



Universidad Autónoma de Querétaro  
Facultad de Informática  
Maestría en Ingeniería de Software Distribuido

Análisis del impacto del uso de herramientas CASE en el desarrollo de software dentro de las pequeñas y medianas empresas de Querétaro

**TESIS**

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de  
Maestro en Ingeniería de Software Distribuido

**Presenta:**

Caribe Gallegos López

**Dirigido por:**

M.S.I. Lilia López Vallejo

**SINODALES**

M.S.I. Lilia López Vallejo  
Presidente

Dra. Rosa María Romero González  
Vocal

M. en C. Ruth Angélica Rico Hernández  
Vocal

Dr. Efrén Gorrostieta Hurtado  
Vocal

Dr. Jesús Carlos Pedraza Ortega  
Suplente

Firma

Firma

Firma

Firma

Firma

M. en C. Ruth Angélica Rico Hernández  
Director de la Facultad

Dr. Luis Gerardo Hernández Sandoval  
Director de Investigación y  
Posgrado

## Resumen

El presente documento muestra un estudio realizado dentro de las empresas desarrolladoras de software en la ciudad de Querétaro, el cual está enfocado específicamente en el uso de herramientas CASE. El estudio fue realizado en 15 organizaciones que proporcionaron la información requerida, dicha información permitió identificar algunos de los factores que impulsan el uso de la tecnología CASE dentro de una organización. Así mismo permitió realizar una valoración comparativa de diversas variables de desempeño entre las organizaciones que usan esta tecnología y las que no lo hacen hasta el momento del estudio. Así de esta manera se pudieron establecer evidencias sobre la influencia que ha tenido el uso de las herramientas CASE en el desempeño de las empresas queretanas. Esta información se espera sirva a otras organizaciones como un antecedente para incrementar el uso de dicha tecnología.

Los resultados obtenidos a partir de la presente investigación mostraron que: Las herramientas CASE son poco usadas dentro de las empresas Queretanas desarrolladoras de software.

Un factor importante de este bajo grado de uso de la herramienta es el desconocimiento de la diversidad de herramientas existentes, las cuales pueden trabajar bajo diferentes paradigmas (metodologías) y de esta manera adecuarse a la metodología usada por la organización.

Es importante mencionar que TODAS las organizaciones que hacen uso de la herramienta CASE mostraron obtener beneficios en su desempeño con el uso de ésta.

Así mismo cabe mencionar que la exitosa adopción de una herramienta CASE depende de varios factores a considerar, tanto características de la organización, como de la herramienta seleccionada.

**(Palabras clave:** CASE, calidad de software, ingeniería de software, proceso de desarrollo de software)

## Summary

This Document contains a study that was carried out in companies that develop software in the City of Querétaro and is specifically focused on the use of CASE tools. The study was done in 15 organizations that provided the information required. With this information we were able to identify some of the factors that lead to the use of CASE technology within an organization. This also made possible a comparative evaluation of different performance variables in the organizations which use this technology and those that do not at the time of the study. In this way evidence could be established regarding the influence that the use of CASE tools has had on the performance companies in Querétaro. It is hoped that this information will serve as a precedent for other organizations in order to increase the use of the technology. Results of this research showed that CASE tools are seldom used in companies that develop software in the city of Querétaro. An important factor in this low level of use of the tool is a lack of knowledge about the diversity of existing tools which can work under different paradigms (methodologies) and thus be adapted to the methodology used by the organization. It is important to mention that ALL the organizations using the CASE tool obtained performance benefits through its use. We must also mention that the successful adoption of a CASE tool depends on various factors: characteristics of the organization, as well as the tool selected.

**(Key words:** CASE, software quality, software engineering, software development process)

## Dedicatorias

### **A mis padres**

Por su apoyo en cada momento de mi vida

## Agradecimientos

A las personas que me brindaron su apoyo y confianza para realizar esta investigación, que me orientaron en momentos difíciles y fueron guía en este camino.

# Índice

|   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Resumen.....  | i             |
| Summary.....  | ii            |
| Dedicatorias .....  | iii           |
| Agradecimientos.....                                      | iv            |
| Índice.....   | v             |
| Índice de cuadros.....                                    | vii           |
| Índice de gráficas .....                                  | viii          |
| I. INTRODUCCIÓN .....                                     | 1             |
| II. REVISIÓN DE LITERATURA.....                           | 4             |
| 2.1 Objetivos de la tesis .....                           | 4             |
| 2.1.1 Objetivo General .....                              | 4             |
| 2.1.2 Objetivos Específicos .....                         | 4             |
| 2.1 Definición de CASE.....                               | 4             |
| 2.2 Antecedentes .....                                    | 6             |
| 2.2.1 Surgimiento de CASE .....                           | 7             |
| 2.3 Tecnología de información.....                        | 9             |
| 2.4 CASE y la calidad del Software.....                   | 10            |
| 2.5 Adopción de una herramienta CASE .....                | 13            |
| 2.6 Tipos de CASE.....                                    | 19            |
| 2.6.1 Clasificación de acuerdo a cobertura .....          | 19            |
| 2.6.2 Clasificación por funcionalidad.....                | 20            |
| 2.7 Beneficios de las herramientas CASE .....             | 23            |
| 2.8 Tendencias tecnológicas de las herramientas CASE..... | 26            |
| III. METODOLOGÍA.....                                     | 29            |
| 3.1 Modelo de la Investigación .....                      | 29            |

|   |    |
|---|----|
| 3.2 Aspecto cualitativo .....               | 30 |
| 3.3 Aspecto cuantitativo .....              | 30 |
| 3.4 La encuesta.....                        | 30 |
| 3.5 La muestra .....                        | 31 |
| 3.6 Limitantes .....                        | 32 |
| 3.7 Elaboración de cuestionario .....       | 32 |
| 3.8 Aplicación de Cuestionario .....        | 33 |
| IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....            | 34 |
| 4.1 Obtención y análisis de resultados..... | 34 |
| V. CONCLUSIÓN .....                         | 45 |
| Literatura Citada.....                      | 48 |
| Anexos .....                                | 52 |
| Anexo A.....                                | 52 |
| Encuesta Aplicada.....                      | 52 |

## Índice de cuadros

| <b>Cuadro</b>   | <b>Página</b> |
|---|---------------|
| Cuadro 4.1 Ventajas obtenidas con el uso de CASE .....                    | 36            |
| Cuadro 4.2.1 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Requerimientos</b> ..... | 41            |
| Cuadro 4.2.2 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Análisis</b> .....       | 41            |
| Cuadro 4.2.3 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Diseño</b> .....         | 41            |
| Cuadro 4.2.4 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Desarrollo</b> .....     | 41            |
| Cuadro 4.2.5 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Documentación</b> .....  | 42            |
| Cuadro 4.2.6 Porcentaje de uso en la etapa de <b>Pruebas</b> .....        | 42            |
| Cuadro 4.2.7 Porcentaje de uso en la etapa de <b>mantenimiento</b> .....  | 42            |

## Índice de gráficas

| <b>Gráfica</b>   | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| Gráfica 4.1: Obtención de beneficios con CASE.....                                       | 35            |
| Gráfica 4.2: Ventajas obtenidas con el uso de CASE .....                                 | 36            |
| Gráfica 4.3a Desempeño de la Organización “A” antes y después del uso de<br>CASE .....   | 38            |
| Gráfica 4.3b Desempeño de la Organización “B” antes y después del uso CASE               | 39            |
| Gráfica 4.3c Desempeño de la Organización “C” antes y después del uso CASE               | 40            |
| Gráfica 4.15.d Desempeño de la Organización “D” antes y después del uso de<br>CASE ..... | 40            |

## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día para sobrevivir, y hacer frente a los constantes cambios del entorno en el que se desenvuelven, las organizaciones tienen que adaptarse. De este modo con la globalización de los mercados y el desarrollo de la tecnología y las comunicaciones, las organizaciones tienen que identificar y desarrollar ventajas competitivas para brindar servicios y productos de alta calidad.

En un mundo globalizado donde la renovación marca la subsistencia en los mercados, el aseguramiento de la calidad juega un papel preponderante convirtiéndose en la herramienta básica para la competitividad.

En esta era de cambios que actualmente enfrentan las organizaciones, las empresas buscan elevar índices de productividad, lograr mayor eficiencia y brindar un servicio de calidad, de esta manera las organizaciones deben responder de manera adecuada a los cambios del entorno así como a la creciente demanda de productos y servicios, cada vez más eficientes, rápidos y de mejor calidad.

Una organización se considera competitiva si mantiene éxito constante a través de la satisfacción del cliente. Por ello, el gran desafío que enfrentan las organizaciones es elevar su productividad y calidad a lo largo de toda su actividad, y a la vez reducir costos aumentando su efectividad y eficiencia.

Se entiende por competitividad a “la capacidad de una organización, de mantener sistemáticamente ventajas comparativas que le permitan alcanzar, sostener y mejorar una determinada posición en el entorno socioeconómico”. (Homogeneización de Conceptos de Servicios de Desarrollo Empresarial, 2007)

La ventaja competitiva de una empresa está cimentada en las habilidades, recursos, conocimientos, estrategias, etc., de los que dispone dicha empresa, en comparación con sus competidores; de este modo el nivel de desarrollo de estos factores depende la obtención de un mayor rendimiento y productividad dentro de una organización.

La competitividad se logra a través de un largo proceso de aprendizaje y adquisición de experiencias, así como la aplicación de diversas estrategias que se adapten a la dinámica dentro de la cual se desenvuelve la organización.

Querétaro está considerada como una ciudad innovadora, por tal motivo el gobierno de Querétaro mediante diversos proyectos planea colocar a dicha entidad como líder regional en la producción de software, con estas alternativas pretende desarrollar el gran potencial de la industria de Querétaro, por tal razón la competitividad se convierte en un factor determinante para el desarrollo exitoso.

Las necesidades actuales de una ciudad innovadora llevan al uso de tecnologías innovadoras que ayuden a elevar la productividad de las empresas, de este modo las empresas desarrolladoras de software entran en esta dinámica, con la finalidad de responder al entorno dentro del sector empresarial en constante evolución.

La innovación tecnológica es clave para que una organización pueda competir en la economía moderna, aumente su producción y responda a las demandas del mercado global.

Las tecnologías de la información juegan un papel crítico para el incremento de la productividad y competitividad de una empresa, de esta manera la infraestructura de tecnologías de la información (TI) y el factor tecnológico han llegado a constituir un ingrediente estratégico para alcanzar altos niveles de competitividad y crecimiento.

Las organizaciones actuales que basan sus procesos en la información, necesitan contar con Sistemas de Información que las integren. Los servicios que dichas organizaciones presten deben actuar y reaccionar de manera rápida y adecuada ante las presiones del mercado. Estos factores ejercen una alta presión sobre las organizaciones que desarrollan software, es por ello que los ambientes que integran tecnología CASE (por sus siglas en inglés: Computer Aided Software Engineering) pueden llegar a ser un componente estratégico para estas organizaciones, proporcionando con esto las habilidades necesarias para

alcanzar una mayor productividad con un menor tiempo de desarrollo y costo.

A raíz de la crisis del software, la industria del software en un intento por combatir los problemas de calidad y productividad ha apuntado hacia la tecnología CASE como una solución potencial para dichos problemas.

Esto debido a los beneficios que diversos autores establecen que esta herramienta acarrearía con su uso dentro de la organización, mencionando principalmente **mejoras en la calidad y productividad** así como:

- Disminución de tiempo y costo de desarrollo
- Apoyo en documentación
- Facilitar el mantenimiento
- Solución a los principales problemas del desarrollo como: demoras, errores, inconsistencias, dificultad para pruebas

Sin embargo todos estos beneficios solo se verán reflejados en el desempeño de la organización tras de un adecuado proceso de selección y adopción de una herramienta CASE.

Estos procesos dependen de diversos factores a tomar en consideración, como lo son características de las herramientas a evaluar, así como características de la propia organización y su entorno.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### **2.1 Objetivos de la tesis**

#### ***2.1.1 Objetivo General***

Realizar un estudio sobre el impacto en materia de desarrollo de software, asociado a los beneficios que se obtienen del uso de las herramientas CASE en las empresas Queretanas que se dedican al desarrollo de productos de software con calidad.

#### ***2.1.2 Objetivos Específicos***

- Definir las ventajas del uso de las herramientas CASE
- Definir los factores que influyen en la adopción de herramientas CASE en una empresa
- Identificar el grado de uso de las herramientas CASE dentro de las empresas en Querétaro que desarrollan software.
- Realizar un estudio comparativo entre varias empresas con un nivel diferente de utilización de herramientas CASE, para comparar indicadores de desempeño.
- Documentar los posibles beneficios que se encuentren para las empresas Queretanas que utilizan las herramientas CASE.

### **2.1 Definición de CASE**

Premkumar y Potter (1995) definen CASE como “un conjunto de herramientas de software que soporta las metodologías de ingeniería de software, y ayuda en la automatización del desarrollo de software”.

