

**MARCO DE REFERENCIA PARA LA DINAMIZACIÓN DE LA ADOPCIÓN DEL
MODELO CMMI USANDO PROSPECTIVA TECNOLÓGICA**

NUR LISCANO IZAZA

DIRECTOR: ING. EDUARDO ROJAS PINEDA

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
DEPARTAMENTO DE TELEMÁTICA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN GESTIÓN TECNOLÓGICA
POPAYÁN
2008**

DEDICATORIA

Este logro profesional quiero dedicarlo a seres muy especiales en mi vida.

A mis padres. Sus espíritus continúan conmigo, llenándome de fuerza y motivación.

A Germán. Su confianza en mí hizo posible este logro.

A Dios por su ayuda y apoyo, en especial en los momentos más difíciles.

RECONOCIMIENTOS

Este trabajo de investigación fue un esfuerzo que realicé con el apoyo de muchas personas a quienes quiero expresar mi agradecimiento. Su colaboración hizo posible un logro más en mi vida profesional.

En primera instancia agradecer a mis directores de tesis. A Gustavo Ramirez por su confianza en mí y su ayuda con el anteproyecto. A Eduardo Rojas por su apoyo, sugerencias y atinados consejos durante el desarrollo de esta investigación.

A Andrés Castrillón por su orientación y ayuda en el tema de Prospectiva.

A Juan Carlos Ortiz por su colaboración con la herramienta Calibrum.

A Benito Pardini gerente de producción de la Empresa donde laboro Open System, por permitir la encuesta a Empleados de Empresas Valoradas.

Mi agradecimiento a todas las empresas de desarrollo de software que contestaron la encuesta, sin ellas no hubiera sido posible llevar a cabo la primera etapa de la investigación.

A los consultores en CMMI, en especial a Rafael Rincón por la información suministrada.

A las empresas de Parquesoft Cali que participaron en los talleres de reflexión colectiva del análisis estructural. A Patricia Hoyos por su colaboración y coordinación de estas actividades

Un reconocimiento especial a Liliana Gómez consultora CMMI, por su apoyo en todas las actividades de esta investigación, documentos suministrados, sus atinadas observaciones y sugerencias. Su ayuda para llevar a cabo el proceso de análisis estructural con algunas empresas del conglomerado de Parquesoft Cali fue fundamental para el desarrollo de la segunda fase de esta investigación.

A mis compañeros de trabajo, amigos y familiares, que con sus mensajes y palabras de apoyo aliviaron la tensión de días muy duros y complicados de trabajo.

A mi sobrina Claudia por su entusiasmo y colaboración oportuna, sirviendo de puente con la Universidad.

TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA	2
RECONOCIMIENTOS	3
RESUMEN	7
1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. Entorno del Proyecto	9
1.2 Identificación del Problema.....	11
1.3 Preguntas de la Investigación.....	11
1.4 Objetivos.....	12
1.5 Justificación	12
1.6 Delimitación del Trabajo.....	13
2. BASE CONCEPTUAL	14
2.1. El Modelo CMMI.....	14
2.1.1 Antecedentes y Evolución del Modelo	15
2.1.2 Disciplinas	16
2.1.3 Representaciones del Modelo.....	17
2.1.4 Áreas de Proceso	22
2.1.5 Métodos de Evaluación	26
2.1.6 Herramientas para la Evaluación	33
2.1.7 Comparación Con Otros Modelos.....	35
2.2. La Industria del Software en Colombia.....	36
2.2.1 Generalidades.....	37
2.2.2 Composición de la Industria de Software por tipo de Empresa	37
2.2.3 Localización de la Industria del Software en Colombia.	38
2.2.4 Red de Parques Tecnológicos: Parquesoft.....	39
2.2.5 Mercado Colombiano de Software en Cifras.....	40
2.2.6 Competitividad de la Industria del Software en Colombia.....	47
2.2.7 Modelo CMMI en Colombia y Programas que Impulsan su Adopción.	50
2.3. Balance Núcleos Temáticos.....	52
3 METODOLOGIA UTILIZADA	55
3.1. Instrumentos de Recolección de Datos.....	56
3.2. Herramientas de Prospectiva utilizadas para Análisis de Datos.	56
3.3. Población.	59
3.4. Estrategia de Trabajo	59
4 RESULTADOS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN	63
4.1. Análisis Estructural	63
4.1.1 Definición de Variables CMMI	63
4.1.2 Descripción de relaciones entre las variables	67
4.1.3 Resultados del Análisis Estructural	68
4.1.4 Análisis de Resultados.....	78
4.1.5 Síntesis	80
4.2. Lineamientos Para dinamizar la Adopción del Modelo CMMI	83
4.2.1 Identificar el Punto de Inicio	83
4.2.2 Identificar las Variables a Potencializar.....	85
5 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES	88
5.1. Conclusiones.....	88
5.2. Recomendaciones	90
GLOSARIO	92
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. CMMI: Combinación de Modelos.....	16
Figura 2. Representaciones CMMI.....	17
Figura 3. Estructura de los Componentes del Modelo CMMI: Representación Continua.....	18
Figura 4. Estructura de los Componentes del Modelo CMMI: Representación Escalonada.....	20
Figura 5. Estructura Áreas de Proceso.....	24
Figura 6. Nivel de Consenso del Scampi.....	31
Figura 7. Composición Industria del Software.....	37
Figura 8. Cifras de Exportación de Software.....	42
Figura 9. Plano de Influencia-Dependencia.....	59
Figura 10. Plano de Influencias / Dependencias Directas.....	70
Figura 11. Influencias Directas.....	71
Figura 12. Plano de Influencias/dependencias directas posibles.....	72
Figura 13. Influencias Directas Potenciales.....	72
Figura 14. Plano de influencias/ dependencias indirectas.....	73
Figura 15. Influencias/dependencias indirectas.....	74
Figura 16. Plano de Influencias/dependencias potenciales.....	75
Figura 17. Clasificación por influencia.....	76
Figura 18. Influencias Indirectas Potenciales.....	76
Figura 19. Clasificación por dependencia.....	77
Figura 20. Plano de desplazamientos: Plano Directo/Plano indirecto.....	77
Figura 21. Sectores Plano MID.....	78
Figura 22. Subsistemas Variables CMMI.....	80
Figura 23. Etapas del modelo IDEAL.....	83

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Ventajas de las dos Representaciones.....	22
Tabla 2. Componentes Área de Proceso Agrupadas por Categoría	25
Tabla 3. Prácticas y Sub-prácticas.....	26
Tabla 4. Total Prácticas – Sub-prácticas por Áreas de Proceso.....	27
Tabla 5. Requerimientos y Métodos de Evaluación	28
Tabla 6. Tipos de Indicadores de Implementación de Prácticas (PIIs).....	29
Tabla 7. Características Scampi.....	29
Tabla 8. Modos de Uso del Scampi	30
Tabla 9. Fases del Scampi.....	32
Tabla 10. Comparación de características de herramientas	34
Tabla 11. Comparación Modelos.....	36
Tabla 12. Composición de la Industria de Software por tipo de Empresa	37
Tabla 13. Cantidad de Empresas por ciudad	39
Tabla 14. Cantidad de Emprendimientos en la Red de Parques Parquesoft	40
Tabla 15. Inversión en servicios de TI en Colombia (US\$M)	42
Tabla 16. Exportaciones Totales No tradicionales, Colombianas.....	43
Tabla 17. Dificultades Internas para Exportar	44
Tabla 18. Dificultades Externas para Exportar.....	44
Tabla 19. Actividades para Generar Cultura Exportadora.....	44
Tabla 20. Empresas multinacionales de redes más importantes en ventas en Colombia	45
Tabla 21. Importación de Software – Año 2003 (MUSD).....	45
Tabla 22. Importación de Software – Año 2002 (MUSD).....	46
Tabla 23. Matriz DOFA Industria de Software.....	47
Tabla 24. Proyectos por Áreas Temáticas	48
Tabla 25. Número de Encuestas por grupos.....	56
Tabla 26. Prioridades de las Empresas	65
Tabla 27. Matriz de Influencias.....	68
Tabla 28. Matriz de Influencias Directas. (MID).....	69
Tabla 29. Matriz de Influencias Directas Potenciales. (MIDP).	69
Tabla 30. Estabilidad matriz MID.....	70
Tabla 31. Estabilidad matriz MIDP	71
Tabla 32. Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP).....	75
Tabla 33. Eventos de Futuro.....	81
Tabla 34. Actividades del Modelo IDEAL	84

RESUMEN

El proyecto “Marco de Referencia para la Dinamización de la Adopción del Modelo CMMI Usando Prospectiva Tecnológica” nace de la problemática que enfrentan las empresas de la Industria de Software Colombiana, que para competir a nivel mundial necesitan convertirse en compañías de clase mundial y contar con certificaciones reconocidas internacionalmente en el mercado global.

A la pregunta planteada en éste proyecto: *¿Cómo contribuir efectivamente a la implementación del Modelo CMMI en las empresas de la industria del software de Colombia?*

Se plantea la siguiente hipótesis, que constituye el objetivo de la investigación:

Se puede Construir un marco de referencia que basado en la Prospectiva Tecnológica impulse en forma efectiva la adopción del Modelo CMMI por las empresas de la industria de software del país.

Para lograrlo se conforma una base conceptual alrededor de CMMI que integre los elementos a tener en cuenta para la adopción e implementación del modelo, teniendo en cuenta el ámbito de la Industria de Software en Colombia y sus características. Para ello se definen dos núcleos temáticos: El modelo CMMI y la Industria de Software en Colombia. El propósito de ésta base conceptual es reunir todos los elementos necesarios para tener claridad de los requisitos y requerimientos del modelo, así como de los diferentes factores que pueden influir en el proceso de adopción, en las empresas de la industria de software en Colombia.

La investigación se desarrolla en dos fases utilizando la metodología de estudio de caso y procesos participativos de prospectiva, con la participación de diferentes fuentes de conocimiento conformadas por consultores de CMMI, empresas valoradas CMMI, empleados de empresas valoradas y empresas no valoradas.

De la base conceptual se obtiene como resultado un balance que contiene las conclusiones preliminares del proyecto. Estas conclusiones preliminares son la base para la generación de encuestas dirigidas a los diferentes grupos: Consultores, Empresas Valoradas, No Valoradas y Empleados de Empresas Valoradas CMMI. Los resultados de las encuestas se consolidan con la herramienta de prospectiva Calibrium.

De la consolidación de los resultados de las encuestas, se conforma un conjunto de variables que influyen en la adopción del modelo CMMI. Estas constituyen la entrada al proceso del análisis estructural.

Para el análisis estructural se establece contacto con la empresa GreenSQA, encargada del Aseguramiento de Calidad del conglomerado de empresas de Parquesoft Cali, se presentan los objetivos del proyecto y se coordina a través de la gerente, quien además es una de las consultoras CMMI a nivel nacional, la participación de diez empresas en el análisis estructural para determinar las variables claves del proceso de adopción del modelo CMMI.

El mecanismo que se utiliza son talleres de reflexión colectiva con representantes de cada una de las empresas. Como resultado se obtiene el conjunto de Variables Claves que influyen en el proceso de Adopción de CMMI. Estas variables se analizan utilizando la herramienta de prospectiva MICMAC.

Alrededor de este conjunto de variables se construyen eventos de futuro con grupos de variables relacionadas entre sí. Estos eventos conforman un enunciado lógico que permite a las empresas establecer los posibles escenarios probables y trabajar alrededor de estos, implementando

estrategias que permitan potencializar las variables de acuerdo a las condiciones de cada empresa.

