio sólo se considera la ciudad de Monterrey) con el modelo para desarrollo (por sus siglas en inglés: CMMI-DEV), se pudiera asumir que se obtendrán los resultados que el modelo especifica. Pero la realidad puede ser otra, tomando en cuenta que el modelo fue creado para un ambiente anglosajón (para empresas en Estados Unidos) y el GAP o la diferencia presente entre lo que dice el modelo que se obtiene bajo una correcta implementación del mismo (*Software Engineering Institute*, 2007) y lo que las empresas de desarrollo de software en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey están obteniendo puede ser considerable.

También se debe tomar en cuenta que, con base a las tres dimensiones críticas en que una organización puede enfocarse para mejorar su negocio, como se muestra en la Figura 1, el modelo CMMI para desarrollo se enfoca en mejorar los procesos de una organización; un enfoque en procesos proporciona la infraestructura necesaria para hacer frente a un mundo en constante cambio y para maximizar la productividad de las personas y el uso de la tecnología para ser más competitivos (*Software Engineering Institute, 2006*), por lo que en los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se esperaba que estuvieran centrados a que las empresas obtienen más beneficios en los procesos, sin embargo, pudo no ser este el caso.



*Figura 1 - Dimensiones críticas acorde al SEI (Software Engineering Institute, 2006).*

### **1.3 Objetivo de la investigación**

La intención del presente documento de investigación es dar a conocer, mediante una muestra representativa, cuáles son los beneficios que obtienen las empresas desarrolladoras de software en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey una vez que se encuentran certificadas en algún nivel del modelo CMMI para desarrollo, tomando como base el nivel dos de certificación del modelo como mínimo para formar parte del estudio.

Las preguntas de investigación que se respondieron fueron:

- ¿Cuál es el GAP o diferencia, si es que existe, entre los beneficios ya documentados que se obtienen al lograr una certificación en CMMI contra lo que las empresas tomadas como muestra han obtenido?
- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre los beneficios ya documentados y los que las empresas reportaron?, con el fin de ofrecer un panorama más certero de lo que sucede realmente en la industria del software en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey.
- ¿Los beneficios obtenidos son sobre los procesos de la empresa o en otros rubros?

#### **1.4 Metodología utilizada**

Para la obtención de los datos analizados, se diseñó un cuestionario que permitiera recabar la información necesaria para responder las preguntas de investigación anteriormente descritas.

La investigación estuvo dirigida a personal de diferentes niveles dentro de las organizaciones que cumplieran algunos de los siguientes roles: director o rol equivalente, gerente de desarrollo de software o rol equivalente, líder de proyecto de desarrollo de software, ingeniero de software o rol equivalente y que hubieran participado en proyectos de desarrollo de servicios y productos de software en donde se aplique el modelo CMMI para desarrollo; por lo que el instrumento se envió a través de correo electrónico y de manera impresa a las empresas de la muestra.

La muestra para el estudio consistió en empresas desarrolladoras de software localizadas en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey certificadas en algún nivel del modelo CMMI para desarrollo, tomando el nivel dos de certificación del modelo como mínimo para formar parte del estudio.

#### **1.5 Estructura del documento**

El presente trabajo de investigación consta de siete capítulos cuyo contenido se describe a continuación:

En el capítulo uno, correspondiente a la introducción, se hace una descripción de la situación problemática, el problema central a investigar y de la importancia de esta investigación; la estructura de la tesis y la contribución esperada.

Posteriormente en el capítulo dos, se documenta la revisión bibliográfica, se proporcionan conceptos fundamentales relacionados con esta investigación: calidad en el software y la gestión de la calidad total (por sus siglas en inglés: TQM), modelo de procesos, mejora de procesos de software, modelos de calidad, CMMI en la administración de la calidad del software, CMMI como modelo de mejora de procesos, el modelo CMMI a detalle y finalmente estudios previos (incluyendo los encontrados en México) sobre los beneficios del modelo CMM y CMMI.

En el tercer capítulo se cubre la descripción del problema y del modelo de investigación seguido en la investigación de campo, así como sus factores de estudio.

En el capítulo cuarto se exponen los resultados de la investigación divididos en las tres secciones que conformaron el instrumento de investigación y se hace un análisis general de éstos.

El análisis detallado de los resultados que generó el producto final de la tesis es presentado en el capítulo quinto.

En el sexto capítulo se dan a conocer las conclusiones de la investigación, el listado de recomendaciones y las futuras investigaciones que surgen de esta tesis.

En el último capítulo, el séptimo, se listan las referencias bibliográficas utilizadas en el presente trabajo de investigación.

## Capítulo 2: Marco teórico

### 2.1 Introducción

En este capítulo se abordará en un inicio varios temas relacionados con el modelo CMMI, con el propósito de ampliar pero sin entrar en mucho detalle en el entorno en el cual se ubica este modelo. Se hablará de calidad en el software, gestión de la calidad total (por sus siglas en inglés: TQM) desde el punto de vista del software, importancia de la calidad en el software, ¿qué es un modelo de procesos?, ¿qué es mejora de procesos (*Software Process Improvement*), y modelos de calidad?, siendo estos temas los que sostienen las bases sobre las cuales está creado y constituye la aportación del modelo CMMI a la disciplina de la ingeniería del software.

Se abordará más a detalle las características que conforman al modelo CMMI, un poco de su historia, las formas posibles de implementarlo y del cómo está constituido éste. Posteriormente se hablará específicamente de cómo es que el modelo CMMI entra en la calidad del software y como un modelo de mejora de procesos de software, para finalmente mostrar los casos documentados que fueron encontrados y que hablan sobre los beneficios que las empresas han obtenido con la implementación del modelo CMM/CMMI, incluyendo los encontrados en México; se incluye el modelo CMM debido a que es el modelo predecesor principal sobre el cual está basado y fundamentado el modelo CMMI.

## **2.2 Calidad en el software**

Hablar de calidad en el software es un tema amplio, y a continuación únicamente se abordará con un carácter introductorio; Gopal K. Kanji define de forma sencilla la calidad como el satisfacer los requerimientos del cliente de una forma continua (Soltani, 2005). Walter Edwards Deming o mejor conocido simplemente como Deming, que es uno de los más conocidos defensores de la calidad (Soltani (2005); Dale, Y.-Wu, Zairi, Williams, & Van Der Wiele (2001)) la considera como una forma de vida y su filosofía hace hincapié en la importancia de la gestión del compromiso para fijar objetivos de calidad.

La calidad en términos generales es tan importante que desde un punto de vista empresarial y resaltando la importancia que tiene la calidad en la industria de las TICS (Tecnologías de Información y Comunicaciones), John Young, presidente de Hewlett-Packard (1977-1992) cita:

“Con el fin de competir en una economía global, nuestros productos, sistemas y servicios deben ser de una calidad superior que los de nuestra competencia.

Incrementar la calidad total es nuestra prioridad número uno aquí en Hewlett-Packard.” (Soltani, 2005)

### **2.2.1 Gestión de la calidad total**

La filosofía de Deming hace hincapié en la importancia de la gestión del compromiso para fijar objetivos de calidad. En Venkataraman (1999) se mencionan los siguientes principios que defiende Deming relacionados con la calidad:

- La calidad es responsabilidad de los administradores.
- La calidad no debe verse comprometida a ningún costo.

- Los defectos, si están presente, son causados por el sistema, más que por los trabajadores.
- El proceso debe ser administrado de tal manera que la calidad forma parte del sistema.
- Los proveedores y subcontratistas deben ser elegidos sobre la base de su capacidad de ofrecer productos de calidad y no únicamente sobre la base de costo.

Una forma de atacar la calidad es aplicando una gestión de la calidad total o *Total Quality Management* (TQM), que es un estilo de gestión en el que la calidad y la satisfacción del cliente son los principales objetivos (Wheeler & Duggins, 1998). En Schermerhorn, Wright, & Wiley (2008) se define TQM como la gestión de una organización a nivel de todo compromiso con la mejora continua, la calidad del producto y las necesidades de los clientes. Ho & Fung definen TQM desglosándola en cada uno de sus elementos que la conforman (Soltani, 2005):

- **Total:** Todo aquel asociado con la compañía participa en la mejora continua (incluyendo los clientes y los proveedores de ser posible).
- **Calidad:** Se satisface completamente los requerimientos explícitos e implícitos del cliente.
- **Gestión:** Los ejecutivos están plenamente comprometidos.

Philip Crosby aporta al tema sus cuatro absolutos de la gestión para el control de la calidad total (Schermerhorn et al. 2008):

- **Calidad significa conformidad con estándares:** Los trabajadores deben conocer exactamente qué estándares deben alcanzar y seguir.



- **La calidad viene de la prevención de defectos, no de la corrección de éstos:**  
Liderazgo, entrenamiento y disciplina deben prever defectos.
- **La calidad como estándar de desempeño debe significar trabajo libre de defectos:** El único estándar de calidad aceptable es el trabajo perfecto.
- **La calidad ahorra dinero:** Hacer las cosas bien desde la primera vez ahorra los costos de corregir trabajo de poca calidad.

En Dale et al. (2001) se cita que TQM como concepto ha existido durante mucho tiempo, pero se le ha prestado poca atención por parte de los equipos de investigación en las mejores universidades. Sin embargo, la filosofía de TQM ha sido adoptado por muchas empresas a lo largo de los años para alcanzar el éxito a largo plazo enfocándose en la calidad; citando por ejemplo, que a principios de 1990 el 93% de empresas manufactureras y el 69% de las empresas de servicios habían puesto en práctica algún tipo prácticas de gestión de la calidad (Soltani, 2005).

### **2.2.2 Importancia de la calidad en el software**

Pero, ¿por qué es tan importante la calidad en el software? El uso de la tecnología en actividades cotidianas es cada vez mayor y se integra más al día a día de las personas (leer noticias, escuchar música, comunicarse, transportarse, etc.), y en el mundo de los negocios, un alto número de éstos (por no decir que virtualmente todos) usan computadoras o dispositivos tecnológicos para desempeñar sus actividades operativas diarias como pagos, control de inventarios, nómina, compras, procesos de control, etc. y/o operaciones críticas como sistemas de navegación, sistemas de emergencias, etc. (Littlewood & Strigini, 2000). Un bajo rendimiento o el fracaso de las computadoras, dispositivos tecnológicos o el software que se ejecutas en éstos pueden resultar en molestias para el cliente, la pérdida de

los mismos, o incluso la pérdida de la vida (Dick et al. (2002); Lyu (1996); Niazi et al. (2005)). El control de la calidad de los sistemas de software es, por tanto, una preocupación importante (Venkataraman, 1999).

Es posible encontrar un gran número de casos documentados, Wheeler & Duggins (1998); Venkataraman (1999); Dick et al. (2002); Lyu (1996); Niazi et al. (2005), en donde se demuestra las consecuencias económicas, tecnológicas y humanas del desarrollo de software con poca calidad. Por consiguiente, muchas organizaciones ya han estado tomando o cuentan ya con una Gestión de la Calidad Total (por sus siglas en inglés: TQM) para entre otras cosas, mejorar la calidad de los productos y servicios de software que ofrecen.

Hay muchos enfoques para trabajar bajo TQM y en general no existe una medida única para la calidad en el software y mucho menos un acuerdo general sobre la forma de cuantificar definitivamente cada una de las preocupaciones claves sobre la calidad (Osterweil, 1996).

En el área de software se habla del aseguramiento de la calidad del software (por sus siglas en inglés: SQA), que de acuerdo con el estándar de la IEEE P729, SQA se define como una forma planificada y sistemática de todas las medidas necesarias para proporcionar la confianza adecuada de que el artículo o producto se ajusta a los requisitos técnicos establecidos, es decir, SQA tiene como objetivo el asegurar que las normas, políticas y procedimientos utilizados durante el desarrollo de software son suficientes para proporcionar el nivel de confianza necesario para el proceso o producto (Wheeler & Duggins, 1998).

El manejar una correcta filosofía de TQM y especialmente en el software, lleva a que el centrarse en la calidad permite una disminución de tiempo de ciclo de desarrollo, incrementa la productividad, se logra una mayor satisfacción del cliente e incrementa el éxito de una empresa. El reto para las empresas en general es por supuesto definir qué es "centrarse en la calidad" para ellas y después, abordar sistemáticamente las cuestiones relativas a la calidad (Paulk, 1998).

De igual forma es importante tener en cuenta que el software de calidad no sólo significa software libre de *bugs*, errores, defectos o el nombre que se le quiera poner. Como se comenta en Schermerhorn et al. (2008), existen otros componentes adicionales que hacen a un software de calidad, como que éste debe cumplir con los requisitos de los usuarios, deben ser fáciles de utilizar, de mantener, debe tener un alto rendimiento, etc. (Stein, 2006). Microsoft llama a estos componentes como atributos de calidad (Meie et al. 2008), el listado completo de dichos atributos se muestra en la Figura 2.

|                       |               |
|-----------------------|---------------|
| Disponibilidad        | Reusabilidad  |
| Integridad Conceptual | Fiabilidad    |
| Flexibilidad          | Escalabilidad |
| Interoperabilidad     | Seguridad     |
| Mantenibilidad        | Soportable    |
| Gestionabilidad       | Testeable     |
| Desempeño             | Usabilidad    |

Figura 2 - Atributos de Calidad, adaptado de Meie et al. (2008).

De forma similar, el estándar ISO 9126 clasifica estos atributos de calidad, a los que llama características de calidad, en seis grupos, que posteriormente se subdividen en más sub características, como se observa en la Figura 3.

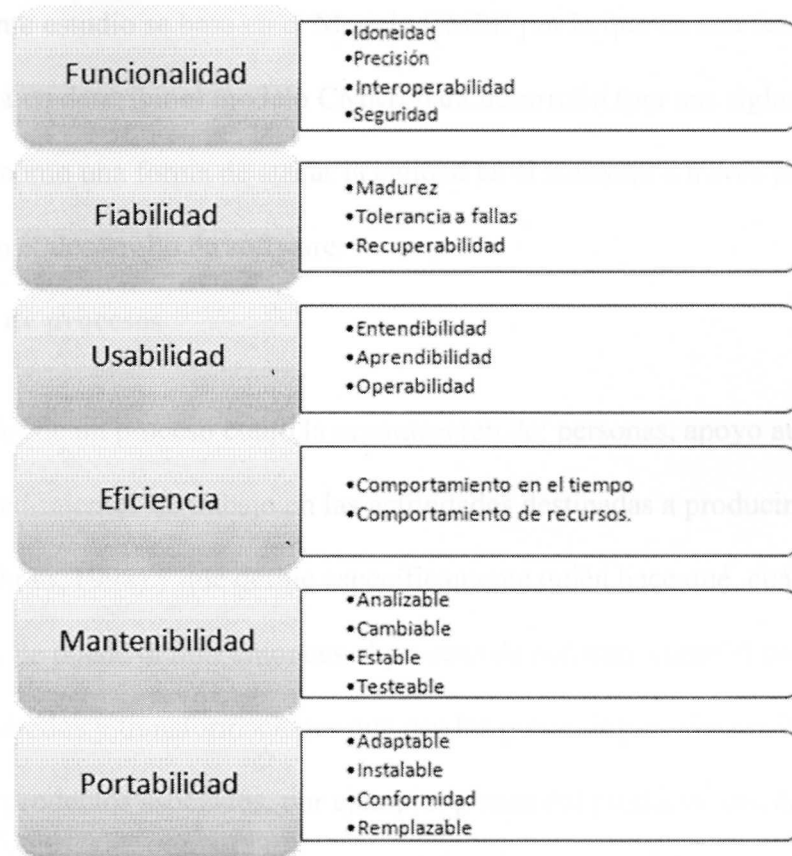


Figura 3 - Características de calidad, adaptado de Kitchenham & Pfleeger (1996).

Finalmente, es importante mencionar que existen muchas formas de atacar la calidad en el software (Venkataraman, 1999) :

- A través de una mejor calidad de evaluación.
- A través de una mejor medición (métricas).
- A través de mejores procesos:
  - Estándar ISO 9000

- Modelo CMM/CMMI.
- El modelo *Personal Software Process* o mejor conocido como PSP.
- A través de mejores herramientas (Herramientas CASE).

El presente estudio se basa en el Modelo CMMI por lo que en una sección posterior se profundizará en describir el modelo CMMI para desarrollo (por sus siglas en inglés: CMMI-DEV) como una forma de atacar la calidad en el software a través de la mejora de los procesos en el desarrollo de software.

### **2.3 Modelo de procesos**

El SEI define un proceso como la organización de: personas, apoyo automatizado, normas y procedimientos de trabajo en las actividades destinadas a producir un resultado específico (Zahran, 1998) y que define específicamente quién hace qué, cuándo y cómo (Fayad, 1997). Se puede definir entonces al proceso de software como el conjunto de actividades, métodos y transformaciones que usa las personas para desarrollar y mantener software y los productos asociados, por ejemplo: planes del producto, diseño de documentos, código, casos de prueba y manuales de usuario (Zahran, 1998). En Stein (2006) podemos encontrar que Sommerville define sencillamente el proceso de software como un conjunto de actividades que lleva a la producción de un producto de software, y finalmente el mismo SEI lo define como una colección estructurada de las prácticas que describen las características del proceso eficaz y se incluyen las prácticas que con base a la experiencia han demostrado ser eficaces (*Software Engineering Institute, 2007*).

Acorde con el SEI (*Software Engineering Institute, 2007*), un modelo de procesos es usado:

- Para ayudar a establecer objetivos de mejora de procesos y sus prioridades.
- Para ayudar a asegurar procesos estables, capaces y maduros.
- Como guía para la mejora de los proyectos y procesos de una organización.
- Como un método de evaluación para diagnosticar el estado actual de las prácticas de una organización.

Un modelo de procesos debe proveer (*Software Engineering Institute, 2007*):

- Un lugar para iniciar la mejora.
- El beneficio de experiencias previas de la comunidad.
- Un lenguaje común y una visión compartida.
- Un marco de trabajo para priorizar acciones.
- Una forma de definir qué significa mejorar para una organización.

También en Stein (2006) se cita que acorde a Sommerville, existen cuatro fases principales o genéricas que se encuentran en la mayoría de los procesos de software: especificación de software, diseño e implementación de software, validación del software, y la evolución del software.

El modelo CMMI es un modelo de proceso (que está dividido en áreas de procesos) que ataca los procesos en el desarrollo de productos y servicios de software, incluye todas las características mencionadas por el SEI y ataca bajo diferentes áreas de proceso las cuatro fases que menciona Sommerville.

### 2.3.1 Mejora de los procesos de software

Seguir un enfoque a procesos es complicado de adoptar y aun más, de seguir, una de las excusas documentadas es que los procesos son vistos como burocracia extrema y sólo sirven para hacer a los proyectos menos eficientes (Fayad, 1997). Sin embargo, el adoptar y seguir correctamente un enfoque a procesos en el desarrollo de software tiene un fuerte impacto en la calidad que éste tendrá al final. Acorde a Zahran (1998), la necesidad de enfocarse en los procesos de software, y la mejora de éstos, está basada en las siguientes premisas:

- El proceso de producción y evolución de los productos de software puede ser definido, gestionado, medido y mejorado progresivamente si se sigue un enfoque a procesos.
- La calidad de un producto de software está en gran medida gobernada por la calidad del proceso utilizado para crearlo y mantenerlo.
- Si no se trabaja en los procesos habrá poco o ningún progreso en la mejora del software.

Un punto principal detrás de la mejora de procesos, es que no sólo es para mejorar el proceso una única vez, sino que continuamente se debe mejorarlo y optimizarlo (Stein, 2006), es un ciclo que se repite n cantidad de veces mientras el procesos siga siendo vigente o válido.

Una forma de llevar una mejora de proceso es utilizando el ciclo de Deming, el cual consta de cuatro fases, la primera fase consiste en planificar lo que debe ser mejorado, en la segunda fase, una serie de acciones son tomadas para realizar la mejora, en la tercera fase la mejora se evalúa, en la cuarta y última fase, se toman acciones basándose en los resultados

obtenidos en la fase anterior. El ciclo de Deming sigue entonces una forma muy natural para mejorar la forma en que un proceso está funcionando (Stein, 2006).

Otra alternativa es usar el modelo CMMI, sin embargo, se dejará la descripción para un apartado posterior, únicamente se hace la referencia en este momento a que el modelo CMMI es una forma que permite la mejora de procesos de software.

## **2.4 Modelos de calidad**

Actualmente existen varios modelos (CMM/CMMI, ISO 9001, ISO 15504 también conocido como SPICE, etc.) orientados a medir calidad del software a través de la evaluación del proceso de producción del producto (el software o servicio de software) y no del producto en sí, este cambio se dio a finales de 1980 y a la fecha es la base de los diferentes modelos de calidad (Stein, 2006). Esta evaluación (*Assessment*) de los procesos permite medir la madurez del proceso utilizado y son los mismos modelos de calidad los que definen los puntos que debe cumplir un proceso para aprobar esa evaluación (CMMI se basa en los objetivos y prácticas genéricas y específicas que establece), ya que en este sentido, es importante evaluar cómo el proceso se aplica en la práctica por los trabajadores y no cómo se entiende al trabajar (Stein, 2006).

En la siguiente sección se describen tres de los modelos de calidad que se pueden encontrar en el mercado, no se describe el modelo CMMI a detalle ya que se profundizará sobre él en una sección posterior.



### 2.4.1 ISO 9000, ISO 9001 e ISO 9000-3

La norma ISO 9001 (un estándar perteneciente a la serie ISO 9000) es una norma internacional que especifica un sistema de calidad para el desarrollo de software y su mantenimiento. Dentro de ésta se encuentra el ISO 9000-3 que es la parte del ISO 9001 enfocada al desarrollo, provisión y mantenimiento de software, se divide en tres grupos cada uno con sus propias actividades (Alvarado, 2004):

- **Requerimientos generales de la compañía y administración:** Involucra las actividades de responsabilidad de la gerencia, sistema de calidad, auditoría de sistemas de calidad interno y acción correctiva.
- **Requerimientos de actividades de soporte:** Involucra la administración de la configuración, control de documento, registros de calidad, métricas, reglas, prácticas y convenciones, herramientas y técnicas, compras, producto de software incluido y capacitación.
- **Requerimientos de proyectos y fase de mantenimiento:** Involucra las actividades denominadas como: General, revisión de contrato, especificación de requerimientos de compra, planeación del desarrollo, planeación de la calidad, diseño e implementación, validación y pruebas, aceptación; replicación, entrega e instalación así como mantenimiento.

Dos de las diferencias entre el modelo CMMI e ISO 9001, es que éste último especifica un mínimo nivel de calidad aceptable para los procesos de software, mientras que CMMI establece un marco más rígido para medir el proceso de mejora continua y es más explícito en la definición de los medios para ese fin (Kay, 2005), y que al usar ISO

9001 en una empresa se tiene más libertad de elegir las áreas de procesos a las que se quiere enfocar, pudiendo llevar a una compañía a olvidar importantes áreas de procesos (Stein, 2006), lo cual no puede pasar bajo el modelo CMMI.

Pero también hay similitudes y éstas va más allá del estándar ISO 9001, más específicamente va con el ISO 9000-3, ya que consiste en una serie de directrices para la aplicación del ISO 9001 incluyendo el desarrollo, suministro y mantenimiento de sistemas de software (Biberoglu & Haddad, 2002), es decir, es la que al final ayuda a generar software de calidad y como se menciona en Alvarado (2004), algunos elementos de los grupos del ISO 9000-3 son similares a las áreas de procesos del modelo CMMI, además de que la certificación en ISO 9000-3 es equivalente al nivel 3 del modelo CMM/CMMI.

#### **2.4.2 ISO 15504**

En conjunto la ISO/IEC JTC SC7 desarrolló la norma ISO 15504 o mejor conocida como Determinación de la Capacidad de Mejora del Proceso de Software (por sus siglas en inglés: SPICE) como un estándar internacional para el proceso de evaluación de software.

La norma ISO 15504 complementa al modelo CMM, al sistema de calidad de administración de las actividades de la norma ISO 9000 y de las capacidades de otros modelos (Biberoglu & Haddad, 2002). Tiene diversos alcances, se aplica tanto a nivel directivo como a nivel de usuarios para asegurar que el proceso se encuentra alineado con las necesidades del negocio (Alvarado, 2004).

En términos generales, la ISO 15504, que también se enfoca en alcanzar un mejor software de calidad (Niazi et al. 2005), consta de cinco categorías de procesos paralelos que modelan los procesos de software, las categorías son: cliente-proveedor, ingeniería, proyecto, apoyo y organización. Los procesos definidos para los niveles de capacidades se

evalúan individualmente con el fin de determinar las fortalezas, debilidades y los riesgos de practicar el proceso en la organización. Por lo tanto, si la evaluación de la determinación de la capacidad de los procesos es satisfactoria para la organización, cualquier proceso se puede practicar en cualquier nivel (Biberoglu & Haddad, 2002).

### **2.4.3 CMMI**

El moldeo CMMI se enfoca en mejorar los procesos de una organización; un enfoque a procesos proporciona la infraestructura necesaria para hacer frente a un mundo en constante cambio y para maximizar la productividad de las personas y el uso de la tecnología para ser más competitivos (*Software Engineering Institute*, 2006). Fue creado por el *Software Engineering Institute* (SEI), bajo la dirección de Watts Humphrey, siendo la versión 1.2 liberada en el 2006 (CMMI v1.2) la más reciente hasta el momento del modelo.

El modelo puede ser aplicado bajo tres perspectivas: CMMI para desarrollo (por sus siglas en inglés: CMMI-DEV) enfocado en el proceso de desarrollo de software, CMMI para servicios (por sus siglas en inglés: CMMI-SVC) enfocado en la entrega de servicios dentro de organizaciones y con clientes externos y CMMI para adquisiciones (por sus siglas en inglés: CMMI-ACQ) enfocado en las adquisiciones.

El presente trabajo de investigación se enfoca en CMMI para desarrollo, el cual puede ser implementado de dos formas: continua o por niveles; a su vez la representación por niveles se descompone en cinco niveles de madurez: inicial, repetible, definido, administrado y optimizado; esta representación permite que una empresa se centre en áreas de procesos específicas que le permite alcanzar un cierto nivel de madurez en el desarrollo y entrega de productos y servicios de software, de forma similar ocurre con la

representación continua. En la siguiente sección se describe con mayor detalle el modelo CMMI para desarrollo.

## 2.5 Modelo CMMI

En 1986 el Departamento de Defensa de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés: DoD) crea el SEI (*Software Engineering Institute*) en la Universidad *Carnegie Mellon*, quienes a su vez piden a Watts Humphrey la creación de una herramienta que permitiera evaluar a los contratistas de desarrollo de software que tenía la DoD en ese momento, con el fin de que éstos entregaran software de mejor calidad a dicho organismo. Nace entonces el Modelo de Madurez de Capacidades (por sus siglas en inglés: CMM), el cual se puso al dominio público en 1990 y rápidamente fue aceptado y se convirtió en uno de los principales marcos de referencia para la creación de software de calidad. Esta popularidad se esparció a otras disciplinas, la ingeniería de software, integración de desarrollo de productos y la adquisición de software tomaron el modelo CMM e hicieron cambios para que se adecuara más a sus disciplina, sin embargo, estos cambios provocaron superposiciones, inconsistencias y problemas de integración con otros modelos (Royce, 2002). Esto llevo al SEI por un lado a crear un modelo integrador que unificara tres modelos existentes hasta entonces: CMM para Software V2.0 (Draft C), EIA-731 *Systems Engineering*, y IPD CMM (IPD) V0.98a (*Software Engineering Institute*, 2006).

Por otro lado, hoy en día en un ambiente altamente competitivo y demandante (Soltani, 2005), las empresas buscan entregar productos o servicios de mejor calidad, en menor tiempo y con el menor costo posible (*Software Engineering Institute*, 2007), esto ha creado ambientes tecnológicos donde se ha incrementado la complejidad del desarrollo de productos y servicios, la subcontratación y adquisición interna de software y servicios es

más recurrente entre las mismas empresas que crean productos y servicios finales y muchas veces localizadas en otras regiones/países y con otros esquemas de trabajo. Esto dificulta y vuelve más lenta la creación, integración, administración y entrega de los productos y servicios al cliente final, que repercute en la calidad del producto final entregado, esta problemática hace necesario el contar con una administración de enfoque integrado de los activos de la empresa para cumplir más eficazmente con los objetivos del negocio (*Software Engineering Institute, 2007*).