Lending y Chervany (1998) al respecto comenta “La tecnología CASE es un conjunto de herramientas que proveen asistencia automática para el desarrollo de software. La meta de la introducción de las herramientas CASE es la reducción de

tiempo y costo de desarrollo de software y el realce de la calidad de los sistemas desarrollados”.

La definición especificada por INEI (1999) establece que son un conjunto de métodos, utilidades y técnicas que facilitan la automatización del ciclo de vida del desarrollo de sistemas de información, completamente o en alguna de sus fases.

La tecnología CASE supone la aplicación de principios científicos a través de una metodología que ayude a producir software de alta calidad en un tiempo mucho más reducido. (De Freitas, et al, 1999)

Esta tecnología es usada en algunas de las fases (o todas) de desarrollo de sistemas de información, incluyendo análisis, diseño y programación. El objetivo fundamental de la CASE es proveer un lenguaje para describir el sistema general que sea suficientemente explícito para generar todos los programas. (De Freitas, et al, 1999)

La realización de un nuevo software requiere que las tareas sean organizadas y concluidas en forma correcta y eficiente. Las Herramientas CASE fueron desarrolladas para automatizar tales actividades y facilitar las tareas de coordinación de los eventos que necesitan ser mejorados en el ciclo de desarrollo de software. (INEI, 1999)

El empleo de herramientas CASE permiten integrar el proceso de ciclo de vida:

- Análisis de datos y procesos integrados mediante un repositorio.
- Generación de interfaces entre el análisis y el diseño.
- Generación del código a partir del diseño.
- Control de mantenimiento.

## **2.2 Antecedentes**

En los primeros años de desarrollo de software éste se realizaba sin ninguna planificación, hasta que las demandas y requerimientos comenzaron a desbordarse y los costos a crecer. (Pressman, 1998)

La industria del software no ha evolucionado a la misma velocidad que el hardware, ni al mismo ritmo al que nacen los requerimientos para nuevas aplicaciones dentro de las organizaciones que les permitan adaptarse a un medio ambiente dinámico y competitivo. (Viloria, 1996)

En la primera etapa de la evolución del software para computadora, éste se diseñaba a la medida para cada aplicación y tenía un uso relativamente pequeño. En su mayor parte, el software desarrollado era utilizado por la misma persona u organización, que además lo realizaba, lo ejecutaba y, si fallaba, lo depuraba, así pues el proceso de documentación normalmente no existía.

La segunda etapa se caracterizó por la introducción de nuevos conceptos de interacción hombre-máquina así como nuevos niveles de sofisticación del hardware y del software. A medida que el número de sistemas informáticos crecía, el mantenimiento del software se incrementaba, y el esfuerzo requerido en éste comenzó a absorber recursos humanos y técnicos en una medida alarmante. (De Freitas, et al, 1999)

La naturaleza personalizada de muchos programas los hacía virtualmente imposibles de mantener, comenzando así la crisis del software. (Pressman, 1998)

La tercera etapa en la evolución de los sistemas de computadoras se caracterizó por el procesamiento distribuido (múltiples computadoras, cada una ejecutando funciones concurrentemente y comunicándose con alguna otra), incrementando notablemente la complejidad de los sistemas informáticos.

La cuarta etapa, tuvo un impacto muy poco notable en los diversos problemas de software a los que se enfrentaban las organizaciones, debido al poco alcance para solucionar dificultades como: el excesivo

mantenimiento de sistemas, la falta de documentación y el envejecimiento de las aplicaciones que enfrentaban muchas empresas. (De Freitas, et al, 1999)

### **2.2.1 Surgimiento de CASE**

Como respuesta para dar solución a los problemas resultantes en el proceso de evolución del software, surge una herramienta llamada Ingeniería de Software Asistida por Computadora (del inglés Computer Aided Software Engineering - CASE) a mediados de los años setenta, cuando empiezan a aparecer las primeras metodologías estructuradas y se inician las investigaciones sobre entornos de desarrollo. (Piattini, et al, 2004)

Las herramientas del CASE serían una familia de métodos favorablemente estructurados para planeamiento, análisis y diseño. (INEI, 1999) Esto llevaría a la generación automática de código para desarrollo de software vía una especificación formalmente diseñada.

La principal ventaja de la utilización de una herramienta CASE, sería la mejora de la calidad de los desarrollos realizados y, en segundo término, el aumento de la productividad así como la reducción de la cantidad de tiempo y dinero gastado en proyectos. (Walt, 2002):

Así pues, la necesidad de mejorar la productividad del desarrollo profesional de sistemas fue uno de los principales motivos para crear CASE (Begoña, 2000).

Las Herramientas CASE tuvieron su inicio con el simple procesador de palabras que fue usado para crear y manipular documentación. Los setentas vieron la introducción de técnicas gráficas y diagramas de flujo de estructuras de datos. (INEI, 1999)

La introducción de las herramientas CASE para ayudar en el proceso de desarrollo de software permitiría que los diagramas pudieran ser fácilmente

creados y modificados, mejorando la calidad de los diseños de software. Los diccionarios de datos, un documento muy usado que mantiene los detalles de cada tipo de dato y los procesos dentro de un sistema, son el resultado directo de la llegada del diseño de flujo de datos y análisis estructural, hecho posible a través de las mejoras en las Herramientas CASE. Posteriormente se reemplazaron los paquetes gráficos por paquetes especializados que habilitaron la edición, actualización e impresión en múltiples versiones de diseño. Como un paso final, la verificación de errores y generadores de casos de pruebas fueron incluidos para validar el diseño del software. Todos estos procesos pueden vislumbrarse integrados en una herramienta CASE que soporta todo el ciclo de desarrollo.

La primera herramienta comercial se remonta a 1982, aunque algunos especialistas indican que algunos ejemplos de herramientas para diagramación ya existían. No fue sino hasta 1985 en que las herramientas CASE se volvieron realmente importantes en el proceso de desarrollo de software. Los proveedores prometieron a la Industria que muchas actividades serían beneficiadas por la ayuda de las herramientas CASE. (INEI, 1999)

A finales de los años 80s se produce un considerable aumento en la venta de productos CASE y empieza la etapa de asimilación de la tecnología, que fracasa debido a las limitaciones de la “primera” generación de productos. Esta primera generación de herramientas fracasa, debido principalmente a tres factores: (Piattini, et al, 2004)

- ↯ limitaciones de los productos
- ↯ falsas expectativas sobre sus posibilidades
- ↯ incorrecta implantación

A mediados de los noventa esta tecnología entró en su fase de madurez en la que surgió una “segunda generación” de herramientas CASE, que superan gran parte de las limitaciones existentes en la primera generación.

La tecnología CASE ha experimentado la clásica evolución a la

que se enfrentan aquellos paradigmas, que surgen como una posible solución capaz de resolver todos los problemas del desarrollo de sistemas de información.

### **2.3 Tecnología de información**

Con respecto a la tecnología de la información, Hooper (1990) menciona:

Debido a los cambios rápidos e inexorables que se están produciendo en la tecnología de la información y a las consecuencias tan irreversibles de quedarse atrás, las empresas se ven obligadas a asimilar la tecnología o morir. Esta situación se parece a una rueda de molino tecnológico. Las empresas tendrán que trabajar cada vez más para estar actualizadas.

En el presente entorno competitivo se puede observar que la rapidez del crecimiento en el uso de las computadoras ha creado una gran demanda en el desarrollo de SI y el manejo de TI dentro de las organizaciones. Los usuarios demandan información y sus expectativas se incrementan en términos de servicio y tiempo de liberación de los sistemas proporcionados por el departamento a cargo del desarrollo. (Premkumar y Potter, 1995)

Actualmente las organizaciones, están convencidas de que deben adquirir productos de alta y reconocida calidad, en virtud de la fuerte competencia que se ha generado en todas las áreas productivas donde los sistemas de software han ocupado un lugar preponderante, dada la gran importancia que tienen desde el punto de vista estratégico. (Díaz, et al, 2001)

El rápido cambio tecnológico en los sistemas de información está generando un profundo impacto sobre la competencia y las ventajas competitivas, debido al enorme papel de la información en la cadena de valores. (Rojas, et al, 2001) Una organización que pueda emplear una tecnología para mejorar la realización de una actividad, logra así una ventaja competitiva. Así pues, las organizaciones aprovechan los Sistemas de Información como armas contra otros

competidores (Díaz, et al, 1998), ya que la implantación oportuna de un Sistema de Información podría representar una estrategia que brindaría ventajas competitivas a dichas organizaciones (Rojas, et al ,2000), es decir, los Sistemas de Información tienen un impacto estratégico dentro de las organizaciones.

Ante estas circunstancias es importante que las organizaciones consideren que éstas dependerán de la capacidad de crear aplicaciones efectivas de computación rápidamente para mantenerse competitivamente en el futuro: Las herramientas CASE proveen tal velocidad y si es bien implementada, sus productos resultan de buena calidad. (De Freitas, et al, 1999)

#### **2.4 CASE y la calidad del Software**

Dado que la Ingeniería de Software se centra en la disciplina y en la estructura necesarias para obtener sistemas informáticos económicos y confiables, el objetivo del enfoque CASE es apoyar el uso consistente de los principios de la Ingeniería de Software mediante la utilización de una variedad de ayudas automatizadas de computación. (Rojas, et al, 2001)

Díaz (2001) expresa que uno de los principales objetivos de la Ingeniería de Software es producir software de calidad.

La calidad del software se puede definir como la concordancia con los requisitos funcionales y de rendimiento explícitamente establecidos, con los estándares de desarrollo explícitamente documentados y con las características implícitas que se espera de todo software desarrollado profesionalmente. Los estándares especificados definen un conjunto de criterios de desarrollo que guían la forma en que se aplica la Ingeniería de Software. (Díaz, et al, 2001)

A lo largo de los años el desarrollo de los Sistemas de Información, ha ido sufriendo cambios que buscan asegurar que se alcancen los resultados esperados cuando se comienza un nuevo desarrollo. Si bien podría ser fácil definir

los objetivos de un Sistema de Información, mantener el camino correcto para poder alcanzarlo y que este camino mantenga el equilibrio necesario entre la eficiencia y la efectividad es una tarea difícil. Esto es la búsqueda de Sistemas de Información de calidad. (Rojas, et al, 2000)

Observando el entorno de desarrollo de las organizaciones, se puede señalar que el software que se realiza en la actualidad es cada vez más complejo y una pieza clave en una gran cantidad de empresas. Cualquier actividad que consiga garantizar su éxito debe ser tomada en cuenta, como es el caso de las actividades que garantizan la calidad del software. (González y De Cuadra, 2001) Tenemos pues que el mayor desafío del desarrollo de software es realizar productos de calidad de una manera confiable y repetible mientras se mejora la productividad (Menéndez, 1996)

Por una parte las organizaciones quieren ser capaces de desarrollar y entregar software confiable, a tiempo y apegado al presupuesto acordado con el cliente. Por otro lado se muestra la perspectiva del cliente el cual quiere saber con certeza que todo lo anterior se cumplirá. Por esto las organizaciones deben buscar una norma, estándar o modelo que pueda ayudarlas a cumplir su meta de calidad (competitividad). (García, 2001)

Por tal motivo hoy en día las empresas necesitan certificados que ayuden a vender sus productos, así se favorece la creación de infraestructuras de calidad, organismos de normalización, entidades de inspección, etc., se impulsa la implantación de programas de calidad, y las empresas exigen certificados de calidad a sus proveedores.

Además de toda esta normativa, la calidad se reconoce como un elemento esencial de éxito de la empresa y constituye un factor estratégico en la política de competitividad. Ante esto, parece que la certificación es obligatoria para cualquier empresa.

En el caso de la producción de software, para lograr asegurar calidad en el producto final se debe tener un proceso de desarrollo que asegure dicha calidad.

Para ello existen normas de calidad ampliamente reconocidas y aceptadas. Estas normas se pueden encuadrar en dos líneas: las propuestas por el SEI (*Software Engineering Institute*) con su línea de CMM y su evolución a CMMI y la propuesta por ISO (*International Standard Organization*) de la cual hay múltiples líneas. (Pesado, et al, 2007).

Haciendo referencia al modelo de madurez de SEI (CMM) Thompson sugiere el uso de herramientas CASE para incrementar el nivel de madurez de una organización. Una vez que la organización ha alcanzado el nivel 2 o 3 de madurez, entonces ésta puede usarla como arma para mejorar su madurez. Esto no significa que una organización con baja madurez no debe usar herramientas CASE. Las organizaciones maduras pueden usar la tecnología CASE para incrementar la madurez en un buen número de áreas. CASE y CMM pueden ser complementarios. (Thompson, 1993)

El incremento de la competencia, y en algunos casos las evaluaciones SEI están causando que muchas organizaciones reconsiderar que tan efectivo es su desarrollo de software. Es natural ver en una herramienta de soporte adicional como un método para mejorar su proceso de desarrollo de software. (Stepien, et al, 1992)

Así pues, Menéndez (1996) menciona al respecto que tan pronto como el proceso de desarrollo de software es claramente definido, la tecnología CASE puede ser incorporada para realzarlo y mejorar tanto calidad como productividad. El proceso debe reflejar la práctica de los fundamentos de ingeniería. La tecnología CASE puede ser usada para hacer cumplir el control del proceso, asegurando que el proceso es disciplinado y repetible.