Teniendo en cuenta el conjunto de variables estratégicas, los eventos de futuro que se pueden construir alrededor de las mismas y la ruta que cada empresa interesada en la adopción del modelo debe seguir, se plantea un conjunto de lineamientos para trabajar en el conjunto de variables claves que permiten dinamizar el proceso de adopción del modelo CMMI. Estos lineamientos giran en torno a:

- **Identificar el Punto de Inicio:** CMMI se debe enfocar como un proyecto, en donde se desarrollan todas sus fases y se asigna el recurso necesario para el proyecto y se gestiona con metodología y herramientas. Toda empresa interesa en adoptar el modelo CMMI debe emprender con el apoyo de la alta gerencia un proyecto de mejoramiento siguiendo un modelo (se recomienda el modelo IDEAL) que le permita alcanzar los objetivos propuestos. Para ello es necesario identificar el punto en el que se encuentra cada empresa, el camino recorrido y el que le falta por recorrer. Esto varía en cada empresa y depende del tamaño de la organización, modalidad de operación, experiencia con otros modelos, entre otras.
- **Identificar las Variables a Potencializar:** Cada empresa debe identificar los eventos asociados a las variables sobre las cuales puede ejercer mayor influencia y enfocar el trabajo para potencializar estos eventos o variables y lograr así dinamizar en cada empresa el proceso de adopción del modelo. Estas variables se clasifican de acuerdo al tipo de empresas en Genéricas y Específicas para Micro, Pequeña empresa y Conglomerados.

Dentro de las variables genéricas que aplican para todo tipo de empresa se debe trabajar en el *Compromiso de la Alta Gerencia* que es fundamental para el éxito del proceso, Alinear las *prioridades de la empresa* con los hitos requeridos por el modelo en especial los del nivel 2 e investigar y asesorarse para adquirir *herramientas* que sirvan de soporte

Las empresas pequeñas deben diseñar estrategias encaminadas a potencializar los factores que ayuden a contrarrestar las desventajas derivadas de su tamaño, trabajando en las siguientes variables claves: *Patrocinio de Instituciones* y *Experiencia con Modelos de calidad* La micro y pequeña empresa tiene mayores posibilidades de implementar primero sistemas de gestión de calidad basados en estándares como la norma ISO 9000

Los conglomerados como Parquesoft, presentan características particulares que deben tenerse en cuenta para diseñar *estrategias conjuntas* que les permita implementar las mejores prácticas, compartir herramientas y recursos, en general para hacer sinergias y *economías de escala* y potencializar la gran ventaja de contar con un consultor a nivel nacional de CMMI

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Entorno del Proyecto

En un mundo globalizado como el actual, las Empresas de Desarrollo de Software deben contar con certificaciones válidas internacionalmente para poder competir en el mercado global, tener reconocimiento internacional y convertirse en compañías de clase mundial en ingeniería de software.

Uno de los grandes inconvenientes que han tenido las empresas de software en Colombia para exportar sus productos, es la baja implementación de programas de calidad de reconocimiento internacional, los cuales se constituyen cada vez más en requisito fundamental de competitividad global. Es por tanto indispensable apropiarse del conocimiento de modelos avanzados en procesos de calidad, de manera que los productos resultantes de los procesos de desarrollo de Software sean reconocidos, valorados y calificados a nivel internacional como productos de altísima calidad.

El Modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration), creado por el SEI (Software Engineering Institute) de la Universidad de Carnegie Mellon [1], es un modelo de gestión de calidad, que establece estándares en los procesos de desarrollo de software garantizando el cumplimiento de indicadores de gestión relacionados con la estimación de costos, tiempos de entregas y requisitos del cliente.

La valoración en CMMI permite a las empresas de software, optimizar sus procesos de diseño de software y garantizar su calidad; disminuir los márgenes de error y administración de riesgo; generar confiabilidad y mayor satisfacción de los clientes; y cumplir con los requerimientos de los compradores internacionales, entre otros.[2]

CMMI es un modelo de mejores prácticas, encaminado a lograr la madurez organizacional de las empresas de tecnología, y constituye el pasaporte que les permite ser más competitivas y acceder a más y mejores clientes en el exterior. El modelo ha demostrado ser uno de los mejores, para asegurar la calidad y la eficiencia del sistema desarrollado por las empresas, asegurando al mismo tiempo un retorno de la inversión en desarrollo asumida por la empresa. Este modelo se enfoca en los procesos como parte de un triángulo conformado por procesos, personas y tecnología. Si alguno de los elementos cambia, los otros dos se ven afectados.

La calidad de un producto software está determinada por la calidad del proceso que se utiliza para desarrollarlo y mantenerlo. Un proceso efectivo agrupa a personas, herramientas y métodos dentro de un contexto de actuación integrado. Se puede decir que las compañías siguiendo el modelo CMMI comienzan a ser cada vez mejores trabajando el triángulo personas-proceso-tecnología. [1]

Alrededor del mundo, son varios los países que le han apostado a este modelo y que hoy son ejemplo de desarrollo y crecimiento económico. En la India, por ejemplo, entre 1995 y 2001 la ganancia bruta del sector del software comercial aumentó de 835 millones a 8.200 millones de dólares y las exportaciones crecieron de 485 millones a 6.200 millones de dólares. En este país 403 empresas han sido evaluadas oficialmente en CMM y CMMI.[3]

Además de las experiencias exitosas de países como India, Irlanda e Israel, algunos estudios confirman el positivo impacto en el Producto Interno Bruto y productividad que genera la inversión en la tecnología de la información. En efecto, por cada 10 por ciento de aumento en capital de Tecnologías de la Información (TI), el PIB se eleva en 1.8 por ciento. Igualmente en economías en las que la participación del capital de TI es superior al 4 por ciento, la productividad económica

medida en términos de PIB por hora trabajada es 3.5 veces mayor que cuando el capital de TI representa menos del 4 por ciento del total.[3]

En Estados Unidos hay 2.066 empresas evaluadas oficialmente en CMM y CMMI, en China 198 empresas y en Japón 205 empresas. En total hay 3.727 evaluaciones de CMM y CMMI registradas en el SEI, desde su creación en 1987 hasta julio 2004. [3] [4]

En Colombia entidades como COLCIENCIAS, PROEXPORT, EL SENA desarrollan programas con el objetivo de impulsar la adopción de modelos de producción con estándares internacionales para la industria de la tecnología de la información, a través de la generación de capacidades nacionales y el apoyo en la implementación y valoración del modelo CMMI en empresas colombianas desarrolladoras de software, exportadoras o con alto potencial exportador. Los programas incluyen sensibilización de las empresas, formación de consultores y certificación de un grupo de empresas, con el patrocinio de estas instituciones.

En Colombia existen en la actualidad 16 empresas valoradas en CMMI. Una de ellas es PSL, quien pertenece al grupo de compañías en el mundo valoradas en el máximo nivel. PSL es la primera y única organización en Latino e Ibero América valorada en CMM nivel 5, máximo nivel de ingeniería de software de acuerdo con el modelo CMM del SEI.[4] . Open System valorada en nivel 4 y las 14 restantes se encuentran valoradas en los niveles 3 y 2. Entre ellas se encuentran: Heinsohn Software House S.A., Soft Bolivar S.A., Intergrupo S.A., Ilimitada S.A. y Red Colombia S.A.

Sin embargo, la industria nacional de software está compuesta por más de 850 empresas proveedoras de soluciones (850 tributan ante la DIAN) [5], de las cuales un porcentaje muy bajo de empresas pueden acceder a la valoración CMMI debido a que se exige no sólo hacer las cosas bien sino tener una alta capacidad de inversión.

El proyecto de investigación “Marco de Referencia para la Dinamización de la Adopción del Modelo CMMI usando Prospectiva Tecnológica” surge como una alternativa de ayuda a la problemática que afronta la industria del software del país. Este documento contiene el compendio de la investigación. En el primer capítulo se identifica el problema objeto de la investigación, se definen los objetivos, justificación del proyecto y se delimita el alcance. En el capítulo II se establece la Base Conceptual que soporta al proyecto de investigación, conformada por dos núcleos temáticos: El Modelo CMMI y La Industria de Software en Colombia. El capítulo III contiene el detalle de la Metodología utilizada en la investigación. En el capítulo IV se consignan los Resultados del Proceso de Evaluación y el capítulo V contiene el conjunto de Recomendaciones y Conclusiones del autor como síntesis del trabajo realizado.

El capítulo II que aparecía enunciado en el anteproyecto como “Base Conceptual sobre Prospectiva Tecnológica” cambia por “Base Conceptual de CMMI” conforme carta dirigida al Comité de Investigaciones el 27 de Agosto del 2007 donde se hacen cambios a la hipótesis inicial de trabajo y a uno de los objetivos específicos, dado que el tema alrededor del cual gira la investigación es CMMI y la prospectiva Tecnológica es la herramienta que apoya la investigación. Los métodos de prospectiva utilizados en la investigación se detallan en capítulo III.

En el anteproyecto en el ítem asociado a Metodología se plantean como referentes metodológicos los tres componentes del “Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería”. Durante el desarrollo de la investigación se utilizan dos de los referentes: Para la Base Conceptual se usa el “Modelo para la investigación Documental” y el “Modelo para la Investigación Científica” se utiliza como referente en la generación del Conjunto Articulado de Lineamientos. El Modelo para la Construcción de Soluciones no se utiliza dado que durante el proyecto no se lleva a cabo la “Construcción de una Solución” que es el propósito del modelo M.C.S.

El Capítulo III detalla la “Metodología Utilizada” que comprende la combinación del Estudio de Caso y el Análisis Estructural utilizado en el desarrollo de la investigación. Este capítulo contiene también la estrategia conformada por el conjunto de actividades que se llevan a cabo y un conjunto de anexos del 2 al 12 que contienen el detalle de: cuestionarios dirigidos a los diferentes grupos, listado de la población participante, matriz de variables que influyen en la adopción del modelo CMMI, resultados de las encuestas.

La metodología, la estrategia y los anexos conforman el conjunto de Elementos que permiten cumplir con el objetivo 2 planteado en el anteproyecto como “Modelo de Evaluación del Proceso de adopción CMMI”

El conjunto de anexos con que cuenta este trabajo y que permiten tener el detalle de los instrumentos, resultados y algunos datos de interés se detalla a continuación.

El Anexo 1 contiene a manera de ejemplo, un formato en Excel de una herramienta sencilla, que permite a una empresa de desarrollo de software interesada en adoptar el modelo CMMI llevar a cabo una auto-evaluación para hacer un diagnóstico del estado de la empresa frente al modelo.

El Anexo 2 contiene la Matriz de variables CMMI que se conforma para el análisis estructural, como resultado de la información obtenida en los resultados de la encuesta. Contiene también las preguntas que se elaboran para facilitar los talleres de reflexión del análisis estructural.

Los Anexos 3,4 ,5 y 6 contienen los cuestionarios utilizados en las encuestas hechas a Consultores CMMI, Empresas Valoradas, Empleados de Empresas Valoradas y Empresas no Valoradas.

En el anexo 7 tiene el listado de la población que participa en el proyecto. Contiene el listado de Consultores CMMI, Empresas Valoradas, Empresas no Valoradas y Empleados de Empresas Valoradas a los que se les envía la encuesta. Contiene también la lista de las empresas del conglomerado de Parquesoft Cali que participan en el análisis estructural para obtener el conjunto de variables claves.

Los reportes generados con los resultados de las encuestas hechas a los diferentes grupos, se generan con la herramienta Calibrium y se encuentran en los anexos 8,9,10,11. Algunos de los resultados de preguntas asociadas a Beneficios que pueden obtener las empresas, y prioridades de las empresas se consolidan dado que la herramienta no lo hace.

Con los resultados de las encuestas se genera un listado de variables que influyen en el proceso de adopción del modelo CMMI, el listado se encuentra en el anexo 12. Así como un cuadro comparativo de algunas características o variables de las Empresas Valoradas y no Valoradas CMMI que participaron en las encuestas

1.2 Identificación del Problema

Tal como se revisó en la sección anterior, en el momento la Industria de Software de Colombia enfrenta una seria problemática en términos de la implementación real del Modelo CMMI, el cual, como ya se expresó, es una condición esperada para la competitividad a nivel mundial. Las cifras y esfuerzos demuestran un rezago de la industria nacional. Sólo el 1.88% de las empresas han podido valorarse en este modelo que es reconocido internacionalmente como uno de los mejores para garantizar la calidad de los productos de software.

1.3 Preguntas de la Investigación

Se plantea la siguiente pregunta central:

¿Cómo contribuir efectivamente a la implementación del Modelo CMMI en las empresas de la industria del software de Colombia?

A lo cual se puede plantear la siguiente hipótesis inicial de trabajo:

Es posible construir un marco de referencia basado en CMMI, que con la ayuda de herramientas de Prospectiva Tecnológica impulse la adopción del Modelo en las empresas de la industria de software del país.”