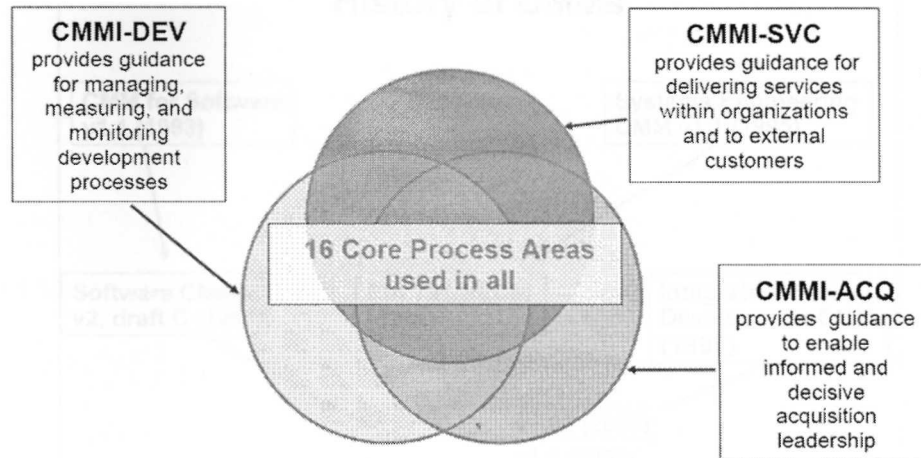
Debido a estos factores, nace el Modelo de Madurez de Capacidades Integrado (por sus siglas en inglés: CMMI), que asegura ayudar a evitar o eliminar dichos impedimentos y barreras mediante modelos integrados, también llamadas constelaciones, que trascienden las disciplinas. CMMI para desarrollo, que es el modelo usado como referencia en la presente investigación, es una de las constelaciones existentes, se compone de las mejores prácticas en el desarrollo y actividades de mantenimiento aplicados a productos y servicios de software. Abarca prácticas que cubren el ciclo de vida de un producto, desde su concepción y a través de la entrega y mantenimiento y hace énfasis en el trabajo necesario para construir y mantener el total del producto (*Software Engineering Institute, 2007*) y es usado como guía en la mejora de procesos a través de proyectos, en una división dentro de una empresa o en una organización completa.

Es importante mencionar que el modelo CMMI como tal, sin hacer referencia a ninguna de sus constelaciones, es una forma de administrar el software, no desarrollarlo, entendiendo por administrar software el tomar decisiones de negocio como: estimaciones, planeación, control y seguimiento, ejecución; mientras que desarrollo tiene que ver con actividades del detalle del producto como: diseño, codificación, desarrollo, pruebas y

entregables finales (Hillel, 2003), lo que puede ser atacado con PSP/TSP; tampoco es un proceso per se, es un modelo que describe las características de procesos efectivos (*Software Engineering Institute, 2007*).

Como ya se comentó, el modelo CMMI como un todo es una colección completa de modelos, material de entrenamiento y métodos de evaluación formales (SCAMPI) y se dividió en “constelaciones” como una respuesta a las dificultades del modelo CMM (Royce, 2002), permitiendo que el modelo fuera aplicable a varias disciplinas. Cada constelación es en sí una colección completa de componentes CMMI pero instanciada para una disciplina en particular, actualmente el SEI ofrece bajo el modelo CMMI tres constelaciones, como se muestra en la Figura 4, las cuales son:

- **CMMI para desarrollo (CMMI-DEV):** Proporciona orientación para administrar, medir y monitorear un proceso de desarrollo de software.
- **CMMI para servicios (CMMI-SVC):** Proporciona orientación para la entrega de servicios dentro de organizaciones y con clientes externos.
- **CMMI para adquisiciones (CMMI-ACQ):** Proporciona orientación para habilitar un liderazgo bien informado y decisivo en las adquisiciones.



*Figura 4 - Constelaciones del Modelo CMMI (Software Engineering Institute, 2007).*

Profundizando en la constelación CMMI para desarrollo, ésta surge de la combinación de tres modelos fuente:

- *The Capability Maturity Model for Software (SW-CMM) v2.0 draft C (1997)*
- *The Systems Engineering Capability Model EIA-731 SECM (1998)*
- *The Integrated Product Development Capability Maturity Model (IPD-CMM) v0.98 (1997)*

Estos tres modelos han sido retirados por el SEI, quedando únicamente como vigente y válido hoy en día el modelo CMMI para desarrollo. La historia completa de esta constelación no viene sólo de los tres modelos antes mencionados, sino de otros más, como se muestra en la Figura 5.

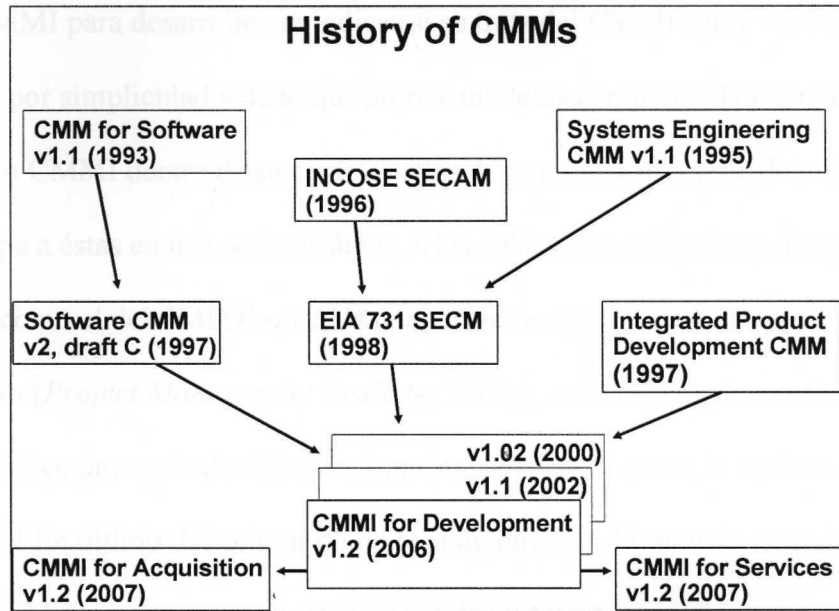


Figura 5 - Historia del modelo CMMI para desarrollo (*Software Engineering Institute, 2006*).

El modelo CMMI es un marco de referencia que trasciende varias disciplinas y CMMI para desarrollo abarca prácticas que cubren el ciclo de vida de un producto, desde su concepción y a través de la entrega y mantenimiento (*Software Engineering Institute, 2007*).

CMMI para desarrollo también abarca el desarrollo de servicios, que es diferente de CMMI para servicios (por sus siglas en inglés: CMMI-SVC), la cual se enfoca únicamente en la entrega de servicios, por lo tanto CMMI para desarrollo cubre tanto el desarrollo como el mantenimiento de actividades aplicables tanto a productos como a servicios de software (*Software Engineering Institute, 2006*).

A manera informativa, la constelación de CMMI para desarrollo, consta de dos modelos: CMMI-DEV+IPPD y CMMI-DEV (sin IPPD), ambos modelos comparten la misma base de CMMI para desarrollo, sin embargo, CMMI-DEV +IPPD contiene objetivos y prácticas específicas para IPPD, en secciones posteriores del documento se hará



referencia a CMMI para desarrollo sin indicar si se trata del CMMI-DEV +IPPD o CMMI-DEV sin IPPD por simplicidad y dado que ambos modelos comparten la misma esencia.

El modelo CMMI dentro de su característica de conjuntar una serie de mejores prácticas, agrupa a éstas en una serie de áreas, a las cuales denomina áreas de procesos (en otros modelos como el del PMI (*Project Management Institute*) se les conoce como áreas de conocimiento (*Project Management Institute, 2004*)), cada área implementa de forma colectiva y satisface una serie de objetivos importantes para el área a la cual hacen referencia con el fin último de mejorar dicha área de proceso. El modelo CMMI para desarrollo tiene 22 áreas de procesos divididas en los diferentes niveles de madurez o de capacidades, dependiendo de la representación que se seleccione, los cuales se explicarán más adelante, el listado completo de áreas de procesos sin hacer referencia al nivel al que aplican se muestra en la Figura 6.

|  |  |
|--|--|
| Causal Analysis and Resolution (CAR)               | Configuration Management (CM)                  |
| Decision Analysis and Resolution (DAR)             | Integrated Project Management +IPPD (IPM+IPPD) |
| Measurement and Analysis (MA)                      | Organizational Innovation and Deployment (OID) |
| Organizational Process Definition +IPPD (OPD+IPPD) | Organizational Process Focus (OPF)             |
| Organizational Process Performance (OPP)           | Organizational Training (OT)                   |
| Product Integration (PI)                           | Project Monitoring and Control (PMC)           |
| Project Planning (PP)                              | Process and Product Quality Assurance (PPQA)   |
| Quantitative Project Management (QPM)              | Requirements Development (RD)                  |
| Requirements Management (REQM)                     | Risk Management (RSKM)                         |
| Supplier Agreement Management (SAM)                | Technical Solution (TS)                        |
| Validation (VAL)                                   | Verification (VER)                             |

*Figura 6 - Áreas de proceso del modelo CMMI-DEV v1.2, adaptado de Software Engineering Institute (2006).*

Otros conceptos que son importantes de definir y que constituyen la esencia de cómo está estructurado y de cómo funciona el modelo CMMI, son los objetivos genéricos y específicos, así como las prácticas genéricas y específicas y las sub prácticas y los productos de trabajo. La descripción de cada uno se tomó acorde a la documentación técnica del modelo CMMI v1.2 (*Software Engineering Institute, 2006*) y se describen en la Tabla 1.

**Tabla 1 - Conceptos sobre CMMI, adaptado de *Software Engineering Institute* (2006)**

| <b>Concepto</b>              | <b>Definición</b>   |
|------------------------------|---|
| Objetivos Genéricos          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Un objetivo genérico describe las características que deben estar presentes para institucionalizar los procesos que aplican en un área de proceso.</li> <li>• Un objetivo genérico es un componente del modelo que es requerido y se utiliza en la evaluación para determinar si un área de proceso está satisfecha.</li> <li>• Son llamados genéricos, porque el mismo objetivo se aplica a múltiples áreas de procesos.</li> </ul>   |
| Objetivos Específicos        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Describe las características que deben estar presentes para satisfacer un área de proceso en particular, es decir, sólo aplican para un área de proceso.</li> <li>• Es un objetivo en concreto, y es un componente del modelo que se utiliza en la evaluación para ayudar a determinar si un área de proceso está satisfecha.</li> </ul>   |
| Prácticas Genéricas          | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de los objetivos genéricos asociados, es decir, los objetivos genéricos tienen a su vez un conjunto de prácticas genéricas a seguir para lograr dicho objetivo.</li> <li>• Una práctica genérica es un componente del modelo esperado.</li> <li>• Se determina que es genérica porque la misma práctica se aplica a múltiples áreas de procesos.</li> </ul> |
| Prácticas Específicas        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es la descripción de una actividad que se considera importante en el logro de la meta específica asociada, es decir, los objetivos específicos constan de uno o más prácticas específicas que ayudan a lograr dicho objetivo que pertenece a un área de proceso.</li> <li>• Una práctica específica es un componente del modelo esperado.</li> </ul>   |
| Sub prácticas                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es una descripción detallada que proporciona orientación para la interpretación y aplicación de una práctica específica o genérica.</li> <li>• Pueden estar redactadas como si fueran descriptivas, pero en realidad son un componente informativo cuyo objetivo único es aportar ideas que puedan ser útiles para la mejora de procesos.</li> </ul>   |
| Productos de trabajo típicos | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lista las salidas típicas de una práctica específica. Estos ejemplos son llamados típicos productos de trabajo porque a menudo hay otros productos de trabajo que son igual de eficaces pero no se incluyen.</li> </ul>  |

Todos y cada uno de los puntos anteriormente definidos es lo complicado de plasmar y aterrizar, es lo que en muchas ocasiones, si no es que en todas, las implementaciones del modelo provoca largas jornadas de trabajo ya que cada empresa y cada persona involucrada puede tener ideas y métodos distintos de cómo aplicar cada concepto o en el equipo se sabe que es lo que hay que mejorar pero no el cómo, y una vez que se pilotea las áreas de procesos surgen las dudas y es cuando se cuestiona si realmente se está cumpliendo con todas y cada una de las metas y/o objetivos que estipula el modelo con los diferentes productos de trabajo creados, de tal forma que al final en la evaluación de certificación se cumpla con lo que el modelo especifica. Es aquí donde entra la creatividad y el talento por parte de las empresas y del personal involucrado para poder cumplir con lo anterior y que quede plasmado en algún lado (producto de trabajo) para que al final se cumpla y sea llevado a cabo por las personas de la mejor forma posible, sin que sea visto como un impedimento o elemento burocrático sino como una ayuda para poder realizar mejor sus actividades diarias.

Como ya se mencionó, el modelo CMMI permite llevar la mejora de procesos bajo dos posibles representaciones o enfoques para acoplarse a las necesidades generales de las organizaciones, áreas o departamentos, así como del conocimiento y experiencia previa en modelos de procesos como CMM, como se muestra en la Tabla 2.

**Tabla 2 - Tipos de representaciones del modelo CMMI, adaptado de *Software Engineering Institute* (2006)**

| <b>Representación</b> | <b>Característica</b>   |
|-----------------------|---|
| Continua              | <ul style="list-style-type: none"><li>• Posibilita a una organización, área o departamento seleccionar las áreas de procesos o grupos de áreas de procesos anteriormente mencionadas y mejorar los procesos relacionadas a éstas; se sigue entonces una representación de niveles de capacidades.</li><li>• Esta representación es más flexible ya que permite mejorar diferentes procesos a diferente nivel.</li></ul>   |
| Por etapas            | <ul style="list-style-type: none"><li>• Usa un conjunto de áreas de proceso predefinidos con el fin de definir un camino de mejora formal para la organización, área o departamento; se sigue entonces la representación de niveles de madurez, donde cada nivel de madurez provee un conjunto de áreas de procesos específicas.</li><li>• Esta representación es más rígida-formal ya que cada etapa se lleva de forma secuencial ordenada y una a la vez, donde el logro de cada nivel de madurez garantiza que se ha alcanzado un adecuado nivel de cimentación o madurez valga la redundancia para poder avanzar al siguiente nivel superior.</li></ul> |

La pregunta obligada que sigue es, ¿cuál de las dos se debe seleccionar o elegir?, una respuesta rápida sería, si la organización, área o departamento no se encuentra familiarizado con ninguno de las dos representaciones, es posible seleccionar cualquiera de las dos; pero, si ya se tiene conocimiento y experiencia previa en alguna de las dos representaciones, o ya se tiene experiencia previa en usar alguna de las dos representaciones bajo el modelo CMM, lo más recomendable es seguir utilizando dicha representación. Sin embargo un método más formal consideraría el tomar en cuenta factores de negocio, culturales y legales antes de decidir qué representación es la más adecuada para ser aplicada (*Software Engineering Institute*, 2006).

Como se mencionaba anteriormente, el modelo CMMI para desarrollo contiene 22 áreas de procesos que dependiendo de la representación seleccionada es la forma en cómo se agrupan todas y cada una de dichas áreas, para fines de entendimiento del modelo en la

Tabla 3 se describirá únicamente las características que distinguen la representación de etapas de madurez (niveles de madurez) y en la Tabla 4 el conjunto de áreas de procesos que conforman cada uno de los niveles.

| <b>Tabla 3 - Niveles de Madurez del modelo CMMI, adaptado de Gefen et al (2006)</b> |  |
|---|--|
| <b>Nivel</b>  | <b>Características</b>   |
| 1 - Inicial   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se logra una predictibilidad rudimentaria en calendario y costos.</li> <li>• No es posible establecer un control de procesos ni una mejora de procesos.</li> <li>• Incapacidad para repetir los éxitos.</li> </ul>  |
| 2 - Repetible   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se lleva una rigurosa administración de costos, calendario, compromisos, cambios y metas.</li> <li>• Los productos y servicios satisfacen la descripción de sus procesos específicos, estándares y procedimientos.</li> </ul>   |
| 3 - Definido  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se siguen procesos de documentación y estandarización.</li> <li>• Estándares adoptados para cada proceso.</li> <li>• La tecnología puede ser introducida beneficiosamente.</li> </ul>   |
| 4 - Administrado  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesos entendidos, medidos y controlados.</li> <li>• Existe un comprensivo proceso de mediciones y análisis.</li> <li>• El desempeño de los procesos se controla mediante estadística y otras técnicas cuantitativas, y es cuantitativamente predecible.</li> </ul> |
| 5 - Optimizado  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Se centra en la mejora rápida y la rápida actualización de la tecnología.</li> <li>• También se centra en la mejora continua del desempeño de los procesos a través de procesos incrementales e innovadores y mejoras tecnológicas.</li> </ul>                        |

**Tabla 4 - Áreas de procesos por nivel de madurez, adaptado de *Software Engineering Institute (2006)***

| Nivel            | Áreas de procesos   |
|------------------|---|
| 2 - Repetible    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Requirements Management (REQM)</i></li> <li>• <i>Project Planning (PP)</i></li> <li>• <i>Project Monitoring and Control (PMC)</i></li> <li>• <i>Supplier Agreement Management (SAM)</i></li> <li>• <i>Measurement and Analysis (MA)</i></li> <li>• <i>Process and Product Quality Assurance (PPQA)</i></li> <li>• <i>Configuration Management (CM)</i></li> </ul>   |
| 3 - Definido     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Requirements Development (RD)</i></li> <li>• <i>Technical Solution (TS)</i></li> <li>• <i>Product Integration (PI)</i></li> <li>• <i>Verification (VER)</i></li> <li>• <i>Validation (VAL)</i></li> <li>• <i>Organizational Process Focus (OPF)</i></li> <li>• <i>Organizational Process Definition + IPPD (OPD + IPPD)</i></li> <li>• <i>Organizational Training (OT)</i></li> <li>• <i>Integrated Project Management + IPPD (IPM + IPPD)</i></li> <li>• <i>Risk Management (RSKM)</i></li> <li>• <i>Decision Analysis and Resolution (DAR)</i></li> </ul> |
| 4 - Administrado | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Organizational Process Performance (OPP)</i></li> <li>• <i>Quantitative Project Management (QPM)</i></li> </ul>   |
| 5 - Optimizado   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Organizational Innovation and Deployment (OID)</i></li> <li>• <i>Causal Analysis and Resolution (CAR)</i></li> </ul>  |

Uniando todos los conceptos anteriores, la estructura del modelo CMMI se resume en la Figura 7 y Figura 8, donde se muestra la manera en cómo encaja las áreas de procesos, los niveles de madurez o niveles de capacidad (dependiendo de la representación seleccionada), los objetivos y prácticas específicas y genéricas.

La descripción detallada de cuáles son los objetivos y prácticas (genéricas y específicas) y los productos de trabajo típicos, y cuales corresponden a cada nivel están descritas muy detalladamente en la documentación técnica del modelo, aquí se presenta únicamente la estructura y los conceptos necesarios para tener un panorama general de los elementos que conforman el modelo y de cómo funciona de forma global.

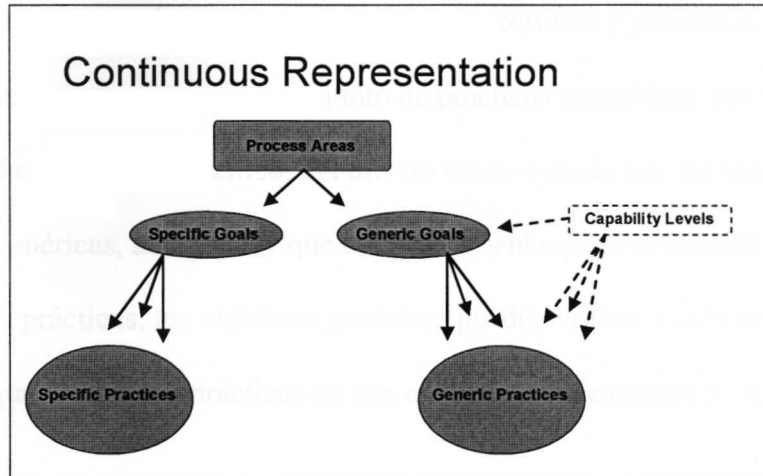


Figura 7 - Estructura y relación de la representación continua del modelo CMMI (*Software Engineering Institute, 2006*).

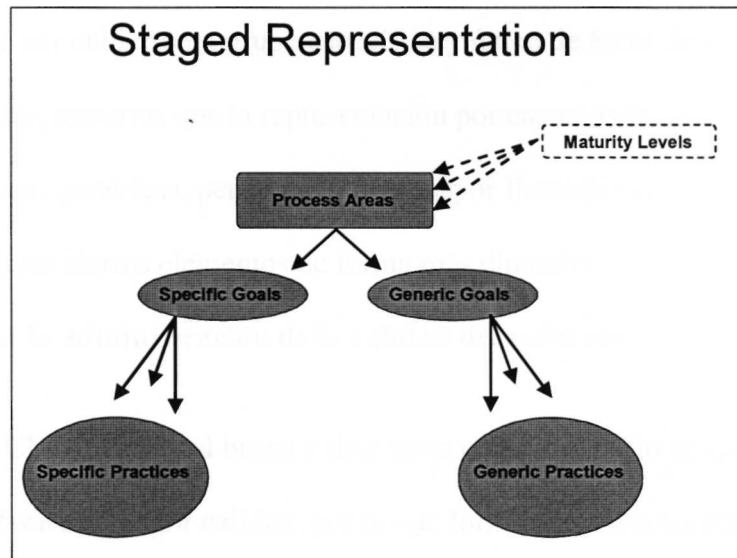


Figura 8 - Estructura y relación de la representación por etapas del modelo CMMI (*Software Engineering Institute, 2006*).



Un área de procesos abarca ciertos objetivos específicos y genéricos, a su vez, los objetivos específicos cuentan con un conjunto de prácticas específicas que permiten cumplir con dicho objetivo específico, del mismo modo sucede con los objetivos genéricos y sus prácticas genéricas, aunque hay que tomar en cuenta que a diferencia de los objetivos específicos y sus prácticas, los objetivos genéricos pueden aplicar a más de un área de proceso por lo que éstas y sus prácticas no son exclusivas únicamente de dicha área de proceso.

Tanto en la Figura 7 como en la 8 se muestra la diferencia entre las representaciones del modelo, tal y como se mencionó en las definiciones ya citadas, la representación por niveles requiere tener cubierto un grupo específico y único de áreas de procesos para lograr el nivel de madurez, mientras que la representación por capacidades se enfoca en los objetivos y prácticas genéricas, permitiendo una mayor flexibilidad a las empresas al enfocarse en mejorar ciertos elementos de forma más dinámica.

### **2.5.1 CMMI en la administración de la calidad del software**

El modelo CMMI como tal busca y dice tener como beneficio el ayudar a obtener productos de software de mejor calidad, por lo que forma parte una tendencia general hacia la gestión de la calidad en el desarrollo del software (Gefen et al. 2006).

El control de la calidad es necesario ya que la construcción o mantenimiento de un sistema de software es un esfuerzo costoso. Una parte de este costo se debe a la forma en que el proceso de desarrollo de software se administra ya sea correcta o incorrectamente, lo que termina repercutiendo en su costo de desarrollo y en satisfacer los objetivos para los cuales fue construido (Gefen et al. 2006). Por otro lado, se tiene la premisa de que “la calidad de un sistema está altamente influenciado por la calidad del proceso utilizado para

adquirirlo, desarrollarlo y mantenerlo” (*Software Engineering Institute, 2007*), lo que permite clarificar la aportación que hace el modelo CMMI en apoyo a la administración de la calidad del software y más específicamente de los procesos, punto central en el cual se centra el modelo CMMI.

Una correcta administración de los procesos que intervienen en el desarrollo de un producto ayuda a que éste cumpla con los estándares de calidad definidos por la empresa e inherentemente a entregar productos en tiempo, en costo y con las especificaciones que fueron requeridas, logrando por ende mejorar la satisfacción del cliente y entregar software de calidad.

### **2.5.2 CMMI como modelo de mejora de procesos**

La calidad en los procesos es fundamental (*Software Engineering Institute, 2007*) y el modelo CMM puede ser una herramienta muy útil en la mejora de los procesos debido a que históricamente ha sido una aplicación de sentido común de la gestión de la calidad total (por sus siglas en inglés: TQM) (Paulk, 1998).

Existen tres dimensiones críticas (Procesos y Métodos, Personas, Herramientas y Equipo) en que una organización puede enfocarse para mejorar su negocio, como se muestra en la Figura 9; el modelo CMMI para desarrollo se enfoca en mejorar los procesos de una organización (Venkataraman, 1999); un enfoque a procesos proporciona la infraestructura necesaria para hacer frente a un mundo en constante cambio y para maximizar la productividad de las personas y el uso de la tecnología para ser más competitivos (*Software Engineering Institute, 2006*).

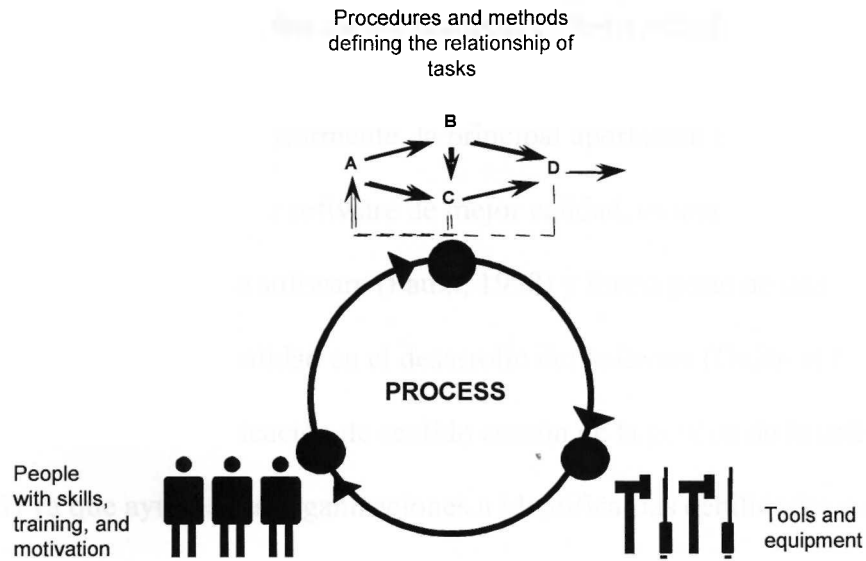


Figura 9 - Las tres dimensiones críticas (Software Engineering Institute, 2006).

Como también muestra la Figura 9, son los procesos los que mantiene unido a los tres elementos, no es que las personas y las herramientas no sean importantes, pero en un entorno altamente cambiante dentro y fuera de las organizaciones, el recurso humano y las herramientas son componentes de más rotación en comparación a los procesos de las empresas, que son más estables ya que perduran más en el tiempo, aunque de igual forma se mantiene en constante movimiento pero no al mismo ritmo que las personas y las herramientas, además de que son los que permiten alinear a éstos hacia la forma en cómo el negocio opera, de aquí la importancia del enfoque a procesos.

La forma particular en que ataca y permite mejorar el modelo CMMI los procesos en la entrega de productos y servicios de software es lo que lo hace único entre las diferentes alternativas del mercado.

## 2.6 Estudios sobre los beneficios de los modelos CMM/CMMI en las empresas

Como ya se mencionó anteriormente, la principal aportación del modelo CMMI es que ayuda a obtener productos de software de mejor calidad, es una herramienta muy útil en la mejora de los procesos de software (Paulk, 1998) y forma parte de una tendencia general hacia la gestión de la calidad en el desarrollo del software (Gefen et al. 2006) e históricamente ha sido una aplicación de sentido común de la gestión de la calidad total (Paulk, 1998) ya que ayuda a las organizaciones a identificar las debilidades en sus procesos y en áreas técnicas donde se necesitan las mejoras (Biberoglu & Haddad, 2002).