La calidad del proceso de desarrollo de SI puede ser mejorado por una correcta selección de la herramienta que soporte cada fase del proceso, del análisis de requerimientos a las pruebas finales y la integración. La selección de una herramienta inadecuada, por el contrario, puede afectar el desarrollo del SI. (Rojas, et al, 1999)

## **2.5 Adopción de una herramienta CASE**

La industria del software ha respondido a su evolución con una serie de herramientas para el desarrollo de aplicaciones y una de ellas es la herramienta CASE. (De Freitas, et al, 1999) Como toda tecnología, las herramientas CASE generan cambios en su proceso de adopción. En consecuencia su implementación debe ser debidamente estudiada y dirigida.

En los últimos años algunas empresas desarrolladoras de software han invertido grandes cantidades de dinero en la adopción de herramientas CASE con la convicción de que éstas representan una ventaja competitiva frente a otras organizaciones. (Díaz, et al, 2001)

Al adoptar una herramienta CASE, las organizaciones tienen la gran expectativa de que ello implica grandes mejoras en la calidad y velocidad en el proceso de desarrollo de los sistemas. (Iivari, 1996)

La selección de una herramienta CASE es un importante proceso estratégico para una organización que desarrolla SI dado el hecho de que su oportuna y precisa selección tiene un valor muy competitivo. Uno de los principales objetivos de una compañía cuando adopta una herramienta CASE es la mejora significativa del proceso de desarrollo de sistemas de información. (Rojas, et al, 2001)

Como con toda tecnología, la decisión de adquirir las herramientas CASE debe ameritar un estudio previo. Es peligroso tomar decisiones apresuradas para adoptar las herramientas CASE; indiscutiblemente generan muchos beneficios, pero también tienen sus inconvenientes.

El adoptar con éxito las herramientas CASE depende de lo bien que reaccionen las culturas organizacionales a los cambios tecnológicos y a los nuevos procedimientos, así como la metodología de desarrollo del software, el grado de resistencia al cambio, la estructura organizacional y el estilo de la

gerencia (De Freitas, 1997). Cabe mencionar que el implementar exitosamente una herramienta CASE en una organización no implica que otra empresa obtenga los mismos resultados, pues cada una de ellas tiene una cultura organizacional diferente. (De Freitas, et al, 1999)

Así mismo Kemerer señala: muchas de las herramientas CASE son muy costosas, y dejarlas de usar representaría un costo adicional después de adquirida; por lo tanto, hay que evitar su rechazo planificando el proceso de adopción de la misma junto a una evaluación de las distintas herramientas existentes. (Kemerer, 1992)

Un proceso formal de evaluación reduce la posibilidad de adquirir productos inadecuados o innecesarios, por lo que se requiere usar métodos de evaluación que permitan medir factores claves en el producto a adquirir (Rojas, et al, 2000)

Dado la cantidad de factores que pueden afectar la adopción de una herramienta CASE, y lo complejas que son por la cantidad de funciones que pueden ofrecer, la selección de herramientas CASE es un proceso estratégico muy importante para una unidad que desarrolla SI dado el hecho de que la selección oportuna y acertada de éstas tiene un gran valor competitivo. El proceso de selección, adquisición e implementación de una herramienta CASE en una organización es un proceso complejo. No es fácil diseñar un conjunto simple de criterios que puedan ser usados para evaluar todas las herramientas y ambientes de desarrollo. Los beneficios que una nueva herramienta pueda tener sobre la productividad o calidad de los SI resultantes son difícilmente medibles. (Rojas, Mendoza, et al, 2001)

Existen varios estándares, normas y modelos, para apoyar el proceso de evaluación, selección y adopción de una herramienta CASE, tales como los establecido por diversas organizaciones como la *IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)*, *ISO*, *SEI*, las cuales marcan directrices para el logro de los procesos mencionados.

Entre las normas y modelos de evaluación y selección de una

herramienta CASE que existen podemos mencionar:

- *ISO/IEC 14102:1995 International Standard. Information Technology – Guideline for the Evaluation and Selection of CASE tools (IEEE Std 1462-1998)*: Norma para evaluar la calidad de las herramientas CASE. Este Estándar Internacional define una secuencia de procesos y un conjunto estructurado de características de las herramientas CASE para usarlas en la evaluación técnica y por último, en la selección de una herramienta CASE. Este Estándar adopta las características y subcaracterísticas descritas en el modelo general de calidad de producto de software ISO/IEC 9126.
- *Modelo propuesto por Premkumar y Potter (1995)*: Modelo desarrollado que distingue dos tipos de variables (tecnológicas y organizacionales) que tienen impacto en la adopción de la herramienta CASE. Concluyendo que las características propias de la herramienta CASE son tan importantes como las características de la organización que la va a adoptar.
- *Modelo de selección Tecnológico propuesto por Rojas y Díaz (2000)*: Este modelo propone un conjunto de métricas tecnológicas tanto internas como externas para evaluar las características de las herramientas CASE con la finalidad de proporcionar un marco de referencia que facilite el proceso de selección de herramientas CASE. La deficiencia de este modelo no toma en cuenta características del entorno en el cual operará la herramienta.
- *Modelo de selección Organizacional propuesto por Mendoza (2001)*. Este modelo considera los indicadores organizacionales señalados por Premkumar y Potter, los cuales son evaluados para determinar la capacidad de la organización para adoptar la tecnología CASE, este modelo está limitado al no incluir un estudio específico de la herramienta que debe ser seleccionada.

➤ *Modelo adaptado al estándar ISO/IEC 14102 por Díaz (2001)*: Toma en consideración indicadores de la propuesta de Rojas y Díaz no considerados por el estándar ISO/IEC 14102 y viceversa, haciendo una integración de los mismos.

➤ *Modelo Integrado propuesto por Mendoza (2004)*: Modelo que surge de la integración del modelo organizacional y el modelo tecnológico, este modelo amplía y refuerza el análisis de las herramientas al considerar ambas características así como la relación sistemática entre ellas. El proceso para la selección de una herramienta CASE basado en este modelo evalúa tanto características técnicas del producto, como la preparación de la organización para asimilarlo.

Como se observa existe una diversidad de modelos, cada uno considerando diversos indicadores a evaluar bajo diferentes justificaciones, desde mi punto de vista y después de estudiado cada uno de los modelos propuestos, considero que aun no existe un modelo completo, pues yo sugeriría una evaluación de indicadores tecnológicos, bajo el *Modelo adaptado al estándar ISO/IEC 14102 por Díaz (2001)* incluyendo la evaluación de indicadores organizacionales para complementarse.

Por otro lado los modelos de adopción de una herramienta CASE considerados son:

➤ *Technical Report CMU/SEI-92-TR-15 Guide to CASE Adoption*: Los pasos que sugiere esta norma para la adopción de las herramientas CASE son:

1. Etapa de conciencia y compromiso
2. Selección
3. Implementación de "Trial"(proyecto piloto)
4. Estrategia de implementación

## 5. Rutinización

↻ *IEEE Std 1209-1992 Recommended Practice for the Evaluation and Selection of CASE Tools*: Esta norma establece un conjunto de pasos para realizar la evaluación y selección de una herramienta CASE, cada una de las etapas principales, esta constituida por diversos pasos para la consecución de dichas tareas, las etapas principales que constituyen este estándar son, este estándar no sugiere los tipos de variables a evaluar, sino que deja a criterio de la organización los indicadores a evaluar :

1. Criterios Tailoring (Adaptación de un criterio de evaluación)
2. Evaluación de herramientas CASE disponibles
3. Selección de herramienta CASE

↻ *IEEE Std 1348-1995 Recommended Practice for the Adoption of Computer-Aided Software Engineering (CASE) Tools*: Esta norma establece una serie de pasos para llevar a cabo la adopción de una herramienta CASE. Y se ve complementada con la norma IEEE 1209 para la evaluación de las herramientas. Los pasos definidos en este estándar son:

1. Definición de necesidades de CASE
2. Evaluación y selección de la herramienta CASE
3. Realización de un proyecto piloto
4. Adopción de una rutina de uso de la herramienta.

↻ *Guía propuesta por INEI (1999)*: Esta guía propone además de una serie de pasos para realizar la adopción, un conjunto de factores a considerar para la exitosa adopción de una herramienta. Los pasos sugeridos por la guía son:

1. Preparación
2. Evaluación y selección
3. Proyecto Piloto
4. Transición

➤ *Modelo sistemático de adopción Tecnológica para Herramientas CASE (Mendoza y Pérez, 2004):* Este modelo toma en cuenta información del mercado, necesidades de la organización, método de desarrollo de los SI, toma de decisiones, así como indicadores organizacionales y tecnológicos para la evaluación de herramientas CASE. Las etapas que integran este modelo son:

1. Establecer los requerimientos de la organización
2. Identificar las herramientas CASE (evaluación)
3. Clasificar la herramientas CASE
4. Establecer las fuentes para la adquisición de la herramientas CASE
5. Finalizar con la decisión de adquisición de la herramientas CASE

Estas normas y modelos constan de diversas etapas, para llevar a cabo el proceso de adopción de una herramienta CASE, y aunque su estructura y número de etapas difieren un poco, en esencia tienen el objetivo de llevar a cabo una adecuada adopción y/o selección de la herramienta.

Los modelos expuestos coinciden en llevar a cabo una etapa de evaluación de las herramientas disponibles, sin embargo ninguno de los modelos sugiere un conjunto de indicadores a evaluar, es decir esta etapa debe ser cubierta por alguno de los modelos de evaluación y selección mencionados anteriormente.

Algunos de los modelos solo toman en cuenta factores tecnológicos, para llevar a cabo la selección de una herramienta, mientras tanto otros de los modelos solo consideran factores organizacionales, por otro lado varios modelos, apoyándose en patrones ya establecidos (como el modelo general de calidad de producto de software ISO/IEC 9126) hacen un ajuste a éstos e integran además de los factores tecnológicos, los organizacionales, logrando así un modelo con un proceso más completo y minucioso de selección.

Es importante mencionar que para seleccionar una herramienta CASE, es necesario tomar en cuenta tanto los aspectos técnicos de la herramienta como los aspectos organizacionales de la empresa que ha de adoptarla, ya que la selección no es producto solamente de las propiedades que ella posee, sino también de las características del proyecto de desarrollo de sistemas y de las características de la organización que la adopta. (Rojas, T; Mendoza, L., 2001)

## **2.6 Tipos de CASE**

No existe una única clasificación de herramientas CASE y, en ocasiones, es difícil incluirlas en una clase determinada (INEI, 1999). Así pues podrían clasificarse atendiendo a:

- Las fases del ciclo de vida del desarrollo de sistemas que cubren.
- Su funcionalidad.

### **2.6.1 Clasificación de acuerdo a cobertura**

Las herramientas CASE, en función de las fases del ciclo de vida abarcadas, se pueden agrupar de la forma siguiente: (Calderi, 1999)

**2.6.1.1 Herramientas integradas, I-CASE (Integrated CASE, CASE integrado):** abarcan todas las fases del ciclo de vida del desarrollo de sistemas. Son llamadas también *CASE workbench*. Las herramientas I-

CASE se basan en una metodología. Tienen un repositorio y aportan técnicas estructuradas para todas las fases del ciclo de vida. Estas son las características que les confieren su mayor ventaja: una mejora de la calidad de los desarrollos. Sin embargo, no todas ellas son modernas en el sentido de aprovechar la potencia de las computadoras o la utilización de lenguajes de alto nivel o técnicas de prototipo.

**2.6.1.2 Herramientas de alto nivel, U-CASE (Upper CASE - CASE superior) o front-end**, orientadas a la automatización y soporte de las actividades desarrolladas durante las primeras fases del desarrollo: análisis y diseño. Una estrategia posible es utilizar una U-CASE para análisis y diseño, combinada con otras herramientas más modernas para las fases de construcción y pruebas. En este caso, habría que vigilar cuidadosamente la integración entre las distintas herramientas.

**2.6.1.3 Herramientas de bajo nivel, L-CASE (Lower CASE - CASE inferior) o back-end**, dirigidas a las últimas fases del desarrollo, construcción e implantación.

**2.6.1.4 Juegos de herramientas o toolkits**, son el tipo más simple de herramientas CASE. Automatizan una fase dentro del ciclo de vida. Dentro de este grupo se encontrarían las herramientas de reingeniería, orientadas a la fase de mantenimiento.