1.4 Objetivos

Objetivo General

Construir un Marco de Referencia mediante el cual sea posible dinamizar el proceso de adopción del modelo CMMI por parte de las empresas de la industria de software del país usando prospectiva tecnológica.

Objetivos Específicos

1. Elaboración de una base conceptual de CMMI
2. Desarrollo de un Modelo de Evaluación del Proceso de Adopción de CMMI bajo prospectiva tecnológica.
3. Generación de un conjunto articulado de lineamientos o recomendaciones para dinamizar el proceso de adopción del modelo CMMI, usando prospectiva tecnológica

1.5 Justificación

Para garantizar la supervivencia de las empresas de software se deben implementar modelos de referencia con reconocimiento internacional. La preparación que debe llevar a cabo una organización como paso previo a la adopción del modelo CMMI, es un proceso largo, costoso, y requiere de recursos humanos altamente capacitados.

Siendo la prospectiva un proceso sistemático y participativo permite recopilar conocimiento y construir visiones a medio y largo plazo sobre el futuro de la industria de software en Colombia. Permite poner en contacto a los protagonistas con diversas fuentes de conocimientos, a fin de desarrollar visiones estratégicas que permitan desarrollar conocimiento para trabajar sobre las variables claves y definir recomendaciones para la implementación del modelo, contribuyendo de esta forma a disminuir la brecha y el rezago de la industria colombiana de software con respecto a otros países

Construir un marco de referencia que basado en la Prospectiva Tecnológica impulse en forma efectiva la adopción del Modelo CMMI en algunas empresas de la industria de software del país, contribuye a darle a Colombia una ventaja competitiva para desarrollar productos de alta calidad, valorados y reconocidos a nivel internacional. Esto se puede traducir en un incremento en la exportación de productos de software, contribuyendo al desarrollo económico y social del país

1.6 Delimitación del Trabajo

El proyecto se plantea inicialmente para llevar a cabo la investigación en el ámbito de la industria del software en Colombia tratando de tener un cubrimiento nacional. Por esta razón en su fase inicial de conceptualización se establecen contactos con consultores y empresas de diferentes ciudades del país. Los cuestionarios que se diseñan para diferentes grupos de conocimiento se envían a estos contactos en varias ciudades: Cali, Medellín, Popayán, Bogotá logrando cubrir varias regiones de Colombia. En esta fase, se presentan muchas dificultades para obtener respuesta de los diferentes sectores, en especial si se tiene en cuenta que la encuesta fue dirigida a gerentes y consultores, quienes tienen un nivel de ocupación muy alto. Pero son ellos quienes cuentan con la información requerida en el proyecto. Como resultado de esta encuesta se obtiene un conjunto de variables que inciden en el proceso de adopción del modelo CMMI y que constituyen la entrada al análisis estructural de la segunda fase.

Debido al grado de dificultad encontrado en la primera fase y teniendo en cuenta que la segunda fase requiere procesos participativos de reflexión colectiva, se decide llevar a cabo los talleres de análisis estructural con un grupo de empresas de la ciudad de Cali, vinculadas a un conglomerado muy importante del país, Parquesoft. Del trabajo ejecutado con este grupo de empresas se obtienen un conjunto de variables claves del proceso. Con base en estos resultados, se establecen posibles eventos de futuro y se elaboran recomendaciones preliminares. Se lleva a cabo luego una retroalimentación de los resultados, se tienen en cuenta las sugerencias y se produce como resultado final un conjunto de Recomendaciones.

2. BASE CONCEPTUAL

Para el proyecto de investigación se conforma una base conceptual alrededor de CMMI que integra los elementos a tener en cuenta para la adopción e implementación del modelo. Esto implica considerar los requisitos para adoptar este modelo y el ámbito de la Industria de Software en Colombia, así como sus características.

El propósito de ésta base conceptual es reunir todos los elementos necesarios para tener claridad de los requerimientos del modelo, así como de los diferentes factores que pueden influir en el proceso de su adopción en las empresas de la industria de software en Colombia. Para ello se definen dos núcleos temáticos que conforman la base conceptual:

El modelo CMMI: Este modelo en si mismo, tal como está definido demanda unos requisitos y busca dotar a las empresas de procesos que aseguren la calidad del desarrollo de productos software, teniendo como objetivo el mejoramiento continuo de las empresas.

La industria de Software: Población aproximada en Colombia de 850 empresas, con características, tamaños y objetivos diversos. Este núcleo temático está enfocado en establecer las características y condiciones de las empresas de software del país que inciden en la adopción del modelo CMMI.

Para estos núcleos temáticos establecen como eje de la investigación la siguiente pregunta:

¿Qué deben hacer las empresas, teniendo en cuenta sus características, para lograr que los factores que influyen en la implementación de CMMI sean una oportunidad y no una amenaza?

Para dar respuesta a esta pregunta es necesario dividir estos núcleos temáticos en sub-módulos, que nos permitan conocer en detalle los factores que se deben tener en cuenta para la implementación del modelo. Factores que serán tenidos en cuenta en el diseño de cuestionarios, elaborados con el fin de consultar las variables que inciden en la adopción del modelo CMMI. Estos cuestionarios se dirigen a grupos expertos en la industria del software y el modelo CMMI.

2.1. El Modelo CMMI

Este es el núcleo temático central que alimenta la base conceptual del proyecto. El Modelo CMMI (Capability Maturity Model Integration), creado por el SEI (Software Engineering Institute) de la Universidad de Carnegie Mellon es un modelo de gestión de calidad, que establece estándares en los procesos de desarrollo de software garantizando el cumplimiento de indicadores de gestión relacionados con la estimación de costos, tiempos de entregas y requerimientos del cliente.

El modelo CMMI busca dotar a las empresas de procesos que aseguren la calidad del desarrollo de productos software, teniendo como objetivo el mejoramiento continuo de las empresas.

La valoración en CMMI permite a las empresas de software, optimizar sus procesos de diseño de software y garantizar su calidad, disminuir los márgenes de error, administrar el riesgo, generar confiabilidad y mayor satisfacción de los clientes, entre otros.

CMMI es un modelo de mejores prácticas, encaminado a lograr la madurez organizacional de las empresas de tecnología y constituye el pasaporte que les permite ser más competitivas y acceder

a más y mejores clientes en el exterior. El modelo ha demostrado ser uno de los mejores para asegurar la calidad y la eficiencia del sistema desarrollado por las empresas.

A continuación nos proponemos reunir todos los elementos necesarios para tener claridad del modelo, los elementos que lo conforman, sus requisitos y requerimientos, así como los mecanismos de evaluación, herramientas que existen en el mercado para facilitar el proceso de evaluación de una empresa, ventajas y desventajas frente a otros modelos.

El conocimiento de este modelo, que es amplio y muy detallado en todas sus áreas, proporciona elementos indispensables en el entendimiento y análisis del mismo, proporcionando elementos esenciales para llevar a cabo el trabajo de identificación del conjunto de variables o factores que influyen en la adopción del modelo.

2.1.1 Antecedentes y Evolución del Modelo

Luego del éxito alcanzado por CMM, el SEI desarrolló modelos similares para otras disciplinas, entre las cuales figuraban la ingeniería de sistemas, la adquisición de software, las personas y el desarrollo integrado de productos. A mediados de la década del 90, el SEI decide unificar todos los modelos. Este esfuerzo culmina en el año 2002 dando origen a una nueva generación llamada CMMI (Capability Maturity Model Integration) [1], "Modelo de Integración de Capacidad de Madurez".

El nuevo modelo CMMI brinda un marco con una estructura común para todas las disciplinas: ingeniería de software, ingeniería de sistemas, desarrollo integrado de productos, adquisición de productos, personas.

La primera aproximación a la mejora de procesos aparece en el trabajo de Walter Shewhart, con sus principios de control estadístico de la calidad. Estos principios fueron refinados por W. E. Deming [19] y J. Juran [20], W. Humphrey, R. Radice y otros, al desarrollar aún más estos principios y empezar a aplicarlos al software en su trabajo en IBM y el SEI. Humphrey proporciona una descripción de los principios y conceptos básicos en que se basan la mayoría de los modelos de madurez [21]. En el SEI, Mark Paulk y otros crearon y publicaron el primer modelo de madurez de capacidad, diseñado para organizaciones de desarrollo software [22].

CMM dirige su enfoque a la mejora de procesos en una organización, estudia los procesos de desarrollo y produce una evaluación de la madurez (indicador para medir la capacidad para construir un software de calidad) de la organización según una escala de cinco niveles (inicial, repetible, definido, dirigido y optimizado). Los modelos contienen los elementos esenciales de procesos efectivos para una o más disciplinas y describen el camino para evolucionar y mejorar desde procesos inmaduros a procesos disciplinados, maduros, con calidad y eficiencia mejorada y probada.

Propiciado por su rápido éxito y por la demanda de modelos en otros ámbitos, se publica una pléyade de modelos para otras disciplinas y funciones: People CMM (1995), Systems Engineering CMM (1995), Integrated Product Development (1996), Software Acquisition CMM, FAA-CMM, Trillium.

Mientras algunas organizaciones encontraban estos modelos útiles, también encontraban que se solapaban, que a veces eran contradictorios, escasamente limpios, con interfaces ininteligibles, escasa estandarización y mezclando diferentes niveles de detalle.

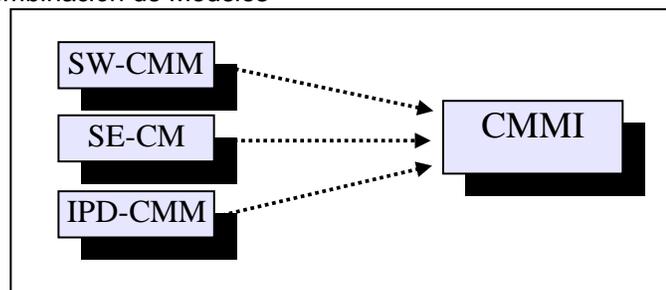
El proyecto de integración de CMM o CMMI fue puesto en marcha para desarrollar un marco de trabajo simple para la mejora de procesos en organizaciones que persiguen la mejora en todos los ámbitos y niveles de la empresa.

CMMI provee un enfoque integrado a través de la empresa para mejorar procesos, mientras reduce redundancia, complejidad y costos resultantes del uso de múltiples modelos de madurez (CMMs).

El CMMI fue desarrollado para resolver aquellos problemas de usar múltiples CMMs. La misión del "CMMI Product Team" fue combinar tres modelos:

- Capability Maturity Model for Software (SW-CMM) v2.0 draft (*Modelo de Capacidad de Madurez para Software*) [9].
- The Systems Engineering Capability Model (SECM) (*Modelo de Capacidad de los Sistemas de Ingeniería*). También conocido como Electronic Industries Alliance 731 (EIA 731).
- The Integrated Product Development Capability Maturity Model (IPD-CMM) v0.98 (*Modelo de Capacidad de Madurez del Desarrollo Integrado del Producto*)

Figura 1. CMMI: Combinación de Modelos



2.1.2 Disciplinas

La intención de CMMI es proveer un CMM que cubra el desarrollo y mantenimiento de productos y servicios así como también una estructura (Framework) extensible que ayude a agregar nuevas disciplinas. Actualmente hay cuatro disciplinas disponibles:

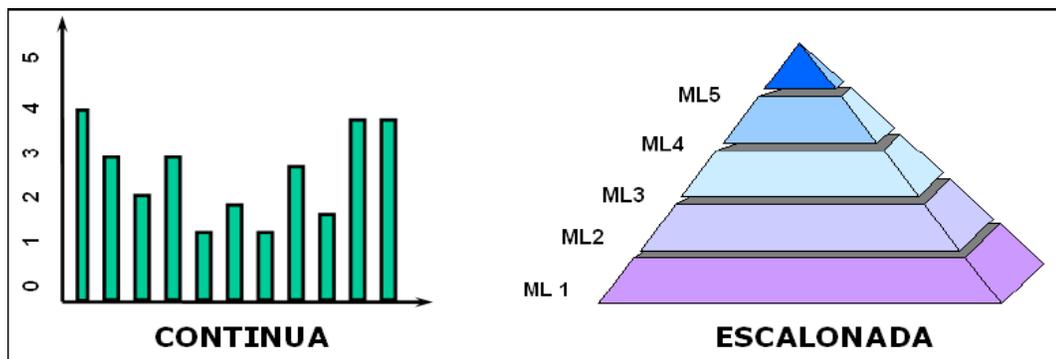
1. Ingeniería de los sistemas (SE): Cubre la construcción de un sistema con o sin software. Esta disciplina se centra en la transformación de las necesidades, expectativas y restricciones del cliente en soluciones y en apoyar estas soluciones a través de la vida del producto.
2. Ingeniería de Software (SW): Cubre la construcción de soluciones de software. Esta disciplina se enfoca en la aplicación de métodos sistemáticos, disciplinados y cuantificables del desarrollo, la operación y mantenimiento del software.
3. Integración de productos y procesos de desarrollo (IPPD): Cubre la relación a largo plazo con el cliente. El desarrollo integrado de productos y procesos (IPPD) es un método sistemático que logra la colaboración oportuna de los diferentes grupos de interés durante el ciclo de vida de un producto para satisfacer las necesidades, expectativas y requisitos del cliente.
4. Relación con Proveedores (*Supplier Sourcing*): Cubre los procesos relacionados con la subcontratación de partes del sistema. A medida que los esfuerzos de trabajo se vuelvan más complejos, las organizaciones pueden utilizar a los proveedores para realizar funciones o para agregar modificaciones a los productos.