Entonces, ¿cuáles son los beneficios que han hecho a los modelos CMM y CMMI tan reconocidos por las empresas alrededor del mundo a lo largo de los años?, a continuación se presentará varios estudios en donde se habla de los beneficios que las empresas han obtenido a lo largo de los años con la implementación del modelo CMM o CMMI; debido a que CMMI es una evolución del modelo CMM se incluyen los estudios que hablan de este modelo.

En 1994 se recolectaron datos de 13 organizaciones para obtener información acerca de los esfuerzos en la mejora de procesos de software mediante la aplicación del modelo CMM, el grupo de empresas comprendía contratistas del departamento de defensa de los Estados Unidos (por sus siglas en inglés: DoD), organizaciones comerciales y organizaciones militares que representaban diferentes niveles de madurez dentro del modelo CMM. La gama de áreas de aplicación cubiertas también era diversa, incluyendo los ámbitos como telecomunicaciones, sistemas embebidos en tiempo real, sistemas de información y sistemas operativos. Los beneficios reportados fueron: se mejora el valor del negocio, la productividad, la detección temprana de defectos, la reducción de costos, la

calidad del producto, tiempo de entrega al mercado (*time to market*) y se disminuyen los defectos posteriores a la liberación (Herbsleb et al. 1994).

Posteriormente en 1996 se realizó otro estudio a organizaciones que usaban CMM para mejorar sus procesos de software, el objetivo del estudio era conocer las razones de éxito y fracaso en una organización que intentaba la mejora de procesos y si la madurez mejoraba o no el desempeño (Biberoglu & Haddad, 2002).

Los beneficios que reportaron las empresas en este estudio fueron:

- En general, a mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global de la empresa.
- A medida que el nivel de madurez se incrementa, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece.
- 26% de los encuestados estuvieron de acuerdo en que muy poco había cambiado en la organización.
- Menos del 4% de los encuestados dijeron que los esfuerzos en la mejora en el proceso de software fueron contraproducentes.
- El estudio también indicó que la mejora de procesos basada en CMM es beneficiosa y rentable a largo plazo.

Por otro lado, también se reportó que:

- 72% de las organizaciones reportaron que se sufrió en la mejora de procesos de software debido a la limitación de tiempo y recursos.
- 77% de las organizaciones reportaron que la mejora de procesos tomó más tiempo de lo esperado.
- 68% reportó que les costó más de lo esperado y les tomó aproximadamente dos años en moverse de un nivel a uno mayor.

- 67% de los encuestados entendían que era lo que había que mejorar, pero no sabían cómo hacerlo.
- El 57% de los encuestados necesitaba de más tutoría y asistencia personalizada.

Adicionalmente los autores apuntan que para lograr las estrategias y objetivos de negocio, las compañías deberían aplicar una reingeniería en sus procesos de negocio (por sus siglas en inglés: BPR) antes de implementar una mejora de procesos de software basada en CMM ya que, si una empresa no aplica BPR antes de usar CMM puede resultar contraproducente. Finalmente se menciona que un SPI (*Software Process Improvement*) basado en CMM no necesariamente aplica a organizaciones pequeñas debido a que dichas prácticas (las de CMM) están inicialmente enfocadas a organizaciones grandes, esto también es soportado en Álvarez et al. (sin fecha).

Otro estudio de 1997 basado igualmente en el modelo CMM (Herbsleb et al. 1997), que tenía como objetivo averiguar lo que le ocurría normalmente a los esfuerzos de SPI (*Software Process Improvement*) después de las evaluaciones para aprender sobre las razones de éxito o de fracaso y observar si los resultados reportados por organizaciones más maduras, son de hecho, superior a los resultados reportados por organizaciones menos maduras, arrojó que las organizaciones que basan su SPI (*Software Process Improvement*) en CMM tienden a mejorar sustancialmente la calidad del producto, la habilidad para lograr calendarios, la habilidad para lograr presupuestos y su productividad. En la Figura 10 se puede apreciar los resultados para las dimensiones medidas (Calidad del producto, satisfacción del cliente, productividad, habilidad para lograr calendarios, habilidad para lograr presupuestos y moral del staff) en base a la comparación entre los niveles de madurez inicial (1), repetido (2) y definido (3) y el desempeño obtenido de cada dimensión

evaluado por las empresas, tomando únicamente las que respondieron un desempeño “bueno” y “excelente” en cada dimensión.

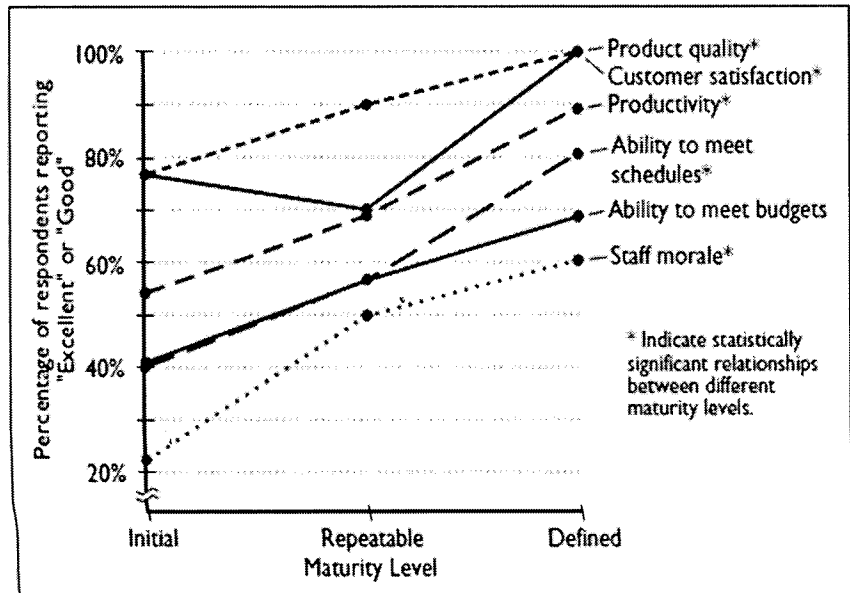


Figura 10 - Porcentaje de entrevistados que informaron que su organización tenía "excelente" o "buen" desempeño en cada área (Herbsleb et al. 1997).

**Nota:** Los asteriscos indican estadísticamente una significativa relación entre los diferentes niveles de madurez.

Al igual que el estudio de Biberoglu & Haddad (2002), Álvarez et al. (sin año) y Paulk (1998), refuerzan el hecho de que algunas características del modelo pueden ser inapropiadas para organizaciones pequeñas y que compañías comerciales podrían encontrar al modelo poco útil o difícil de aplicar. También se reclama que en ocasiones la adopción de CMM alienta demasiada burocracia, haciendo más difícil encontrar soluciones creativas a problemas técnicos.

Recientemente en Niazi et al. (2005) se menciona que en varios estudios se ha comprobado que la mejora de procesos de software basándose en modelos como CMM/CMMI o ISO 15504 (SPICE) ayuda a obtener software de mejor calidad, se reducen costos y tiempo y se incrementa la productividad.

Una investigación realizada basándose en el modelo CMMI (Gefen et al. 2006), se indica que:

- Es posible obtener entre un 20% a 25% de reducción en la corrección de defectos de software después de la implementación del modelo CMMI.
- De entre las muy pocas compañías que había alcanzado el nivel 5 hasta el 2003, sólo 75 empresas a nivel mundial, únicamente 1 había reportado una disminución significativa en los errores de software.
- Permite reducir como mucho el 60% del esfuerzo en el apoyo a los sistemas operacionales a causa de un menor número de actividades de emergencia.
- CMMI ayuda a la producción de software de alta calidad y al aumento de la productividad, a la reducción de costos y el tiempo invertido.
- También se sugiere que el potencial de desarrollo que ofrece el modelo para mejorar el rendimiento en calidad, costo, y la puntualidad depende de cuatro



factores clave de éxito: impulso estratégico, gestión de compromiso, una amplia participación, socialización y de organización.

Sin embargo no todos los resultados son positivos, en el estudio también mencionan los siguientes puntos negativos sobre el modelo CMMI:

- La crítica más común es que a mayor nivel de madurez se requiere excesiva documentación, reforzado en Álvarez et al. (sin año), pero se contradice con el obtenido por Biberoglu & Haddad, (2002), sin embargo hay que tomar en cuenta que ese estudio se baso en el modelo CMM y no en CMMI aparte de que la documentación es parte del cómo y no del qué.
- En virtud de la normalización y el formalismo de CMMI, los desarrolladores pueden perder su autonomía tradicional, que a su vez puede dar lugar a una pérdida de la motivación y de creatividad.
- La implementación del modelo requiere una considerable cantidad de tiempo y esfuerzo.
- Los entrevistados eran en su mayoría neutrales sobre la eficacia del modelo CMMI, ya que la aplicación de éste no añade ni resta en lograr los requerimientos en los presupuestos y plazos. En cambio, los entrevistados eran en su mayoría negativos sobre la eficacia de CMMI en que no vale la pena su precio a pesar para lo que fue hecho.

Un estudio realizado en México en el año 2007 para conocer acerca de la implementación de modelos de calidad en la construcción de software arrojó que las empresas tienen un conocimiento reducido de los modelos de calidad de software y en general desconocen los métodos específicos para evaluar la calidad de sus productos (Gasca et al. 2008).

Otro estudio enfocado en pequeñas empresas desarrolladoras de software en México (Álvarez et al. sin año), señala que muchas compañías pequeñas se oponen al modelo CMMI debido a que presenta las siguientes deficiencias:

- Produce documentación excesiva.
- Define un número excesivo de prácticas específicas (por sus siglas en inglés: SP) que no aplican.
- Requiere amplios recursos.
- Involucra altos costos de entrenamiento.
- Define prácticas independientes al tipo de proyecto.
- Carece de orientación en satisfacer las necesidades del proyecto y las del equipo de desarrollo.

También en el 2007 en otro caso documentado en China en una empresa pequeña basada en proyectos los beneficios obtenidos fueron: mayor productividad, se mejoró la habilidad en la detección de errores y se redujo el costo del desarrollo del software (Li, 2007). Otro punto a destacar de este caso es que se afirma, a diferencia de otros estudios, Herbsleb et al. (1997), Biberoglu & Haddad (2002), Paulk (1998), Álvarez et al. (sin año), que es posible para empresas pequeñas disfrutar y alcanzar los beneficios que ofrece el modelo CMMI, punto también soportado en Stein (2006), sin embargo hay que tomar en

cuenta el contexto de cada uno de las referencias, ya que pudiera ser muy distinto un ambiente para empresas pequeñas en China, Estados Unidos y México.

Por su parte el *Software Engineering Institute* publicó en el 2007, con base a un estudio de 30 organizaciones, en la Tabla 5 se resume los beneficios más importantes que se lograron con la implementación del modelo CMMI y el porcentaje promedio de mejora obtenido.

| <b>Categoría</b>          | <b>Media promedio de mejora</b> |
|---------------------------|---------------------------------|
| Costo                     | 34%                             |
| Calendario                | 50%                             |
| Productividad             | 61%                             |
| Calidad                   | 48%                             |
| Satisfacción del clientes | 14%                             |
| Retorno de la Inversión   | 4:1                             |

Y en términos generales, el *Software Engineering Institute* señala que los beneficios que se logran obtener al seguir una mejora de procesos bajo el modelo CMMI incluye:

- Mejora de calendarios.
- Mejora de previsibilidad de presupuestos.
- Mejora en los tiempos de ciclo de desarrollo.
- Incrementa la productividad.
- Mejora la calidad (medida a través de los defectos).
- Incrementa la satisfacción del cliente.
- Mejora la moral de los empleados.
- Incrementa el retorno de la inversión (*ROI*).
- Disminuye el costo de la calidad.

Complementando la información que se puede obtener del SEI en sus reportes anuales e información que puede ser extraída de su sitio web como es el caso de *Software Engineering Institute* (2007) (todo de forma gratuita) o de otras fuentes como los estudios aquí mostrados, existe un sitio público en la red, DACS (2009), en donde es posible obtener información en tiempo real de resultados que han obtenido empresas alrededor del mundo con la implementación de varios modelos de calidad, incluyendo CMM, CMMI, *PSP/TSP*, *Agile Development*, *Reuse*, etc., únicamente se requiere registrarse en el sitio web y se tiene acceso a una sección denominada “*ROI Dashboard*” en donde se puede obtener la información ya mencionada.

La DACS (Centro de Datos y Análisis de Software) es un departamento de defensa y centro de análisis de información de los Estados Unidos; es la fuente autorizada (DoD) del estado de arte de la información de software como apoyo técnico para la comunidad de software (DACS, 2009); y como ya se comentó, la DACS provee una herramienta que denomina “*ROI Dashboard*” la cual proporciona al usuario información sobre los costos y beneficios de diversas tecnología de mejora de software. Dichos datos son obtenidos a partir de literatura recopilada de las mismas empresas que ponen a disposición sus datos en el reporte, el usuario obtiene acceso a la información de la base de datos a través de una interfaz Web (DACS, 2009).

En el año 2007 la DACS publicó un reporte sobre los costos y beneficios de las diversa tecnologías de mejora de software (procesos de software) con las que cuenta información (McGibbon, Ferens, & Vienneau, 2007). En dicho reporte existe un apartado para el modelo CMMI, en la Tabla 6 se presentan los resultados obtenidos así como la

misma tabla (Tabla 7) pero con los datos de la consulta hecha el 23 de Mayo del 2009 a la herramienta de “*ROI Dashboard*”.

Tabla 6 - Costos y beneficios del modelo CMMI (McGibbon et al. 2007)

| <b>Metric</b>                | <b>Data Points</b> | <b>Minimum</b>        | <b>Maximum</b>       | <b>Median</b>          | <b>Mean</b>             | <b>Standard Deviation</b> | <b>25th Percentile</b> | <b>75th Percentile</b> |
|------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------|------------------------|
| ROI                          | 9                  | 2 ratio               | 13.3 ratio           | 3 ratio                | 4.64 ratio              | 3.55 ratio                | 2.25 ratio             | 5.5 ratio              |
| Productivity                 | 12                 | 5% increase           | 250% increase        | 39% increase           | 57% increase            | 67.5% increase            | 13.5% increase         | 66.5% increase         |
| Project Cost                 | 2                  | 20% decrease          | 40% decrease         | 30% decrease           | 30% decrease            | 14.14% decrease           | N/A                    | N/A                    |
| Improvement Cost             | 1                  | 1.1% of total effort  | 1.1% of total effort | 1.1% of total effort   | 1.1% of total effort    | N/A                       | N/A                    | N/A                    |
| Cycle Time                   | 5                  | 15% decrease          | 50% decrease         | 38% decrease           | 32.6% decrease          | 14.62% decrease           | 17.5% decrease         | 45% decrease           |
| Schedule Variance            | 3                  | 35% decrease          | 50% decrease         | 40% decrease           | 41.67% decrease         | 7.64% decrease            | 35% decrease           | 50% decrease           |
| Rework                       | 1                  | 60% decrease          | 60% decrease         | 60% decrease           | 60% decrease            | N/A                       | N/A                    | N/A                    |
| Quality (% of defects found) | 1                  | 98% defects found     | 98% defects found    | 98% defects found      | 98% defects found       | N/A                       | N/A                    | N/A                    |
| Quality (% defect reduction) | 20                 | 0.5% defect reduction | 95% defect reduction | 48.5% defect reduction | 47.64% defect reduction | 29.21% defect reduction   | 25.5% defect reduction | 67% defect reduction   |

Tabla 7 - Costos y beneficios del modelo CMMI (DACS, 2009)

| Metric                                 | Total Data Points | Minimum                           | Maximum                           | Median                            | Mean                              | Standard Deviation              | 25th Percentile                 | 75th Percentile                 |
|--|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
| ROI                                    | 9                 | 2 Ratio                           | 13.3 Ratio                        | 3 Ratio                           | 4.64 Ratio                        | 3.55 Ratio                      | 2.25 Ratio                      | 5.5 Ratio                       |
| Impact on Cycle Time                   | 5                 | 15 % decrease                     | 50 % decrease                     | 38 % decrease                     | 32.6 % decrease                   | 14.62 % decrease                | 17.5 % decrease                 | 45 % decrease                   |
| Reduction in Rework                    | 1                 | 60 % decrease                     | 60 % decrease                     | 60 % decrease                     | 60 % decrease                     | 0 % decrease                    | 0 % decrease                    | 0 % decrease                    |
| Impact on Quality (% defect reduction) | 23                | 0.5 % defect reduction            | 95 % defect reduction             | 50 % defect reduction             | 48.8 % defect reduction           | 28.46 % defect reduction        | 26 % defect reduction           | 68 % defect reduction           |
| Impact on Productivity                 | 12                | 5 % improvement                   | 250 % improvement                 | 39 % improvement                  | 57 % improvement                  | 67.5 % improvement              | 13.5 % improvement              | 66.5 % improvement              |
| Impact on Schedule Variance            | 5                 | 35 % decrease                     | 50 % decrease                     | 40 % decrease                     | 41.67 % decrease                  | 7.64 % decrease                 | 35 % decrease                   | 50 % decrease                   |
| Impact on Quality (% of defects found) | 1                 | 98 % defects found                | 98 % defects found                | 98 % defects found                | 98 % defects found                | 0 % defects found               | 0 % defects found               | 0 % defects found               |
| Reduction in Project Cost              | 2                 | 20 % decrease                     | 40 % decrease                     | 30 % decrease                     | 30 % decrease                     | 14.14 % decrease                | 20 % decrease                   | 40 % decrease                   |
| Cost of the Improvement                | 1                 | 1.1 % of total engineering effort | 1.1 % of total engineering effort | 1.1 % of total engineering effort | 1.1 % of total engineering effort | 0 % of total engineering effort | 0 % of total engineering effort | 0 % of total engineering effort |

Para las nueve categorías de ambos reportes se tomó información de 57 fuentes (empresas) tanto para el reporte del 2007 como en la consulta de 2009, no necesariamente todas distintas, es decir, por cada categoría se indica en la columna de “*Total Data Points*” el número de empresas que reportaron el beneficio obtenido y puede ser que una misma empresa se encuentre repetida en diferente categoría; entre los puntos importantes del reporte es que acorde a la DACS, las empresas certificadas en el modelo CMMI han obtenido los beneficios que se describen en la Tabla 8.

| <b>Tabla 8 - Beneficios obtenidos del modelo CMMI, adaptado de DACS (2009)</b> |              |
|--|--------------|
| <b>Beneficio</b>   | <b>Media</b> |
| ROI  | 3:1          |
| Impacto en el ciclo de desarrollo  | 38%          |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                             | 50%          |
| Impacto en la productividad  | 39%          |
| Impacto en variación de calendario   | 40%          |
| Impacto en la calidad (% de detección de defectos)                             | 98%          |
| Reducción en costo del proyecto  | 30%          |
| Costo de la mejora   | 1.1%         |

La Tabla 9 resume los beneficios documentados que son obtenidos por empresas que han implementado con éxito el modelo CMM o el modelo CMMI de acuerdo a los casos encontrados.



**Tabla 9 - Resumen de beneficios por fuente consultada**

| Beneficio/Fuente  | Herbsleb, Carleton, Rozum, Siegel, & Zubrow (1994) | Biberoglu & Haddad (2002) | Herbsleb, Zubrow, Goldenson, Hayes, & Paulk (1997) | Gefen, Zviran, & Elman (2006) | Li (2007) | Niazi, Wilson, & Zowghi (2005) | Software Engineering Institute (2007) | DACS (2009) |
|---|--|---------------------------|--|-------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        |  | X                         |  |                               |           |                                |                                       |             |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece |  | X                         |  |                               |           |                                |                                       |             |
| Se mejora la calidad.   | X  |                           | X  | X                             |           | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | X  |                           | X  | X                             |           | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora la productividad  | X  |                           | X  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        | X  |                           |  | X                             |           |                                |                                       |             |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       |  |                           |  | X                             |           |                                |                                       |             |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos.                                |  |                           | X  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Mejor satisfacción del cliente  |  |                           | X  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | X  |                           |  |                               | X         |                                |                                       | X           |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | X  |                           |  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Mayor reducción de costos   | X  |                           |  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora la moral del staff  |  |                           | X  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        |  |                           |  |                               |           |                                |                                       | X           |

## 2.7 Conclusiones

Ofrecer un producto de calidad ayuda a mejorar la satisfacción del cliente, la productividad de la empresa e incluso a aumentar el valor del negocio (*ROI*), es un medio para competir en una economía global y altamente demandante de mejores productos. Sin embargo, la baja calidad que puede estar presente en el software de diferente naturaleza y uso (aplicaciones de comercio electrónico, sitios web, sistemas de emergencias, sistemas de navegación de misiles, etc.) puede provocar consecuencias económicas, pérdida de clientes, prestigio y hasta las pérdidas humanas, esto hace necesario que los productos, sistemas y servicios de software deban contar siempre con una calidad superior. El control de ésta se vuelve entonces un factor muy importante.

Calidad en el software no sólo consiste en tratar con defectos, bugs o errores de programación. Tiene que ver más con cubrir una serie de atributos y/o elementos explícita e implícitamente requeridos por los clientes, tales como disponibilidad, seguridad, usabilidad, etc.

Una forma de atacar la calidad del software e inherentemente aplicar una gestión de calidad total (por sus siglas en inglés: TQM) y cubrir los atributos antes mencionados, es a través de la mejora de los procesos involucrados en el desarrollo de éste, usando modelos y/o estándares como CMM/CMMI, ISO 9001, ISO 15504, entre otros.

El modelo CMMI es un modelo de proceso que permite mejorar los proyectos y los procesos en el desarrollo de software, permite asegurar procesos estables, capaces y maduros bajo un enfoque de mejora continua. La calidad de un producto de software está en gran medida gobernada por la calidad del proceso utilizado para crearlo y mantenerlo, entonces, atacando los procesos, aseguramos una mejor calidad en los productos de

software desarrollados y así poder alcanzar beneficios como: reducción en el retrabajo y costos de producción, mejor satisfacción del cliente, mejorar la productividad de la empresa, aumentar el valor del negocio (por sus siglas en inglés: ROI) y la calidad del software.

Es importante mencionar que el modelo CMMI es una forma de administrar el software, no desarrollarlo, entendiendo por administrar software el tomar decisiones de negocio como: estimaciones, planeación, control y seguimiento, ejecución; mientras que desarrollo tiene que ver con actividades del detalle del producto como: diseño, codificación, desarrollo, pruebas y entregables finales, lo que puede ser atacado con PSP/TSP; tampoco es un proceso per se, es un modelo que describe las características de procesos efectivos.

Los estudios descritos en este capítulo han arrojado que una correcta implementación del modelo CMMI permite obtener una serie de beneficios, sin embargo, falta conocer lo que las empresas en México y en específico para este estudio, las ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey obtienen y conocer las diferencias y semejanzas que existen con el resto de las evidencias ya encontradas, que es el objetivo central del presente estudio.

## **Capítulo 3: Metodología de Investigación**

### **3.1 Introducción**

En este capítulo se presenta el modelo particular utilizado y las variables dependientes e independientes que lo conforman, el instrumento y el mecanismo que se usó para la recolección de los datos; de igual forma se describe la metodología de investigación que se usó para el desarrollo del presente trabajo acorde a los objetivos y resultados que se querían lograr, así como la población y muestra a la cual le fue aplicado el instrumento de investigación.

### **3.2 Modelo particular**

El modelo particular que se muestra en la Figura 11 tiene como objetivo representar en el primer bloque, la clasificación utilizada para agrupar los beneficios que fueron reportados por las empresas desarrolladoras de software que se han certificado en el modelo CMMI para desarrollo en los diferentes casos investigados en el marco teórico, el criterio utilizado para esta clasificación fue determinado por el factor o elemento que se veía afectado o beneficiado principalmente por dicho beneficio valga la redundancia, obteniendo los siguientes grupos: enfocados a los procesos, enfocado a las persona, enfocado al cliente, económicos y otros, en la Tabla 10 se puede apreciar el detalle de los beneficios que conforma cada grupo. En el segundo bloque se representa el éxito, la variable dependiente, en términos de las variables independientes, es decir, el éxito obtenido por las empresas desarrolladoras de software se debe en cierta medida a la implementación del modelo CMMI y a los beneficios obtenidos de dicha implementación, sin embargo, se desconoce si los mismos beneficios que se han encontrado en otros estudios son también son registrados

y aplican a las empresas ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey cuando éstas se encuentran certificadas en el modelo CMMI, así como corroborar si existen diferencias o semejanzas en dichos beneficios, siendo esto la interrogante a aclarar en el presente estudio.

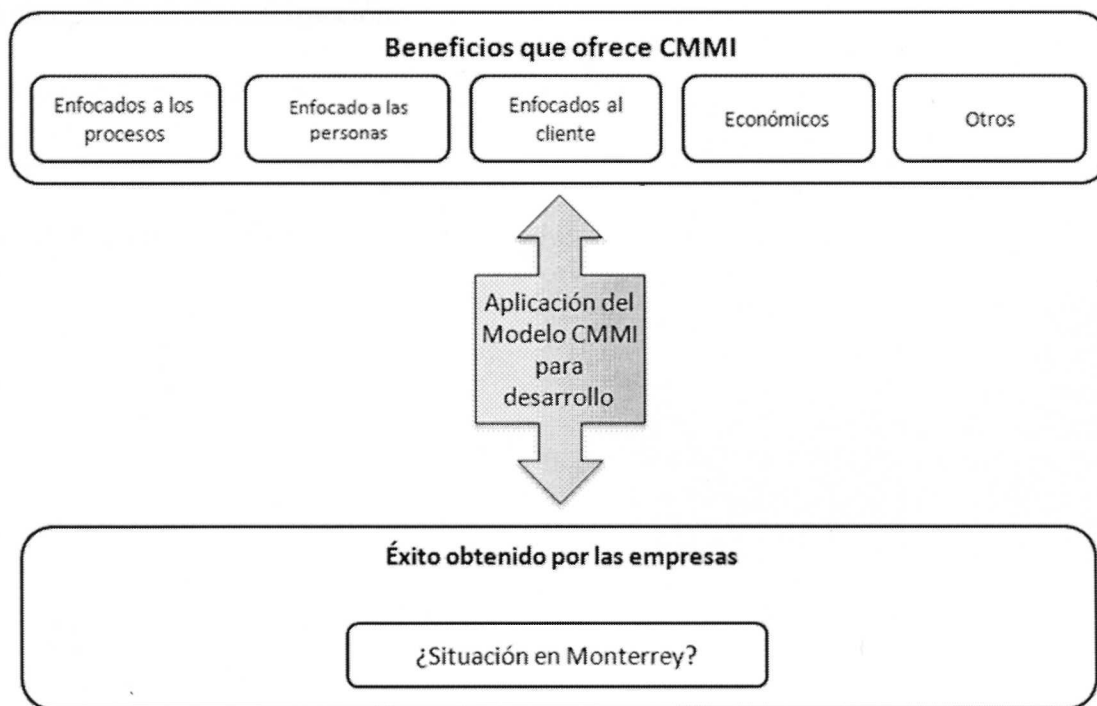


Figura 11 - Modelo Particular

### 3.2.1 Variables de Investigación

Dentro del marco teórico de la presente investigación se recopiló información de diferentes estudios y casos en donde se habla de los distintos beneficios que empresas alrededor del mundo han obtenido con la implementación del modelo CMM o CMMI, con el fin de determinar las variables de interés para el estudio.

Posteriormente se compararon las variables que se obtuvieron en el marco teórico contra lo que se obtuvo como respuesta al aplicar el instrumento de investigación (los beneficios reportados por las empresas de la zona metropolitana de la ciudad de Monterrey

al aplicar el modelo CMMI para desarrollo) para determinar entre otras cosas las similitudes y diferencias que existieran así como nuevos hallazgos.