## **2.6.2 Clasificación por funcionalidad**

Otra posible clasificación, utilizando la funcionalidad como criterio principal, es la siguiente:

**2.6.2.1 Herramientas de planificación de sistemas de gestión.** Sirven para modelar los requisitos de información estratégica de una organización. Proporcionan un "metamodelo" del cual se pueden obtener sistemas de

información específicos. Su principal objetivo es ayudar a comprender mejor cómo se mueve la información entre las distintas unidades organizativas. Estas herramientas proporcionan una ayuda importante cuando se diseñan nuevas estrategias para los sistemas de información y cuando los métodos y sistemas actuales no satisfacen las necesidades de la organización.

**2.6.2.2 Herramientas de análisis y diseño.** Permiten al desarrollador crear un modelo del sistema que se va a construir y también la evaluación de la validez y consistencia de este modelo. Proporcionan un grado de confianza en la representación del análisis y ayudan a eliminar errores con anticipación. Se tienen:

- Herramientas de análisis y diseño (Modelado).
- Herramientas de creación de prototipos y de simulación.
- Herramientas para el diseño y desarrollo de interfaces.

**2.6.2.3 Herramientas de programación.** Se engloban aquí los compiladores, los editores y los depuradores de los lenguajes de programación convencionales. Ejemplos de estas herramientas son:

- Herramientas de codificación convencionales.
- Herramientas de codificación de cuarta generación
- Herramientas de programación orientadas a los objetos.

**2.6.2.4 Herramientas de integración y prueba:** Sirven de apoyo en la adquisición, medición, simulación y prueba de los equipos lógicos desarrollados. Entre las más utilizadas están:

- Herramientas de análisis estático.
- Herramientas de codificación de cuarta generación.

- Herramientas de programación orientadas a los objetos.

**2.6.2.5 Herramientas de gestión de prototipos.** Los prototipos son utilizados ampliamente en el desarrollo de aplicaciones, para la evaluación de especificaciones de un sistema de información, o para un mejor entendimiento de cómo los requisitos de un sistema de información se ajustan a los objetivos perseguidos.

**2.6.2.5 Herramientas de mantenimiento:** La categoría de herramientas de mantenimiento se puede subdividir en:

- Herramientas de ingeniería inversa (o reversa).
- Herramientas de reestructuración y análisis de código.
- Herramientas de reingeniería.

**2.6.2.6 Herramientas de gestión de proyectos.** La mayoría de las herramientas CASE de gestión de proyectos, se centran en un elemento específico de la gestión del proyecto, en lugar de proporcionar un soporte global para la actividad de gestión. Utilizando un conjunto seleccionado de las mismas se puede: realizar estimaciones de esfuerzo, coste y duración, hacer un seguimiento continuo del proyecto, estimar la productividad y la calidad, etc. Existen también herramientas que permiten al comprador del desarrollo de un sistema, hacer un seguimiento que va desde los requisitos del pliego de prescripciones técnicas inicial, hasta el trabajo de desarrollo que convierte estos requisitos en un producto final. Se incluyen dentro de las herramientas de control de proyectos las siguientes:

- Herramientas de planificación de proyectos.
- Herramientas de seguimiento de requisitos.
- Herramientas de gestión y medida.

**2.6.2.7 Herramientas de soporte.** Se engloban en esta categoría las herramientas que recogen las actividades aplicables en todo el proceso de desarrollo, como las que se relacionan a continuación:

- Herramientas de documentación.
- Herramientas para software de sistemas.
- Herramientas de control de calidad.
- Herramientas de bases de datos.

## **2.7 Beneficios de las herramientas CASE**

Como se ha mencionado a lo largo de este documento, los principales beneficios del uso de CASE son la mejora de calidad, aumento de productividad, así como la disminución de tiempo y costo de desarrollo. Entre otros beneficios ofrecidos por la tecnología CASE se encuentran los siguientes (Calderi, 1999):

**Facilidad para la revisión de aplicaciones:** Las herramientas CASE proporcionan un beneficio substancial para las organizaciones al facilitar la revisión de las aplicaciones. Contar con un depósito central agiliza el proceso de revisión ya que éste proporciona bases para las definiciones y estándares para los datos. Las capacidades de generación interna, si se encuentran presentes, contribuyen a modificar el sistema por medio de las especificaciones más que por los ajustes al código fuente.

**Soporte para el desarrollo de prototipos de sistemas:** En general, el desarrollo de prototipos de aplicaciones toma varias formas. En ocasiones se desarrollan diseños para pantallas y reportes con la finalidad de mostrar la organización y composición de los datos, encabezados y mensajes. Los ajustes necesarios al diseño se hacen con rapidez para alterar la presentación y las características de la interface. Sin embargo, no se prepara el código fuente, de naturaleza orientada

hacia procedimientos, como una parte del prototipo.

Como disyuntiva, el desarrollo de prototipos puede producir un sistema que funcione. Las características de entrada y salida son desarrolladas junto con el código orientado hacia los procedimientos y archivos de datos. Muchas herramientas CASE soportan las primeras etapas del desarrollo del prototipo.

Muy pocas brindan apoyo durante todo el proceso de desarrollo del prototipo. Las que proporcionan la capacidad para generar código soportan de hecho todo proceso, ya que el código puede ser generado al inducir la actividad de generación después de cambiar las especificaciones o requerimientos.

**Generación de código:** Algunas herramientas CASE tienen la capacidad de producir el código fuente. La ventaja más visible de esta característica es la disminución del tiempo necesario para preparar un programa. Sin embargo, la generación del código también asegura una estructura estándar y consistente para el programa (lo que tiene gran influencia en el mantenimiento) y disminuye la ocurrencia de varios tipos de errores, mejorando de esta manera la calidad.

Las características de la generación del código permiten volver a utilizar el software y las estructuras estándares para generar dicho código, así como el cambio de una especificación modular, lo que significa volver a generar el código y los enlaces con otros módulos. Ninguna de las herramientas que existen en el presente es capaz de generar un código completo en los dominios.

**Mejora en la habilidad para satisfacer los requerimientos del usuario:** Es bien conocida la importancia de satisfacer los requerimientos del usuario, ya que esto guarda relación con el éxito del sistema. De manera similar, tener los requerimientos correctos mejora la calidad de las prácticas de desarrollo. Parece ser que las herramientas CASE disminuyen el tiempo de desarrollo, una característica que es importante para los usuarios. Las herramientas afectan la naturaleza y cantidad de interacción entre los encargados del desarrollo y el usuario. Las descripciones gráficas y los diagramas, así como los prototipos de

reportes y la composición de las pantallas, contribuyen a un intercambio de ideas más efectivo.

**Soporte interactivo para el proceso de desarrollo:** La experiencia ha demostrado que el desarrollo de sistemas es un proceso interactivo. Las herramientas CASE soportan pasos interactivos al eliminar el tedio manual de dibujar diagramas, elaborar catálogos y clasificar. Como resultado de esto, se anticipa que los analistas repasarán y revisarán los detalles del sistema con mayor frecuencia y en forma más consistente.

**Disminución de tiempo:** Las herramientas ayudan a disminuir el tiempo en que se realizan las tareas, todo esto es posible si el analista está bien entrenado para el uso de la herramienta que se utiliza.

**Garantizar la consistencia de los procedimientos:** Cuando los procedimientos forman parte del software, se realizan de forma más consistentes, se convierten en una rutina y las reglas se pueden aplicar en forma consistente y exacta.

Entre otros de los beneficios que se pueden mencionar traen consigo el uso de herramienta CASE (Piattini, et al, 2004) están:

- ↻ Permitir la aplicación práctica de metodologías estructuradas, lo que resulta muy difícil sin emplear herramientas
- ↻ Facilitar la realización de prototipos, y el desarrollo conjunto de aplicaciones
- ↻ Simplificar el mantenimiento de los programas
- ↻ Estandarizar la documentación
- ↻ Aumentar la portabilidad de las aplicaciones
- ↻ Facilitar la reutilización de componentes software
- ↻ El entorno de producción de documentación para software mejora la comunicación, mantenimiento y actualización.

- ↻ Hacer el trabajo de diseño de software más fácil y agradable.
- ↻ Verificar el uso de todos los elementos en el sistema diseñado.
- ↻ Ayudar en la creación de relaciones en la Base de Datos.
- ↻ Generar estructuras de código.

## **2.8 Tendencias tecnológicas de las herramientas CASE**

Las principales líneas de evolución hacia las que parecen encaminarse las herramientas CASE son: (INEI, 1999)

- **CASE para sistemas bajo arquitectura cliente/servidor.** No hay que confundir el hecho de que una herramienta CASE funcione en un entorno de arquitectura cliente/servidor, con que el sistema desarrollado mediante una herramienta CASE vaya a funcionar bajo dicha arquitectura.

Existen ejemplos de los dos casos, herramientas CASE que funcionan bajo un entorno cliente/servidor, en red y con un repositorio centralizado en un servidor y herramientas CASE que generan aplicaciones que funcionan en un entorno cliente/servidor, en las cuales se puede indicar dónde deben residir los componentes de la aplicación en tiempo de ejecución, liberando al programador de aspectos referidos a los protocolos de comunicaciones, seguridad, interfaces gráficas de usuario, etc.

La línea de evolución, en este caso, vendrá marcada por versiones mejoradas de la herramienta, que faciliten cada vez más la distribución de los elementos de una aplicación entre los diferentes clientes y servidores y una mayor liberalización del programador, de todos los aspectos que no sean propios de la aplicación (protocolos de red, seguridad, etc.).

- **CASE multiplataforma.** Estas herramientas soportan las combinaciones dominantes de diferentes plataformas físicas, sistemas operativos,

interfaces gráficas de usuario, sistemas de gestión de bases de datos, lenguajes de programación y protocolos de red. En este sentido el futuro podrá ser de apertura creciente a nuevas plataformas y portabilidad más generalizada.

- **CASE para ingeniería inversa y directa.** Ya existen algunas herramientas de este tipo. Su evolución marcará notables mejoras en la obtención de los diseños a partir del código ya existente (ingeniería inversa) y la regeneración del mismo, una vez optimizado el diseño (ingeniería directa).

- **CASE para trabajo en grupo (groupware).** Estas herramientas se centran en el proceso de desarrollo más que en el producto a desarrollar, su objetivo es facilitar la integración de diferentes grupos humanos, pertenecientes incluso a empresas diferentes, y de este modo trabajar conjuntamente en un gran proyecto. Deberían incorporar las facilidades clásicas de ofimática (oficina automática): correo electrónico, calendarios en línea, planificación de actividades, preparación de documentos, actas de reuniones, etc.

- **CASE para desarrollo de sistemas orientados a objetos.** En la actualidad existen algunas herramientas que cubren alguna de las fases del ciclo de vida de desarrollo de aplicaciones orientadas a objetos (interfaz de usuario, análisis, diseño, programación, etc.). El objetivo futuro podría ser cubrir el ciclo de vida completo.

Una atención especial merecen las herramientas CASE adaptables, algunas de las cuales permiten que sea el propio usuario quien defina su metodología y los símbolos de las notaciones a utilizar. Estas herramientas se denominan "**meta-CASE**".

A mediano y largo plazo otras posibles líneas de evolución serán:

- La utilización de la tecnología multimedia.
- La incorporación de técnicas de inteligencia artificial.
- Sistemas de realidad virtual.



### III. METODOLOGÍA

#### **3.1 Modelo de la Investigación**

El tipo de estudio realizado para el desarrollo de esta investigación es de tipo exploratorio (se concibe como un estudio descriptivo y de campo), debido a la estrategia de investigación utilizada, pues después de realizar la revisión bibliográfica, ésta mostró que hasta la fecha (Agosto de 2007) no existen investigaciones o estudios enfocados a este tema dentro de la región de Querétaro.

La presente investigación tiene como finalidad conocer el impacto que han tenido la Herramientas CASE dentro de las empresas Queretanas, por tal motivo el estudio realizado estuvo conformado de varias etapas cuyas actividades tuvieron como finalidad lograr los objetivos planteados por el proyecto.

El estudio constó de una etapa inicial de investigación de las empresas desarrolladoras de software existentes en la región de Querétaro de la cual se obtuvo una muestra representativa.

En tal sentido, la segunda etapa constó de la aplicación de encuestas así como la realización de entrevistas a todos aquellos gerentes (o personal laborando) del área de Ingeniería de Software que laboran en empresas desarrolladoras de software ubicadas en la región de Querétaro. El estudio se dirigió a través de las entrevistas con la ayuda de una encuesta estructurada.

El estudio culminó con la realización del análisis de los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento elegido a la muestra seleccionada. Se determinaron las frecuencias y porcentaje de las opciones seleccionadas por reactivo y también por variable.

### **3.2 Aspecto cualitativo**

El aspecto cualitativo que abarca esta tesis hace referencia a toda aquella información proporcionada a lo largo de la realización de esta investigación que no puede ser evaluada, ya que refleja particularidades y condiciones no medibles, que sin embargo aportan información valiosa para lograr los objetivos establecidos. Parte de esta información, fueron las opiniones y observaciones particulares de cada encuestado respecto al uso o no uso de la herramienta CASE, opiniones que permitieron conocer detalles específicos al respecto.