2.1.3 Representaciones del Modelo

El modelo CMMI tiene dos tipos de representaciones, la versión escalonada, la cuál se enfoca en la medición del proceso usando niveles de madurez y la versión continua [1], la cual se enfoca en la medición del proceso para cada una de las áreas, usando niveles de capacidad.

Las representaciones son formas de organizar, usar y presentar los componentes en un modelo de CMMI o, de otro modo, presentar las mejores prácticas que promueve. Estas representaciones se ilustran en la siguiente gráfica.

Figura 2. Representaciones CMMI



La Representación Escalonada es una aproximación que usa un conjunto predefinido de áreas de procesos para definir un camino para la mejora de una organización. Mientras que la Representación Continua permite que una organización seleccione un área específica para hacerle una mejora. Esta última representación usa niveles de capacidad para caracterizar una mejora relativa a un área de proceso individual.

Los niveles de capacidad, los cuales corresponden a la representación continua, aplican al proceso de la organización para cada una de las áreas del proceso. Hay seis niveles de capacidad numerados de 0 hasta el 5. Cada nivel de capacidad corresponde a un objetivo genérico y a un conjunto de prácticas genéricas y específicas.

Los niveles de madurez que corresponden a la representación escalonada, aplican a la madurez de toda la organización. Hay cinco niveles de madurez numerados de 1 hasta 5. Cada nivel de madurez comprende un conjunto predefinido de áreas de proceso. Permite la comparación con otras organizaciones.

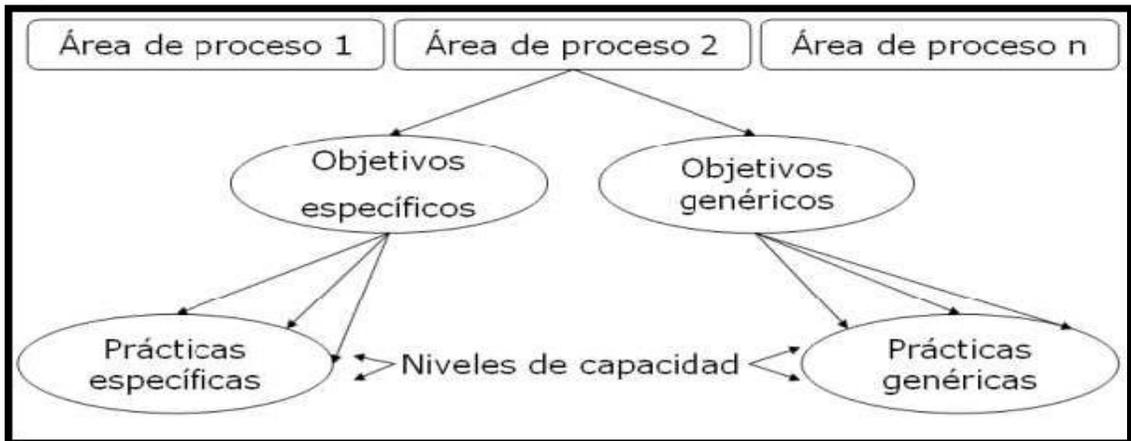
La Representación Continua: La representación continua refleja los niveles de capacidad en su diseño y contenido. Un nivel de capacidad comprende prácticas específicas y genéricas que permiten medir la habilidad de un proceso.

Esta representación agrupa las áreas de proceso por categorías afines y niveles de capacidad diseñados para mejorar el proceso dentro de cada área de proceso como se muestra en la figura 3. Los perfiles de calidad representan caminos de mejoramiento del proceso para ilustrar la evolución del mejoramiento de cada una de las áreas del proceso. El nivel equivalente es usado para

relacionar los niveles de capacidad de las áreas de proceso a los niveles de madurez de la representación escalonada.

La capacidad hace referencia al logro de las prácticas genéricas y específicas que una organización ha alcanzado en un área de proceso específica. De acuerdo a este logro se obtiene un nivel de capacidad y, de acuerdo a ese nivel, la organización puede aprovechar los beneficios de la mejora alcanzada. CMMI define una escala jerárquica de 6 niveles que representan el incremento en las capacidades de las áreas de proceso en mejoramiento. De esta forma, el nivel mas bajo de la escala denota que la ejecución del proceso no cumple con el propósito.

Figura 3. Estructura de los Componentes del Modelo CMMI: Representación Continua



La escala, queda definida por los siguientes 6 niveles expresados desde el de menor capacidad (nivel 0) al de mayor capacidad (nivel 5):

- 0 Incompleto
- 1 Logrado
- 2 Administrado
- 3 Definido
- 4 Administrado cuantitativamente
- 5 Optimizado

Nivel 0: Incompleto. Un proceso incompleto es un proceso no logrado o parcialmente logrado. Uno o más de los objetivos específicos del área de proceso no han sido satisfechos y no existen objetivos genéricos en este nivel, no hay razones para institucionalizar un proceso parcialmente logrado.

Nivel 1: Logrado. Un proceso logrado es un proceso que satisface los objetivos específicos del área de proceso. Este soporta y guía el trabajo necesario para poder construir los productos de trabajo.

Nivel 2: Administrado. Un proceso administrado es un proceso logrado que cuenta con la infraestructura básica para soportar el proceso. Este es planeado y ejecutado de acuerdo a políticas. Los empleados se adecuan a los recursos disponibles para lograr salidas controladas de productos, involucra "stakeholders" relevantes al proceso, es monitoreado, controlado y revisado; y es evaluado por su adherencia a la descripción de proceso.

Nivel 3: Definido. Un proceso definido es un proceso administrado que es instanciado (Tailoring) desde un conjunto de procesos estándares de la organización de acuerdo a unas guías de instanciación para la organización y contribuye con productos de trabajo, medidas y otra información de mejoramiento a los activos de proceso organizacional.

Nivel 4: Administrado cuantitativamente. Un proceso administrado cuantitativamente es un proceso definido y controlado usando técnicas estadísticas y otras técnicas cuantitativas. Se establecen objetivos cuantitativos de calidad y desempeño del proceso que son usados como criterios para administrar el proceso. La calidad y el desempeño del proceso son entendidos en términos estadísticos y son gestionados a través de la vida del proceso.

Nivel 5: Optimizado. Un proceso optimizado es un proceso administrado cuantitativamente que es mejorado de acuerdo al entendimiento de las causas comunes de variación inherentes al proceso. El foco de un proceso optimizado es el mejoramiento continuo del rango de desempeño del proceso a través de mejoras innovativas e incrementales.

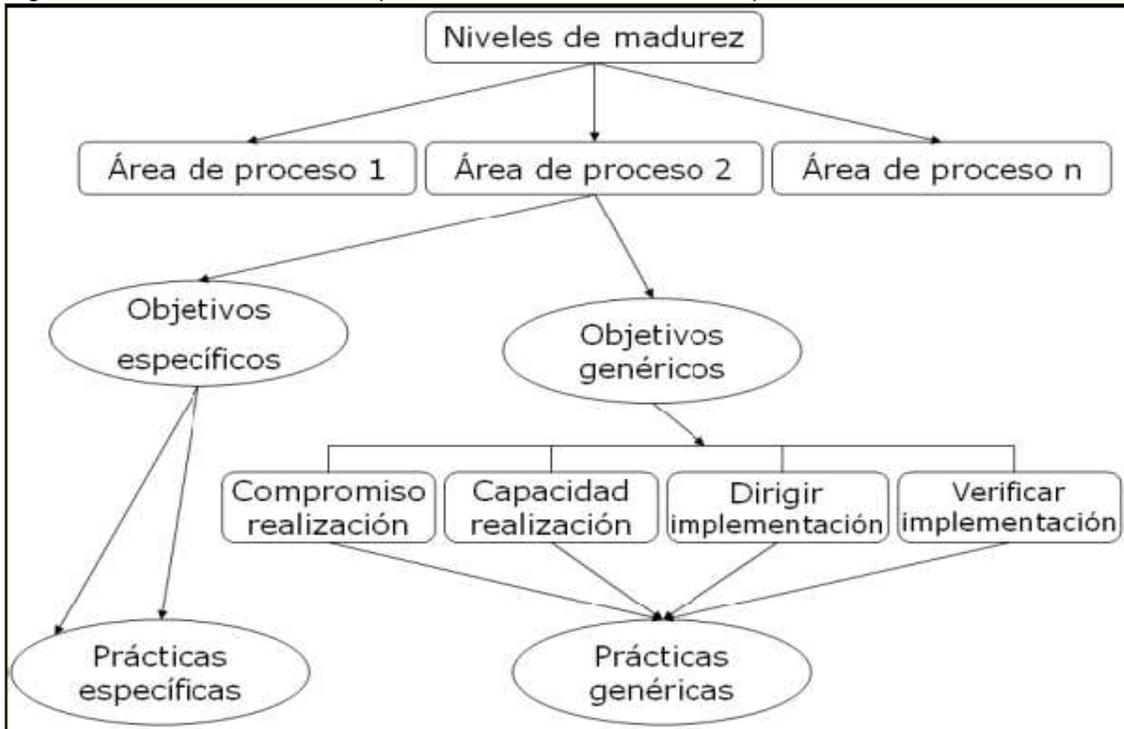
La Representación Escalonada: Esta representación organiza las áreas de proceso en cinco niveles de madurez para soportar y guiar el mejoramiento del proceso. La representación escalonada agrupa las áreas del proceso por nivel de madurez, indicando cuales áreas del proceso implementar para alcanzar cada nivel de madurez. Los niveles de madurez representan un camino que ilustra la evolución de la organización completa en un trabajo de mejoramiento del proceso. Para cada área de proceso, los objetivos y prácticas específicas son listados primero, a partir de los objetivos y prácticas genéricas como se ilustra en la figura 4. Mientras la representación continua usa objetivos genéricos para organizar las prácticas genéricas, la representación escalonada usa cuatro características comunes para organizar las prácticas genéricas: compromiso de realización de la alta gerencia, capacidad de realización, dirigir la implementación y verificación de la implementación (figura 4).

Un nivel de madurez consiste de unas prácticas genéricas y específicas relacionadas, asociadas con un conjunto de áreas de proceso predefinidas, para mejorar el desempeño de toda la organización. El nivel de madurez de la organización provee una forma de predecir el desempeño de la organización en una o varias disciplinas dadas. La experiencia, según el SEI, muestra que hay mejores resultados cuando la organización concentra sus esfuerzos de mejora en un número manejable de áreas de proceso. Cada nivel de madurez establece una parte importante del proceso organizacional y prepara a la organización para ir hacia el siguiente nivel de madurez. Los niveles de madurez son medidos por el logro de los objetivos específicos y los objetivos genéricos asociados con cada conjunto de áreas predefinidas.