El listado completo de las variables a usar en el instrumento de investigación, es decir, los beneficios encontrados, se describe en la Tabla 10, indicando la fuente en donde fue recopilada dicha información.

**Tabla 10 - Beneficios obtenidos con los modelos CMM/CMMI por fuente consultada**

| Beneficio/Fuente  | Herbsleb, Carleton, Rozum, Siegel, & Zubrow (1994) | Biberoglu & Haddad (2002) | Herbsleb, Zubrow, Goldenson, Hayes, & Paulk (1997) | Gefen, Zviran, & Elman (2006) | Li (2007) | Niazi, Wilson, & Zowghi (2005) | Software Engineering Institute (2007) | DACS (2009) |
|---|--|---------------------------|--|-------------------------------|-----------|--------------------------------|---------------------------------------|-------------|
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        |  | X                         |  |                               |           |                                |                                       |             |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece |  | X                         |  |                               |           |                                |                                       |             |
| Se mejora la calidad.   | X  |                           | X  | X                             |           | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | X  |                           | X  | X                             |           | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora la productividad  | X  |                           | X  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        | X  |                           |  | X                             |           |                                |                                       |             |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       |  |                           |  | X                             |           |                                |                                       |             |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos.                                |  |                           | X  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Mejor satisfacción del cliente  |  |                           | X  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | X  |                           |  |                               | X         |                                |                                       | X           |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | X  |                           |  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Mayor reducción de costos   | X  |                           |  | X                             | X         | X                              | X                                     | X           |
| Se mejora la moral del staff  |  |                           | X  |                               |           |                                | X                                     |             |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        |  |                           |  |                               |           |                                |                                       | X           |

En la siguiente sección se profundizará en dichas variables y se explicará la clasificación que se siguió para las variables seleccionadas que fueron medidas con el instrumento de investigación.

### 3.2.1.1 Variables independientes

La Tabla 11 representa el resumen de los beneficios que fueron reportados por las empresas desarrolladoras de software en los diferentes estudios investigados y que se encuentran en el marco teórico, la segunda columna resume el número de casos que reportaron el mismo beneficio y no el número de empresas, por ejemplo, el beneficio de “se mejora la calidad” fue reportado en seis de las ocho fuentes revisadas, se sigue el mismo proceso para cada uno de los beneficios listados a continuación.

| <b>Beneficios</b>   | <b>Cantidad de casos encontrados</b> |
|---|--------------------------------------|
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | 1/8                                  |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece | 1/8                                  |
| Se mejora la calidad.   | 6/8                                  |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | 6/8                                  |
| Se mejora la productividad  | 7/8                                  |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        | 2/8                                  |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       | 1/8                                  |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos.                                | 6/8                                  |
| Mejor satisfacción del cliente  | 2/8                                  |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | 3/8                                  |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | 2/8                                  |
| Mayor reducción de costos   | 6/8                                  |
| Se mejora la moral del staff  | 2/8                                  |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | 1/8                                  |



A partir del listado anterior se clasificaron dichas variables en cinco grupos como se muestra en la Tabla 12.

| <b>Tabla 12 - Clasificación de las variables</b>                          |  |
|---|--|
| <b>Variable</b>   | <b>Grupo</b>                             |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos                                 | Económicos                               |
| Se mejora el valor del negocio ( <i>ROI</i> )                             |  |
| Mayor reducción de costos   |  |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | Enfocado a procesos                      |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        |  |
| Se mejora la calidad.   |  |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               |  |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | Enfocados al cliente                     |
| Mejor satisfacción del cliente  |  |
| Se mejora la productividad  | Enfocado al equipo de trabajo (personas) |
| Se mejora la moral del staff  |  |
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | Otros                                    |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece |  |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       |  |

El criterio utilizado en las agrupaciones que se muestran en la Tabla 12 fue en base a determinar qué factor o elemento se veía principalmente afectado por el beneficio; quedando éstos por grupo de la siguiente forma:

**Económicos:**

- 1 Mejor habilidad para cumplir presupuestos.
- 2 Se mejora el valor del negocio (*ROI*).
- 3 Mayor reducción de costos.

**Enfocados a los procesos de la empresa:**

- Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios).
- Se mejora la calidad.
- Reducción en la corrección de defectos de software.

- Impacto en la calidad (% de reducción de defectos).

**Enfocados al equipo de trabajo (personas):**

- Se mejora la productividad.
- Se mejora la moral del staff.

**Enfocados al cliente:**

- Mejor satisfacción del cliente.

**Otros:**

- A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global.
- A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece.
- Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.

**3.2.1.2 Variables dependientes**

La variable que se tomó como variable dependiente es la del éxito medido en términos de las variables independientes, es decir, el éxito obtenido por las empresas desarrolladoras de software en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey se debe en cierta medida a la implementación del modelo CMMI para desarrollo y por los beneficios obtenidos de dicha implementación.

**3.3 Proceso de la investigación**

La realización del presente trabajo requirió el siguiente proceso:

- Se consultaron diferentes fuentes bibliográficas para conocer cuáles eran los beneficios que reportaban las empresas desarrolladoras de software una vez que estuvieran certificadas en algún nivel del modelo CMMI para desarrollo.

- Se obtuvieron dieciséis beneficios divididos en cinco grupos: enfocados a los procesos, enfocado al equipo de trabajo, enfocado al cliente, económicos y otros.
- Se seleccionó el universo y muestra: del total de empresas desarrolladoras de software que se ubican en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey, se seleccionó una muestra de un total de dieciocho empresas que han obtenido una certificación en el modelo CMMI para desarrollo entre el nivel dos y el cinco.
  - Es necesario que todas y cada una de las empresas estuvieran certificadas en alguno de los niveles (entre el dos y el cinco) del modelo CMMI para desarrollo ya que son los únicos válidos para obtener la certificación en dicho modelo.
- Con base a la muestra de empresas se definió el tipo de personal al cual estaba dirigido el instrumento de investigación creado.
  - Se consideró el personal que tuviera alguno de los siguientes roles: director o rol equivalente, gerente de desarrollo de software o rol equivalente, líder de proyecto de desarrollo de software, ingeniero de software o rol equivalente; las personas tuvieron que participar en al menos un proyecto donde se usara el modelo CMMI.
- Se definió y se creó el instrumento a utilizar (cuestionario).
  - El instrumento se dividió en tres secciones: información general, modelo CMMI y beneficios del modelo CMMI, cada grupo contiene una serie de preguntas relacionadas entre sí que permitió recopilar la información necesaria para el análisis requerido.

- Se aplicó el cuestionario a la muestra de empresas y al personal seleccionado.
  - Los cuestionarios fueron respondidos de forma individual, algunos fueron contestados presencialmente y otros más se enviaron por correo y posteriormente se recibió el cuestionario con las respuestas.
- Se exponen los resultados de la investigación divididos en las tres secciones que constó el instrumento de investigación y se hace un análisis general de éstos.
  - Se describieron los resultados obtenidos.
- Posteriormente se analizaron a mayor detalle los resultados obtenidos.
  - Con la información se hizo un análisis cruzado entre varias preguntas para obtener información más detallada.
  - Se analizaron las semejanzas y diferencias obtenidas con los beneficios previamente recopilados en el marco teórico.
  - Se describieron los nuevos hallazgos encontrados.
- Se especificaron las conclusiones y futuros trabajos de investigación posibles a ser realizados.

### **3.4 Metodología de la investigación**

En Hernández, Fernández, & Baptista (2006) se identifican cuatro tipos de investigaciones acorde a su alcance dentro de las investigaciones cuantitativas: exploratorias, descriptivas, correlacionales y explicativas.

Acorde al objetivo del presente estudio, el tipo de investigación apropiado para lograr dicho objetivo es la investigación descriptiva, ya que en este tipo se busca especificar propiedades, características y rasgos importantes de cualquier fenómeno que se analice, también permite describir tendencias de un grupo o población (Hernández et al. 2006).

Los estudios descriptivos únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es cómo se relacionan las variables medidas. En estos estudios el investigador elige una serie de variables (conceptos), los mide y los resultados obtenidos le sirven para describir el fenómeno de interés (la población), es decir, tienen como propósito dar un panorama (contar con una “fotografía”) del fenómeno al que se hace referencia (Hernández et al. 2006).

### **3.5 Recolección de datos**

Para la obtención de los datos analizados, se diseñó un cuestionario con preguntas que permitiera recabar la información necesaria para responder a las preguntas de investigación descritas en el capítulo 1.

El instrumento de investigación estuvo dirigido a personal de diferentes roles dentro de la organización, se consideró el personal que tuviera alguno de los siguientes roles:

director o rol equivalente, gerente de desarrollo de software o rol equivalente, líder de proyecto de desarrollo de software, ingeniero de software o rol equivalente; las personas tuvieron que participar en al menos un proyecto donde se usara el modelo CMMI, por lo que fue enviado a través de correo electrónico y de manera impresa a las empresas de la muestra.

### **3.6 Selección de la población y la muestra**

Acorde al objetivo de la presente investigación que se describe en la sección 1.3 del capítulo 1, la unidad de análisis, es decir, la población que se cubre, son las empresas desarrolladoras de software ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey.

Debido al tipo de estudio seleccionado, el tipo de muestra a utilizar es del tipo no probabilística, es decir, la selección del subgrupo considerado para el estudio no depende de una probabilidad sino del que cumpla con las siguientes dos características:

- Estar certificada en el modelo CMMI para desarrollo.
- Cuenten al menos con la certificación en el nivel dos del modelo CMMI para desarrollo.

Como primer paso para la definición de la muestra, se identificó que en el estado de Nuevo León, acorde a la página del consejo de software de Nuevo León (Csoftmt), existen 236 empresas dentro de la industria del software y que en conjunto emplean a 6,950 personas, ver Figura 12 y Figura 13.

## INDUSTRIA SOFTWARE NUEVO LEÓN

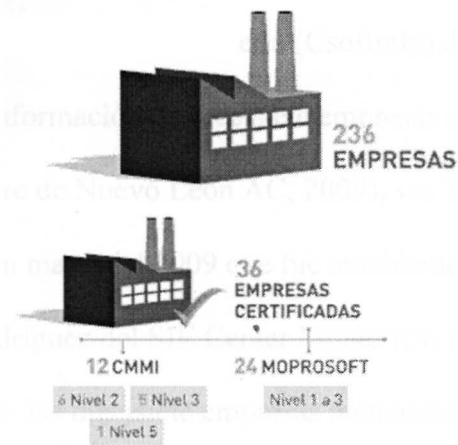


Figura 12 - Industria de software en Monterrey (Consejo de Software de Nuevo León AC, 2009).



Figura 13 - Tamaño de las empresas de software en Monterrey y número de empleados en éstas (Consejo de Software de Nuevo León AC, 2009).

La muestra constó de un total de dieciocho empresas que cumplían con las dos consideraciones anteriormente descritas, esta muestra se obtuvo de dos fuentes, del mismo sitio web del consejo de software de Nuevo León (Csoftmty) del cual se obtuvo un artículo en el cual se compartía la información de diecisiete empresas certificadas en el modelo CMMI (Consejo de Software de Nuevo León AC, 2009), ver Tabla 13; y de un listado de seis empresas recopilado en mayo del 2009 que fue amablemente proporcionada por la MC. Vilma C. Escarria Rodríguez del SIE Center Monterrey, de las cuales cinco se encontraban en el listado de las diecisiete empresas mencionadas en el sitio web del consejo de software de Nuevo León (Csoftmty) y se agregó una nueva empresa, quedando finalmente un total dieciocho empresas.

De la muestra de empresas se seleccionaron a personas que cumplieran algunos de los siguientes roles: director o rol equivalente, gerente de desarrollo de software o rol equivalente, líder de proyecto de desarrollo de software, ingeniero de software o rol equivalente y que hubieran participado en proyectos de desarrollo de servicios y productos de software en donde se aplique el modelo CMMI para desarrollo.

La distribución de las personas que contestaron el instrumento de investigación se muestra en la Tabla 13.

| <b>Tabla 13 - Distribución de los tipos de encuestados por tamaño de empresa</b> |              |                |                |               |
|--|--------------|----------------|----------------|---------------|
| <b>Rol/Tamaño empresa</b>  | <b>Micro</b> | <b>Pequeña</b> | <b>Mediana</b> | <b>Grande</b> |
| Director o rol equivalente   |              |                | 2              | 2             |
| Gerente de desarrollo de software o rol equivalente                              |              |                |                |               |
| Líder de proyecto de desarrollo de software                                      |              |                | 1              | 2             |
| Ingeniero de software o rol equivalente  |              |                | 1              | 2             |
| Calidad y Procesos   |              | 1              | 1              | 1             |
| Oficina de proyectos   |              |                | 1              |               |
| Totales  | 0            | 1              | 6              | 7             |



### 3.7 Instrumento de investigación

La estrategia empleada para la recolección de datos como ya se mencionó anteriormente fue la aplicación de una encuesta estructurada o cuestionario la cual se aplicó a la muestra seleccionada.

#### 3.7.1 Diseño del instrumento

En esta sección se detalla las secciones del instrumento de investigación y las consideraciones de su diseño; así como también se describe el resultado esperado con cada una de las secciones.

La primera sección tiene como objetivo recopilar información del perfil de la empresa y del profesional que está respondiendo el instrumento para tener un panorama general de la muestra que participó en el estudio.

#### Información General

**Instrucciones:** Seleccione la opción que más se acerque a su situación laboral actual.

**1. ¿Cuál es el tamaño de la empresa en la que labora?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Micro [1 a 10 empleados].    | <input type="checkbox"/> Mediana [51 a 100 empleados].  |
| <input type="checkbox"/> Pequeña [11 a 50 empleados]. | <input type="checkbox"/> Grande [Más de 100 empleados]. |

**2. ¿Aproximadamente cuántos empleados en la empresa se dedican al desarrollo de software?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**3. Del total de empleados dedicados al desarrollo de software, ¿Mencione el porcentaje que se encuentra trabajando por contrato de asignación con los clientes de la empresa?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**4. ¿Cuál es el tipo de rol que desempeña en la empresa?**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Director o rol equivalente.                          | <input type="checkbox"/> Líder de proyecto de desarrollo de software. |
| <input type="checkbox"/> Gerente de desarrollo de software o rol equivalente. | <input type="checkbox"/> Ingeniero de software o rol equivalente.     |
|   | <input type="checkbox"/> Otro. Especifique: _____                     |

**Instrucciones:** Seleccione las opciones que más se acerque a su situación laboral actual.

**5. Giro que atiende la empresa**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Gubernamental. | <input type="checkbox"/> Industria privada.   |
| <input type="checkbox"/> Bancario.      | <input type="checkbox"/> Sectores específico. |
| <input type="checkbox"/> Académico.     | <input type="checkbox"/> Indistinto           |

**6. ¿Tipo de software que se desarrolla en la empresa?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Embebido.                    | <input type="checkbox"/> Software empresarial a la medida. |
| <input type="checkbox"/> Entretenimiento/Videojuegos. | <input type="checkbox"/> Software empresarial empaquetado. |
| <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones.          | <input type="checkbox"/> Otro. Especifique: _____          |
| <input type="checkbox"/> Servicios web/Páginas Web.   |  |

En la segunda sección del instrumento se busca identificar si el encuestado conoce el modelo CMMI, el estatus del modelo CMMI dentro de la organización, así como la opinión en general que se tiene del modelo dentro de la organización para conocer el nivel de impacto que tiene dicho modelo en la industria y en el personal que lo aplica en sus actividades diarias.

**Modelo CMMI**

**Instrucciones:** Seleccione la opción que más se acerque a la situación actual de la empresa..

**7. ¿Conoce el modelo CMMI?**

- SÍ  NO

Si la respuesta es afirmativa continúe con el cuestionario caso contrario pasar al final de la encuesta.

**8. ¿Aproximadamente qué porcentaje de la organización que desarrolla software está certificado en el modelo CMMI?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**9. Nivel del modelo CMMI en el que se encuentra la empresa**

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nivel 2 | <input type="checkbox"/> Nivel 4 |
| <input type="checkbox"/> Nivel 3 | <input type="checkbox"/> Nivel 5 |

**10. ¿Cuáles considera que fueron las principales razones de la implementación del modelo CMMI en la empresa y no otro modelo similar?**

**11. Desde el primer piloto hasta hoy en día, ¿Aproximadamente cuántos años tiene la empresa usando el modelo CMMI?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1 año o menos | <input type="checkbox"/> 4 años             |
| <input type="checkbox"/> 2 años        | <input type="checkbox"/> 5 años             |
| <input type="checkbox"/> 3 años        | <input type="checkbox"/> Especifique: _____ |

**12. Desde que se obtuvo la primera certificación del modelo CMMI hasta hoy en día ¿Aproximadamente cuántos años tiene la empresa certificada en el modelo CMMI?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ninguno       | <input type="checkbox"/> 4 años             |
| <input type="checkbox"/> 1 año o menos | <input type="checkbox"/> 5 años             |
| <input type="checkbox"/> 2 años        | <input type="checkbox"/> Especifique: _____ |
| <input type="checkbox"/> 3 años        |   |

**13. ¿Aproximadamente cuánto tiempo le llevó a la empresa el proceso de certificación del nivel más reciente en el que se encuentra certificada?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1 año o menos | <input type="checkbox"/> 4 años             |
| <input type="checkbox"/> 2 años        | <input type="checkbox"/> 5 años             |
| <input type="checkbox"/> 3 años        | <input type="checkbox"/> Especifique: _____ |

**14. ¿Cuál sería el siguiente paso para la empresa?**

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> Recertificar en el nivel actual.                                      | <input type="checkbox"/> No continuar la mejora de procesos. |
| <input type="checkbox"/> Continuar la mejora de procesos indistintamente de una certificación. | <input type="checkbox"/> Certificarse en el siguiente nivel. |

**15. De la respuesta anterior, exprese al menos 3 razones de ese paso a seguir:**

**16. ¿Si lo invitaran a participar en otro proyecto de certificación en CMMI, volvería a participar?**

- |                             |                             |
|-----------------------------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> SÍ | <input type="checkbox"/> NO |
|-----------------------------|-----------------------------|

**17. ¿Cuáles son los motivos para su respuesta anterior?**

**18. ¿Aproximadamente qué porcentaje considera que los proyectos se han visto beneficiados al aplicar CMMI versus no aplicar el modelo?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**19. ¿Cuáles considera que son las principales desventajas del modelo CMMI?**

20. Si pudiera cambiar algo, ¿Qué le gustaría que se hiciera diferente en la manera en la que se aplica el modelo CMMI en la empresa?

21. ¿Qué aportaciones o cambios haría al modelo CMMI?

22. ¿Qué opinan los Ingenieros de Software sobre la aplicación del modelo CMMI?

En la tercera sección del instrumento se pidió al encuestado indicar el nivel de acuerdo o desacuerdo con una serie de afirmaciones y aseveraciones sobre el modelo CMMI con el fin de recopilar la información necesaria para saber si los mismos beneficios que se tienen documentados aplican en las empresas ubicadas en la ciudad de Monterrey.

**Beneficios del modelo CMMI**

**Instrucciones:** Seleccione la opción (con una X) que más refleje su opinión sobre el nivel de cumplimiento de la características citada.

|     | Características después de aplicar el modelo CMMI         | Cumplimiento |              |               |            |       |
|-----|---|--------------|--------------|---------------|------------|-------|
|     |   | Siempre      | Casi siempre | Algunas veces | Casi nunca | Nunca |
| 23. | Cumplimiento de los calendarios y fechas establecidas:    |              |              |               |            |       |
| 24. | Cumplimiento con los rangos de presupuestos establecidos: |              |              |               |            |       |

**Instrucciones:** Seleccione la opción (con una X) que más refleje su opinión sobre la afirmación citada.

|     | Aseveraciones acerca del modelo CMMI   | Nivel de acuerdo/desacuerdo con la afirmación presentada |            |                                |               |                          |
|-----|--|--|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|
|     |  | Totalmente de acuerdo                                    | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
| 25. | La funcionalidad <sup>1</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo |  |            |                                |               |                          |

|     |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|
|     | CMMI:  |  |  |  |  |  |
| 26. | La confiabilidad <sup>2</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:         |  |  |  |  |  |
| 27. | La mantenibilidad <sup>3</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:        |  |  |  |  |  |
| 28. | La satisfacción actual de los clientes ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:                    |  |  |  |  |  |
| 29. | La moral del personal en la empresa ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:                       |  |  |  |  |  |
| 30. | El valor del negocio ha mejorado gracias a la implementación del modelo CMMI:                            |  |  |  |  |  |
| 31. | La implementación de la mejora de procesos toma menor tiempo del esperado:                               |  |  |  |  |  |
| 32. | La aplicación del modelo CMMI ha valido la pena en el dinero y esfuerzo invertido:                       |  |  |  |  |  |
| 33. | El modelo CMMI ha tenido un efecto positivo en la organización:  |  |  |  |  |  |
| 34. | Con la aplicación del modelo CMMI la retroalimentación de defectos por parte del cliente ha disminuido:  |  |  |  |  |  |
| 35. | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos durante el desarrollo de software ha disminuido: |  |  |  |  |  |
| 36. | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos en ambientes productivos ha disminuido:          |  |  |  |  |  |
| 37. | La productividad ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:  |  |  |  |  |  |

**Definición de términos:**

1. **Funcionalidad:** Capaz de servir a un propósito bien, "software con una gran funcionalidad".
2. **Confiabilidad:** La capacidad de un sistema o componente para realizar sus funciones requeridas bajo condiciones establecidas durante un período determinado de tiempo.
3. **Mantenibilidad:** La facilidad con que puede un producto de software ser modificado a fin de: corregir defectos, adecuarse a las nuevas necesidades, permitir tareas de mantenimiento de forma más fácil, o capacidad de enfrentarse a un entorno cambiante.

|     | Aseveraciones acerca del modelo CMMI   | Nivel de acuerdo/desacuerdo con la afirmación presentada |            |                                |               |                          |
|-----|--|--|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|
|     |  | Totalmente de acuerdo                                    | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
| 38. | La mejora de procesos basado en CMMI cuesta (en costos) menos de lo esperado:  |  |            |                                |               |                          |
| 39. | La aplicación de herramientas para automatizar los procesos ha disminuido el uso del papel:  |  |            |                                |               |                          |
| 40. | La empresa tiene un mejor rendimiento (global) gracias al nivel actual de uso del modelo CMMI:   |  |            |                                |               |                          |
| 41. | Hay una reducción en la operación en los sistemas/áreas operacionales (Call-Center, Servicio al cliente, área de soporte u operación, etc.) gracias a la aplicación del modelo CMMI: |  |            |                                |               |                          |
| 42. | El modelo CMMI es adecuado para la empresa:  |  |            |                                |               |                          |
| 43. | El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México:   |  |            |                                |               |                          |
| 44. | El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa:  |  |            |                                |               |                          |
| 45. | El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas:   |  |            |                                |               |                          |

**Instrucciones:** Responda puntualmente a la siguiente pregunta.

**46. ¿Qué otros beneficios considera que se han obtenido en su empresa con la aplicación del modelo CMMI?**

En la Tabla 14 se presenta de forma resumida el listado de beneficios que se están evaluando en el instrumento y el número de pregunta relacionada.

| <b>Tabla 14 - Resumen de beneficio y pregunta relacionada</b>             |                     |
|---|---------------------|
| <b>Clasificación/Beneficio</b>  | <b>No. Pregunta</b> |
| <b>Económicos</b>   |                     |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos                                 | 24                  |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | 30,32               |
| Mayor reducción de costos   | 31, 38              |
| <b>Enfocado a procesos</b>  |                     |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | 34, 35, 36          |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        | 34,35               |
| Se mejora la calidad.   | 25,26,27            |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | 23                  |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | 34,35               |
| <b>Enfocados al cliente</b>   |                     |
| Mejor satisfacción del cliente  | 28                  |
| <b>Enfocado a las personas</b>  |                     |
| Se mejora la productividad  | 37                  |
| Se mejora la moral del staff  | 29                  |
| <b>Otros</b>  |                     |
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | 33,40               |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece | 39                  |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       | 41                  |

### **3.7.2 Validación y prueba del instrumento**

Como paso final en el diseño del instrumento, se procedió a validar el contenido y estructura del mismo para asegurar que se estuviera recopilando la información correcta para la investigación que se está realizando, por lo que se le sometió a una serie de revisiones y a una prueba piloto para validar que la redacción y estructura de las preguntas fuera la adecuada.

En la etapa de revisiones se recabó la retroalimentación del asesor de la tesis así como de los sinodales, lo que llevó a agregar y modificar algunas de las preguntas planteadas así como a verificar que se estuviera usando una escala adecuada para medir las aseveraciones y afirmaciones planteadas en la tercera sección de la encuesta.

Para la prueba piloto se pidió a un líder de proyecto, que estuvo involucrado en el proceso de certificación y de implementación del modelo dentro de una empresa, que revisara la encuesta para corroborar que las preguntas estuvieran redactadas y se preguntaran de forma correcta; de este piloto se hicieron nuevamente una serie de adecuaciones en la redacción de algunas de las preguntas para evitar confusiones o malas interpretaciones en algunos de los conceptos planteados.



## **Capítulo 4: Resultados obtenidos**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo se exponen los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento de investigación y se presentan en un formato estadístico apoyado por gráficos, y en aquellos en donde se usen gráficos de barras o columnas los datos se muestran ordenados acorde al número o porcentaje de respuesta obtenido; de igual forma los resultados se complementan con un análisis general, cabe resaltar que no todas las preguntas del instrumento son analizadas en éste capítulo ya que algunas por su naturaleza y por la información recabada son analizadas con mayor profundidad en el quinto capítulo.

La información que se presenta en este capítulo y en el subsecuente proviene de las respuestas proporcionadas por los catorce profesionales que fueron encuestados y que pertenecen a alguna de las dieciocho empresas desarrolladoras de software ubicadas en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey que conforman la muestra del estudio.

Los resultados se dividieron en las tres secciones que conformaron el instrumento de investigación:

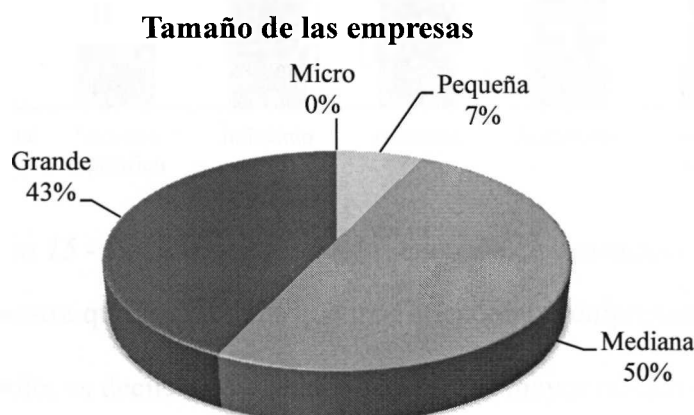
- Perfil de la empresa y del profesionalista.
- El modelo CMMI en las empresas.
- Beneficios del modelo CMMI.

## 4.2 Perfil de las empresas y de los profesionistas que participaron en el estudio

En esta sección se presentan los resultados que describen el tamaño de las empresas, el giro que atienden y el tipo de software que desarrollan, así como el rol que desempeñan los profesionista que participaron en el estudio.

### 4.2.1 Tamaño de la empresa

El tamaño de las empresas se determino por el número de empleados totales en estas. Se tomo como referencia la misma clasificación que usa el consejo de software de Nuevo León (Consejo de Software de Nuevo León AC, 2009), en la cual se establece como empresas micro aquellas que tienen de 1 a 10 empleados, como pequeñas aquellas que tiene de 11 a 50, medianas de 51 a 100 y grandes aquellas con más de 100 empleados.