### **3.3 Aspecto cuantitativo**

El presente trabajo está enfocado al aspecto cuantitativo ya que la investigación realizada fue conducida mediante la aplicación de una encuesta que arroja resultados los cuales son medibles, así mismo se aplicaron métodos estadísticos para evaluar las variables obtenidas.

### **3.4 La encuesta**

La herramienta usada para la recolección de datos fue la encuesta, la realización de la misma hizo uso de un cuestionario como medio principal para recolectar información. (Anexo A)

Un cuestionario es un *“plan formalizado para recolectar datos de los encuestados”*. (Kinnear, 1996)

La aplicación de los cuestionarios se realizó de diversas maneras, debido a que algunos de los encuestados no contaban con el tiempo suficiente para llevar a cabo una entrevista, así pues, el cuestionario se aplicó tanto personalmente, vía telefónica y vía correo electrónico. El gran beneficio obtenido de los cuestionarios aplicados personalmente así como los aplicados vía telefónica, es que brindaron algunos comentarios y puntos de vista adicionales que apoyaron esta

investigación.

El cuestionario que fue aplicado a la muestra estuvo conformado por cuatro secciones, una parte inicial para obtener los datos generales de la empresa.

Una segunda sección con preguntas dirigidas a aquellas empresas que no hacen uso de las Herramientas CASE en el proceso de desarrollo de software, con la finalidad de conocer los motivos por los cuales no hacen uso de esta herramienta, tratando de profundizar en las razones para tal decisión.

Una tercera sección de interrogantes dirigidas a aquellas empresas que actualmente se apoyan en las herramientas CASE para el desarrollo de sus aplicaciones, con las cuales se trataban de conocer los aspectos que se han visto modificados a partir del uso de esta tecnología.

Finalmente la encuesta constó con una sección de observaciones y comentarios, donde el personal entrevistado pudo proporcionar información adicional que pudiera considerar una aportación importante para la investigación.

La encuesta estuvo constituida de preguntas abiertas y cerradas, así como de opción múltiple para determinar opiniones y tendencias.

### **3.5 La muestra**

La muestra estuvo conformada por el personal que labora (en su mayor parte encargados del departamento o gerentes) en aquellas empresas que se pudieron identificar como desarrolladoras de software, ubicados en la región de Querétaro. Tales como Altec México, Visio, Soluciones computacionales, Capa Cuatro, Infosolutions, OyO, Quanticus, Binarsys, Evolución e Innovación Empresarial, Intera Systems, MC Microcomputacion, Sigma Tao, entre otras.

Utilizándose una muestra conformada por 15 empresas, de 24 de las que hasta la fecha de la aplicación de la encuesta (Mayo-Julio 2007) para la presente

investigación se tiene (o se tenía) conocimiento.

Por otro lado se investigó acerca de InteQSoft, que es una Asociación de empresas privadas, instituciones académicas, Centros de Investigación y dependencias del Gobierno Estatal y Federal. Integradas para impulsar el desarrollo de la industria de Tecnologías de información y comunicaciones del Estado de Querétaro, ofreciendo soluciones de gran valor para las industrias.

A la fecha de la aplicación de la encuesta para esta investigación, dicha asociación estaba integrada por 13 organizaciones.

### **3.6 Limitantes**

Algunas de las limitantes que se presentaron en la presente investigación, fueron que inicialmente no existía una fuente en la cual se pudieran localizar todas las organizaciones que se dedican al giro de desarrollo de software, de esta manera se tuvo que hacer un investigación previa para identificar tales empresas, sin saber si se pudieron localizar en su totalidad todas las empresas desarrolladoras de software.

Un segundo obstáculo fue la disponibilidad por parte de las organizaciones para permitir que se aplicara la encuesta.

### **3.7 Elaboración de cuestionario**

Para dar inicio a la elaboración del cuestionario, se partió de la revisión bibliográfica realizada, obteniendo de esta manera un entorno de conocimiento acerca del tema.

A partir de esta información se fueron analizando las variables así como factores que se deseaban conocer dentro de las empresas, y a partir de estos se formularon las preguntas que constituyeron el cuestionario.

### **3.8 Aplicación de Cuestionario**

El cuestionario fue aplicado de diversas manera como se menciona anteriormente, pues no fue posible realizarlo personalmente con todas las empresas consideradas dentro de la muestra.

Solo dos de los cuestionarios fueron aplicados de manera personal, mediante una entrevista, los cuales permitieron obtener información adicional acerca del uso de las Herramientas CASE dentro de su empresa.

Tres de los cuestionarios fueron enviados y respondidos vía correo electrónico, y aunque varias empresas aceptaron cooperar en la encuesta su respuesta a dicho cuestionario nunca fue enviada.

El resto de los cuestionarios (10) fue realizado vía telefónica, que aunque no ofrecen las ventajas de una entrevista personal, permitían también que el entrevistado brindara sus impresiones.

Así pues, el número de cuestionarios respondidos arrojó un total de 15 de 24 que inicialmente se tenían contemplados. Un segundo obstáculo fue la disponibilidad por parte de las organizaciones para permitir que se aplicara la encuesta.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### **4.1 Obtención y análisis de resultados**

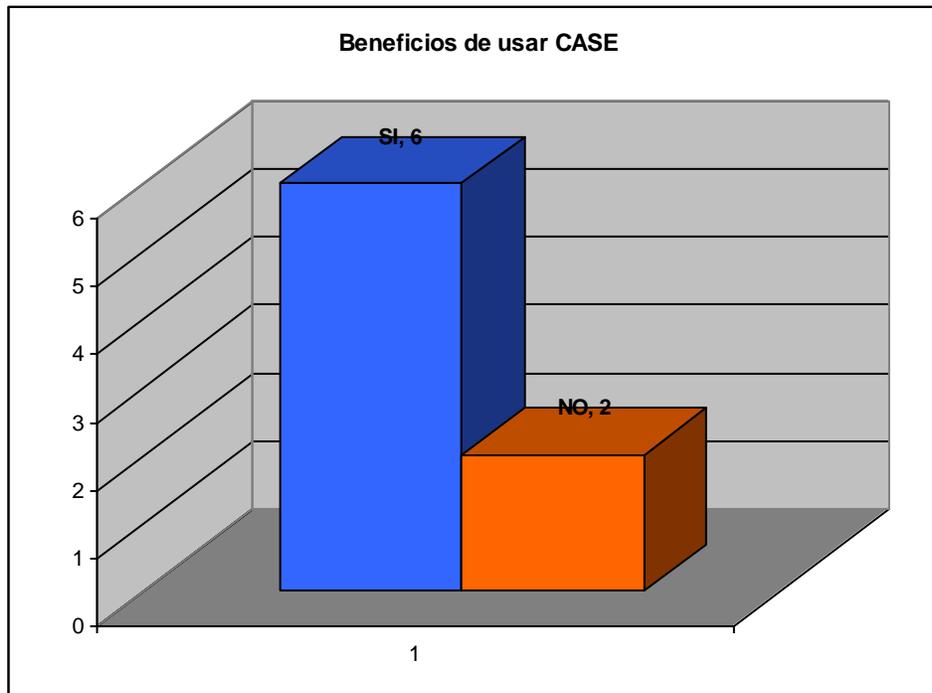
A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir de la aplicación de la encuesta, estos resultados fueron conseguidos haciendo uso del software SPSS Versión 11.

De acuerdo a los resultados obtenidos se observó que las empresas desarrolladoras de software dentro de la ciudad de Querétaro en su mayor parte se encuentran en el rubro de micro empresa, motivo por el cual la participación de los desarrolladores, se da en la mayor parte de las etapas del proceso desarrollo de software.

En lo que respecta al proceso de desarrollo el 26.7% de las empresas participantes manifestó que emplean alguna herramienta CASE para apoyarse en dicho proceso. Sin embargo el 18.2% expreso haber empleado con anterioridad una herramienta CASE y haberla abandonado, esto debido principalmente a que la herramienta CASE seleccionada no se adaptó adecuadamente a la metodología de desarrollo que la empresa seguía, concluyendo por tal motivo que dichas empresas no realizaron una adecuada selección de la herramienta de apoyo.

Abordando las razones por las que las empresas restantes no se han inclinado por el empleo de herramientas CASE, los motivos principales que resultaron, fueron el elevado costo de adquirir dichas herramientas, o que por el tipo de desarrollo que realizaban no se adaptaba a sus necesidades. Aun así dichas empresas consideran que la adopción de una herramienta CASE SI traería beneficios a su organización entre los que resaltaron productividad estandarización, ahorro en tiempo, mejora en el proceso de mantenimiento, además de que son organizaciones que se encuentran en un proceso de mejora continua.(Gráfica 4.1) Basándose en esta información 20% de las empresas manifestó su intención de adquirir una herramienta CASE en un plazo de 1 a 3 años, mientras que un 10% expreso su interés en emplear una herramienta

de este tipo pero sin un plazo aun definido.



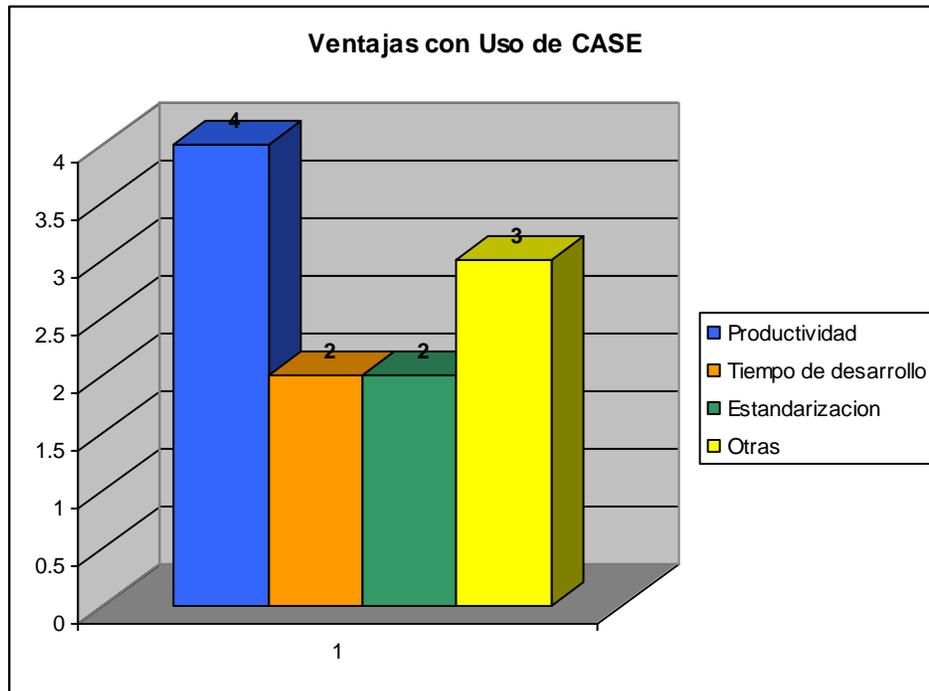
Gráfica 4.1: Obtención de beneficios con CASE

Buscando conocer las razones por las que las empresas decidieron adoptar una herramienta CASE para el apoyo en su proceso de desarrollo de software, se concluyó que dichas organizaciones consideraron que las herramientas CASE son básicas para sus actividades, facilitaban el modelado, así como el manejo de datos, vinculaciones entre programas, además de que elevaban el nivel competitividad.

Profundizando en lo que fueron las ventajas que la organización observó haciendo uso de alguna herramienta CASE, se obtuvo como resultado que las organizaciones obtenían una **mayor productividad**, así como **mayor calidad** del sistema de información entregado, **disminución en el tiempo de desarrollo**, **estandarización**, **reducción de costo** y **mayor apoyo en el mantenimiento**, (Cuadro 4.1, Gráfica 4.2) así mismo expresaron que las herramientas CASE han facilitado de manera global el proceso de desarrollo de sistemas de información.

Cuadro 4.1 Ventajas obtenidas con el uso de CASE

| Ventajas con uso de CASE | Num. de empresas | Porcentaje |
|--------------------------|------------------|------------|
| Productividad            | 4                | 100        |
| Estandarización          | 2                | 50         |
| Tiempo de desarrollo     | 2                | 50         |
| Otras                    | 3                | 75         |



Gráfica 4.2: Ventajas obtenidas con el uso de CASE

En cuanto al desempeño de la herramienta CASE dentro de la organización se consideraron varios aspectos cuyos resultados serán expuestos a continuación:

**Tiempo de terminación:** los resultados obtenidos muestran que 75% de empresas consideradas observaron una disminución en su tiempo de desarrollo de proyectos.

**Costo de Desarrollo:** la información obtenida mostró que el 75% de las empresas contempladas en esta sección, consideran que el costo de desarrollo se

redujo (algunas entre un 10 a 25%, y el resto entre un 25 a 50%) mientras que el resto considero que el costo se conservó sin variaciones después de la implantación de la herramienta CASE.