Niveles de Madurez

- 1 Inicial
- 2 Administrado
- 3 Definido
- 4 Administrado cuantitativamente
- 5 Optimizado

Figura 4. Estructura de los Componentes del Modelo CMMI: Representación Escalonada



- **Nivel de madurez 1: Inicial.** Los resultados de calidad obtenidos son consecuencia de las personas y de las herramientas que emplean. No de los procesos, porque o no los hay o no se emplean. El éxito en la organización depende de las competencias y actos heroicos de la gente y no del uso de procesos probados. En medio de este caos, las empresas producen productos y servicios que trabajan, sin embargo, la producción se excede en sus costos y no cumple con los cronogramas.
- **Nivel de madurez 2: Administrado.** Los proyectos de la organización aseguran que los requisitos son gestionados y que los procesos son planeados, logrados, medidos y controlados.

La disciplina del proceso en el nivel 2 ayuda a asegurar la existencia de prácticas en los tiempos de estrés. En el nivel de madurez 2, el estado de los productos de trabajo y los servicios es visible a la administración en puntos definidos (hitos).

- **Nivel de madurez 3: Definido.** En este nivel, los procesos están bien caracterizados, entendidos y son descritos en estándares, procedimientos, herramientas y métodos. El conjunto de procesos estándar de la organización, los cuales son la base para alcanzar el nivel de madurez 3, es establecido y mejorado en el tiempo. Una distinción crítica entre los niveles de madurez 2 y 3 es el alcance de los estándares y las descripciones de los procesos y procedimientos. En el nivel de madurez 2, estos pueden ser diferentes en cada instancia específica del proceso, en el nivel 3 estos, obligatoriamente, deberán ser instanciados a partir de los procesos estándares de la organización, excepto por las diferencias que permita la guía de instanciación.

Otra diferencia significativa es que los procesos en el nivel 3 son definidos más rigurosamente. Un proceso definido claramente presenta el propósito, entradas, criterios de éxito, actividades, roles, medidas, pasos de verificación, salidas y criterios de éxito. En conclusión, el proceso es institucionalizado.

- **Nivel de madurez 4. Administrado cuantitativamente.** La organización mide la calidad del producto y del proceso de forma cuantitativa con base en métricas establecidas. La capacidad de los procesos empleados es previsible y el sistema de medición permite detectar si las variaciones de capacidad exceden los rangos aceptables para adoptar medidas correctivas. Se establece para la empresa y para los proyectos objetivos cuantitativos de calidad y desempeño de los procesos y se utilizan esos objetivos como criterios de gestión del proceso.

Estos objetivos están basados en las necesidades del cliente, usuarios finales, la organización y quienes implementan el proceso. La calidad y el desempeño son entendidos en términos estadísticos a través del ciclo de vida de los procesos. Una distinción crítica entre los niveles de madurez 3 y 4 es la de poder predecir el desempeño del proceso. El nivel 3 es típicamente controlado solo de manera cualitativa.

- **Nivel de Madurez 5. Optimizado.** La mejora continua de los procesos afecta a toda la organización, que cuenta con medios para identificar las debilidades y reforzar la prevención de defectos. Se analizan de forma sistemática datos relativos a la eficacia de los procesos de software para analizar el coste y el beneficio de las adaptaciones y las mejoras. Se analizan los defectos de los proyectos para determinar las causas, y su mapeo sobre los procesos.

El foco del nivel 5 de madurez es el mejoramiento continuo del desempeño del proceso, a través de un proceso incremental, innovador y de mejoras tecnológicas. Una distinción importante con respecto al nivel anterior es la orientación del tipo de variación del proceso. En el nivel 4, la organización se orienta por las causas especiales de variación del proceso (son específicas a unas circunstancias transitorias y no a una parte inherente del proceso) y predice estadísticamente los resultados. Aunque los procesos pueden producir resultados predecibles, los resultados pueden resultar insuficientes para lograr los objetivos establecidos. En el nivel 5, la organización se interesa por orientarse a las causas comunes de variación del proceso y cambia los procesos para mejorar el desempeño y lograr los objetivos de mejora del proceso establecidos de manera cuantitativamente.

Las dos representaciones fueron diseñadas para ofrecer resultados equivalentes. Las ventajas de cada una de las diferentes representaciones se ilustran en la tabla 1.

La guía de uso del CMMI [1] describe tres factores que pueden influenciar la decisión de seleccionar una representación: el negocio, la cultura y los modelos heredados.

Negocio: En una organización con un conocimiento maduro de sus objetivos de negocio, es posible que tenga un mapeo entre estos y sus áreas de procesos. Una organización de este tipo puede resultarle útil usar la representación continua para evaluar sus procesos y determinar que tan bien estos soportan los objetivos de negocio. En una organización con enfoque de líneas de productos se ajusta más a la representación escalonada, pues esta le ayudará a seleccionar los procesos críticos para enfocar su mejoramiento. La misma organización puede optar por mejorar los procesos por cada línea de productos y obtener diferentes niveles de capacidad por cada línea de productos. El trabajo es conocer los objetivos de negocio y mirar su alineación con cada una de las representaciones y con esto decidir cuál es la mejor opción

Tabla 1. Ventajas de las dos Representaciones.

Representación Continua	Representación Escalonada
Da la libertad de seleccionar el orden de mejora que más se adecue a los objetivos de negocio de la empresa y a mitigar los riesgos en ciertas áreas de la organización.	Define a la organización un camino de mejora probado.
Da visibilidad de la capacidad lograda en cada área.	Se enfoca sobre un conjunto de procesos que proveen a una organización con una capacidad específica caracterizada por cada nivel de madurez.
Provee un puntaje del nivel de capacidad que es usada normalmente en la comunicación interna de la organización, pero que rara vez es comunicada externamente.	Provee un puntaje del nivel de madurez que es frecuentemente usado en la comunicación interna de la organización y a nivel externo para poder calificar en licitaciones.
Permite mejoras de diferentes procesos a diferentes niveles de capacidad.	En resumen, la mejora se evalúa con un número: el nivel de madurez.
Es un nuevo enfoque que aún no tiene información suficiente de Retorno a la inversión (ROI).	Es un enfoque respaldado por un gran historial de uso, lo que incluye casos de estudio e información que demuestran un probado ROI.
Provee una fácil migración de SECM (EIA/IS 731)	Provee una fácil migración de CMM a CMMI
Permite una fácil comparación con el modelo de mejora de ISO/IEC 15504 debido a que la organización de las áreas de proceso es derivada de éste modelo.	Permite la comparación a ISO/IEC 15504, pero las áreas de proceso no corresponden con ISO/IEC 15504.

Cultura: Los factores culturales tienen que ver con la forma en que será instalado el programa de mejora. Por ejemplo, se escogería la representación continua cuando una empresa tiene experiencia en la mejora de sus procesos o cuando tiene un proceso específico que necesita ser mejorado rápidamente. Una organización con poca experiencia debería escoger la representación escalonada, pues establece un camino de mejoramiento.

Modelos heredados: Si una empresa tiene experiencia con alguna de las representaciones, lo mejor es que siga utilizando la misma representación.

2.1.4 Áreas de Proceso

Un área de proceso es un clúster de prácticas, que se implementa colectivamente, para satisfacer a un conjunto de objetivos considerados importantes para crear una mejora significativa en el área.

CMMI identifica 25 áreas de procesos (22 en la versión que no integra IPD). Vistas desde la representación continua del modelo, se agrupan en 4 categorías según su finalidad: Gestión de proyectos, Ingeniería, Gestión de procesos y Soporte a las otras categorías. Vistas desde la representación escalonada, se clasifican en los 5 niveles de madurez.

Componentes de un Área de Proceso: Un área de proceso es un grupo de prácticas relacionadas en un área que, cuando se implementan en conjunto, satisfacen una serie de objetivos considerados importantes para hacer una mejora significativa en esa área.

Categorías: Los componentes de un área de proceso están agrupados en tres categorías:

- Requerido
- Esperado

- Informativo
- **Requerido:** Los componentes requeridos describen lo que debe lograr una organización para satisfacer un área de proceso. Este logro debe ser visiblemente implementado en los procesos de una organización. Los componentes requeridos en CMMI son las metas específicas y genéricas. El logro de los objetivos es usado en las valoraciones (*appraisals*) como la base para decidir si un área de proceso ha sido lograda y satisfecha.
- **Esperado:** Los componentes esperados describen lo que típicamente implementará una organización para lograr un componente requerido. Guían a las personas que implementan mejoras o realizan *valoraciones*.
- **Informativo:** Los componentes informativos proveen detalles que ayudan a pensar en la manera en como lograr los componentes requeridos y esperados.

Componentes: Un Área de proceso (ver figura 5) está conformada por los siguientes componentes:

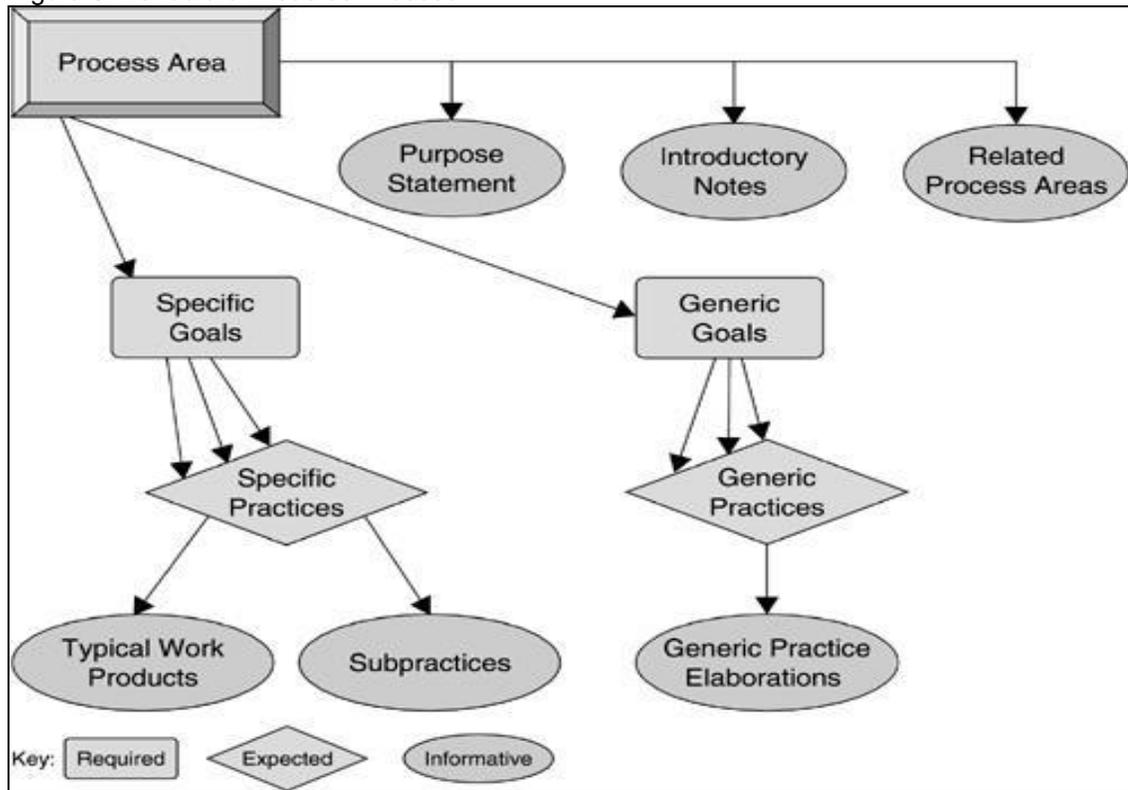
- **Declaración de Propósitos (Purpose Statement):** La declaración de propósitos describe el propósito del área de proceso y es un componente informativo. Por ejemplo, la declaración de propósito del área de proceso: Desarrollo de Requerimientos (RD), es "producir y analizar los requerimientos del cliente, del producto y de los componentes del producto".
- **Notas Introductorias (Introductory Notes):** Esta sección describe los conceptos globales del área de proceso y es un componente informativo. Un ejemplo de las notas introductorias del área de proceso de Planeación de Proyectos (PP) es: "La planificación comienza con requerimientos que definen el producto y el proyecto".
- **Áreas de Proceso Relacionadas (Related Process):** Referencia una lista de áreas de proceso relacionadas y refleja la relación a gran nivel entre ambas áreas. Un ejemplo de referencia en el área de proceso Planeación de Proyectos es: "ver el área de Gestión de Riesgos para obtener más información de como identificar y manejar riesgos".
- **Objetivos Específicos (Specific Goals):** Un objetivo específico describe características únicas que deben existir para satisfacer un área de proceso. Es un componente de tipo requerido y se usa en valoraciones (*appraisals*) para ayudar a determinar cuando se satisface un área de proceso. Un ejemplo de un objetivo específico para el área Administración de Configuración (CM) es "se debe establecer y mantener la integridad de la línea base."