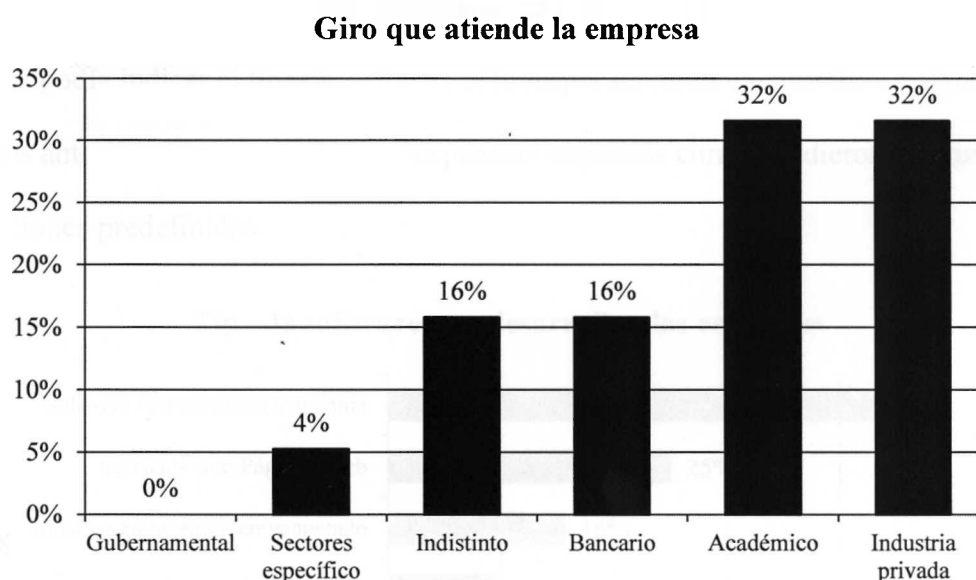


*Figura 14* - Tamaño de la empresa en la que laboran los encuestados.

Acuerdo a la distribución de los encuestados y de la clasificación manejada para las empresas, la Figura 14 muestra que el 50% de los encuestados trabajan en una empresa mediana, el 43% trabaja en una empresa grande, el 7% en una empresa pequeña y no se obtuvieron respuestas de empresas micro.

#### 4.2.2 Giro que atiende la empresa

En esta pregunta los encuestados podían seleccionar más de una respuesta, evitando de esta forma descartar el que una empresa atendiera a más de un giro, las opciones disponibles eran: gubernamental, sector específico, indistinto, bancario, académico e industria privada.

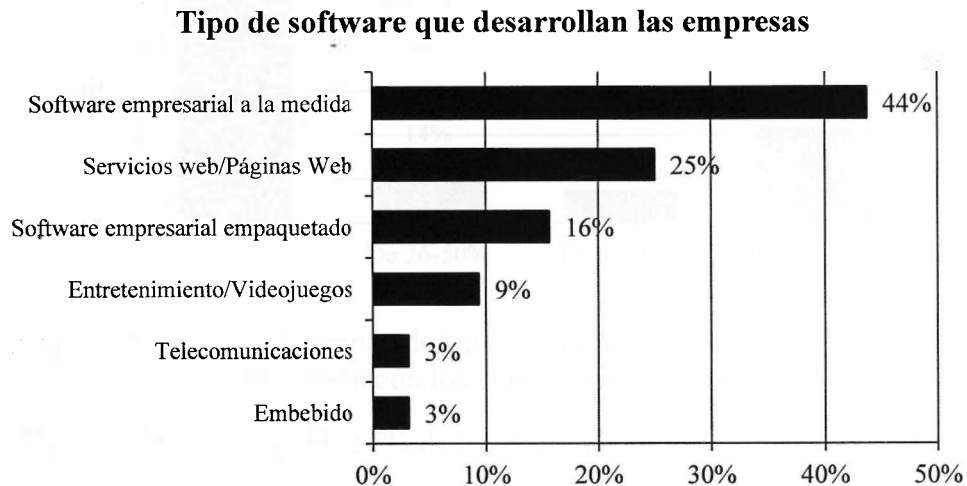


*Figura 15 - Giros que atienden las empresa encuestadas.*

La Figura 15 muestra que los sectores que más atienden las empresas que participaron en el estudio, es decir, en donde se encuentra el mayor número de los clientes es en la industria privada con un 32% así como el académico igualmente con un 32%, con un 16% respectivamente están el sector bancario y el indistinto, con un 4% se encuentra el sector específico, debido a la diversidad de empresas y sectores que pudiera ver se incluyó esta opción para englobar posibles respuestas que no estuvieran en alguna de las otras opciones y finalmente con un 0% el sector gubernamental.

### 4.2.3 Tipo de software que desarrollan las empresas

En esta pregunta los encuestados podían seleccionar más de una respuesta, evitando descartar a aquellas empresas que desarrollaran u ofrecieran más de un tipo de software, se ofrecieron seis opciones predefinidas, las cuales son: embebido, entretenimiento/videojuegos, telecomunicaciones, servicios web/páginas web, software empresarial a la medida, software empresarial empaquetado y una séptima opción en donde se podía indicar el tipo de software si la respuesta no se encontraba en alguna de las opciones anteriores, aunque todas las respuestas obtenidas correspondieron a alguna de las seis opciones predefinidas.



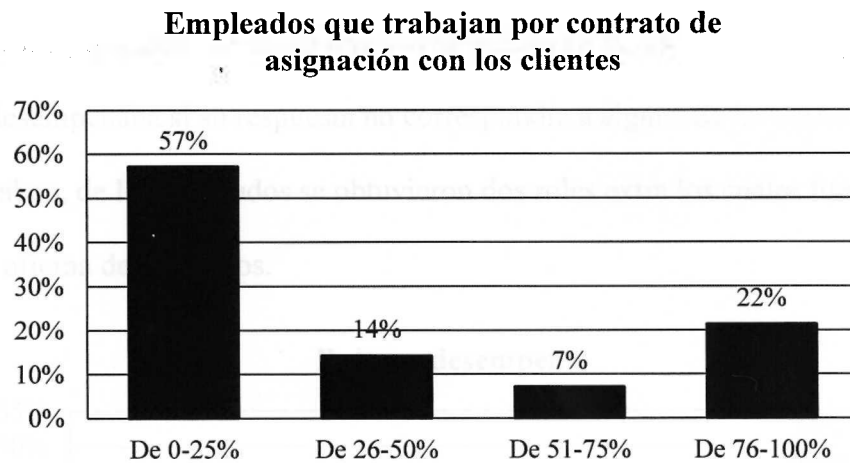
*Figura 16* - Tipo de software que se desarrolla en las empresas encuestadas.

La Figura 16 muestra que el tipo de software que más se desarrolla por las empresas que participaron en el estudio es el software empresarial a la medida con un 44%, seguido por los servicios web/páginas web con un 25% y con menor porcentaje, el software empresarial empaquetado con un 16%, seguido por el software de

entretenimiento/videojuegos con un 9% y con un 3% respectivamente el software para telecomunicaciones y el embebido.

#### 4.2.4 Porcentaje de empleados que trabajan por contrato de asignación con los clientes

Esta pregunta tiene la finalidad de conocer si las empresas manejan que sus empleados estén trabajando bajo algún esquema de contratación con un cliente, es decir, que la administración y/o responsabilidad fueran cedidas al cliente en uno o más proyectos.

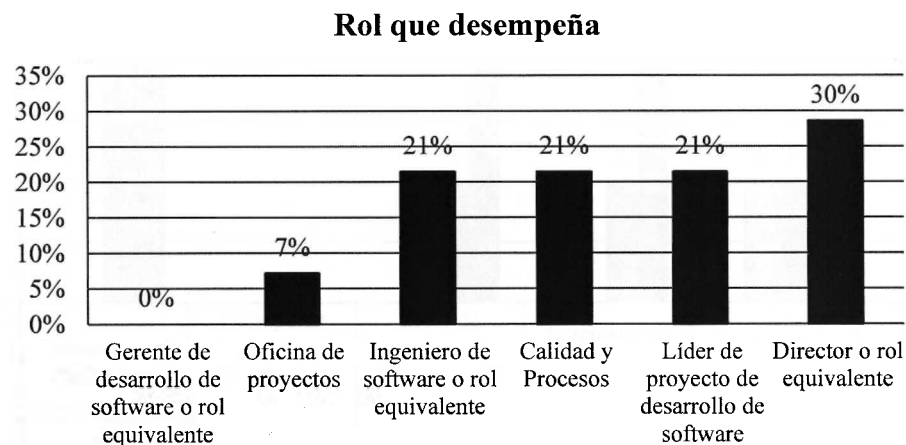


*Figura 17* - Porcentaje de empleados que se encuentra trabajando por contrato de asignación con los clientes de la empresa

La Figura 17 muestra que el 57% de los encuestados indicaron que sólo entre un 0 al 25% del personal de la empresa se encuentra trabajando bajo algún esquema de contratación con un cliente, el 14% indicó que entre el 26 al 50% se encuentra en este esquema, con un 7% se encuentra el rango entre el 51-75% y con un 22% entre el 76 al 100% del personal trabaja bajo este esquema.

#### 4.2.5 Rol que desempeña

En esta pregunta se usó el término de rol y no puesto para formular la pregunta ya que se quería evitar que hubiera encuestados en donde su puesto formal, bajo el cual están contratados, fuera diferente al tipo de rol que normalmente desempeña y tendieran a seleccionar una respuesta que no reflejara su situación real, se ofrecieron cuatro posibles respuestas predeterminadas las cuales eran: director o rol equivalente, gerente de desarrollo de software o rol equivalente, líder de proyecto de desarrollo de software e ingeniero de software o rol equivalente así como una quinta opción en donde el encuestado pudo indicar el rol que desempeñaba si su respuesta no correspondía a alguna de las cuatro que se le proporcionaban, de los resultados se obtuvieron dos roles extra los cuales fueron: calidad y procesos y oficina de proyectos.



*Figura 18 - Tipo de rol que se desempeña en la empresa*

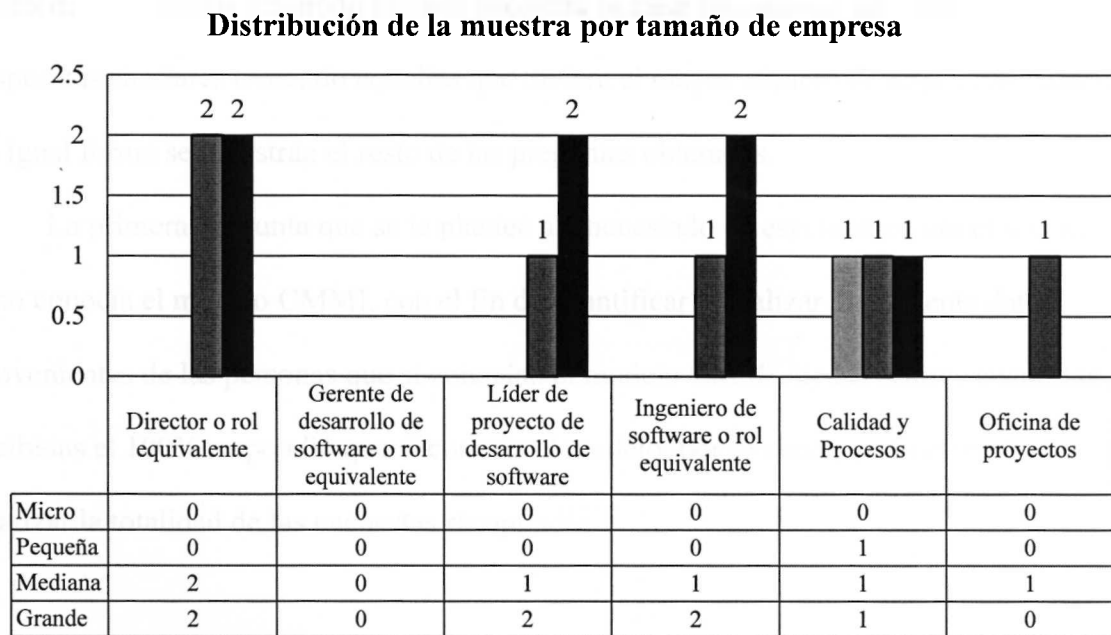
La Figura 18 muestra que el 30% de los encuestados tienen un rol de director o rol equivalente, el 21% de los encuestados tienen un rol de líder de proyectos de desarrollo de software, con otro 21% los encuestados tienen un rol de de calidad y procesos y de igual

forma el 21% tienen un rol de ingeniero de software o rol equivalente, el 7% de los encuestados tienen un rol de oficina de proyectos.

Es importante tener en cuenta que el 79% de los encuestados tiene un rol de toma de decisiones, por lo que el análisis y la información recabada en este estudio provienen de personas cuya opinión es influyente sobre las decisiones que se toman respecto al modelo CMMI dentro de las empresas.

#### 4.2.6 Distribución de la muestra por tamaño de empresa

La Figura 19 muestra en que clasificación de empresa laboran los encuestados que participaron en este estudio, se usó la misma base de clasificación que se describe en la sección 4.2.1.



*Figura 19 - Distribución de la muestra por tamaño de empresa*

En la Figura 19 se observa que la distribución de los encuestados por tipo de empresas tuvo una tendencia muy uniforme, por lo que no hubo un tipo de rol en un tipo de empresa que generara un peso considerable en los resultados obtenidos.

### **4.3 El modelo CMMI en las empresas**

En esta sección se describen los resultados obtenidos con las preguntas relacionadas con modelo CMMI, con las cuales se obtuvo el nivel en CMMI en el cual se encuentra la empresa, los años que lleva la empresa usando y certificada en el modelo y mediante una serie de preguntas del tipo abiertas, se obtuvo la opinión que en general se tiene del modelo dentro de la organización con el propósito conocer el nivel de impacto que tiene el modelo en la industria y en el personal que lo aplica en sus actividades diarias.

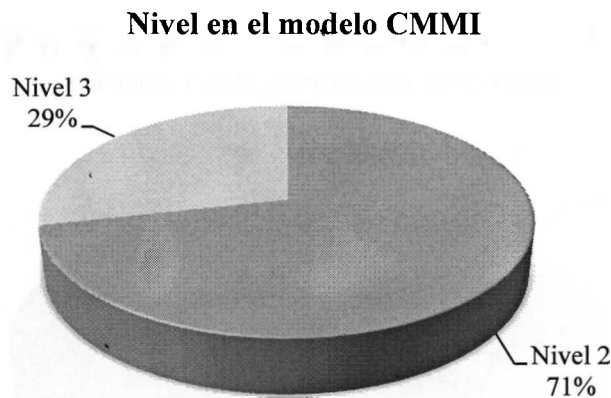
Como ya se mencionó, en esta sección se hicieron preguntas del tipo cerradas y abiertas, por cada una de las preguntas del tipo abierta se agruparon las respuestas en base a su similitud, en el caso de que aplicara, y se indicó el número de respuestas similares obtenidas, el análisis generado en cada pregunta se basó únicamente del número de respuestas similares tomando aquellas que tuviera el mayor número de respuestas, aunque de igual forma se muestran el resto de las preguntas obtenidas.

La primera pregunta que se le planteó al encuestado en esta sección era el si conocía o no conocía el modelo CMMI, con el fin de cuantificar y analizar únicamente datos provenientes de las personas que sí conocían el modelo CMMI, de las catorce encuestas recibidas el 100% respondió que si conocía el modelo, por lo que se pudo cuantificar y analizar la totalidad de las encuestas recopiladas.



#### 4.3.1 Nivel en el modelo CMMI

La intención de esta pregunta es conocer el nivel de certificación más actual que tienen las empresas que participaron en el estudio, recalcando que los únicos niveles válidos en los que una empresa puede obtener una certificación en CMMI son del nivel dos al nivel cinco.



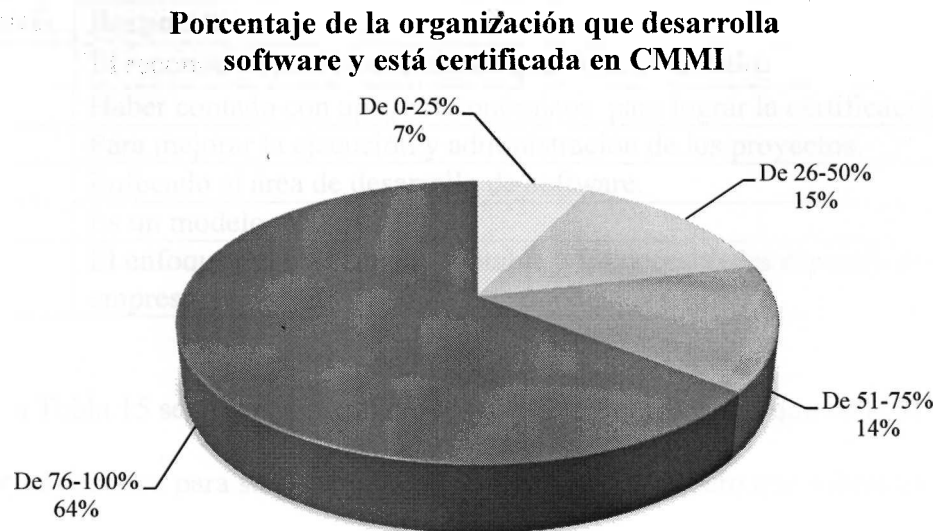
*Figura 20* - Nivel del modelo CMMI en el que se encuentra la empresa

La Figura 20 muestra que el 71% de los encuestados labora en una empresa que tiene el nivel dos de certificación, seguido por un 29% que labora en una empresa que tiene el nivel tres de certificación, no se obtuvieron respuestas de personas que trabajaran en una empresa con un nivel cuatro o cinco de certificación.

#### 4.3.2 Porcentaje de la organización que desarrolla software y está certificada en CMMI

Con esta pregunta se conoció el porcentaje aproximado de la organización que se dedica a actividades de desarrollo de software y que está certificada en el modelo CMMI. El modelo CMMI no certifica personas, certifica que una empresa siga los procesos que establece el modelo CMMI bajo el enfoque continuo o por etapas que marca el modelo;

pero también existe la posibilidad de que no toda la organización esté certificada, pudiendo solo ser solo un área o conjunto de áreas las que hayan recibido dicha certificación, de esta forma no todo el personal de la empresa pudiera estar involucrado y estar usando el modelo CMMI, es por este motivo que se planteó la pregunta considerando únicamente a aquellas áreas de la organización que desarrollan software y que además estuvieran certificadas en el modelo.



*Figura 21* - Porcentaje de la organización que desarrolla software y está certificada en CMMI.

La Figura 21 muestra como respuesta mayoritaria con un 65% que entre el 76 al 100% de la organización que desarrolla software está en un área certificada en el modelo, seguido con un 14% que entre el 51 al 75% y de igual forma con un 14% entre el 26 al 50% y con un 7% del 0 a 25% de la organización que desarrolla software está en un área certificada en el modelo.

### 4.3.3 Principales razones de la implementación del modelo CMMI en la empresa

En esta pregunta del tipo abierta se conocieron cuáles fueron los principales motivos por los que las empresas eligieron el modelo CMMI y no otro modelo, la Tabla 15 muestra el listado de respuestas con mayor frecuencia.

| <b>Frecuencia</b> | <b>Respuesta</b>  |
|-------------------|---|
| 7                 | El reconocimiento internacional que tiene el modelo.                            |
| 3                 | Haber contado con apoyos económicos para lograr la certificación.               |
| 3                 | Para mejorar la ejecución y administración de los proyectos.                    |
| 2                 | Enfocado al área de desarrollo de software.                                     |
| 2                 | Es un modelo maduro.  |
| 2                 | El enfoque del modelo es adaptable a las necesidades específicas de la empresa. |

En la Tabla 15 se observa que el reconocimiento internacional que tiene el modelo fue un factor decisivo para su elección, con un menor número pero que sobresalió de igual forma del resto, es que el haber contado con apoyos económicos también fue importante para implementar el modelo CMMI, una tercera razón es que con CMMI las empresas buscan mejorar la ejecución y administración de los proyectos.

A continuación se listan el resto de las respuestas obtenidas en esta pregunta:

- Permite mejorar la satisfacción del cliente.
- Permite establecer compromisos.
- Por el conocimiento que se tenía del modelo.
- Por la excelencia que permite en los productos desarrollados.
- Permite estandarizar prácticas.
- Permite entregar software con menos errores.

- Contar con una consultoría que podía acompañarnos durante el proceso.
- Por la relación que existe entre el SEI y la empresa.
- Permite mejorar los procesos.
- Mejora la calidad de los productos.
- Aumenta la productividad.
- Dejar de depender de proezas de los equipos.
- Por la calidad percibida por los cliente.

#### 4.3.4 Porcentaje en que los proyectos se han beneficiado con el uso de CMMI

En esta pregunta se obtuvo de forma global el porcentaje en que los encuestados perciben que los proyectos se han visto beneficiados con el uso del modelo CMMI versus no usar el modelo.

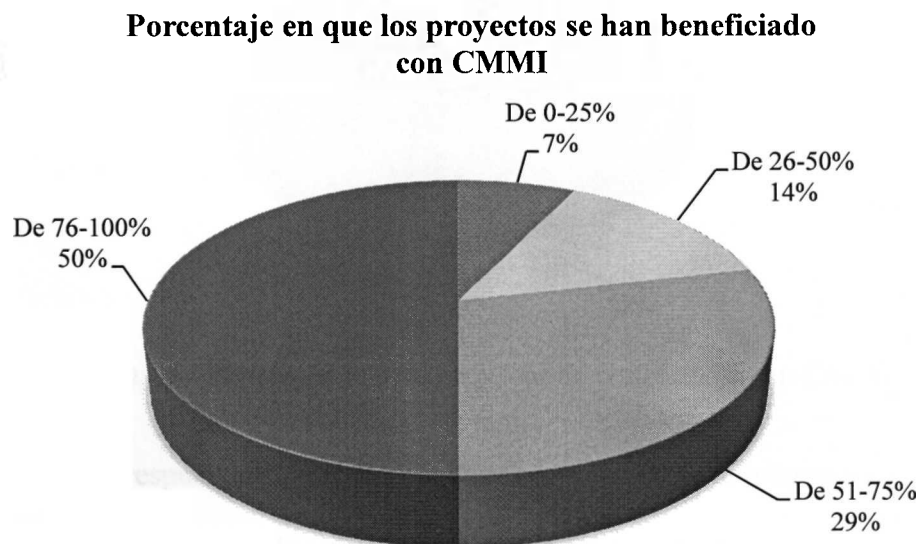


Figura 22 - Porcentaje en que los proyectos se han beneficiado con el uso de CMMI.

La Figura 22 muestra que el 50% de los encuestados considera que los proyectos se han visto beneficiados entre un 76 al 100%, el 29% considera que se han visto beneficiados entre un 51 a 75%, en menor porcentaje, un 14% considera que se han visto beneficiados entre un 26 a 50% y el 7% considera que se han visto beneficiados entre un 0 a 25%.

#### 4.3.5 ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI?

El objetivo de esta pregunta es conocer si los encuestados volverían a participar en un proyecto de certificación en el modelo CMMI, la Figura 23 muestra que el 93% de los encuestados sí volverían a participar en un proyecto de certificación de CMMI y el 7% no volvería a participar.



*Figura 23* - Participar en otro proyecto de certificación en CMMI.

En base a la respuesta que proporcionara el encuestado se le pregunto los motivos de dicha respuesta, de los resultados obtenidas la Tabla 16 muestra las razones que más se repitieron del por qué sí volverían a participar y la Tabla 17 muestra las razones del por qué no volverían a participar en un proyecto de certificación.

| <b>Tabla 16 - ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI? – SÍ</b> |   |
|--|---|
| <b>Frecuencia</b>  | <b>Respuesta</b>  |
| 6  | Para adquirir nuevos conocimientos.                             |
| 2  | Incrementar la calidad de los servicios ofrecidos.              |
| 2  | Porque es un proceso de mejora y toda mejora o cambio es bueno. |

Se observa que el crecimiento personal y el de la institución son las principales razones para seguir participando en una certificación de CMMI.

El resto de las respuestas positivas obtenidas fueron:

- El orden y seguimiento que se maneja es muy útil para obtener mejores resultados.
- Pasión por lo que hago.
- Gratificante definir procesos y mejorar la forma de trabajar.

| <b>Tabla 17 - ¿Volvería a participar en otro proyecto de certificación en CMMI? – NO</b> |  |
|--|--|
| <b>Frecuencia</b>  | <b>Respuesta</b>                         |
| 1  | Por el presupuesto y esfuerzo requerido. |

Sólo se obtuvo una respuesta negativa con la cual se obtuvo que más que por cuestiones personales, el factor económico así como el esfuerzo requerido son las razones principales para no participar de nueva cuenta en un proyecto de certificación.

#### **4.3.6 Principales desventajas del modelo CMMI**

En esta pregunta del tipo abierta se conocieron cuáles son las principales desventajas del modelo CMMI que reportan los encuestados. La Tabla 18 muestra las principales desventajas reportadas.

| <b>Tabla 18 - Principales desventajas del modelo CMMI</b> |   |
|---|---|
| <b>Frecuencia</b>   | <b>Respuesta</b>  |
| 9   | Demasiada evidencias (documentación).                       |
| 3   | El proceso de implementación es costoso.                    |
| 2   | La curva de aprendizaje es extensa.                         |
| 2   | Los recursos que se requieren para atender todos los roles. |

Acorde a las respuestas de la Tabla 18, la generación de demasiadas evidencias (documentos) es la principal desventaja detectada, sin embargo, el modelo no especifica la cantidad de evidencias a generar, por lo que se pudiera estar cayendo más en un error de implementación y no un error propio del modelo; de igual forma el costo, la curva de aprendizaje y los recursos (personas) requeridos son las principales desventajas detectadas.

El resto de las respuestas obtenidas fueron:

- El proceso de implementación es largo.
- Al inicio no se comprende el modelo.
- Redundancias en las prácticas.
- No adecuado a proyectos pequeños (menores a 6 meses).
- No adecuado a proyectos pequeños (menores a 10 recursos).
- No existe una guía para pasar de una práctica del modelo o a una evidencia tangible en un proceso.
- Rigidez en la secuencia de los procesos.
- Durante el proceso de certificación es poco claro cuáles son los requisitos y metas.
- El tiempo invertido en la documentación.
- Prácticas sin justificación o valor agregado.
- El nivel 2 no incluye administración de cambios y por ser un cambio radical requiere sensibilizar y llevar a cabo toda la estrategia que permee la nueva forma de trabajo.
- Mide procesos pero no propiamente el desarrollo de software.
- Algunas áreas de proceso y prácticas son poco aplicables a la empresa.
- Se puede caer en mucha burocracia por una mala implementación del modelo.

- No se podría adecuar a todo lo que la empresa requiere si es que se encuentra en un nivel superior.
- Su tamaño y complejidad que tiene comparada con otros modelos existentes.

#### **4.3.7 Cambios que le gustaría que se hiciera en la manera en la que se aplica el modelo CMMI en la empresa**

En esta pregunta del tipo abierta se conocieron cuáles son los cambios que a los encuestados les gustaría que se hicieran en la manera en que se aplica el modelo en las empresas donde laboran. La Tabla 19 muestra los principales cambios que les gustaría se aplicaran.

| <b>Tabla 19 - Cambios a considerar en la manera de aplicar el modelo CMMI en la empresa</b> |   |
|---|---|
| <b>Frecuencia</b>   | <b>Respuesta</b>  |
| 4   | Mayor preparación (investigación y capacitación).   |
| 2   | Que se tuviera el apoyo de los participantes relevantes y de los equipos de trabajo (en todos los niveles). |
| 1   | Disminuir la carga de documentación.  |

El principal cambio es que se requiere de mayor preparación antes de aplicar el modelo CMMI, de igual forma se detecta que no todas los equipos involucrados apoyan de igual forma a las iniciativas de CMMI y lograr reducir el exceso de documentación que se genera.

El resto de las respuestas obtenidas fueron:

- Simplificar el manejo de los proyectos.
- Modificar la estrategia para capacitar al nuevo personal (no se tiene la cultura de leer).
- Seguimiento de pruebas.



- La selección de consultores; con compromisos, credenciales que avalen conocimientos y prácticas.
- Agregaría la estrategia para administración del cambio en el nivel 2.
- Fortalecer la comunicación oral y escrita.
- Disminuir la complejidad de la rastreabilidad..
- Optimizar y calibrar la definición de procesos, adaptándolos más a la situación real de la empresa, ya que con la implementación pareciera que es la empresa la que se adoptó al CMMI.
- Definiría un proceso menos complejo para aquellas actividades que son tareas y que no son proyectos .
- Se debe mejorar todavía las guías de adaptación.