**Calidad:** De las empresas encuestadas bajo estas condiciones 75% de ellas señalaron que haciendo uso de las herramientas CASE, el alcanzar los niveles de calidad deseados y requeridos se vio facilitado, es decir disminuyó el tiempo y esfuerzo necesarios para alcanzar dicha meta, mientras que el resto de organizaciones observó que el proceso para lograr el grado de calidad deseada no se vio modificado.

**Competitividad:** Es otro de los aspectos evaluados por las organizaciones, los resultados mostraron que 75% de las organizaciones consideraron que su competitividad frente a otras organizaciones se vio incrementada.

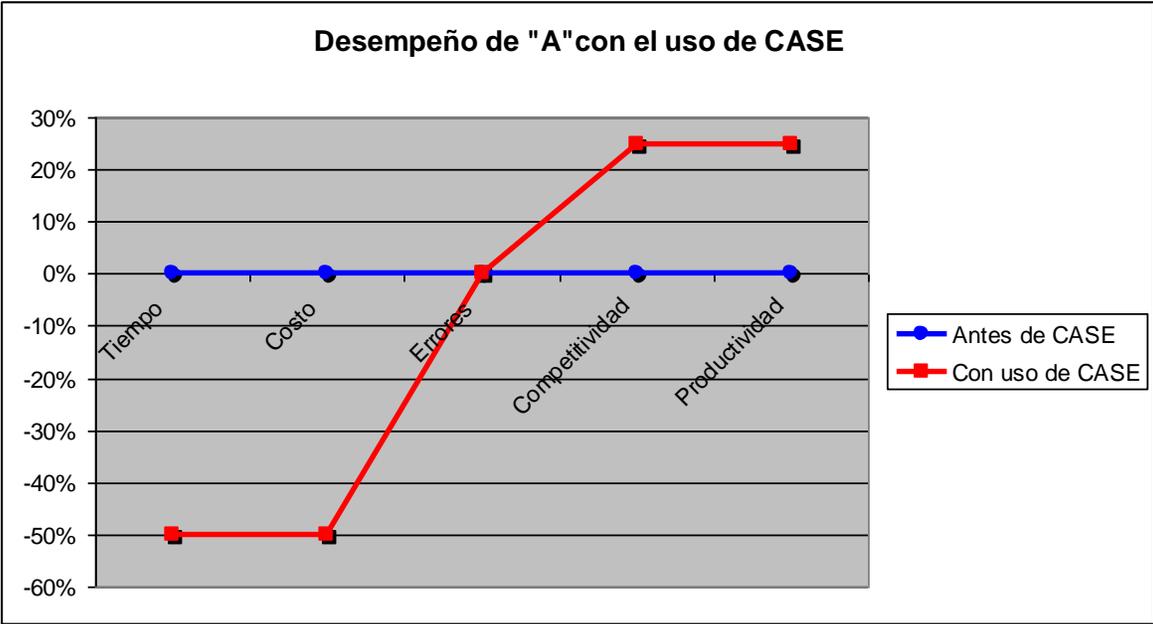
**Productividad Personal:** Este aspecto evaluado por las organizaciones mostró en los resultados que el total de las organizaciones observó un incremento de 10 a 25% en el nivel de competitividad personal en el proceso de desarrollo de un proyecto

**Errores:** Este es otro de los aspectos evaluados, la información proporcionada, mostró que 75% de las empresas consideran que el numero de errores que se presentaban a lo largo del proceso de desarrollo presento una disminución (50% correspondiente a disminución de 10 a 25%, y 25 % correspondiente a una disminución de entre 25 a 50%).

La información que a continuación se presenta en las gráficas, muestra en forma comparativa el desempeño mostrado por cada organización antes y después del uso de la herramienta CASE, pudiendo observar así los beneficios obtenidos por cada organización.

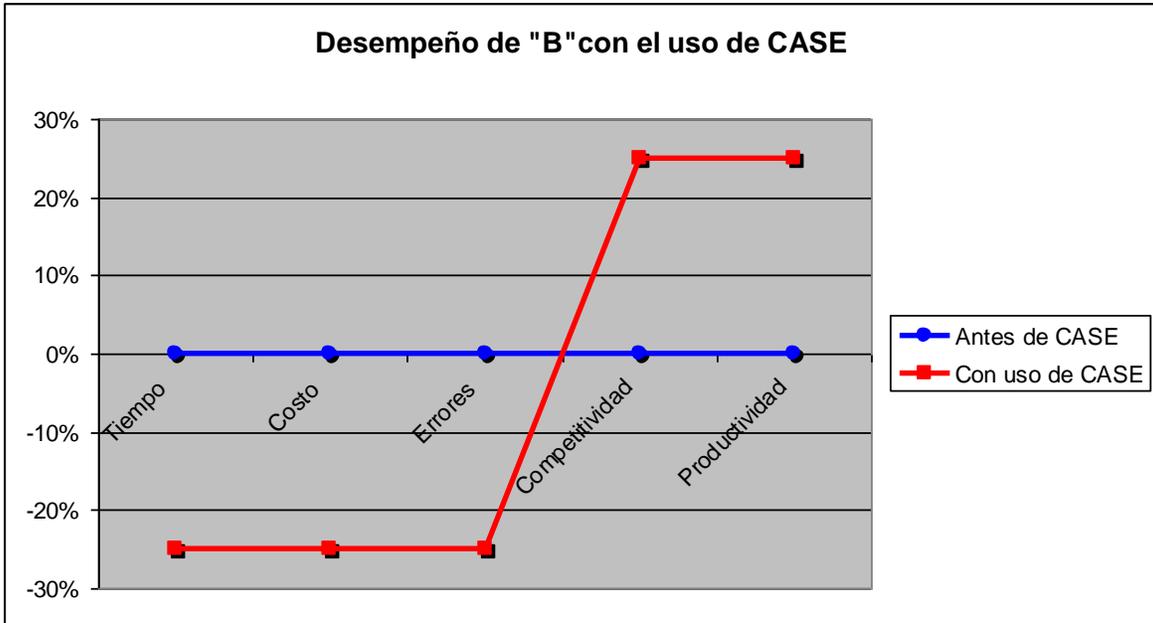
Como se podrá observar en la grafica siguiente, el desempeño de la organización "A" haciendo uso de una herramienta CASE se vio favorecido, pues

hubo una reducción en cuanto a tiempo (50%) y costo (50%), mientras que la competitividad de la organización y la productividad del personal se vio incrementada (25%).



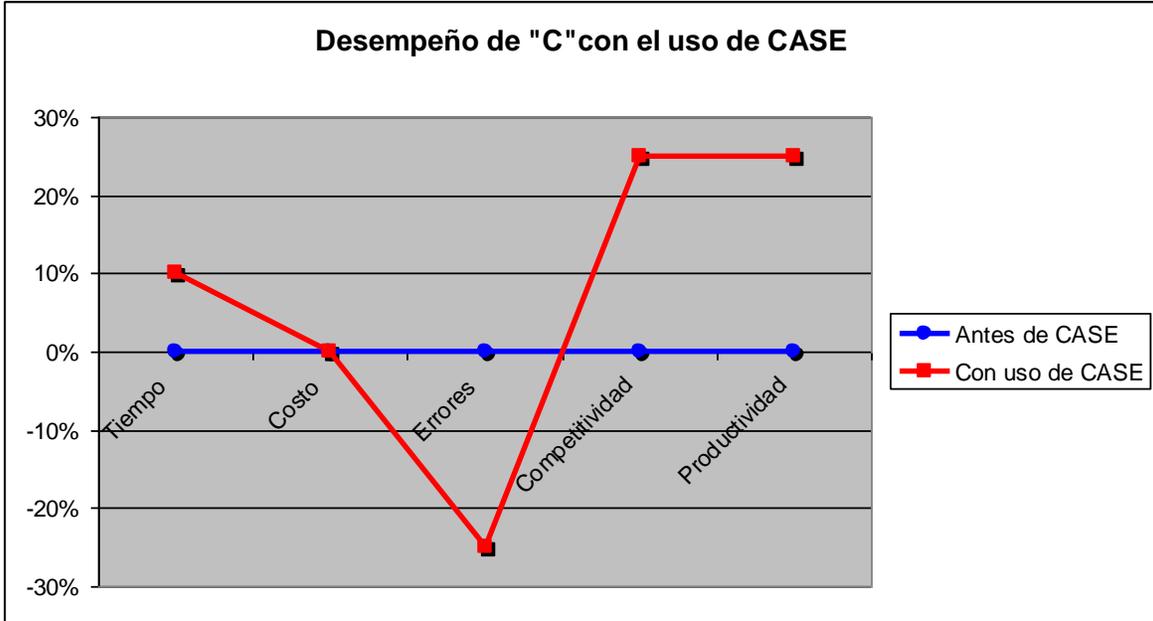
Gráfica 4.3a Desempeño de la Organización "A" antes y después del uso de CASE

La siguiente gráfica muestra el desempeño de la organización "B", cuyos factores evaluados revelaron obtener beneficios apoyándose en el uso de una herramienta CASE en su proceso de desarrollo, pues se vio incrementada la competitividad y productividad (25%), mientras que hubo una disminución en tiempo, costo y errores (25%)

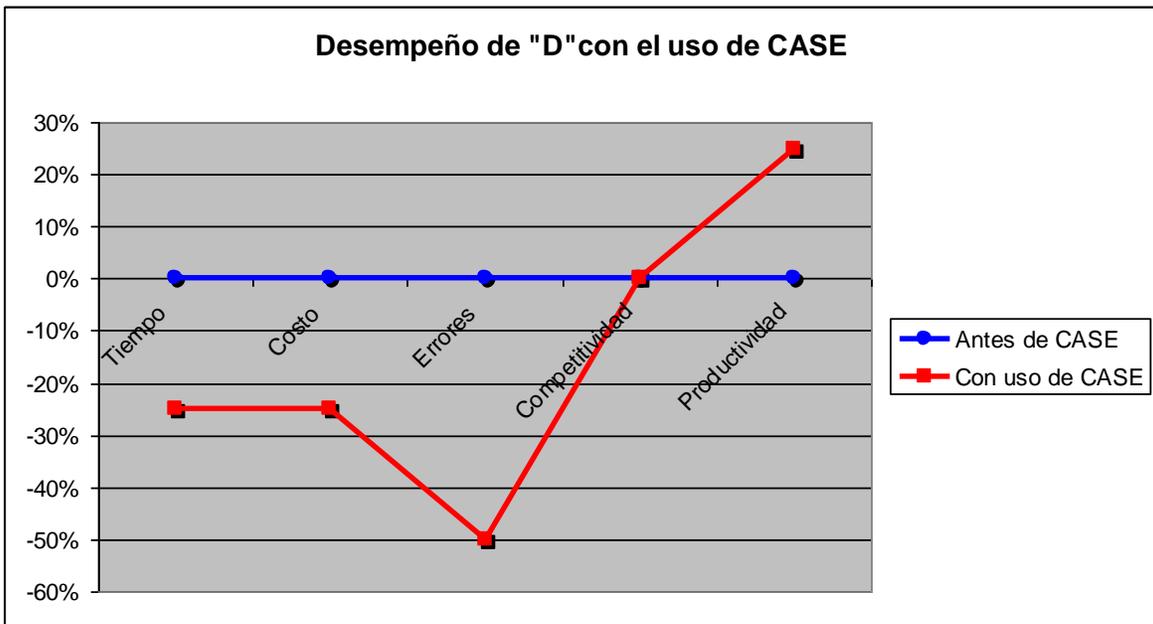


Gráfica 4.3b Desempeño de la Organización "B" antes y después del uso CASE

A continuación se muestra la grafica de desempeño comparativa de la empresa "C", en la cual se puede observar que a pesar de que hubo un incremento en el tiempo (10%) de desarrollo de los proyectos, el número de errores disminuyó (25%), así mismo la competitividad y productividad (25%) obtuvieron un incremento



Gráfica 4.3c Desempeño de la Organización "C" antes y después del uso CASE



Gráfica 4.3d Desempeño de la Organización "D" antes y después del uso CASE

Enfocándose en el grado de uso que realizan de la herramienta CASE en

cada una de las etapas del proceso de desarrollo de software. La información obtenida es la siguiente

*Cuadro 4.2.1 Porcentaje de uso en la etapa de **Requerimientos***

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| Más del 90%       | 1                | 25.0       |
| 50%               | 0                | 00.0       |
| 25%               | 0                | 00.0       |
| 0%                | 3                | 75.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

*Cuadro 4.2.2 Porcentaje de uso en la etapa de **Análisis***

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| (más) 90%         | 1                | 25.0       |
| 50%               | 2                | 50.0       |
| 25%               | 1                | 25.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

*Cuadro 4.2.3 Porcentaje de uso en la etapa de **Diseño***

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| (más) 90%         | 4                | 100.0      |
| 50%               | 0                | 0.0        |
| 25%               | 0                | 0.0        |
| 0%                | 0                | 0.0        |
| Total             | 4                | 100.0      |

*Cuadro 4.2.4 Porcentaje de uso en la etapa de **Desarrollo***

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| (más) 90%         | 2                | 50.0       |
| 50%               | 1                | 25.0       |
| 25%               | 1                | 25.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

Cuadro 4.2.5 Porcentaje de uso en la etapa de **Documentación**

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| (más) 90%         | 1                | 25.0       |
| 50%               | 2                | 50.0       |
| 25%               | 1                | 25.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

Cuadro 4.2.6 Porcentaje de uso en la etapa de **Pruebas**

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| 0%                | 2                | 50.0       |
| 25%               | 1                | 25.0       |
| 50%               | 1                | 25.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

Cuadro 4.2.7 Porcentaje de uso en la etapa de **Mantenimiento**

| Porcentaje de uso | Num. de empresas | Porcentaje |
|-------------------|------------------|------------|
| 0%                | 2                | 50.0       |
| 25%               | 2                | 50.0       |
| Total             | 4                | 100.0      |

Los resultados obtenidos muestran que ninguna empresa emplea al 100% la herramienta CASE para su apoyo en el desarrollo de software. El uso promedio general de la herramienta, por parte de las diferentes organizaciones va desde un 33% hasta un 56%.