Solo la declaración del objetivo es un componente requerido, el título y cualquier otra nota asociada a la declaración son considerados componentes informativos.

- **Objetivos Generales (Generic Goals):** Se llaman objetivos generales porque los mismos objetivos aparecen en múltiples áreas de proceso. Describe características que deben estar presentes para poder institucionalizar el proceso que implementa un área de proceso. Es un componente requerido y se usa en valoraciones para determinar cuando se satisface un área de proceso. Un ejemplo de objetivo general es "se institucionaliza el proceso como un proceso definido".

Solo la declaración del objetivo es un componente requerido, el título y cualquier otra nota asociada a la declaración son considerados componentes informativos.

Figura 5. Estructura Áreas de Proceso



Fuente CMMI Guidelines for Process [1]

- **Prácticas específicas (Specifics Practices):** Una práctica específica es la descripción de una actividad considerada importante para lograr el objetivo específico asociado. Describe actividades esperadas que den como resultado el alcance de los objetivos específicos del área de proceso. Una práctica específica es un componente de tipo esperado. Un ejemplo de práctica específica de Gestión Integrada de Proveedores (ISM) es: “identificar y analizar potenciales orígenes de productos que puedan llegar a ser usados para satisfacer los requerimientos del proyecto”.
- **Productos de Trabajo (typical work products):** Los productos de trabajo listan ejemplos de salidas de una práctica específica. Un producto de trabajo es un componente de tipo informativo. Como ejemplos de producto de trabajo en Administración de Configuración tenemos: Descripción de Líneas bases, Líneas bases, Solicitudes de cambio, log de cambios, estado de los ítems de configuración, diferencias entre líneas bases.
- **Sub-prácticas:** Una sub-práctica es una descripción detallada que sirve de guía para entender y llevar a cabo una práctica específica. Son componentes informativos y solo nos proveen ideas que pueden llegar a ser útiles. Un ejemplo de una subpráctica para la práctica específica “Tomar acciones correctivas en defectos identificados” del área de proceso Monitoreo y Control es: “Determinar y documentar las acciones necesarias para encaminar los defectos identificados”.

- **Prácticas generales:** Son llamadas generales o genéricas porque la misma práctica aparece en múltiples áreas de proceso. Una práctica general es una descripción de una actividad que es considerada importante para satisfacer un objetivo general. Es un componente esperado.
- **Elaboración de prácticas generales:** La elaboración de prácticas generales aparece, después de una práctica genérica, en un área de proceso como guía para saber como debería aplicarse una práctica general de manera unificada al área de proceso. Un ejemplo para la práctica general “Establecer y mantener una política organizacional para planear y establecer el proceso de verificación” del área de proceso Verificación es: “La política establece expectativas organizacionales para mantener métodos de verificación, procedimientos, criterios, ambiente de verificación, realizar revisión de pares y verificar productos de trabajo seleccionados”.

En la tabla 2 se hace un resumen de los Componentes del Área de Proceso, agrupadas en las 3 categorías.

Tabla 2. Componentes Área de Proceso Agrupadas por Categoría

Área de Proceso	Componentes Requeridos	Objetivo genérico
		Objetivo específico
	Componentes Esperados	Práctica genérica
		Práctica específica
	Componentes Informativos	Propósito
		Notas introductorias
		Referencias
		Nombres
		Tablas de relaciones Prácticas -objetivo
		Elaboraciones de prácticas genéricas
		Prácticas
		Productos típicos
	Sub-prácticas:	

Notación: Los objetivos específicos y generales se numeran de forma secuencial, los específicos comienzan con el prefijo SG y los generales con el prefijo GG.

Las prácticas específicas comienzan con el prefijo SP, seguidos de un número de la forma x.y-z (ejemplo SP 1.1-1). Y las prácticas generales comienzan con el prefijo GP, seguidas de un número con la forma x.y (ejemplo GP 1.1)

Categorías de Áreas de Proceso CMMI: Las áreas de proceso se agrupan en cuatro categorías:

- Administración de Procesos
- Administración de Proyectos
- Ingeniería
- Soporte:

Administración de Procesos: El área de proceso de “Administración de Procesos” contiene las actividades relacionadas con definir, planear, desplegar, implementar, monitorear, controlar, evaluar, medir, y mejorar procesos.

Administración de Proyectos: El área de proceso de “Administración de Proyectos” cubre actividades relacionadas con planear, monitorear y controlar el proyecto.

Ingeniería: Esta área de proceso abarca actividades de implementación y mantenimiento que son compartidas por las disciplinas de ingeniería. El área de proceso se escribe usando una terminología general para la ingeniería, de manera que cualquier disciplina técnica pueda involucrarse en el proceso de desarrollo de productos (ingeniería de software, ingeniería mecánica). También integran procesos de ingeniería de sistemas e ingeniería de software en un único proceso de desarrollo de productos.

Ésta área se utiliza para desarrollar cualquier producto dentro de un dominio de desarrollo de ingeniería (software, hardware, servicios, procesos).

Tabla 3. Prácticas y Sub-prácticas

Categorías	Gestión de procesos	Gestión de proyectos	Ingeniería	Soporte
Áreas de proceso	25 Áreas de proceso			
Metas	60 Metas			
Prácticas / Subprácticas	205 Prácticas		826 Sub prácticas	

Soporte: El área de proceso de “Soporte” cubre las actividades que proveen soporte y mantenimiento al desarrollo de productos. Encaminan procesos que se usan en el desempeño de otros procesos. Por ejemplo, Aseguramiento de la Calidad de Procesos y Productos, se puede utilizar con todas las áreas de proceso para proveer una evaluación objetiva del proceso y de los productos de trabajo descritos en todas las áreas de proceso.

En la tabla 3 se ilustra la agrupación de las prácticas y sub-prácticas en las 4 categorías, la cantidad de metas, prácticas y sub-prácticas para cada una de las 25 áreas de proceso, así como el nivel al cual corresponde se detalla en la tabla 4.

2.1.5 Métodos de Evaluación

En paralelo con el desarrollo de CMMI, el SEI elaboró un método para la evaluación formal del modelo denominado SCAMPI (Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement) [7]

¿Qué es un SCAMPI?: Es el método estándar de evaluación CMMI para mejorar los procesos, diseñado para proveer un punto de referencia de valoración de calidad relativa al modelo de capacidad de madurez integrado CMMI. Es aplicable a una amplia gama de modos de uso de valoración, incluyendo la mejora de procesos interna y la determinación de capacidad externa. El SCAMPI satisface todos los requisitos de la valoración CMMI requeridos para un método de evaluación clase A y puede apoyar la guía de la valoración ISO/IEC 15504

El método define una serie de reglas para la evaluación del modelo, las cuales deben utilizarse para valorar las distintas partes del mismo durante una evaluación formal. Estas reglas hacen que sea necesario utilizar herramientas, ya que el método de evaluación deja de ser una simple encuesta para convertirse en una evaluación detallada y casi matemática.

Tabla 4. Total Prácticas – Sub-prácticas por Áreas de Proceso

Categoría	Sigla	Áreas de proceso	Nivel de madurez	Metas	Prácticas	# de Sub-prácticas
Administración de Procesos	OID	Innovación y desarrollo organizacional	5	2	7	47
Administración de Procesos	OPD	Definición de los procesos organizacionales	3	1	5	34
Administración de Procesos	OPF	Foco en los procesos organizacionales	3	2	7	42
Administración de Procesos	OPP	Desempeño de los procesos organizacionales	4	1	5	20
Administración de Procesos	OT	Entrenamiento organizacional	3	2	7	28
Administración de Proyectos	IPM	Gestión integrada de proyectos para el desarrollo integrado de productos y procesos (IPPD)	3	4	13	70
Administración de Proyectos	ISM	Gestión integrada de proveedores	3	2	5	18
Administración de Proyectos	IT	Equipos integrados	3	2	8	29
Administración de Proyectos	PCM	Monitoreo y control de proyectos	2	2	10	37
Administración de Proyectos	PP	Planeación de proyectos	2	3	14	36
Administración de Proyectos	QPM	Gestión cuantitativa de los proyectos	4	2	8	42
Administración de Proyectos	RSKM	Gestión de riesgos	3	3	7	25
Administración de Proyectos	SAM	Acuerdos de servicio con proveedores	2	2	7	37
Ingeniería	PI	Integración de productos	3	3	9	38
Ingeniería	RD	Desarrollo de requerimientos	3	3	12	35
Ingeniería	REQM	Gestión de requerimientos	2	1	5	18
Ingeniería	TS	Soluciones técnicas	3	3	11	52
Ingeniería	VAL	Validación	3	2	5	19
Ingeniería	VER	Verificación	3	3	8	44
Soporte	CAR	Análisis de causas y solución de problemas	5	2	5	13
Soporte	CM	Gestión de la configuración	2	3	7	38
Soporte	DAR	Análisis y toma de decisiones	3	1	6	22
Soporte	MA	Medición y análisis	2	2	8	34
Soporte	OEI	Ambiente organizacional para la integración	3	2	6	26
Soporte	PPQA	Aseguramiento de la calidad del proceso y del producto	2	2	4	22
Total Específicas	25			55	188	826
Total Genéricas				5	17	
Total	25			60	205	826

El SCAMPI permite identificar las fortalezas, debilidades y ratings relativos al modelo CMMI. En este método se verifica que todas las áreas de proceso (PA) evaluadas se encuentren implementadas (documentadas, institucionalizadas y aplicadas) total o en gran medida y que no

exista ninguna debilidad fuerte asociada. Una debilidad es una falencia en la implementación de la sub-práctica y puede ser leve o fuerte.

El método SCAMPI satisface todos los Requerimientos de Evaluación CMMI (“Appraisal Requirements for CMMI (ARC)) requeridos para un método de evaluación clase A.

Los métodos de evaluación utilizados son los tipos A, B y C los cuales satisfacen necesidades y expectativas específicas de la organización (ver tabla 5). El método de evaluación SCAMPI es utilizado para identificar las fortalezas, las debilidades y los ratings (método A) relativos al modelo de referencia CMMI.

Tabla 5. Requerimientos y Métodos de Evaluación

Requerimientos	Clase A	Clase B	Clase C
Tipos de Evidencia objetiva recolectada	Documentos y entrevistas	Documentos y entrevistas	Documentos y entrevistas
Clasificación Generada	Clasificación de metas requeridas	No permitido	No permitido
Cobertura de la unidad organizacional	Requerido	No requerido	No Requerido
Mínimo tamaño del equipo	4	2	1
Requerimientos del líder evaluador	Consultor avalado por el SEI	Persona Entrenada y con experiencia	Persona Entrenada y con experiencia

Los métodos de la clase A deben satisfacer todos los requerimientos y en la actualidad son los únicos métodos que pueden proporcionar índices para la comparación (benchmarking).

Para la recolección de datos del SCAMPI se tienen las siguientes fuentes:

- Instrumentos o artefactos (formas, cuestionarios, encuestas, investigaciones, mapeo)
- Presentaciones
- Documentos
- Entrevistas

De igual forma para verificar la implementación de las prácticas del modelo CMMI, el SCAMPI cuenta con Indicadores de Implementación de las Prácticas (PIIs), los cuales se clasifican en los siguientes tipos:

- Artefactos Directos (productos de trabajo)
- Artefactos Indirectos
- Afirmaciones.

El equipo de la evaluación, recolecta y organiza los datos (utilizando el PIID¹) de acuerdo a estos tipos de indicadores.