#### 4.3.8 Aportaciones o cambios que se harían al modelo CMMI

En esta pregunta del tipo abierta se conocieron cuáles son las aportaciones o cambios que los encuestados le harían en forma general al modelo CMMI. La Tabla 20 muestra los principales cambios que se harían al modelo.

| <b>Tabla 20 - Aportaciones o cambios al modelo CMMI</b> |   |
|---|---|
| <b>Frecuencia</b>                                       | <b>Respuesta</b>  |
| 2   | Agregar ejemplos de procesos ya definidos que hayan sido adaptados en base a las prácticas del modelo.          |
| 2   | Revisaría la inclusión de tecnología como recomendación para el seguimiento de procesos y productos de trabajo. |
| 1   | Menor documentación.  |

Más que cambios al modelo en sí, las principales razones ven de la mano en contar con un apoyo de cómo aplicar y seguir el modelo, así como el buscar que el modelo evite generar demasiados documentos.

El resto de las respuestas obtenidas fueron:

- Proponer un modelo base, incluyendo los artefactos mínimos necesarios para cada área de proceso y por nivel de certificación .
- Sugeriría un modelo para organizaciones pequeñas ya que los recursos económicos y humanos son menores que en las grandes organizaciones.
- En general una revisión al modelo para eliminar redundancia.
- Propondría la inclusión de otros enfoques, metodologías, etc., que apoyen a las prácticas que tiene el modelo.
- Agregar áreas de procesos más ingenieriles en los niveles bajos, ya que muchos integrantes de la empresa se desanimaron con las que tienen actualmente, esperaban más.
- Disminuiría el número de prácticas en las áreas de procesos de los niveles bajos y las aumentaría conforme se avance de nivel.
- Agregar más niveles.
- Buscar que la adopción al modelo fuera más natural y con herramientas más integradoras y no tan costosas.
- Restructuración del modelo de una forma que se pudiera entender los conceptos claves en un sólo capítulo.
- Mayor dinamismo al modelo.
- El modelo es adaptable, pero se tiene que aprender en forma natural.

- Que la consultoría sea más operativa y propositiva versus sólo hacer los levantamientos y reportes de estado actual.

#### 4.3.9 Opinión de los ingenieros de software sobre la aplicación del modelo CMMI

En esta pregunta del tipo abierta se conoció cuál es el punto de vista ingenieril que se tiene del modelo en las empresas que participaron en el estudio, con el fin de contar con un panorama general de la percepción del modelo CMMI en los niveles más ingenieriles de la organización. Las principales opiniones positivas se muestran en la Tabla 21, así como las negativas en la Tabla 22.

| <b>Tabla 21- Opiniones positivas de los ingenieros de software sobre la aplicación de CMMI</b> |  |
|--|--|
| <b>Frecuencia</b>  | <b>Respuesta</b>                               |
| 4  | Llevar una metodología de trabajo.             |
| 1  | Se mejora la planificación de las actividades. |

La principal opinión positiva que se tiene del modelo es que permite llevar una metodología de trabajo y que se mejora la planificación de las actividades que realizan.

El resto de las respuestas positivas obtenidas fueron:

- El modelo ha mejorado el contexto que se tiene de los proyectos.
- Algunos están contentos con la aplicación del modelo.
- Con el paso del tiempo se ven las ventajas.
- Se mejoran los productos desarrollados.

| <b>Tabla 22 - Opiniones negativas de los ingenieros de software sobre la aplicación de CMMI</b> |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Frecuencia</b>   | <b>Respuesta</b>             |
| 3   | Exceso de documentación.     |
| 2   | El modelo genera burocracia. |

Las principales opiniones negativas que se tiene del modelo son que genera un exceso de documentación y que se genera mucha burocracia.

El resto de las respuestas negativas obtenidas fueron:

- Rechazo al cambio.
- En ocasiones se dificulta el realizar un proyecto y atender las exigencias del modelo.
- Que los procesos no sirven para el trabajo que se realiza.
- No están acostumbrado a seguir ciertos estándares.
- Que su trabajo no es medible al menos en el nivel 2, ya que en dicho nivel las áreas de procesos son más de administración de proyectos.

#### **4.4 Beneficios del modelo CMMI**

En esta sección se presenta de forma general en la Tabla 26 y Tabla 27 los resultados obtenidos con las preguntas que hacen referencia a los beneficios del modelo CMMI, en el capítulo cinco se describirá el análisis que se hizo a detalle y se presentarán, entre otras cosas, las semejanzas y diferencias entre los beneficios ya documentados y los que reportaron los encuestados.

Para calcular la media en cada una de las preguntas de esta sección se obtuvo de la codificación de las opciones de respuesta a las preguntas, asignándoles un valor numérico. La Tabla 23 y Tabla 24 presentan las codificaciones utilizadas.

| <b>Tabla 23 - Opciones de respuesta y codificación usada 1</b> |                     |                      |                   |              |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| <b>Siempre</b>   | <b>Casi siempre</b> | <b>Algunas veces</b> | <b>Casi nunca</b> | <b>Nunca</b> |
| 5  | 4                   | 3                    | 2                 | 1            |

| <b>Tabla 24 - Opciones de respuesta y codificación usada 2</b> |                   |                                       |                      |                                 |
|--|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| <b>Totalmente de acuerdo</b>                                   | <b>De acuerdo</b> | <b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b> | <b>En desacuerdo</b> | <b>Totalmente en desacuerdo</b> |
| 5  | 4                 | 3                                     | 2                    | 1                               |

Para simplificar la forma de mostrar las preguntas la Tabla 25 contiene la codificación usada en cada pregunta relacionada con los beneficios del modelo CMMI y que preguntó en el instrumento de investigación, posteriormente en la Tabla 26 y Tabla 27 se muestran por cada número de pregunta las columnas de: frecuencia y porcentaje (%) de respuesta por cada una de las posibles opciones de respuesta, así como la media que obtuvo la pregunta en base a la codificación que se describe en la Tabla 23 y Tabla 24.

| <b>Tabla 25 - Codificación de preguntas</b> |   |
|---|---|
| <b>Código</b>                               | <b>Pregunta</b>   |
| P23   | Cumplimiento de los calendarios y fechas establecidas.  |
| P24   | Cumplimiento con los rangos de presupuestos establecidos.   |
| P25   | La funcionalidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P26   | La confiabilidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P27   | La mantenibilidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P28   | La satisfacción actual de los clientes ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P29   | La moral del personal en la empresa ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P30   | El valor del negocio ha mejorado gracias a la implementación del modelo CMMI.   |
| P31   | La implementación de la mejora de procesos toma menor tiempo del esperado.  |
| P32   | La aplicación del modelo CMMI ha valido la pena en el dinero y esfuerzo invertido.  |
| P33   | El modelo CMMI ha tenido un efecto positivo en la organización.   |
| P34   | Con la aplicación del modelo CMMI la retroalimentación de defectos por parte del cliente ha disminuido.   |
| P35   | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos durante el desarrollo de software ha disminuido.  |
| P36   | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos en ambientes productivos ha disminuido.   |
| P37   | La productividad ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P38   | La mejora de procesos basado en CMMI cuesta (en costos) menos de lo esperado.   |
| P39   | La aplicación de herramientas para automatizar los procesos ha disminuido el uso del papel.   |
| P40   | La empresa tiene un mejor rendimiento (global) gracias al nivel actual de uso del modelo CMMI.  |
| P41   | Hay una reducción en la operación en los sistemas/áreas operacionales ( <i>Call-Center</i> , Servicio al cliente, área de soporte u operación, etc.) gracias a la aplicación del modelo CMMI. |
| P42   | El modelo CMMI es adecuado para la empresa.   |
| P43   | El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México.  |
| P44   | El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa.   |
| P45   | El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas.  |

**Tabla 26 - Resultados de las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI 1**

| Pregunta | Siempre    |    | Casi siempre |    | Algunas veces |    | Casi nunca |   | Nunca      |   | Media |
|----------|------------|----|--------------|----|---------------|----|------------|---|------------|---|-------|
|          | Frecuencia | %  | Frecuencia   | %  | Frecuencia    | %  | Frecuencia | % | Frecuencia | % |       |
| P23      | 0          | 0  | 10           | 71 | 4             | 29 | 0          | 0 | 0          | 0 | 3.71  |
| P24      | 2          | 14 | 8            | 57 | 4             | 29 | 0          | 0 | 0          | 0 | 3.86  |

**Tabla 27 - Resultados de las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI 2**

| Pregunta | Totalmente de acuerdo |    | De acuerdo |    | Ni de acuerdo ni en desacuerdo |    | En desacuerdo |    | Totalmente en desacuerdo |    | Media |
|----------|-----------------------|----|------------|----|--------------------------------|----|---------------|----|--------------------------|----|-------|
|          | Frecuencia            | %  | Frecuencia | %  | Frecuencia                     | %  | Frecuencia    | %  | Frecuencia               | %  |       |
| P25      | 2                     | 14 | 8          | 57 | 4                              | 29 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 3.29  |
| P26      | 4                     | 29 | 8          | 57 | 2                              | 14 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.14  |
| P27      | 3                     | 21 | 6          | 43 | 5                              | 36 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 3.86  |
| P28      | 4                     | 29 | 9          | 64 | 1                              | 7  | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.21  |
| P29      | 2                     | 14 | 5          | 36 | 6                              | 43 | 1             | 7  | 0                        | 0  | 3.57  |
| P30      | 4                     | 29 | 7          | 50 | 3                              | 21 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.07  |
| P31      | 2                     | 14 | 4          | 29 | 4                              | 29 | 2             | 14 | 2                        | 14 | 3.14  |
| P32      | 6                     | 43 | 6          | 43 | 1                              | 7  | 1             | 7  | 0                        | 0  | 4.21  |
| P33      | 4                     | 29 | 10         | 71 | 0                              | 0  | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.29  |
| P34      | 4                     | 29 | 6          | 43 | 4                              | 29 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.00  |
| P35      | 3                     | 21 | 10         | 71 | 1                              | 7  | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.14  |
| P36      | 5                     | 36 | 7          | 50 | 2                              | 14 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.21  |
| P37      | 2                     | 14 | 7          | 50 | 5                              | 36 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 3.79  |
| P38      | 1                     | 7  | 3          | 21 | 5                              | 36 | 4             | 29 | 1                        | 7  | 2.93  |
| P39      | 3                     | 21 | 1          | 7  | 9                              | 64 | 0             | 0  | 1                        | 7  | 3.36  |
| P40      | 1                     | 7  | 9          | 64 | 4                              | 29 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 3.79  |
| P41      | 0                     | 0  | 6          | 43 | 8                              | 57 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 3.43  |
| P42      | 4                     | 29 | 8          | 57 | 2                              | 14 | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.14  |
| P43      | 3                     | 21 | 8          | 57 | 2                              | 14 | 1             | 7  | 0                        | 0  | 3.93  |
| P44      | 7                     | 50 | 7          | 50 | 0                              | 0  | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.50  |
| P45      | 3                     | 21 | 10         | 71 | 1                              | 7  | 0             | 0  | 0                        | 0  | 4.14  |

#### **4.5 Beneficios adicionales reportados por los encuestados**

En la última pregunta del instrumento de investigación se pidió a los encuestados indicar qué otros beneficios detectaban que eran obtenidos en la empresa en la que laboran con la aplicación del modelo CMMI, las respuestas obtenidas también fueron clasificadas en los mismos grupos que el resto de los beneficios ya documentados, obteniendo la Tabla 28, que se muestran a continuación.



| <b>Tabla 28 - Beneficios adicionales reportados</b>             |  |                                 |
|---|--|---------------------------------|
| <b>Frecuencia</b>   | <b>Beneficio</b>   | <b>Grupo</b>                    |
| 6   | Mejor planeación y control en la forma de trabajar.  | <b>Enfocados a los procesos</b> |
| 3   | Menos dependencia a las personas debido a procesos bien definidos.   |                                 |
| 1   | Correcto control de cambios.   |                                 |
| 1   | Homologación en las prácticas entre los departamentos de desarrollo.   |                                 |
| 1   | Disminución en tiempos de respuesta.   |                                 |
| 1   | Disminución en la identificación de potenciales problemas.   |                                 |
| 1   | Mejorar en la estimación de tiempos y esfuerzo.  |                                 |
| 1   | Da valor a la propuesta constante y continua a la mejora.  |                                 |
| 1   | Desarrollo de profesionistas más capacitados.  |                                 |
| 1   | Ha empujado a la participación y colaboración en algunos equipos de trabajo.   |                                 |
| 1   | Integración de las personas de la empresa.   |                                 |
| 1   | Mejora la comunicación.  |                                 |
| 1   | Ha permitido el intercambio de experiencias.   |                                 |
| 1   | Aprendizaje en equipo.   |                                 |
| 1   | Gusto por mejorar.   |                                 |
| 1   | Se tiene la información para hacer sus actividades.  |                                 |
| 1   | Cada persona conoce sus responsabilidades y compromisos en los proyectos en los que participa.   |                                 |
| 1   | Mejor ambiente de trabajo.   |                                 |
| 1   | Llevar un orden en lo que se hace.   |                                 |
| 1   | Ha permitido generar clientes "más educados".  | <b>Enfocados al cliente</b>     |
| 1   | El cliente está más informado, conoce el estado de su proyecto.  |                                 |
| 1   | Mejor entendimiento de lo que el cliente necesita.   | <b>Económicos</b>               |
| No se reportaron beneficios adicionales para esta clasificación |  |                                 |
| 1   | Contar con documentación de proyectos.   |                                 |
| 1   | Se ha generado la experiencia necesaria para implementar nuevos modelos y técnicas.  |                                 |
| 1   | Mejor soluciones de software.  |                                 |
| 2   | Le da renombre a la empresa.   |                                 |
| 1   | Incentivó y motivó a buscar otros enfoques que disminuyeran lo agotador que puede ser el trabajar con documentos elaborados por democracia y no por valor. |                                 |
| 1   | Interés por buscar herramientas de software que ayuden en la implementación.   |                                 |
| 1   | Estándar en los artefactos de trabajo.   |                                 |
|   |  | <b>Otros</b>                    |

## **Capítulo 5: Análisis de resultados**

### **5.1 Introducción**

En este capítulo se analiza a detalle los resultados obtenidos con la aplicación del instrumento de investigación en un formato estadístico apoyado por gráficos, en las secciones en donde se use gráficos de barras o columnas los datos se muestran ordenados acorde al número o porcentaje de respuesta obtenido o al rango de valores; este capítulo complementa el análisis presentado en el capítulo cuatro.

Para el análisis de la información y presentación de los datos se hará uso de la Tabla 26 que contiene la codificación hecha a las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI y que se muestra nuevamente a continuación.

| <b>Tabla 26 – Codificación de preguntas</b> |  |
|---|--|
| <b>Código</b>                               | <b>Pregunta</b>  |
| P23   | Cumplimiento de los calendarios y fechas establecidas.   |
| P24   | Cumplimiento con los rangos de presupuestos establecidos.  |
| P25   | La funcionalidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P26   | La confiabilidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P27   | La mantenibilidad de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P28   | La satisfacción actual de los clientes ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P29   | La moral del personal en la empresa ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.   |
| P30   | El valor del negocio ha mejorado gracias a la implementación del modelo CMMI.  |
| P31   | La implementación de la mejora de procesos toma menor tiempo del esperado.   |
| P32   | La aplicación del modelo CMMI ha valido la pena en el dinero y esfuerzo invertido.   |
| P33   | El modelo CMMI ha tenido un efecto positivo en la organización.  |
| P34   | Con la aplicación del modelo CMMI la retroalimentación de defectos por parte del cliente ha disminuido.  |
| P35   | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos durante el desarrollo de software ha disminuido.   |
| P36   | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos en ambientes productivos ha disminuido.  |
| P37   | La productividad ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI.  |
| P38   | La mejora de procesos basado en CMMI cuesta (en costos) menos de lo esperado.  |
| P39   | La aplicación de herramientas para automatizar los procesos ha disminuido el uso del papel.  |
| P40   | La empresa tiene un mejor rendimiento (global) gracias al nivel actual de uso del modelo CMMI.   |
| P41   | Hay una reducción en la operación en los sistemas/áreas operacionales (Call-Center, Servicio al cliente, área de soporte u operación, etc.) gracias a la aplicación del modelo CMMI. |
| P42   | El modelo CMMI es adecuado para la empresa.  |
| P43   | El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México.   |
| P44   | El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa.  |
| P45   | El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas.   |

De igual forma, para interpretar el valor de la media, se hace referencia a la Tabla 24 y Tabla 25 que contiene los valores asignados a cada una de las opciones de respuesta para las preguntas relacionadas con los beneficios de CMMI y que de igual forma se muestran a continuación.

| <b>Tabla 24 - Opciones de respuesta y codificación usada 1</b> |                     |                      |                   |              |
|--|---------------------|----------------------|-------------------|--------------|
| <b>Siempre</b>   | <b>Casi siempre</b> | <b>Algunas veces</b> | <b>Casi nunca</b> | <b>Nunca</b> |
| 5  | 4                   | 3                    | 2                 | 1            |

| <b>Tabla 25 - Opciones de respuesta y codificación usada 2</b> |                   |                                       |                      |                                 |
|--|-------------------|---------------------------------------|----------------------|---------------------------------|
| <b>Totalmente de acuerdo</b>                                   | <b>De acuerdo</b> | <b>Ni de acuerdo ni en desacuerdo</b> | <b>En desacuerdo</b> | <b>Totalmente en desacuerdo</b> |
| 5  | 4                 | 3                                     | 2                    | 1                               |

## **5.2 Análisis de los resultados**

La siguiente sección contiene una serie de análisis en base a la información recopilada en el marco teórico y con la aplicación del instrumento de investigación.

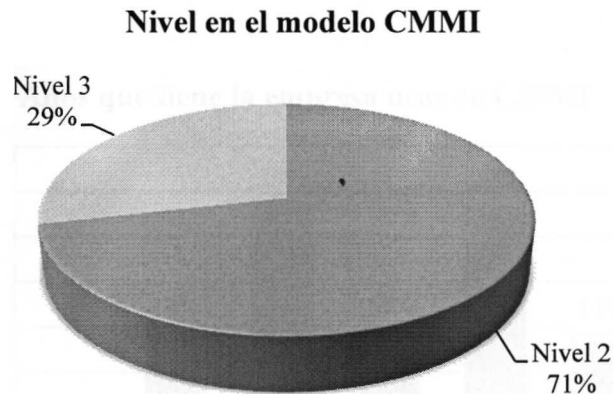
### **5.2.1 ¿CMMI sólo para empresas medianas y grandes?**

Es importante mencionar que el 50% de los encuestados trabajan en una empresa media y el 43% en una empresa grande y el 7% reportó trabajar en una empresa pequeña, ver sección 4.2.1, en base a estos datos es posible reforzar la afirmación descrita en los estudios de Herbsleb et al. (1997), Biberoglu & Haddad, (2002), y Álvarez et al. (sin año), donde se ha documentado que el modelo pudiera no estar orientado a pequeñas empresas, este punto también se valida en base a dos de las respuestas obtenidas en la pregunta P19, en donde se indicó que:

- El modelo CMMI no es adecuado en proyectos pequeños (menores a 6 meses).
- No es adecuado en proyectos pequeños (menores a 10 recursos).

### 5.2.2 El modelo CMMI es un modelo joven en las empresas

De los catorce encuestados, el 71% trabaja en una empresa certificada en el nivel dos y el 29% en una empresa certificada en el nivel tres, ver Figura 24.

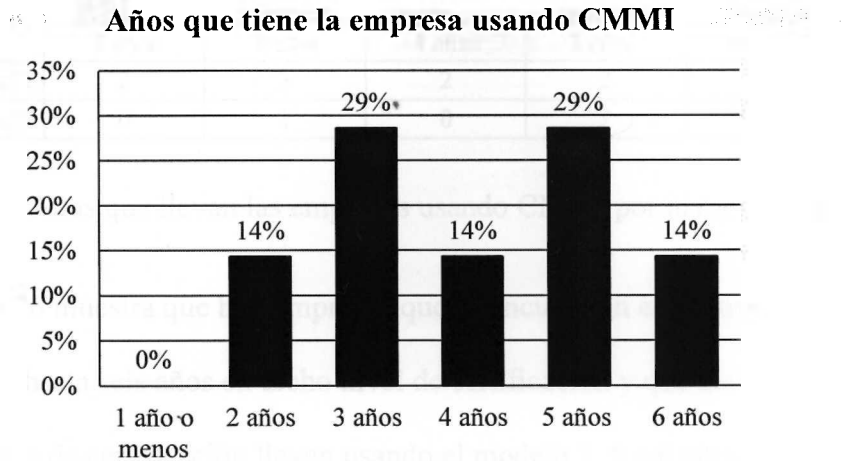


*Figura 24* - Nivel en CMMI en que se encuentran las empresas que participaron en el estudio.

Adicionalmente, el consejo de software de Monterrey reporta que seis empresas se encuentran certificadas en el nivel dos del modelo CMMI y que cinco se encuentran en el nivel tres, de un total de 36 empresas certificadas y que existen 236 empresas en la industria de software del estado de Nuevo León (Consejo de Software de Nuevo León AC, 2009), entonces se corrobora que el modelo CMMI es un modelo “joven” en cuanto al número de empresas que han alcanzado una certificación en CMMI y al nivel obtenido.

### 5.2.3 Años que tiene la empresa usando el modelo CMMI

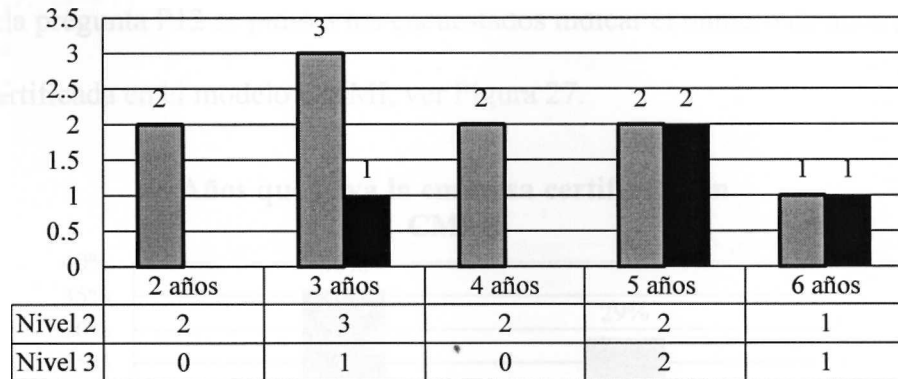
En la pregunta P11 se pidió a los encuestados indicar el número de años que lleva la empresa usando el modelo CMMI indistintamente del número de años que lleva certificada en el modelo, ver Figura 25.



*Figura 25 - Años que se lleva usando el modelo CMMI.*

Se obtuvo con el mayor porcentaje, 29%, que las empresas que participaron en el estudio llevan usando el modelo 3 años o 5 años y con un 14% respectivamente, que llevan 2, 4 o 6 años. En promedio se obtuvo que las empresas tienen cuatro años usando el modelo CMMI; al cruzar los datos de la Figura 25 con el nivel en el que la empresa está certificada se obtienen los datos de la Figura 26.

**Años que tiene la empresa usando CMMI  
por nivel del modelo**



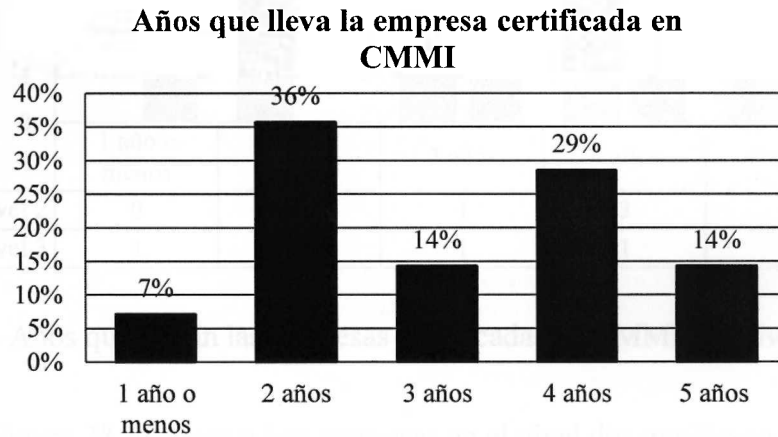
*Figura 26 - Años que llevan las empresas usando CMMI por nivel en el modelo.*

La Figura 26 muestra que hay empresas que se encuentran en el nivel dos y que llevan desde dos hasta seis años en dicho nivel de certificación y que las empresas que tienen el nivel tres de certificación llevan usando el modelo 3, 5 o 6 años; por lo que estos datos vuelven a reforzar que el modelo CMMI es un modelo “joven” en la industria local.



#### 5.2.4 Años que lleva la empresa certificada en CMMI

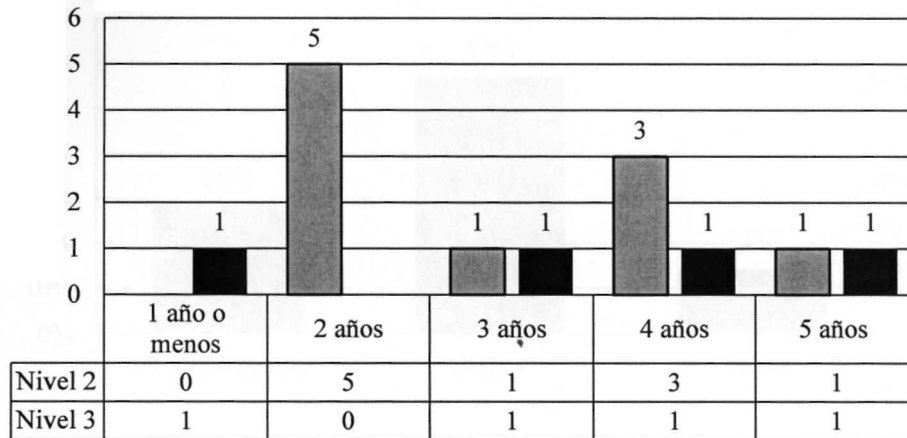
En la pregunta P12 se pidió a los encuestados indicar el número de años que lleva la empresa certificada en el modelo CMMI, ver Figura 27.



*Figura 27 - Años que llevan las empresas certificadas en el modelo CMMI.*

Acorde a la Figura 27, el mayor número de años que llevan las empresas (que participaron en el estudio) certificadas en el modelo CMMI es de dos años con un 36%, seguido con un 29% el llevar cuatro años certificados, con un 14% respectivamente hay empresas que llevan tres años certificadas y finalmente, el 7% lleva un año o menos certificado en el modelo CMMI, en forma general se obtuvo que las empresas que participaron en el estudio llevan en promedio tres años certificadas en CMMI. Cuando la información de la Figura 27 se cruza con el nivel en el que la empresa está certificada en el modelo se obtiene los datos de la Figura 28.

**Años que lleva la empresa certificada en CMMI  
por nivel del modelo**



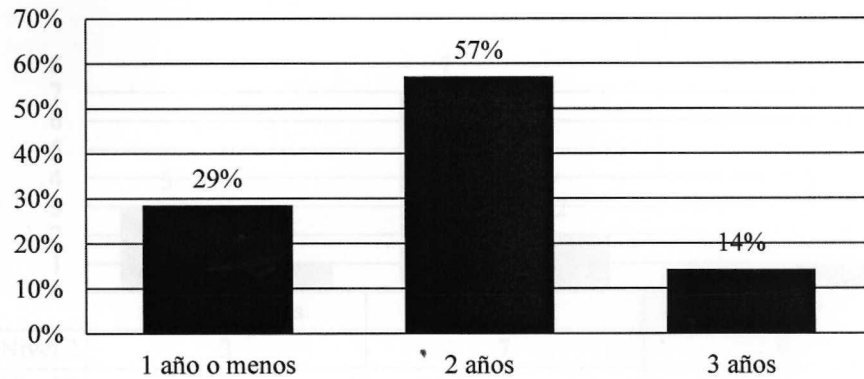
*Figura 28 - Años que llevan las empresas certificadas en CMMI por nivel del modelo.*

En la Figura 28 se observa hay empresas en el nivel dos que llevan desde dos hasta cinco años certificadas en este nivel; resalta encontrar que hay una empresa con el nivel tres que lleva cinco años certificada en dicho nivel así como otra empresa que de igual forma lleva cinco años certificada en el nivel dos, reforzando nuevamente la juventud y el bajo progreso del modelo en la industria local.