Abordando el tema del proceso de evaluación y selección de una herramienta CASE, por la información proporcionada se observó que solo 50% de las organizaciones que emplean herramientas CASE llevaron a cabo estos procesos, y de éstas, solo la mitad empleó algún estándar o modelo para su apoyo en este proceso. Con lo cual se concluye que a pesar de existir múltiples modelos y estándares de apoyo para dichos procesos, los cuales buscan asegurar la selección y adopción de una herramienta adecuada, de acuerdo a las

características de la organización (tanto organizacionales como tecnológicas), el proceso de evaluación y selección no se lleva a la aplicación, teniendo ante esta situación una alta probabilidad de fracaso al adoptar una herramienta

En cuanto al aspecto de la implantación de la Herramienta CASE se indagó en cuanto a si los desarrolladores realizaron alguna capacitación para el uso de dicha herramienta, los resultados mostraron que el 75% de las empresas si proporcionó capacitación a sus desarrolladores, mientras que el resto no lo hizo. Ante tal situación, posteriormente a la implantación de la herramienta, 50% de las empresas se enfrentaron a diversas problemáticas entre las que mencionaron problemas dependientes del desarrollador así como falta de capacitación.

Finalmente respecto a la continuidad en el uso de herramientas CASE, las organizaciones expresaron su interés por continuar apoyándose en este tipo de tecnología, dados los resultados y mejoras obtenidos.

Como resultado general es importante destacar que una adecuada selección de una herramienta CASE, la cual se apegue a la metodología de desarrollo de una empresa, trae consigo **beneficios** en cuanto a **tiempo-costo** así como **mejoras** en cuanto a **calidad, productividad** y proceso de estandarización.

Es importante mencionar que existen investigaciones similares realizadas en diferentes contextos, tales como la realizada por investigadores de la Universidad de Michigan y Minnesota (Diane Lending Y Norman L. Chervany) en 1998, publican un estudio titulado "The use of CASE tools", cuyo objetivo era conocer el uso de las herramientas CASE, así como las características de éstas que eran empleadas en el proceso de desarrollo de software.

Por otro lado Srinarayan Sharma y Arun Rai presentaron en el año 2000 un estudio realizado sobre la evaluación del impacto de herramientas de desarrollo (*CASE deployment in IS organizations*), proponiendo un conjunto de indicadores a evaluar, para conocer el grado de uso de las herramientas CASE dentro de las

organizaciones y basándose en éste, identificar el nivel de beneficios que obtenían la organizaciones empleando dichas herramientas.

Cabe mencionar algunos comentarios que contribuyeron de manera significativa en esta investigación,

- ↻ Creo que las herramientas CASE no se usan ampliamente por que el valor que aportan esta acotado a la etapa de diseño exclusivamente. Su aporte es al crear diagramas y al diseño inicial, pero para las siguientes etapas no se usa, creo que las herramientas se utilizarían más si se integraran en un ambiente solidó que permitiera trabajar con requisitos diseño, codificación, depuración y pruebas*
- ↻ La herramienta CASE pueden ser de mucho apoyo, siempre y cuando se adapten al tipo de aplicaciones que se van a desarrollar*
- ↻ Considero que en ocasiones se tienen una falta de difusión de las capacidades de dichas herramientas, al ver el costo las empresas no consideran conveniente ni siquiera la evaluación, no se lleva a cabo una relación costo beneficio, o la empresa no considera el uso de CASE pues no ve de utilidad el uso de estándares*

## V. CONCLUSIÓN

La presente investigación en la cual se llevó a cabo el estudio de la influencia del uso de herramientas CASE en las empresas queretanas desarrolladoras de software, se realizó satisfactoriamente, llegando así a las siguientes conclusiones.

El uso de las herramientas CASE dentro de las organizaciones queretanas, puede ser considerado como poco difundido, esto es debido a diversos factores tales como:

- El costo que es considerado como elevado por la organizaciones, sin conocer las ventajas competitivas que traería consigo el uso de una herramienta CASE, así como la carencia de un estudio costo-beneficio de la adquisición de esta tecnología
- Disponibilidad y diversidad de herramientas en el mercado, para contar con una amplio número de opciones y elegir la herramienta que más se adapte y adecue a la metodología en uso , ya que al no encontrar alguna herramienta CASE que se adapte a la metodología de desarrollo, es descartada la alternativa de adoptar esta tecnología
- La falta de un adecuado proceso de selección y adopción de la herramienta, ya que al no realizarlos, la herramienta no proporcionara el apoyo esperado, al no ser la más adecuada para la organización, fracasando así la adopción de la misma.
- Incompatibilidad entre herramientas, incluso entre distintas versiones de la misma herramienta que no siempre se encuentran sincronizadas en todas las plataformas hardware y software sobre las que actúan.

Como con toda innovación tecnológica, la adopción de herramienta CASE debe estar respaldada por un estudio previo que incluya calculo de costos,

beneficios, costos de capacitación, requerimientos de hardware y software, así como por un adecuado proceso de selección.,

Todas estas problemáticas pueden ser superadas actualmente, en mayor o menor medida, evaluando varias herramientas, considerando, sí fuera posible, un cambio en hardware/software utilizado, intentando cuantificar el coste de la no adopción y valorando los beneficios que CASE puede aportar como tecnología estratégica.

Las medidas más eficaces para afrontar estos problemas pueden ser: comprender y analizar los distintos tipos de metodologías y herramientas existentes, utilizando las herramientas adecuadas a cada problema

De la información obtenida de las organizaciones participantes se observó que a pesar de que de las organizaciones encuestadas que hacen uso de una herramienta CASE, solo el 50% de estas realizó el proceso de evaluación y selección, el 50% restante llevo con éxito la adopción de la herramienta. Esto se vio reflejado el existir una mejora en el desempeño mostrado por la organización.

También se pudo observar que TODAS las organizaciones que emplean alguna herramienta CASE para apoyo en su proceso de desarrollo, mostraron obtener **beneficios y mejoras** frente a su desempeño anterior sin el uso de la tecnología CASE.

El uso de la tecnología CASE no se vio limitado por el tamaño de la organización, pues las empresas que emplean esta tecnología, van desde la micro empresa, hasta las grandes empresas, reflejando el éxito de la adopción de CASE sin ser un factor determinante el tamaño de la organización.

Es importante mencionar que las organizaciones encuestadas que emplean CASE mostraron tener conciencia del ámbito competitivo dentro del cual se desenvuelven, así como de la necesidad de generar sistemas de información de calidad que les permitan posicionarse exitosamente en el mercado.

Como se mencionó inicialmente la principal ventaja de la utilización de

una herramienta CASE, es la **mejora de la calidad** de los desarrollos realizados y, en segundo término, el **aumento de la productividad**. Es importante mencionar que para conseguir estos dos objetivos es conveniente contar con una organización y una metodología de trabajo además de la propia herramienta.

La adopción de herramientas CASE debe tomar en cuenta factores tanto organizacionales como tecnológicos, así como características de las propias herramientas, y no debe pasarse por alto que debe existir una evaluación previa de las herramientas disponibles en el mercado con la finalidad de elegir la más adecuada al entorno de la empresa, y de esta manera tratar de asegurar el éxito de la adopción de la herramienta así como la mejora que se persigue dentro del proceso de desarrollo. Así pues, la **adecuada selección de una herramienta CASE** proporciona los siguientes **beneficios**, los cuales fueron evidenciados en el presente estudio:

- Minimizar tiempos.
- Reducir costos
- Apoyo en la calidad del producto final
- Incrementar la productividad
- Reducción de errores.

Cabe mencionar que a pesar de que ninguna de las empresas encuestadas hacía uso de la herramienta CASE al 100%, se obtuvieron beneficios evidentes en los aspectos antes mencionados.

## Literatura Citada

- Begoña Albizuri-Romero M, 2000, *A Retrospective View of CASE Tools Adoptions*, ACM Software Engineering Notes, Vol. 25, No. 2, p.46-50.
- Calderi I, Puyosa M, 1999, *Herramientas CASE*, Universidad Santa Maria, Decanato de postgrado; Caracas Venezuela
- De Freitas V, Vilorio O., Álvarez G, Blanco W, 1999, *Factores Tecnológicos que Inciden en la Adopción de las Herramientas CASE en las Organizaciones Venezolanas*, Revista Espacios. Vol. 20, No. 2
- De Freitas V., 1997, *Factores que Inciden en la Adopción de las Herramientas CASE en las Organizaciones Venezolanas*, Tesis de Grado, Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela. p. 294, p115
- Díaz M, Perez M, Rojas T, 1998, *A proposal of indicators for the evaluation of CASE tools*, Proceedings of 4<sup>th</sup> International Conference on Information Systems Analysis and Synthesis. ISAS'98, Orlando, USA, Julio, p. 919-934
- Díaz M, Pérez de Ovalles M, Mendoza L, Rojas T.,2001, *Aplicación de un Modelo de Calidad para la Evaluación de Herramientas CASE Adaptado al Estándar Internacional ISO/IEC 14102*, 1ras Jornadas Iberoamericanas de Ingenierías de Software e Ingeniería del Conocimiento, Buenos Aires, Argentina.
- García, C., 2001, *El Modelo de Capacidad de Madurez y su Aplicación en Empresas Mexicana de Software*, Universidad de las Américas, Puebla, México, mayo de 2001.
- González, Y., De Cuadra F, 2001, *Calidad del software (II)*, Anales de mecánica y electricidad, p. 20-29, junio 2001
- Hopper, M.D., 1990, *Rattling SABRE New Ways to Compete on Information*. Harvard Business Review. May-June
- Huff, Clifford C., 1992, *Elements of a Realistic CASE Tool Adoption Budget*, Communications of ACM, Vol. 35, No. 4, p. 45-54.
- IEEE Recommended Practice for the Adoption of Computer-Aided Software Engineering (CASE) Tools, IEEE, Std 1348-1995.
- IEEE Information Technology- Guideline for the Evaluation and Selection of CASE Tools, IEEE Std 1462-1998 (Adoption of International Standard ISO/IEC 14102:1995)
- Iivari J., 1996, *Why Are CASE Tools Not Used?* , Communications of ACM, Vol. 39, No. 10, p. 94-103.
- INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática, 1999, *Herramientas CASE*,

Elaborado por la Sub-Jefatura de Informática, Dirección Técnica de Desarrollo Informático.

ISO/IEC International Standard. Information Technology – Guideline for the Evaluation and Selection of CASE tools, ISO/IEC Standard 14102-1995.

Jawad Al-Khaïry, 2001, *Factors that Affect CASE Tools Usage by Systems Developers and Analysts*, Tesis, Concordia University, Montreal, Quebec, Canada April 2001

Kemerer, C.F., 1992, *Learning Curve Models for Integrated CASE tool Management*, Mit Center for Information System Research IEEE software, p. 23-28.

Kinnear, Thomas y Taylor, James, 1996, *Investigación de mercados, un enfoque aplicado*, Editorial. Mc. Graw Hill, Mexico, p 347.

Lending D., Chervany Norman L., 1998, *The Use of CASE Tools*, ACM SIGCPR Computer Personnel archive, Vol. 19, No. 2 (April 1998), pp 13 - 26  
ISSN:0160-2497

Losavio F., Matteo A., Pérez M., 2003, *Construction of Integrated CASE Environments*, Revista Acta Científica. Vol. 54, No 3, p.162-79.

Losavio, F., Matteo, A. Pérez, M., 1999, *Arquitectura y Proceso para la Construcción de Ambientes CASE Integrados*, XXV Conferencia Latinoamericana de Informática, Asunción, Paraguay.