¹ Una descripción PIID es una estructura o esquema definido para proporcionar un repositorio para la información del PII.

La idea fundamental de las PIIs es proporcionar una huella o evidencia base para la verificación de una actividad o práctica. En el SCAMPI, las PIIs son la consecuencia necesaria de las prácticas del modelo CMMI. Los tipos de PIIs se relacionan en la tabla 6.

Tabla 6. Tipos de Indicadores de Implementación de Prácticas (PIIs)

Tipo Indicador	Descripción	Ejemplos
Artefactos Directos	Son salidas tangibles resultado directo de la implementación de una práctica genérica o específica.	Documentos, entregables, material de entrenamiento, etc.
Artefactos Indirectos	Son consecuencia de la realización de una práctica genérica o específica o sustituye su implementación,. Pero que no son el propósito de realización de la práctica.	Reuniones cortas, revisión de resultados, reportes, medidas de desempeño.
Afirmaciones	Declaraciones orales o escritas que confirman la implementación de una práctica genérica o específica.	Respuestas a cuestionarios, Entrevistas, Presentaciones.

Objetivos del Método y sus Características. El método SCAMPI tiene los siguientes objetivos primarios:

- Proveer un método de evaluación integrado común capaz de soportar evaluaciones en el contexto de mejora de proceso interno, selección de proveedores, y monitoreo de proceso.
- Proveer un método de evaluación eficiente capaz de ser implementado dentro de restricciones razonables de ejecución.

Por otra parte, el método SCAMPI fue diseñado para priorizar y satisfacer ciertas características esenciales, las cuales fueron obtenidas a través del feedback con la comunidad. Estas características descritas en la tabla 7 han sido usadas como el fundamento de la arquitectura esencial y de las decisiones de diseño del método.

Tabla 7. Características Scampi

Característica	Descripción
Precisión	Los resultados de la valoración reflejan las fortalezas y debilidades de la organización evaluada
Repetición	Las valoraciones y hallazgos de una valoración son consistentes con los resultados de valoraciones independientes de las mismas condiciones
Uso eficaz de costos y recursos	El método de evaluación es eficiente en términos de horas-hombre dedicadas a planeamiento, preparación, y ejecución de una evaluación. El método tiene en cuenta la inversión organizacional para obtener resultados de la evaluación, incluyendo los recursos de las organizaciones que lo aplican, el impacto en los proyectos evaluados, y el equipo de evaluación.
Resultados Significativos	Los resultados de la valoración son utilizados por el patrocinador en el mejoramiento interno de los procesos, selección de proveedores y monitoreo de procesos.
Cumplimiento ARC	SCAMPI es un método de Clase A y cumple con todos los requerimientos de ARC.

Modos de Uso: Una evaluación (appraisal) es un análisis de uno o más procesos llevados a cabo por un equipo de profesionales entrenados, utilizando un modelo de evaluación de referencia como base para definición de fortalezas y debilidades. Una evaluación es ejecutada típicamente en el contexto de mejora de proceso o evaluación de capacidad. El término "appraisal" también es conocido como estimación (assessment).

La diferencia básica entre una estimación (assessment) y una evaluación (appraisal) es que la primera la realiza una organización por y para sí misma, con el propósito de mejorar el proceso. Las estimaciones (assessments) proveen motivación interna a la organización para iniciar o continuar programas de mejora de proceso. Una evaluación es realizada por un grupo externo a una organización, que examina su proceso como entrada a una decisión en pro de futuros negocios. Las evaluaciones son típicamente una motivación impuesta externamente a las organizaciones para lograr mejoras de proceso.

Como cualquier método ARC de Clase A, SCAMPI es un método orientado a la comparación (benchmarking), apropiado para la generación de categorías. Las evaluaciones (appraisals) de SCAMPI pueden realizarse mediante tres modos de uso, como se indica en la tabla 8.

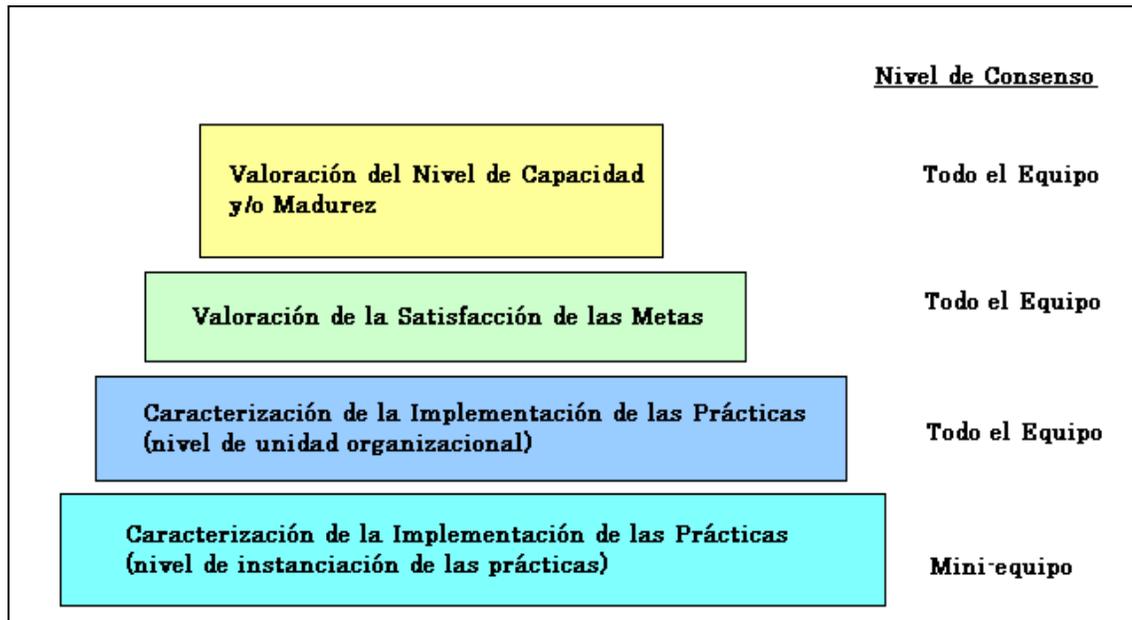
Tabla 8. Modos de Uso del Scampi

Modo de Uso	Descripción
Mejora del Proceso Interno	Las organizaciones utilizan los appraisals para evaluar procesos internos, generalmente para establecer la Línea Base de sus niveles de capacidad/madurez, para establecer o actualizar un programa de mejora de proceso o para medir el proceso de implementar tal programa. Sus aplicaciones incluyen la medición del progreso de mejora del proceso, conducción de auditorías del proceso, centro en dominios específicos o líneas de producto, evaluación de proyectos específicos, y preparación para appraisals externos llevados a cabo por clientes.
Selección de Proveedores	Los resultados de los appraisals son utilizados como discriminadores de alto valor en la selección de proveedores. Los resultados son utilizados para caracterizar el riesgo relacionado con el proceso de adjudicación del contrato a un proveedor. Los resultados son también utilizados como línea base en monitoreos subsecuentes con los proveedores elegidos.
Monitoreo del Proceso	Los métodos de appraisal son también utilizados en el monitoreo de procesos. Por ejemplo, luego de la adjudicación de contrato, como entrada para una decisión de premio o incentivación o un riesgo de un plan de administración. Los resultados del appraisal ayudan a la organización (sponsor) a ajustar sus contratos o monitoreos del proceso mediante la priorización de esfuerzos basados en las fortalezas y debilidades observadas en el proceso de la organización.

Descripción del Método: El nivel de consenso y el proceso de clasificación (rating) del SCAMPI se especifican en la figura 6.

Los miembros del equipo revisan la evidencia objetiva entregada por la unidad organizacional e identifica las PIIs relativas a las prácticas del modelo. Las PIIs son categorizadas como artefactos directos, artefactos indirectos o afirmaciones.

Figura 6. Nivel de Consenso del Scampi



El equipo de valoración (normalmente los mini-equipos) asignan valores de caracterización de acuerdo al grado en que las prácticas del modelo se encuentran implementadas. Cada práctica es caracterizada como:

- FI – Implementada completamente.
- LI – Implementada en gran parte.
- PI – Implementada Parcialmente.
- NI – No Implementada.

Se generan los hallazgos finales basados en el conjunto de datos validados y completos (ej, debilidades y fortalezas, inventario de PIIs).

Como mínimo las valoraciones deben ser generadas para las metas específicas y genéricas de las áreas de proceso. Si el patrocinador lo desea, las valoraciones pueden ser generadas para áreas de proceso, niveles de capacidad o niveles de madurez. Los resultados de la valoración son reportados al patrocinador.

Una vez se efectúa la valoración de las áreas de proceso, de los niveles de capacidad, o niveles de madurez los resultados de la evaluación son entregados al patrocinador, a la organización evaluada y al grupo encargado de avalar la valoración CMMI quienes reportan los resultados a la comunidad de evaluación.

La ejecución del SCAMPI está conformada por tres fases y once procesos esenciales:

Fases: Planeación y Preparación de la evaluación
Ejecución de la Evaluación
Reporte de Resultados

Estas fases se subdividen en Procesos y estos a su vez en Actividades como se ilustra en la tabla 9.

Tabla 9. Fases del Scampi

Fase	Proceso	Actividades
Planeación y Preparación de la evaluación	1.1 Análisis de Requerimientos	1.1.1 Determinar los objetivos de la evaluación 1.1.2 Determinar las restricciones de la evaluación 1.1.3 Determinar el alcance de la evaluación 1.1.4 Determinar las salidas 1.1.5 Obtener el acuerdo para generar las salidas de la evaluación
	1.2 Desarrollo del Plan de Evaluación	1.2.1 Método Guía 1.2.2 Identificación de las necesidades de recursos 1.2.3 Determinar costos y cronograma 1.2.4 Planeación y manejo de la Logística 1.2.5 Documentar y manejo de riesgos 1.2.6 Obtener el acuerdo para el plan de la evaluación
	1.3 Seleccionar y Preparar el Equipo	1.3.1 Identificar el Líder del Equipo 1.3.2 Seleccionar los miembros del equipo 1.3.3 Preparar al equipo
	1.4 Obtener y Analizar la evidencia objetiva inicial	1.4.1 Preparar a los participantes 1.4.2 Administrar los Instrumentos 1.4.3 Obtener evidencia objetiva inicial 1.4.4 Inventariar evidencia objetiva
	1.5 Preparar y recolectar la evidencia objetiva	1.5.1 Efectuar la preparación de las entrevistas 1.5.2 Preparar el plan de recolección de datos 1.5.3 Replanear la recolección de datos (si es necesario)
Ejecución de la Evaluación	2.1 Examinar la evidencia objetiva	2.1.1 Examinar evidencia objetiva de los instrumentos 2.1.2 Examinar evidencia objetiva de las presentaciones 2.1.3 Examinar evidencia objetiva de los documentos 2.1.4 Examinar evidencia objetiva de las entrevistas
	2.2 Verificar y Validar la evidencia objetiva	2.2.1 Verificar evidencia objetiva 2.2.2 Caracterizar la implementación de las prácticas del modelo 2.2.3 Validar los vacíos en la implementación de las prácticas
	2.3 Documentar la evidencia objetiva	2.3.1 Tomar nota de la entrevista 2.3.2 Documentar la presencia/ausencia de evidencia objetiva 2.3.3 Documentar los vacíos en la implementación de la práctica 2.3.4 Revisar y actualizar el plan de recolección de datos
	2.4 Generar los resultados de la evaluación	2.4.1 Derivar los hallazgos y rate de las metas 2.4.2a Determinar el área de proceso del nivel de capacidad 2.4.2b Determinar la satisfacción de las áreas de proceso 2.4.3a Determinar el perfil de capacidad 2.4.3b Determinar el nivel de madurez 2.4.4 Documentar los resultados de la evaluación
Reporte de Resultados	3.1 Entrega de los resultados de la evaluación	3.1.1 Presentación de los hallazgos finales 3.1.2 Conducir la sección(es) ejecutivas 3.1.3 Planeación del siguiente paso
	3.2 Consolidar y archivar la documentación de la evaluación	3.2.1 Recolección de lecciones aprendidas 3.2.2 Generación de los documentos de evaluación 3.2.3 Proveer retroalimentación de la evaluación al CMMI Steward 3.2.4 Archivar y/o disponer de los artefactos claves

Cada uno de los Procesos es definido teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Propósito
- Criterios de Entrada
- Entradas
- Actividades
- Salidas
- Resultados
- Criterios de Salida
- Puntos clave
- Herramientas y Técnicas
- Métricas
- Verificación y Validación
- Documentación
- Tailoring
- Interfases con otros procesos
- Resumen de actividades

A su vez las Actividades son descritas teniendo en cuenta los siguientes elementos:

- Prácticas Requeridas
- Parámetros y Límites
- Prácticas opcionales
- Consejos para la implementación

2.1.6 Herramientas para la Evaluación

En SCAMPI, los resultados de una evaluación se obtienen mediante la aplicación de un conjunto de reglas de negocio aplicadas a cada componente del modelo (*prácticas, objetivos, áreas de proceso y niveles de madurez*). Estas reglas hacen que sea necesario utilizar herramientas, ya que el método de valoración deja de ser una simple encuesta para convertirse en una evaluación detallada y casi matemática.