**5.2.5 Años que lleva la empresa certificada en el nivel más reciente de CMMI**

En la pregunta P13 se pidió a los encuestados indicar el número de años que lleva la empresa certificada en el nivel más reciente que haya alcanzado, con el objetivo de conocer únicamente el tiempo que llevan en el nivel más actual independientemente del número de años que está certificada o usando el modelo CMMI, ver Figura 29.

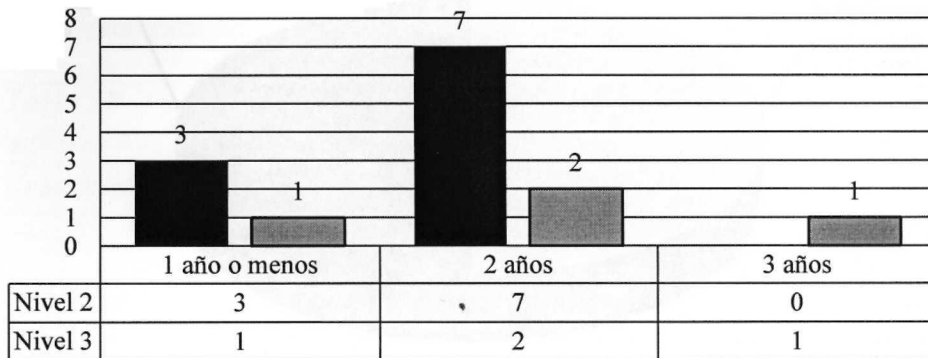
**Años que lleva la empresa certificada en el nivel más reciente de CMMI**



*Figura 29* - Años que llevan las empresas certificadas en el nivel más reciente de CMMI.

La Figura 29 muestra que el 57% de los encuestados indicó que la empresa en la que laboran lleva dos años certificados en su nivel más recientemente alcanzado, seguido por un 29% que reportó que lleva un año o menos y con un 14% tres años, al obtener el promedio se obtiene que las empresas llevan dos años certificadas en el nivel más recientemente. Al cruzar la información con el nivel en el que la empresa está certificada se obtiene los datos de la Figura 30.

**Años que lleva la empresa certificada en el nivel más reciente de CMII por nivel del modelo**



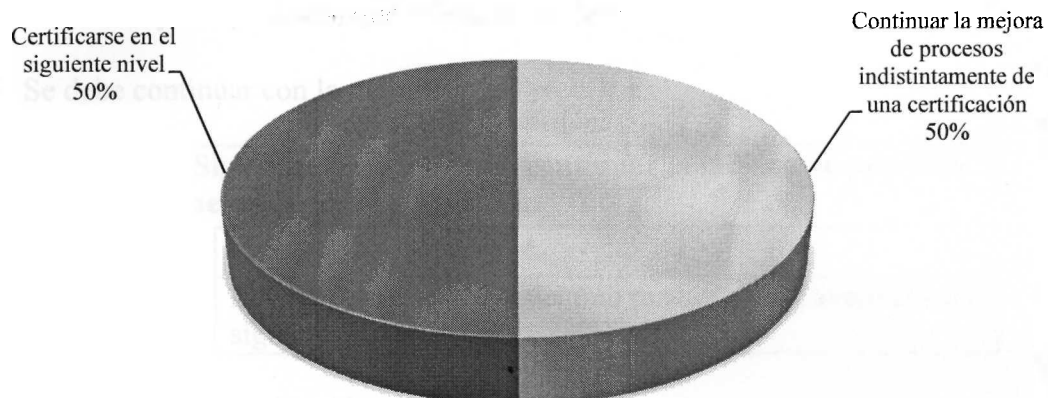
*Figura 30 - Años que llevan las empresas certificadas en el nivel más reciente del modelo CMMI por nivel del modelo.*

Los resultados de la Figura 30 muestran que las empresas con el nivel tres de certificación llevan desde un año o menos hasta tres años certificadas en dicho nivel y si se compara con los datos obtenidos en la sección 5.3.4 se puede observar que hay empresas que después de alcanzar el nivel dos de certificación lograron avanzar al nivel tres y no simplemente obtuvieron la certificación en el nivel tres desde el inicio.

**5.2.6 Siguiete paso que tomará la empresa**

En la pregunta P14 se pidió al encuestado indicar cuál era el paso que consideraban tomará la empresa con respecto al modelo CMMI, se ofrecieron las siguientes opciones como respuestas: recertificar en el nivel actual, continuar la mejora de procesos indistintamente de una certificación, no continuar la mejora de procesos y certificarse en el siguiente nivel. Se obtuvieron únicamente respuestas de dos de las cuatro opciones: certificarse en el siguiente nivel y continuar la mejora de procesos indistintamente de una certificación, los resultados se muestran en la Figura 31.

### Paso a seguir para la empresa



*Figura 31* - Siguiendo paso que tomarán las empresas respecto al modelo CMMI.

Es interesante descubrir que independientemente del tipo de respuesta obtenida, el cien por ciento de los encuestados considera que la empresa seguirá con la mejora de procesos, ver Figura 31, permitiendo observar el compromiso y la disposición por buscar una mejora constante; también resalta encontrar que ambas respuestas obtuvieron un 50% de respuesta.

De igual forma se pidió a los encuestados indicar los motivos de su respuesta a la pregunta P14, obteniendo la Tabla 29 y Tabla 30 con las respuestas que más se repiten acorde a la opción seleccionada.

| <b>Tabla 29 - Siguiendo paso a tomar: certificarse en el siguiente nivel</b> |   |
|--|---|
| <b>Frecuencia</b>  | <b>Respuesta</b>  |
| 4  | Los procesos han madurado lo suficiente para lograr otro nivel (mejora continua). |
| 2  | Ya se emplean prácticas de niveles superiores.                                    |

El resto de las respuestas obtenidas fueron:

- Ya se emplean prácticas de niveles superiores.
- Mayor competitividad.

- Lograr innovación de productos.
- Por las mejores prácticas que ofrece el modelo.
- Se debe continuar con la mejora de los procesos.

| <b>Tabla 30 - Siguiendo paso a tomar: continuar la mejora de procesos indistintamente de una certificación</b> |  |
|--|--|
| <b>Frecuencia</b>  | <b>Respuesta</b>   |
| 5  | Los procesos no se encuentran maduros para avanzar a un siguiente nivel. |

El resto de las respuestas obtenidas fueron:

- Llevar un seguimiento más eficiente de los procesos.
- Se requiere contar con más información para tomar decisiones y poder continuar al siguiente nivel.
- Se requiere generar guías de adaptación.
- Se requiere reducir los tiempos en la documentación.
- Se requiere dar flexibilidad a los procesos.
- Se requiere de prioridad para atender los proyectos.
- No se cuenta con el personal suficiente para atender algunas áreas del proceso de CMMI, como PPQA y el segundo revisor de PPAQ.
- Es muy costoso el proceso de certificación.
- El mercado al cual está dirigido la empresa no valora el uso del modelo.
- Ya se obtiene resultados con el nivel de certificación obtenido.
- Se debe primero hacer crecer la empresa y luego buscar una certificación de mayor nivel.

Al cruzar los datos de la Figura 31 con el nivel en el que la empresa está certificada en el modelo se obtiene los datos de la Figura 32.



*Figura 32* - Siguiete paso a tomar por las empresas respecto al modelo CMMI por nivel en el modelo.

En la Figura 32 se observa que las empresas que se encuentran certificadas en el nivel dos respondieron casi en la misma cantidad en ambas opciones, mientras que las empresas que han logrado el nivel tres de certificación están más dispuestas a lograr el siguiente nivel de certificación.

Al cruzar los datos de la Figura 32 con el número de años que llevan las empresas usando el modelo CMMI se obtiene los datos de la Figura 33.

### Paso a seguir para la empresa acorde a los años usando el modelo CMMI

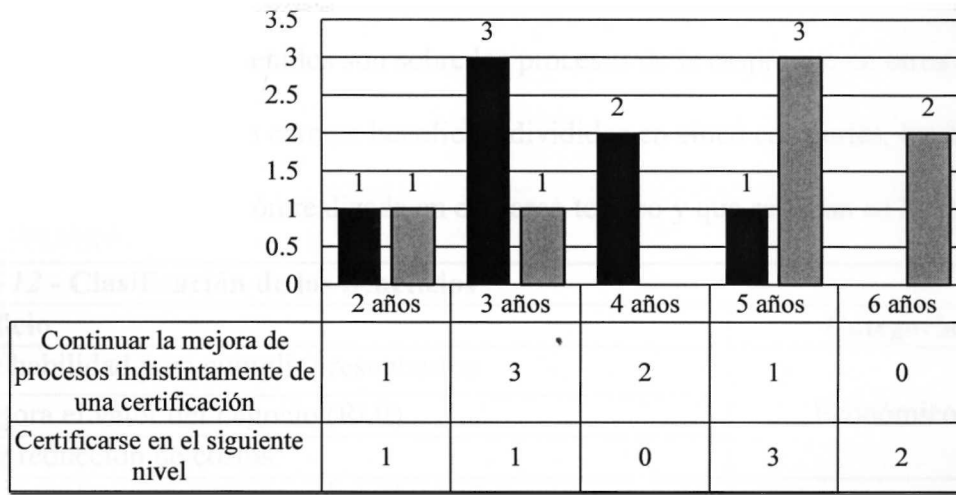


Figura 33 - Siguiendo paso a seguir por las empresas respecto al modelo CMMI acorde a los años usando el modelo CMMI

En la Figura 33 se observa que las empresas mientras más tiempo llevan usando el modelo CMMI aumenta el interés por certificarse en el siguiente nivel.

### 5.3 Análisis entre los beneficios documentados y los obtenidos en el estudio

En esta sección se analiza con detalle los resultados obtenidos con las preguntas relacionadas con los beneficios del modelo CMMI para responder a las preguntas de investigación:

- ¿Cuál es el GAP o diferencia, si es que existe, entre los beneficios ya documentados que se obtienen al lograr una certificación en CMMI contra lo que las empresas tomadas como muestra han obtenido?
- ¿Cuáles son las semejanzas y diferencias entre los beneficios ya documentados y los que las empresas reportaron?, con el fin de ofrecer un panorama más certero de



lo que sucede realmente en la industria del software en el área metropolitana de la ciudad de Monterrey.

- ¿Los beneficios obtenidos son sobre los procesos de la empresa o en otros rubros?

En total se evaluaron catorce beneficios divididos en cinco categorías, los cuales se obtuvieron de la investigación realizada en el marco teórico y que se listan en la Tabla 12.

| <b>Tabla 12 - Clasificación de los beneficios</b>                         |                         |
|---|-------------------------|
| <b>Beneficio</b>  | <b>Categoría</b>        |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos                                 | Económicos              |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      |                         |
| Mayor reducción de costos   |                         |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | Enfocado a procesos     |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        |                         |
| Se mejora la calidad.   |                         |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               |                         |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | Enfocados al cliente    |
| Mejor satisfacción del cliente  |                         |
| Se mejora la productividad  | Enfocado a las personas |
| Se mejora la moral del staff  |                         |
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | Otros                   |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece |                         |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       |                         |

Como ya se comentó anteriormente, se realizaron una serie de preguntas para medir dichos beneficios, la relación beneficio-pregunta se muestra en la Tabla 15.

| <b>Tabla 15 - Resumen de beneficio y pregunta relacionada</b>             |                     |
|---|---------------------|
| <b>Clasificación/Beneficio</b>  | <b>No. Pregunta</b> |
| <b>Económicos</b>   |                     |
| Mejor habilidad para cumplir presupuestos                                 | P24                 |
| Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | P30,P32             |
| Mayor reducción de costos   | P31, P38            |
| <b>Enfocado a procesos</b>  |                     |
| Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | P34, P35,P36        |
| Reducción en la corrección de defectos de software                        | P34,P35             |
| Se mejora la calidad.   | P25,P26,P27         |
| Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | P23                 |
| Se mejora la detección temprana de defectos                               | P34,P35             |
| <b>Enfocados al cliente</b>   |                     |
| Mejor satisfacción del cliente  | P28                 |
| <b>Enfocado a las personas</b>  |                     |
| Se mejora la productividad  | P37                 |
| Se mejora la moral del staff  | P29                 |
| <b>Otros</b>  |                     |
| A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | P33,P40             |
| A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece | P39                 |
| Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales.                       | P41                 |

De las respuestas obtenidas se crearon la Tabla 26 y Tabla 27 en donde se muestra el detalle de las repuestas, ver sección 4.4, indicando por cada pregunta el número de respuestas obtenidas y su porcentaje así como la media calculada para la pregunta.

De las veintiún preguntas sobre los beneficios del CMMI, once obtuvieron una media igual o superior a 4.0, es decir, se obtuvo una respuesta favorable del tipo “totalmente de acuerdo” o “de acuerdo”, cinco tuvieron una media igual o superior a 3.5 pero no llegaron a 4.0 y las cinco restantes obtuvieron una media inferior a 3.5 por lo que caen en las opciones de “ni de acuerdo ni en desacuerdo”, “en desacuerdo” o “totalmente en desacuerdo”, el resultado global de los resultados se muestra en la Tabla 31, donde se

muestra por clasificación de beneficios las preguntas relacionadas a cada uno de los beneficios evaluados, el número de veces que el beneficio fue encontrado en los estudios investigados, la media que obtuvo el beneficio acorde a la media de las preguntas relacionadas con éste y si existe similitud o no entre lo que los estudios documentados reportan y lo que se obtuvo de respuesta en el presente estudio.

| <b>Tabla 31 - Resumen de las evidencias encontradas sobre los beneficios</b> |                       |   |  |              |                  |
|--|-----------------------|---|--|--------------|------------------|
| <b>Clasificación</b>   | <b>Pregunta</b>       | <b>Beneficio</b>  | <b>Número de repeticiones en los casos</b> | <b>Media</b> | <b>Similitud</b> |
| <b>Económicos</b>  | P24                   | Mejor habilidad para cumplir presupuestos                                 | 6 de 8                                     | 3.86         | S                |
|  | P30                   | Se mejora el valor del negocio (ROI)                                      | 2 de 8                                     | 4.14         | N                |
|  | P32                   |   |  |              |                  |
|  | P31                   | Mayor reducción de costos   | 6 de 8                                     | 3.04         | N                |
|  | P38                   |   |  |              |                  |
| <b>Media promedio</b>  |                       |   |  | <b>3.68</b>  |                  |
| <b>Enfocado a procesos</b>   | P34                   | Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)                        | 1 de 8                                     | 4.12         | N                |
|  | P35                   |   | 2 de 8                                     |              | N                |
|  | P36                   |   | 3 de 8                                     |              | N                |
|  | P25                   | Se mejora la calidad  | 6 de 8                                     | 3.76         | S                |
|  | P26                   |   |  |              |                  |
|  | P27                   |   |  |              |                  |
|  | P23                   | Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)               | 6 de 8                                     | 3.71         | S                |
|  | <b>Media promedio</b> |   |  |              | <b>3.87</b>      |
| <b>Enfocados al cliente</b>  | P28                   | Mejor satisfacción del cliente  | 2 de 8                                     | 4.21         | N                |
| <b>Media promedio</b>  |                       |   |  | <b>4.21</b>  |                  |
| <b>Enfocado a las personas</b>   | P37                   | Se mejora la productividad  | 7 de 8                                     | 3.79         | S                |
|  | P29                   | Se mejora la moral del staff  | 2 de 8                                     | 3.57         | N                |
| <b>Media promedio</b>  |                       |   |  | <b>3.68</b>  |                  |
| <b>Otros</b>   | P33,P40               | A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | 1 de 8                                     | 3.79         | N                |
|  | P39                   | A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece | 1 de 8                                     | 3.36         | S                |
|  | P41                   | Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales                        | 1 de 8                                     | 3.43         | S                |
| <b>Media promedio</b>  |                       |   |  | <b>3.52</b>  |                  |

Acorde a los datos de la Tabla 31, se concluye que sí se obtuvieron los mismos beneficios documentados, ya que ninguna media fue igual a 1.0 (Totalmente en desacuerdo), pero no con el mismo nivel, es decir, su grado de presencia difiere de lo que los casos documentados reportan por lo que sí existe un GAP o diferencia.

En base a los datos de la Tabla 31, de los catorce beneficios sólo hay seis similitudes es decir, seis beneficios son reportados por las empresas del área metropolitana de la ciudad de Monterrey con un nivel similar de presencia y que corresponden a: “mejor habilidad para cumplir presupuestos”, “se mejora la calidad”, “se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)”, “se mejora la productividad”, “a mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece” y “reducción en el apoyo a los sistemas operacionales”, esto no quiere decir que los seis beneficios anteriores tengan un nivel alto de presencia, por otro lado, cinco beneficios que se venían reportando con una baja presencia en los estudios documentados son de los que tienen un mayor grado de presencia en el estudio y corresponde a: “se mejora el valor del negocio (ROI)”, “impacto en la calidad (% de reducción de defectos)”, “reducción en la corrección de defectos de software”, “se mejora la detección temprana de defectos” y “mejor satisfacción del cliente”.

De igual forma, acorde a la Tabla 31 el beneficio “mayor reducción de costos” que tenía una alta presencia en los estudios documentados fue el beneficio que obtuvo la menor media, de igual forma de las cinco clasificaciones sólo la de enfocados al cliente tuvo una media superior a 4.0, aunque ésta únicamente consta de una pregunta.

En las siguientes secciones se hará un análisis por cada una de las clasificaciones usadas para agrupar los beneficios con el fin de detallar los resultados obtenidos en la Tabla 31.

### 5.3.1 Beneficios económicos

**Tabla 32 - Evidencias sobre los beneficios económicos**

| Clasificación         | Pregunta | Beneficio                                 | Número de repeticiones en los casos | Media       | Similitud |
|-----------------------|----------|---|-------------------------------------|-------------|-----------|
| Económicos            | P24      | Mejor habilidad para cumplir presupuestos | 6 de 8                              | 3.86        | S         |
|                       | P30      | Se mejora el valor del negocio (ROI)      | 2 de 8                              | 4.14        | N         |
|                       | P32      |   |                                     |             |           |
|                       | P31      | Mayor reducción de costos                 | 6 de 8                              | 3.04        | N         |
| P38                   |          |   |                                     |             |           |
| <b>Media promedio</b> |          |   |                                     | <b>3.68</b> |           |

De los tres beneficios evaluados en esta clasificación, Tabla 32, el de “mejor habilidad para cumplir presupuestos” fue similar a los estudios documentados, por lo que se concluye que el modelo CMMI sí ayuda a que las empresas cumplan en los presupuestos de sus proyectos y a diferencia de lo que se reportan los estudios documentados, en el presente estudio se obtuvo que el modelo sí permite mejorar el valor del negocio aunque los encuestados reportan que no han notado que el modelo haya ayudado a reducir los costos debido a que para las empresas el implementar el modelo CMMI es más caro de lo que esperaba, ver información de la pregunta P38 en la Tabla 27.

### 5.3.2 Beneficios enfocados a los procesos

**Tabla 33 - Evidencias sobre los beneficios enfocados a procesos**

| Clasificación         | Pregunta | Beneficio   | Número de repeticiones en los casos | Media       | Similitud |
|-----------------------|----------|---|-------------------------------------|-------------|-----------|
| Enfocado a procesos   | P34      | Impacto en la calidad (% de reducción de defectos)          | 1 de 8                              | 4.12        | N         |
|                       | P35      | Reducción en la corrección de defectos de software          | 2 de 8                              |             | N         |
|                       | P36      | Se mejora la detección temprana de defectos                 | 3 de 8                              |             | N         |
|                       | P25      | Se mejora la calidad  | 6 de 8                              | 3.76        | S         |
|                       | P26      |   |                                     |             |           |
|                       | P27      |   |                                     |             |           |
|                       | P23      | Se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios) | 6 de 8                              | 3.71        | S         |
| <b>Media promedio</b> |          |   |                                     | <b>3.87</b> |           |

De los cinco beneficios evaluados en esta clasificación, Tabla 33, sólo los beneficios de “se mejora la calidad” y “se mejora el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios)” fueron similares, por lo que se concluye que el modelo CMMI sí está ayudando a que los desarrollos de software mejoren sus tiempos de desarrollo y a que tengan una mejor calidad midiendo la calidad en términos de defectos de software, en donde la media fue de 4.12 así como si se mide la calidad en términos de: funcionalidad, confiabilidad y mantenibilidad, donde la media fue de 3.76. También es importante considerar el listado de beneficios adicionales que reportaron los encuestados, ver Tabla 31, en donde destacan:

- Mejor planeación y control en la forma de trabajar, seis encuestados indicaron este beneficio.

- Menos dependencia a las personas debido a procesos bien definidos, tres encuestados indicaron este beneficio.

### 5.3.3 Beneficios enfocados al cliente

**Tabla 34 - Evidencias sobre los beneficios enfocados al cliente**

| <b>Clasificación</b>  | <b>Pregunta</b> | <b>Beneficio</b>               | <b>Número de repeticiones en los casos</b> | <b>Media</b> | <b>Similitud</b> |
|-----------------------|-----------------|--------------------------------|--|--------------|------------------|
| Enfocados al cliente  | P28             | Mejor satisfacción del cliente | 2 de 8                                     | 4.21         | N                |
| <b>Media promedio</b> |                 |                                |  | <b>4.21</b>  |                  |

La clasificación cuenta con un beneficio, ver Tabla 34, y a diferencia de lo reportado en los estudios, el modelo CMMI sí ha ayudado a mejorar la satisfacción de los clientes en la industria local, de los catorce beneficios evaluados, fue el que obtuvo la media más alta, concluyendo que existen altas posibilidades de que al implementar correctamente el modelo CMMI en las empresas se logren satisfacer las necesidades de los clientes.



### 5.3.4 Beneficios enfocados a las personas

| <b>Clasificación</b>    | <b>Pregunta</b> | <b>Beneficio</b>             | <b>Número de repeticiones en los casos</b> | <b>Media</b> | <b>Similitud</b> |
|-------------------------|-----------------|------------------------------|--|--------------|------------------|
| Enfocado a las personas | P37             | Se mejora la productividad   | 7 de 8                                     | 3.79         | S                |
|                         | P29             | Se mejora la moral del staff | 2 de 8                                     | 3.57         | N                |
| <b>Media promedio</b>   |                 |                              |  | <b>3.68</b>  |                  |

De los dos beneficios evaluados en esta clasificación, ver Tabla 35, el beneficio “se mejora la productividad” es similar a lo que se viene reportado en los en los estudios documentados con lo que se puede concluir que el modelo CMMI si tiende a mejorar la productividad y a diferencia de los estudios documentados, CMMI también puede permitir mejorar la moral del staff.

### 5.3.5 Otros beneficios

| <b>Tabla 36 - Evidencias sobre otros beneficios evaluados</b> |                 |   |  |              |                  |
|---|-----------------|---|--|--------------|------------------|
| <b>Clasificación</b>  | <b>Pregunta</b> | <b>Beneficio</b>  | <b>Número de repeticiones en los casos</b> | <b>Media</b> | <b>Similitud</b> |
| Otros   | P33,P40         | A mayor nivel de madurez, mejor rendimiento global                        | 1 de 8                                     | 3.79         | N                |
|   | P39             | A mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel decrece | 1 de 8                                     | 3.36         | S                |
|   | P41             | Reducción en el apoyo a los sistemas operacionales                        | 1 de 8                                     | 3.43         | S                |
| <b>Media promedio</b>   |                 |   |  | <b>3.52</b>  |                  |

Esta clasificación contiene los beneficios que no entraron en alguna de las clasificaciones anteriores, la Tabla 36 muestra dos similitudes, por un lado se confirma que a mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel no decrece, de hecho una de las constantes desventajas y cambios que los encuestados harían al modelo es reducir la cantidad de evidencias (documentos) que se generan, ver secciones 4.3.5, 4.3.6, 4.3.7 y 4.3.8; por otro lado, también se corrobora que el uso del modelo CMMI no tiende a generar un apoyo a sistemas operacionales. Por otro lado, los encuestados reportaron que a mayor nivel de madurez, sí se tiende a mejorar el rendimiento global de la empresa a diferencia de los casos documentados donde este beneficio únicamente fue reportado en un sólo estudio.

#### 5.4 ¿El modelo CMMI es adecuado para la empresa?

En esta pregunta se pidió a los encuestados que seleccionaran la opción que más reflejara su opinión sobre si el modelo CMMI es adecuado para la empresa en la que laboran, las opciones de respuesta son las mismas que se muestra en la Tabla 25 y los resultados obtenidos se cruzaron con el rol que tiene el encuestado para observar la respuestas a un nivel más detallado, los resultados finales se muestra en la Figura 34.

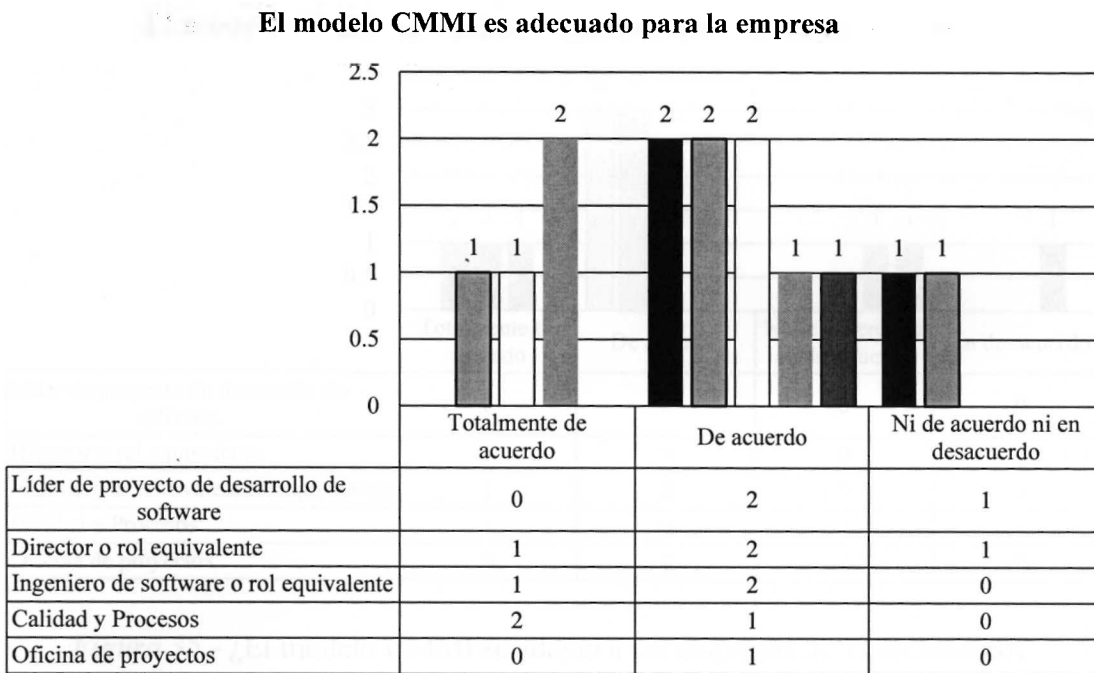


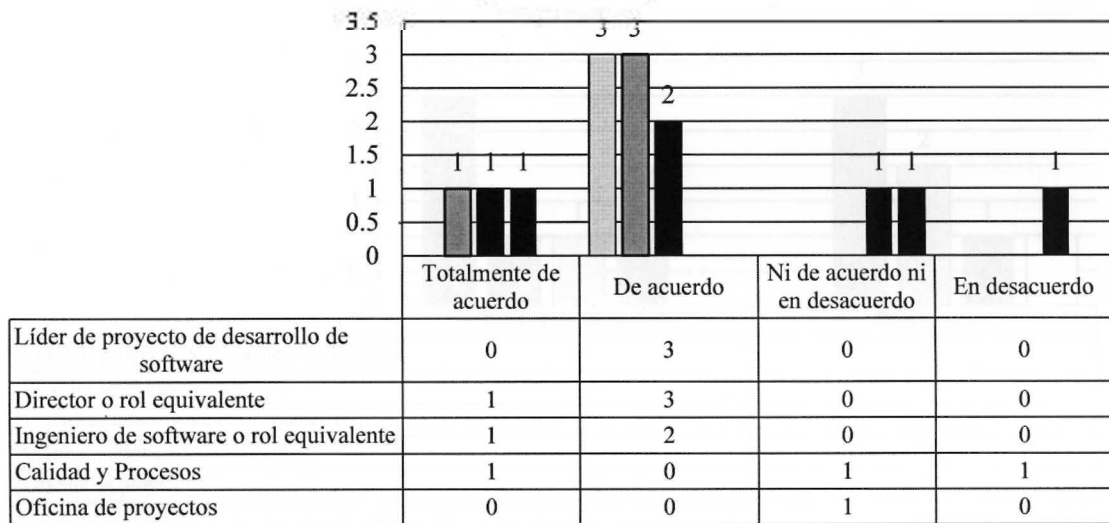
Figura 34 - ¿El modelo CMMI es adecuado para la empresa en la que se labora?