Mendoza L., Grimán A., Pérez M., 2004, *Modelo Integrado para Soportar la Selección de Herramientas CASE*, Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información (LISI), Dpto. de Procesos y Sistemas, Universidad Simón Bolívar. IV Workshop de Ingeniería del Software - XII Jornadas Chilenas de Computación, Arica, Chile.

Mendoza L, Pérez M, 2004, *Modelo Sistemático para la Adopción Tecnológica: Caso Herramienta CASE*, Acta Científica Venezolana, ISSN 0001-5504, Vol. 55, No. 2, p. 107-129

Mendoza L, Rojas T, Pérez M, 2000, *The Venezuelan Organizations Behavior In Front Of CASE Tools Selection*, The 4<sup>th</sup> World Multiconference on Systematics, Cybernetics and Informatics, International Institute of Informatics and Systems, Orlando Florida, Julio 2000, pp. 517-522

Mendoza L., Rojas T., Pérez M, 2001, *Organizational Indicators for CASE Tools Selection: a Case Study*. Rev. Col. Comp. 2: 41-60, 2001. Sistemas de información e ingeniería de software: Temas selectos, 165-186, Centro de Estudios en Informática.

Menendez J, 1996, *The Software Factory: Integrating CASE Technologies to Improve Productivity*, Report – LEAN 96-02, Lean Aerospace Initiative,

Lean Aircraft Initiative Center for Technology, Policy, and Industrial Development, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge.

Orlikowski, W.J. 1993, *CASE Tools as Organizational Change: Investigating Incremental and Radical Changes In Systems Development*, Management Information Systems Quarterly, Vol. 17, No. 3, p. 309-340.

Pesado, P., Bertone, R., Pasini, A., Esponda, S., Iglesias M., Alonso L., 2007, *Calidad en el desarrollo de Sistemas de Software*, IX Workshop de investigación de Ciencias de la Computación, Mayo 2007, Trelew, Chubut, Argentina.

Piattini, M., Calvo-Manzano, J., Cervera, J. y Fernández, L., 2004, *Análisis y Diseño de Aplicaciones Informáticas de Gestión: Una perspectiva de Ingeniería del Software*. Madrid: Ra-Ma.

Premkumar G., Potter M., 1995, *Adoption of Computer Aided Software Engineering (CASE) Technology: An Innovation Adoption Perspective*, DATA BASE Advances, Vol. 26, Nos. 2&3., p. 105-124.

Pressman, R. 1998, *Ingeniería de Software: Un Enfoque Práctico*, McGraw Hill, Madrid, pp

Rahim M, Khan K, Selamat H, 1997, *Adoption Versus Abandonment of CASE Tools: Lessons of Two Organizations*, Information Technology & People, Vol. 10, No. 4, pp. 316-329.

Rojas, T; Mendoza, L., Pérez, M., 2001, *Indicadores Organizacionales para Comparación de Herramientas CASE en Venezuela*, Revista de la Facultad de Ingeniería de la U.C.V., Vol. 16, No. 1, p. 95- 112.

Rojas T., Perez M., 2000, *Process Improvement Supported by the Selection of CASE Tools: a Case Study*, Americas Conference on Information Systems, Long Beach, California, USA. P. 761-763

Rojas T., Pérez M., Grimán A., Mendoza L., 2001, *Decision Support System to Support Software Quality through the Selection of CASE Tools*, Departamento de Procesos y Sistemas, Universidad Simón Bolívar, Caracas Venezuela AMCIS 2001, Boston, USA

Rojas, T., Pérez, M., Grimán, A., Ortega, M., Díaz, M. ,2000, *Modelo de Decisión para Soportar la Selección de Herramientas CASE*, Universidad Simón Bolívar. Revista Facultad de Ingeniería UCV, Vol. 15, No. 2., p. 117-144

Rojas, T, Pérez M, Mendoza L., 1999, *Improvement of the Process of Development if the Information Systems through a Proposal of Organizational Indicators to Evaluate CASE Tools*, Proceedings of the Fifth Americas Conference on Information Systems. AMCIS 1999, Milwaukee, Wisconsin, p. 761-763

Sharma S. Rai A., 2000, *CASE deployment in IS organizations*, *Communications of the ACM*, Vol. 43, No.1 (January 2000), p. 80 - 88 ISSN:0001-0782

Smith I., 1993, *The Enabling Role of CASE-Engineered CASE in Optimizing the Software Process*, I.M.D.; CASE (Computer Aided Software Engineering): Towards Software Process Maturity, IEE Colloquium on (Digest No.1993/222) 22 Nov 1993, pp 3.1 - 3.4

Stepien K, Smith D, Morris E., 1992, Guide To CASE adoption, Technical Report CMU/SEI-92-TR-015 ESC-TR-92-015, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University.

Thompson, K, 1993, CASE, Software Process Maturity (SPM) and the Capability Maturity Model (CMM), IEEE Colloquium on Digest no. 1993/222, p. 5.1,5.4

Viloria, O., Rojas, T., 1996, Variables que Afectan la Asimilación de las Herramientas CASE en las Organizaciones Venezolanas, *Revista Venezolana de Gestión Tecnológica*, Vol. 17, No. 2, p. 81-94

### Referencias en línea

Ambler Scott, 2001, *When should you CASE tools?*, referencia en línea, consultado Octubre 2006, disponible en

<http://www.ibm.com/developerworks/library/co-tipuse.html?n-co-671>

Homogeneización de Conceptos de Servicios de Desarrollo Empresarial (SDE). Referencia en línea, consultado en Agosto 2006, disponible en

<http://www.infomipyme.com/Docs/GT/Offline/tecnicos/mercadoSDE/nuevo.htm>

## Anexos

Anexo A

Encuesta Aplicada



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Informática

**Maestría en Ingeniería de software  
Distribuido**



**División de estudios de Posgrado**

*Encuesta para obtener información concerniente al uso de las Herramientas CASE dentro de las empresas desarrolladoras de software en Querétaro.*

Nombre del encuestado: \_\_\_\_\_

Nombre de la empresa: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Puesto que desempeña: \_\_\_\_\_

Correo electrónico: \_\_\_\_\_

Domicilio de la empresa: \_\_\_\_\_

1.- Número de personas que labora en la empresa:

a) 1 – 10

b) 11 - 50

c) 51 – 250

d) 251 o más

2.- ¿Cuántos años tiene su empresa ofreciendo sus servicios en Querétaro?

\_\_\_\_\_

3.- ¿En cuál(es) etapa(s) del desarrollo de software usted participa?

a) Requerimientos

b) Análisis

c) Diseño

d) Desarrollo

e) Implantación

f) Pruebas

g) Mantenimiento

4.- ¿Hacen uso de alguna herramienta CASE para apoyo en su proceso de desarrollo de software?

SI (pase a la pregunta número 12)

NO

5.- ¿Han hecho uso anteriormente de la herramienta y ha preferido abandonarla?

NO

SI ¿Por qué?

---

---

6.- Señale los motivos por los que considera que no se ha adoptado alguna herramienta CASE:

- Costo
- Desconocimiento
- No son necesarias
- Difíciles de manipular

Otras: \_\_\_\_\_

---

---

7.- ¿Considera que traería beneficios a la empresa adoptar esta tecnología?

SI       NO

8.- ¿Tiene información acerca de los beneficios que le proporcionaría el uso de herramientas CASE?

---

---

9.- ¿Existe la posibilidad de que la empresa donde labora adquiera una herramienta CASE a futuro para formalizar su proceso de desarrollo de software?

SI       NO       NA(No aplica)

10.-¿Por qué?

---

---

11.- ¿En caso de que su respuesta haya sido SI en la pregunta 9, en cuánto tiempo se realizará?

Menos de un año       En 1 a 3 años       Más de 3 años       No se

**\*Pase a la pregunta 26.**

12.- ¿Por qué motivos se realizó la adopción de la herramienta?

---

---

13.- ¿Que tipo de ventajas o mejoras observa con el uso de una herramientas CASE?

- Productividad
- Costo
- Formalización del desarrollo
- Tiempo de desarrollo
- Mantenimiento
- Estandarización

Económicos

Otras (menciónelas) \_\_\_\_\_

---

14.- ¿La herramienta CASE le ha facilitado llevar a cabo el desarrollo de los proyectos?

SI       NO

15.- Considerando el desempeño de la herramienta CASE dentro de su organización estime los resultados obtenidos de acuerdo a los siguientes aspectos señalando la valoración correspondiente:

| <b>Tiempo de terminación del producto</b>  |  |  |
|--|--|--|
| <input type="checkbox"/> a) 10 a 25%   | <input type="checkbox"/> 2) Aumentó con el uso de la herramienta         | <input type="checkbox"/> 3) Se conserva igual  |
| <input type="checkbox"/> b) 25 a 50%   |  |  |
| <input type="checkbox"/> c) más del 50%  |  |  |
| <b>Costo (del desarrollo de un software)</b>   |  |  |
| <input type="checkbox"/> a) 10 a 25%   | <input type="checkbox"/> 2) Aumentó con el uso de la herramienta         | <input type="checkbox"/> 3) Se conserva igual  |
| <input type="checkbox"/> b) 25 a 50%   |  |  |
| <input type="checkbox"/> c) más del 50%  |  |  |
| <b>Calidad del producto obtenido</b>   |  |  |
| <input type="checkbox"/> 1) Con el uso de la herramienta se facilitó lograr la calidad deseada | <input type="checkbox"/> 2) No existieron alteraciones                   | <input type="checkbox"/> 3) Con el uso de la herramienta se dificultó obtener la calidad deseada |
| <b>Competitividad</b>  |  |  |
| <input type="checkbox"/> 1) El nivel de competitividad se ha incrementado                      | <input type="checkbox"/> 2) El nivel de competitividad se conserva igual | <input type="checkbox"/> 3) El nivel de competitividad ha disminuido                             |
| <b>Productividad del personal</b>  |  |  |
| <input type="checkbox"/> a) 10 a 25%   | <input type="checkbox"/> 2) Disminuyó con el uso de la herramienta       | <input type="checkbox"/> 3) Se conserva igual  |
| <input type="checkbox"/> b) 25 a 50%   |  |  |
| <input type="checkbox"/> c) más del 50%  |  |  |
| <b>Errores</b>   |  |  |

|  |   |  |   |
|--|---|--|---|
|  | 1) Disminuyó en:<br><input type="checkbox"/> a) 10 a 25%<br><input type="checkbox"/> b) 25 a 50%<br><input type="checkbox"/> c) mas del 50% | <input type="checkbox"/> 2) Aumentó con el uso de la herramienta | <input type="checkbox"/> 3) Se conserva igual |
|--|---|--|---|

16.- ¿Cuánto tiempo tienen utilizando las herramienta CASE?

a) 0 a 1 año
  b) de 2 a 3
  c) de 4 o más

17.- Considerando el uso de la herramienta dentro de su organización señale el nivel de uso en cada etapa del proceso de desarrollo:

|                | Nada( 0% ) | Poco (25% ) | Regular (50%) | Totalmente(90% o mas) |
|----------------|------------|-------------|---------------|-----------------------|
| Requerimientos |            |             |               |                       |
| Análisis       |            |             |               |                       |
| Diseño         |            |             |               |                       |
| Desarrollo     |            |             |               |                       |
| Implantación   |            |             |               |                       |
| Pruebas        |            |             |               |                       |
| Mantenimiento  |            |             |               |                       |

18.- ¿El desempeño de la herramienta CASE cumple con las expectativas planteadas al momento de la adopción?

SI
  NO
  NA(No Aplica)

19.- ¿Existió algún cambio organizacional al momento de adoptar la herramienta CASE para adaptarse a ésta?

SI
  NO

20.- ¿Antes de implantar la herramienta se llevó a acabo un proceso de evaluación y selección de la herramienta?

No (Pase a la pregunta 24)
  SI

21.- Para llevar a cabo estos procesos ¿se apegaron a algún modelo y/o estándar?

NO  
 SI; Si es su conocimiento mencione el modelo y/o estándar utilizado:

---

22.- ¿El personal fue capacitado para adoptar esta tecnología?

SI
  NO

23.- ¿Al momento de la adopción de la herramienta existió algún tipo de problemática?

NO

SI; ¿Qué tipo de problemas?

Rechazo

No se uso en la forma esperada

Falta de capacitación

Otras \_\_\_\_\_

24.- ¿Cuáles son las expectativas de seguimiento de uso de herramientas CASE?

De 0 a 1 año

De 2 a 3 años

De 4 a 5

Más de 5 años

25.- ¿Existe algún departamento o personal encargado innovación tecnológica?

Si

NO

26.- Finalmente nos es importante conocer el punto de vista personal respecto al uso de las Herramientas CASE y cualquier información que usted considere importante para la realización de esta investigación por lo que agradecemos sus comentarios y observaciones.

---

---

---

---

---

---

*Agradecemos la Información proporcionada para le realización de esta Investigación.*

Quedo a sus órdenes

Tesista

Caribe Gallegos López