No se obtuvieron respuestas para la opción “Totalmente en desacuerdo”. La pregunta tuvo una media de respuesta de 4.14, indicando que los encuestados indistintamente de su rol concuerdan en que el modelo es adecuado para la empresa en la que laboran, es decir, sí es adecuado para empresas medianas (50% de respuesta) y para empresas grandes (43% de respuesta), ver sección 4.2.1.

## 5.5 ¿El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México?

En esta pregunta se pidió a los encuestados que seleccionaran la opción que más reflejara su opinión sobre si el modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México, las opciones de respuesta son las mismas que se muestra en la Tabla 25 y los resultados obtenidos se cruzaron con el rol que tiene el encuestado para observar la respuestas a un nivel más detallado, los resultados finales se muestra en la Figura 35.

**El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México**



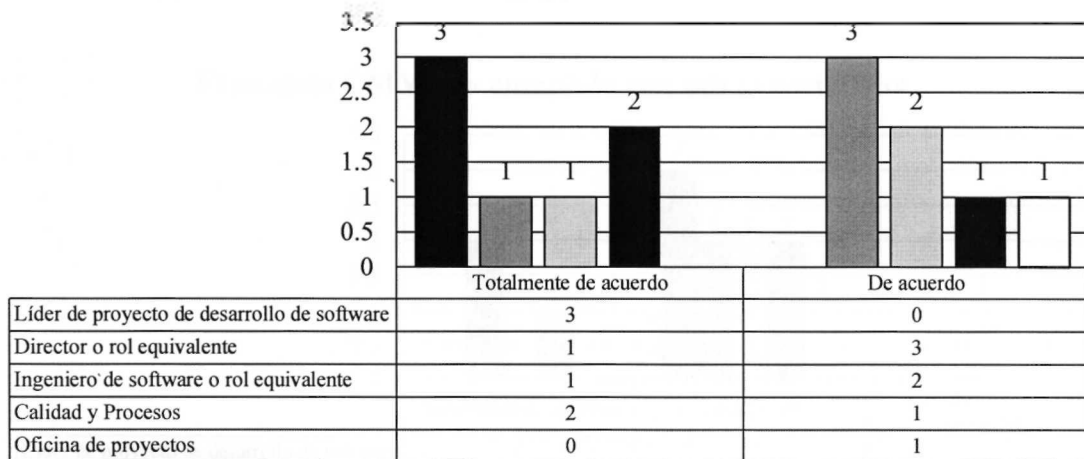
**Figura 35 - ¿El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México?**

No se obtuvieron respuestas para la opción “Totalmente en desacuerdo”. La pregunta tuvo una media de respuesta de 3.93, lo que indica que existe una tendencia a considerar que el modelo sí se adapta a las empresas de TI en México, aunque hubo respuestas que indican lo contrario; nuevamente hay que considerar el tamaño de las empresas donde laboran los encuestados, medianas (50% de respuesta) y empresas grandes (43% de respuesta), ver sección 4.2.1, es decir, el modelo sí tiende a adaptarse a las empresas de TI en México siempre y cuando éstas sean medianas o grandes.

## 5.6 ¿El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de las empresas?

En esta pregunta se pidió a los encuestados que seleccionaran la opción que más reflejara su opinión sobre si el modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa, las opciones de respuesta son las mismas que se muestra en la Tabla 25 y los resultados obtenidos se cruzaron con el rol que tiene el encuestado para observar la respuestas a un nivel más detallado, los resultados finales se muestra en la Figura 36.

**El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa**



*Figura 36 - ¿El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de las empresas?*

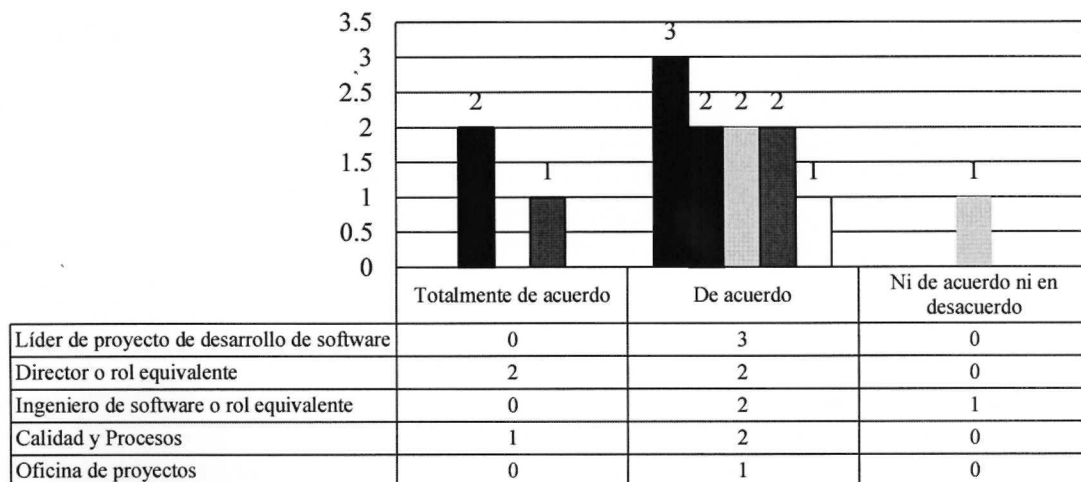
No se obtuvieron respuestas para las opciones “Ni de acuerdo ni en desacuerdo”, “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo”. La pregunta tuvo una media de respuesta de 4.50 que indica que los encuestados, indistintamente de su rol, están de acuerdo en que el modelo CMMI sí da un valor agregado a los proyectos de las empresas, a pesar de que los beneficios evaluados no obtuvieron una media superior a 4.00 en ninguna de sus clasificaciones, pero se deben considerar los beneficios que se reportaron en la sección 4.5, que incluye una lista amplia de puntos que no fueron evaluados en este estudio pero que de

igual forma son reportados por los encuestados como beneficios y que pudieran dar sustento a los datos obtenidos en esta pregunta.

### 5.7 ¿El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas?

En esta pregunta se pidió a los encuestados que seleccionaran la opción que más reflejara su opinión sobre si el modelo CMMI ha cumplido con sus expectativas, las opciones de respuesta son las mismas que se muestra en la Tabla 25 y los resultados obtenidos se cruzaron con el rol que tiene el encuestado para observar la respuestas a un nivel más detallado, los resultados finales se muestra en la Figura 37.

**El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas**



*Figura 37 - ¿El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas?*

No se obtuvieron respuestas para las opciones “En desacuerdo” y “Totalmente en desacuerdo”. La pregunta tuvo una media promedio de 4.14 que indica que los encuestados están de acuerdo en que el modelo CMMI ha cumplido de forma general con las expectativas que tenían de éste, esto es importante ya que refleja que el modelo tuvo una respuesta positiva en el personal de las empresas que participaron en el estudio y va de la

mano en que el 93% de los encuestados sí volverían a participar en un proyecto de CMMI, ver sección 4.3.5.

## **Conclusiones**

A lo largo del presente estudio de investigación se abordó el modelo CMMI desde la perspectiva de conocer los beneficios que obtienen las empresas desarrolladoras de software del área metropolitana de la ciudad de Monterrey al certificarse en dicho modelo. El objetivo de la tesis ha sido el analizar los beneficios percibidos por los profesionistas encuestados contra lo que la literatura investigada indica que las empresas han obtenido al certificarse en el modelo CMMI.

Se encuestaron a catorce profesionistas de IT, que desempeñaban diferentes roles en las dieciocho empresas certificadas en CMMI que conformaron la muestra. En los resultados obtenidos se resalta que sí hay una diferencia, en términos generales, en el nivel de beneficio que genera, valga la redundancia, el beneficio en las empresas del área metropolitana de la ciudad de Monterrey y que difiere de los que los estudios consultados reportan, es decir, se encontró que a diferencia de los estudios investigados, CMMI en la industria local sí está ayudando a mejorar el valor del negocio (ROI), ayuda en la detección y reducción de defectos, se mejora la satisfacción del cliente, sí se tiende a mejorar la moral del staff, a mayor nivel de madurez mejor rendimiento global de la empresa; aunque también se encontró que en la industria local el modelo CMMI no ha ayudado a reducir los costos de los proyectos.

De igual forma se corroboró que también hay similitudes, aunque en menor número, entre lo que los estudios consultados reportan y lo que las empresas realmente perciben de dichos beneficios, destacando al igual que en la literatura que CMMI en la industria local sí está ayudando a mejorar la habilidad para cumplir presupuestos, se mejora la calidad de los productos, permite mejorar el tiempo en el ciclo de desarrollo (calendarios), mejora la



productividad de las personas, así como que a mayor nivel de madurez, el tiempo invertido en trabajo de papel no decrece y que no tiende a ayudar a reducir el apoyo a los sistemas operacionales.

Con las similitudes y diferencias encontradas no se quiere decir que en la industria local sí sean o no sean beneficios, sí son beneficios, solo que no son reportados en el mismo nivel que en los estudios investigados.

El estudio también permitió destacar que CMMI es un modelo “joven” en la industria local, el promedio de años de uso de éste es de cuatro y el de años certificados es de tres y que solo dieciochos de las doscientas treinta y seis empresas que tiene la industria local de IT están certificadas en el modelo; la juventud del modelo pudiera ir de la mano en el hecho de que la media promedio de cada una de las clasificaciones de beneficios evaluados no llega a un valor de 4.0 (que estén al menos de acuerdo), nuevamente esto no quiere decir que no sean beneficios, si no que ninguna de las cinco clasificaciones son reportadas fuertemente con un nivel que permita asegurar que siempre serán reportados en la mayoría de las implementaciones que se hagan del modelo, pero este es un punto fuera del objetivo del estudio y que se tendría que analizar más a fondo en un estudios futuros.

Al analizar los beneficios extra que los encuestados reportan que son obtenidos aparte de los evaluados en el estudio, se encontró un mayor número de reportes en las clasificaciones “enfocados a los proceso” y “enfocado a las personas”, también destaca que no se reportaron beneficios económicos extra.

Se concluye también en base a las respuestas obtenidas en las preguntas del tipo abierta, que a pesar de que sí se obtienen los mismos beneficios que se evalúan en este estudio, factores locales de la industria y la forma de pensar y trabajar del profesionista de

TI local pudieran estar afectando en la manera en que ciertos beneficios están más presentes que otros y que el modelo CMMI está corrigiendo en mayor medida malas prácticas que ya da solucionadas por defecto el modelo, pero que se están reportando como beneficios propiamente de éste.

Es importante destacar que en general los encuestados sí volverían a participar en un proyecto de CMMI, consideran que el modelo es adecuado para su empresa y para la industria de TI en México, reportan que CMMI sí deja un valor agregado a los proyectos de software y que ha cumplido con las expectativas que éstos tenían de él y principalmente que sí genera una gran cantidad de beneficios a las empresas, por lo que se debe seguir apoyando a la adopción del modelo no solo en la industria local si no a nivel nacional, es un modelo de referencia, maduro y ampliamente aceptado, y una opción ideal en la búsqueda constante de la mejora continua de los procesos involucrados en el desarrollo de productos y servicios de software.

### **6.1 Estudios futuros**

Acorde a la recopilación de datos realizado en el presente trabajo de investigación, no se encontraron estudios que hablaran sobre los beneficios del modelo CMMI en la industria de TI en México o del impacto del modelo en el país o en general sobre algún tema relacionado con el modelo CMMI en la industria de TI en México, de aquí la necesidad del presente estudio; por lo que un futuro trabajo de investigación sería el profundizar y lograr abarcar más empresas y profesionistas para tener en primera instancia, una radiografía más exacta del impacto que está generado el modelo CMMI en la industria de TI en el estado de Nuevo León. Un siguiente paso sería el desarrollar un estudio similar y aplicarlo en otras regiones del país, con el fin de contar con los datos suficientes para

comparar y conocer lo que pasa alrededor del país donde el modelo tiene presencia y así saber de forma más exacta cómo se encuentra el modelo CMMI en la industria de TI del país.

De igual forma, es posible tomar el presente trabajo como base para desarrollar uno que se enfoque a otros modelos, como es el caso del modelo Moprosoft o a algún modelo Ágil y de igual forma, conocer cómo se encuentra dicho modelo en la industria de TI, todo con el fin de conocer más a detalle cómo se encuentran los modelos que tiene como fin último mejorar la calidad del software independientemente de la forma y la metodología que sigan.



**Instrucciones:** Seleccione las opciones que más se acerque a su situación laboral actual.

**5. Giro que atiende la empresa**

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Gubernamental. | <input type="checkbox"/> Industria privada.   |
| <input type="checkbox"/> Bancario.      | <input type="checkbox"/> Sectores específico. |
| <input type="checkbox"/> Académico.     | <input type="checkbox"/> Indistinto           |

**6. ¿Tipo de software que se desarrolla en la empresa?**

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Embebido.                    | <input type="checkbox"/> Software empresarial a la medida. |
| <input type="checkbox"/> Entretenimiento/Videojuegos. | <input type="checkbox"/> Software empresarial empaquetado. |
| <input type="checkbox"/> Telecomunicaciones.          | <input type="checkbox"/> Otro. Especifique: _____          |
| <input type="checkbox"/> Servicios web/Páginas Web.   |  |

**Modelo CMMI**

**Instrucciones:** Seleccione la opción que más se acerque a la situación actual de la empresa.

**7. ¿Conoce el modelo CMMI?**

- SÍ  NO

Si la respuesta es afirmativa continúe con el cuestionario caso contrario pasar al final de la encuesta.

**8. ¿Aproximadamente qué porcentaje de la organización que desarrolla software está certificado en el modelo CMMI?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**9. Nivel del modelo CMMI en el que se encuentra la empresa**

- |                                  |                                  |
|----------------------------------|----------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Nivel 2 | <input type="checkbox"/> Nivel 4 |
| <input type="checkbox"/> Nivel 3 | <input type="checkbox"/> Nivel 5 |

**10. ¿Cuáles considera que fueron las principales razones de la implementación del modelo CMMI en la empresa y no otro modelo similar?**

**11. Desde el primer piloto hasta hoy en día, ¿Aproximadamente cuántos años tiene la empresa usando el modelo CMMI?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> 1 año o menos | <input type="checkbox"/> 4 años             |
| <input type="checkbox"/> 2 años        | <input type="checkbox"/> 5 años             |
| <input type="checkbox"/> 3 años        | <input type="checkbox"/> Especifique: _____ |

**12. Desde que se obtuvo la primera certificación del modelo CMMI hasta hoy en día ¿Aproximadamente cuántos años tiene la empresa certificada en el modelo CMMI?**

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Ninguno       | <input type="checkbox"/> 4 años             |
| <input type="checkbox"/> 1 año o menos | <input type="checkbox"/> 5 años             |
| <input type="checkbox"/> 2 años        | <input type="checkbox"/> Especifique: _____ |
| <input type="checkbox"/> 3 años        |   |

**13. ¿Aproximadamente cuánto tiempo le llevó a la empresa el proceso de certificación del nivel más reciente en el que se encuentra certificada?**

1 año o menos

4 años

2 años

5 años

3 años

Especifique: \_\_\_\_\_

**14. ¿Cuál sería el siguiente paso para la empresa?**

Recertificar en el nivel actual.

No continuar la mejora de procesos.

Continuar la mejora de procesos

Certificarse en el siguiente nivel.

indistintamente de una certificación.

**15. De la respuesta anterior, exprese al menos 3 razones de ese paso a seguir:**

**16. ¿Si lo invitaran a participar en otro proyecto de certificación en CMMI, volvería a participar?**

SÍ

NO

**17. ¿Cuáles son los motivos para su respuesta anterior?**

**18. ¿Aproximadamente qué porcentaje considera que los proyectos se han visto beneficiados al aplicar CMMI versus no aplicar el modelo?**

Especifique: \_\_\_\_\_

**19. ¿Cuáles considera que son las principales desventajas del modelo CMMI?**

**20. Si pudiera cambiar algo, ¿Qué le gustaría que se hiciera diferente en la manera en la que se aplica el modelo CMMI en la empresa?**

**21. ¿Qué aportaciones o cambios haría al modelo CMMI?**

**22. ¿Qué opinan los Ingenieros de Software sobre la aplicación del modelo CMMI?**

|  |
|--|
|  |
|--|

**Beneficios del modelo CMMI**

**Instrucciones:** Seleccione la opción (con una X) que más refleje su opinión sobre el nivel de cumplimiento de la características citada.

|     | Características después de aplicar el modelo CMMI         | Cumplimiento |              |               |            |       |
|-----|---|--------------|--------------|---------------|------------|-------|
|     |   | Siempre      | Casi siempre | Algunas veces | Casi nunca | Nunca |
| 23. | Cumplimiento de los calendarios y fechas establecidas:    |              |              |               |            |       |
| 24. | Cumplimiento con los rangos de presupuestos establecidos: |              |              |               |            |       |

**Instrucciones:** Seleccione la opción (con una X) que más refleje su opinión sobre la afirmación citada.

|     | Aseveraciones acerca del modelo CMMI  | Nivel de acuerdo/desacuerdo con la afirmación presentada |            |                                |               |                          |
|-----|---|--|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|
|     |   | Totalmente de acuerdo                                    | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
| 25. | La funcionalidad <sup>1</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:  |  |            |                                |               |                          |
| 26. | La confiabilidad <sup>2</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:  |  |            |                                |               |                          |
| 27. | La mantenibilidad <sup>3</sup> de las aplicaciones ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI: |  |            |                                |               |                          |
| 28. | La satisfacción actual de los clientes ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:             |  |            |                                |               |                          |
| 29. | La moral del personal en la empresa ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:                |  |            |                                |               |                          |
| 30. | El valor del negocio ha mejorado gracias a la implementación del modelo CMMI:                     |  |            |                                |               |                          |
| 31. | La implementación de la mejora de procesos toma menor tiempo del esperado:                        |  |            |                                |               |                          |
| 32. | La aplicación del modelo CMMI ha valido la pena en el dinero y esfuerzo invertido:                |  |            |                                |               |                          |

|     |  |  |  |  |  |  |
|-----|--|--|--|--|--|--|
| 33. | El modelo CMMI ha tenido un efecto positivo en la organización:  |  |  |  |  |  |
| 34. | Con la aplicación del modelo CMMI la retroalimentación de defectos por parte del cliente ha disminuido:  |  |  |  |  |  |
| 35. | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos durante el desarrollo de software ha disminuido: |  |  |  |  |  |
| 36. | Con la aplicación del modelo CMMI el número de defectos en ambientes productivos ha disminuido:          |  |  |  |  |  |
| 37. | La productividad ha mejorado con la aplicación del modelo CMMI:  |  |  |  |  |  |

**Definición de términos:**

4. **Funcionalidad:** Capaz de servir a un propósito bien, "software con una gran funcionalidad".
5. **Confiabilidad:** La capacidad de un sistema o componente para realizar sus funciones requeridas bajo condiciones establecidas durante un período determinado de tiempo.
6. **Mantenibilidad:** La facilidad con que puede un producto de software ser modificado a fin de: corregir defectos, adecuarse a las nuevas necesidades, permitir tareas de mantenimiento de forma más fácil, o capacidad de enfrentarse a un entorno cambiante.

|     | Aseveraciones acerca del modelo CMMI   | Nivel de acuerdo/desacuerdo con la afirmación presentada |            |                                |               |                          |
|-----|--|--|------------|--------------------------------|---------------|--------------------------|
|     |  | Totalmente de acuerdo                                    | De acuerdo | Ni de acuerdo ni en desacuerdo | En desacuerdo | Totalmente en desacuerdo |
| 38. | La mejora de procesos basado en CMMI cuesta (en costos) menos de lo esperado:  |  |            |                                |               |                          |
| 39. | La aplicación de herramientas para automatizar los procesos ha disminuido el uso del papel:  |  |            |                                |               |                          |
| 40. | La empresa tiene un mejor rendimiento (global) gracias al nivel actual de uso del modelo CMMI:   |  |            |                                |               |                          |
| 41. | Hay una reducción en la operación en los sistemas/áreas operacionales (Call-Center, Servicio al cliente, área de soporte u operación, etc.) gracias a la aplicación del modelo CMMI: |  |            |                                |               |                          |
| 42. | El modelo CMMI es adecuado para la empresa:  |  |            |                                |               |                          |
| 43. | El modelo CMMI se adapta a las empresas de TI en México:   |  |            |                                |               |                          |
| 44. | El modelo CMMI le da un valor agregado a los proyectos de la empresa:  |  |            |                                |               |                          |
| 45. | El modelo CMMI ha cumplido con mis expectativas:   |  |            |                                |               |                          |



**Instrucciones:** Responda puntualmente a la siguiente pregunta.

**46. ¿Qué otros beneficios considera que se han obtenido en su empresa con la aplicación del modelo CMMI?**

**Muchas gracias por su tiempo y apoyo**

Si desea recibir los resultados de este estudio, indique por favor su dirección de correo electrónico:

---

## Bibliografía

Alvarado M, J. A. (2004). Mejora del proceso de desarrollo de software en México, un estudio exploratorio. 14-16.

Baker, E. (2001). Which way, SQA? *IEEE Software*, 18 (1), 16-18.

Biberoglu, E., & Haddad, H. (2002). A survey of industrial experiences with CMM and the teaching of CMM practices. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 18 (2), 143-152.

Biberoglu, E., & Haddad, H. (2002). A survey of industrial experiences with CMM and the teaching of CMM practices. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 18 (2), 143-152.

Consejo de Software de Nuevo León AC. (18 de Noviembre de 2009). *Empresas con certificación CMMI*. Recuperado el 13 de Septiembre de 2010, de Consejo de Software de Nuevo León: <http://www.csoftmtty.org/node/225>

Consejo de Software de Nuevo León AC. (2009). *Industria*. Recuperado el 20 de Mayo de 2011, de Consejo de Software de Nuevo León: <http://www.csoftmtty.org/industria>

DACS. (2009). *roi*. Recuperado el 23 de Mayo de 2009, de DACS: <https://www.thedacs.com/databases/roi/>

Dale, B. G., Y.-Wu, P., Zairi, M., Williams, A. R., & Van Der Wiele, T. (2001). Total quality management and theory: An exploratory study of contribution. *Total Quality Management*, 12 (4), 439-449.

Dick, S., Bethel, C., & Kandel, A. (2002). Are software failures chaotic?., (págs. 316-321).

Fayad, M. E. (1997). Software development process: a necessary evil. *Commun. ACM*, 40 (9), 100-103.

Francisco Álvarez, R., Jaime Muñoz, A., & Alfredo Weitzenfeld, R. (s.f.). CMMi for Small Business: Initial Tailoring of a Mexican organization. 1-4.

Gasca, E. G., Tornés, A. F., Rojas, A. P., & López, L. F. (2008). Acerca de la implementación de los modelos de calidad en la construcción de software en México. *Revista Digital Universitaria*, 9 (9), 4-19.

Gefen, D., Zviran, M., & Elman, N. (2006). What can be learned from CMMi failures? *Communications of AIS*, 2006 (17), 2-28.

Herbsleb, J., Carleton, A., Rozum, J., Siegel, J., & Zubrow, D. (1994). *Benefits of CMM-based software process improvement: Initial results*. Software Engineering Institute, Carnegie Mellon.

Herbsleb, J., Zubrow, D., Goldenson, D., Hayes, W., & Paulk, M. (1997). Software quality and the Capability Maturity Model. *Communications of the ACM*, 40 (6), 30-40.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Cuarta Edición ed.). (McGraw-Hill, Ed.)

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación* (Cuarta Edición ed.). (McGraw-Hill, Ed.)

Hillel, G. (2003). *Commentary: Two key challenges to implementing the CMMI*. (c) 2003 Dolan Media, all Rights Reserved.

J Bickley, M., & Whiteley, A. (2004). Can You Pay for Quality Work? A Government Case Study. *Quality Management Journal*, 11 (4), 8-19.

Kay, R. (2005). CMMI. *Computerworld*, 39 (4), 28-28.

Kitchenham, B., & Pfleeger, S. (1996). Software quality: the elusive target. *IEEE Software*, 13 (1), 12-21.

Li, J. (2007). Application of CMMI in Innovation Management., (págs. 4961-4964).

- Littlewood, B., & Strigini, L. (2000). Software reliability and dependability: a roadmap. *Proceedings of the Conference on the Future of Software Engineering* (págs. 175-188). ACM New York, NY, USA .
- Lyu, M. (1996). *Handbook of software reliability engineering*. McGraw-Hill New York et al.
- McGibbon, T., Ferens, D., & Vienneau, R. L. (2007). A business case for software process improvement (2007 Update). 37-41.
- McManus, J. (2001). Risk in Software Projects. *Management Services*, 45 (10), 6-10.
- Meie, J., Homer, A., Hill, D., Taylor, J., Bansode, P., Wall, L., y otros. (2008). *Application Architecture Guide 2.0*. Microsoft patterns & practices.
- Niazi, M., Wilson, D., & Zowghi, D. (2005). A maturity model for the implementation of software process improvement: an empirical study. *Journal of Systems and Software*, 74 (2), 155-172.
- Osterweil, L. (1996). Strategic directions in software quality. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 28 (4), 738-750.
- Paulk, M. (1998). Using the software CMM in small organizations. *Pacific Northwest Software Quality Conference and the Eighth International Conference on Software Quality*, (págs. 350-361).
- Project Management Institute. (2004). *A guide to the project management body of knowledge: PMBOK Guide* (3era Edición ed.). Project Management Institute.
- Royce, W. (2002). CMM vs CMMI: From conventional to modern software management. *The Rational Edge*, 1-10.
- Schermerhorn, Wright, & Wiley, J. a. (2008). *Management*. Wiley.

Software Engineering Institute. (2006). *CMMI for Development, Version 1.2*. Pittsburgh: Carnegie Mellon University.

Software Engineering Institute. (2007). CMMI Version 1.2 Overview presentation.

Soltani, E. (2005). Top management: A threat or an opportunity to TQM? *Total Quality Management & Business Excellence*, 16 (4), 1-15.

Stein, S. (2006). Software Process Improvements in a Small Organisation .

Venkataraman, B. (1999). Some observations on software quality. ACM New York, NY, USA .

Venkataraman, B. (1999). Some observations on software quality. *37th annual Southeast regional conference*. ACM New York, NY, USA.

Wheeler, S., & Duggins, S. (1998). Improving software quality. (págs. 300-309 ). ACM New York, NY, USA .

Zahran, S. (1998). *Software process improvement*. Addison-Wesley.

Tecnológico de Monterrey, Campus Monterrey



**30002007432115**

<http://biblioteca.mty.itesm.mx>