Las principales herramientas conocidas para ser utilizadas en evaluación para CMMI son:

- **CMM-Quest:** permite efectuar evaluaciones de acuerdo al modelo CMMI-SE/SW en su representación continua. La evaluación se limita a asignar valores a los objetivos, no permite evaluaciones a nivel de prácticas (por debajo del nivel de los objetivos). No brinda soporte para el método SCAMPI [CMM-Quest, 2001]. [8] El precio de esta herramienta puede oscilar entre los €2.500 y €25.000.
- **IME Toolkit:** permite efectuar evaluaciones de acuerdo al modelo CMMI-SE/SW. Las evaluaciones consisten en asignar valores numéricos a las prácticas, en base a los cuales la herramienta genera puntajes para las áreas de proceso. No brinda soporte para el método SCAMPI. No posee guías de asistencia para la evaluación [IME Toolkit, 2003]. [9]. Esta herramienta no tiene costo
- **Appraisal Wizard:** soporta evaluaciones para gran parte de los modelos CMM y métodos de evaluación propuestos por el SEI a lo largo de la historia (entre ellos, todos los CMMI y SCAMPI). Está pensada para cubrir todas las necesidades del método SCAMPI, requiriendo amplios conocimientos del mismo por parte del usuario. Requiere que el usuario ingrese todos

los valores que se asignan en las distintas instancias de evaluación (prácticas, objetivos, áreas de proceso) y no cuenta con la capacidad de sugerir valores facilitando las tareas de ingreso de datos. Al brindar un soporte tan amplio y detallado, la herramienta no es para nada sencilla de utilizar [Appraisal Wizard, 2003]. [10]. El precio de esta herramienta puede variar entre US\$475 y US\$18.000.

La tabla 10 muestra en forma comparativa las características de estas herramientas.

Tabla 10. Comparación de características de herramientas

	<i>CMM-Quest</i>	<i>IME Toolkit</i>	<i>Appraisal Wizard</i>
Interfaz de usuario	Fácil, muy amigable	Medianamente amigable	Difícil, poco amigable
Tipo de usuario	Novato	Experto	Experto
Modelos soportados	CMMI-SE/SW (representación Continua)	Está basada en CMMI-SE/SW, no lo soporta formalmente	Gran parte de los CMM y todos los CMMI (ambas representaciones)
Método SCAMPI	No	No	Sí
Nivel de granularidad	Grueso (sólo objetivos)	Fino (hasta prácticas específicas)	Fino (hasta prácticas específicas)
Ayudas online	Sí	No	Sí
Navegación de la estructura del modelo	No	No	No
Generación de valores sugeridos	No	Si	No
Selección del nivel de granularidad para la evaluación	No	No	No

Fuente: *peralta-tesisdemagister.pdf*[12]

De la tabla 10 se desprende que existe un área no soportada por las herramientas existentes. Esta área está conformada principalmente por características orientadas a los usuarios novatos, como la navegación de la estructura del modelo, las guías paso a paso, la generación automática de valoraciones y la selección del nivel de granularidad para la evaluación.

Para cubrir estas dificultades en algunos centros de investigación de universidades, se han planteado tesis de Maestría. Este es el caso del Centro de Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento (CAPIS), Escuela de Postgrado, Instituto Tecnológico de Buenos Aires, donde se desarrolló un sistema para la "Evaluación Asistida de CMMI-SW". Sistema de tipo "asistente" que facilita la evaluación de una organización de acuerdo al modelo CMMI, guiando paso a paso al usuario y generando automáticamente las valoraciones de acuerdo a las reglas del método SCAMPI. El sistema presentado se limita al modelo CMMI para la disciplina de Ingeniería del Software [12], en su representación por niveles.

Las herramientas IME toolkit son herramientas para auto-asesoría y auto-evaluación CMMI; son distribuidas en Internet sin costo por algunas firmas consultoras. Ejemplo Management Information Systems [11]. Estas herramientas, están basadas en cuestionarios y fórmulas en hojas excel, sobre las que se presentan los gráficos con los resultados. Son válidas para auto-evaluación y para medir informalmente los niveles de madurez o capacidad de los procesos (CMM, CMMI P-CMM) o para trazar evoluciones de mejora.

Las hojas de excel contienen macros que solicitan al iniciar la sección el número de personas que participarán. Una persona que conozca bien el modelo ejerce el rol de evaluador y conduce o modera cada sesión del ejercicio. Esta persona es la encargada de explicar a los participantes los

conceptos, las diferentes prácticas y sub-prácticas y aclarar las dudas, para lograr unos resultados cercanos a la realidad (ver Anexo 1). Las calificaciones que se manejan para cada una de las prácticas de las diferentes áreas de proceso son:

- 0-1: Ésta práctica no es requerida y nunca se hace.
- 2-3: Esta práctica algunas veces es requerida o algunas veces se hace.
- 4-5: Esta práctica es requerida pero no siempre se hace o la práctica es regularmente ejecutada sin embargo no es requerida o chequeada.
- 6-7: Ésta práctica es normalmente requerida y usualmente se hace.
- 8-9: Ésta práctica es requerida, se hace y es chequeada (la práctica está institucionalizada).
- 10: Ésta práctica está institucionalizada y es un ejemplo de clase mundial.
- ? : Si el participante no conoce la respuesta.
- na: Si la práctica no es aplicable.

2.1.7 Comparación Con Otros Modelos

De acuerdo con análisis comparativos [13], inspecciones y encuestas hechas en todo el mundo [14], el estándar ISO 9001 es el más popular en el mundo de la ingeniería del software, seguido de CMM- CMMI e ISO/IEC 15504 (SPICE).

Puntos fuertes y Débiles de CMMI: Entre las fortalezas del modelo CMMI se pueden destacar [15]:

- Inclusión de las prácticas de institucionalización, que permiten asegurar que los procesos asociados con cada área de proceso serán efectivos, repetibles y duraderos.
- Guía paso a paso para la mejora, a través de niveles de madurez y capacidad (frente a ISO).
- Transición del 'aprendizaje individual' al 'aprendizaje de la organización' por mejora continua, lecciones aprendidas y uso de bibliotecas y bases de datos de proyectos mejorados.

Algunas de sus debilidades son:

- El CMMI puede llegar a ser excesivamente detallado para algunas organizaciones.
- Requiere mayor inversión para ser completamente implementado.
- Puede ser difícil de entender.

En [16] los autores discuten pros y contras de la aplicación en pequeñas empresas:

- No existencia de una guía a medida de pequeñas organizaciones. Reconocen que inicialmente se dirigía a grandes corporaciones, pero la representación continua permite seleccionar sólo aquellas áreas de proceso de interés (asumible por pequeñas empresas).
- Simplemente demasiado grande para pequeñas organizaciones. Crecimiento cuasi-exponencial del número de áreas y prácticas, tiempo, recursos y costes, pero si se alinean los procesos a las necesidades de la organización, se beneficiarán de un proceso estructurado.
- ROI (Retorno de la inversión) no ha sido validado aún en CMMI.
- CMMI es demasiado normativo, en especial con pequeñas organizaciones que, además, funcionan y evolucionan de distinta manera que las grandes.
- CMMI parece escrito para organizaciones ya maduras y vagamente escrito para ser usado en valoraciones.

Aspectos Comunes y Comparación de modelos: Hay una corriente de autores, p.ej. [17], que consideran que los estándares reducen la autonomía de los desarrolladores, siendo experimentada como una carga, restrictiva, ahogando la creatividad requerida en el desarrollo de software innovador; veneran al proceso, ignorando a las personas. Frente a esta postura, está la que defiende que esta interdependencia (frente al trabajo autónomo) toma una forma colaborativa [18], niveles de proceso maduros llevan a un proceso de desarrollo más ‘socializado’, el esfuerzo colaborativo aumenta la eficiencia y efectividad.

En la tabla 11, se presenta un cuadro comparativo con las principales características de cada uno de los modelos más difundidos.

Tabla 11. Comparación Modelos

	ISO 9001:2000	CMMI	ISO 15504
Ambito de aplicación	Genérico	Software y Sistemas	Software y Sistemas
En su favor	El más extendido y sencillo	El de mayor prestigio	Más consensuado y probado
En su contra	Simple, general, no guía paso a paso	Difícil de entender, mayor inversión, prescriptivo	Difícil en capacidad, complejo para evaluar
Procesos	Estructura propia	Estructura propia	Delega en ISO 12207, por mayor aplicabilidad
Validación	Encuestas satisfacción	<i>Encuestas satisfacción y casos de estudio</i>	‘Trials’ y esfuerzo empírico
Objetivo	Cumplimiento de requisitos de calidad por procesos	Mejora del proceso, determinación capacidad contratista	Valoración del proceso y guía para la mejora.
Representación	Plana	Continua y por etapas	Continua (por etapas a nivel de proceso)
Técnicas análisis	Guías y listas de comprobación	Cuestionarios de evaluación	Varios
Método para mejora de procesos	Ninguno, guía ISO 9004	IDEAL, mapa guiado	SPICE 4ª Parte

2.2. La Industria del Software en Colombia

Este apartado describe las características de la Industria del Software en Colombia. Las principales fuentes de información son de naturaleza pública, gremial y privada, constituida por entidades como FEDESOFTEC, Ministerio de Comercio, Industria y Turismo, Proexport, Cámara de Comercio de Bogotá, SICEX, entre otras. La mayoría de los datos giran alrededor del año 2001 y unos pocos se obtienen alrededor de los años 2002-2005.

Aunque se brinda un panorama de la industria del Software en el país, la heterogeneidad de las fuentes y de los intereses que la generan dificulta obtener información unificada y actualizada, lo que hace difícil consolidar la información e impide hacer afirmaciones concluyentes, pero permite vislumbrar las características de la industria y la importancia de algunos factores como composición y tamaño de las empresas de software, patrocinio de instituciones, exportaciones y reconocimiento internacional, que inciden en la adopción de modelos de calidad como CMMI.

2.2.1 Generalidades

En Colombia el Sector del Software no cuenta con una política gubernamental clara y específica a nivel nacional [23] o con un ente gubernamental o privado que la oriente, apoye o contribuya con su organización. Sin embargo, en el país se empezaron a crear gremios prestadores de servicios los cuales hicieron posible que ingenieros de sistemas comenzaran a tener una identidad y una capacidad asociativa, apareciendo asociaciones como:

ACIS	Asociación Colombiana de Ingenieros de Sistemas
ACUC	Asociación Colombiana de Usuarios de Informática y Comunicaciones.
ACCIO	Asociación Colombiana de Informática

Estas asociaciones enfocaron sus esfuerzos e iniciativas a la prestación de servicios y contribuyeron a que los nuevos profesionales (Ingenieros de Sistemas) ganaran identidad y capacidad de asociación.

La última década permitió un nivel de desarrollo significativo de las empresas proveedoras de software que fortaleció el gremio y permitió importantes acuerdos y fusiones que dieron lugar al nacimiento de la Federación Colombiana de la Industria del Software – FEDESOF, que nace de la fusión FEDELCOFT e INDUSOFT.

2.2.2 Composición de la Industria de Software por tipo de Empresa

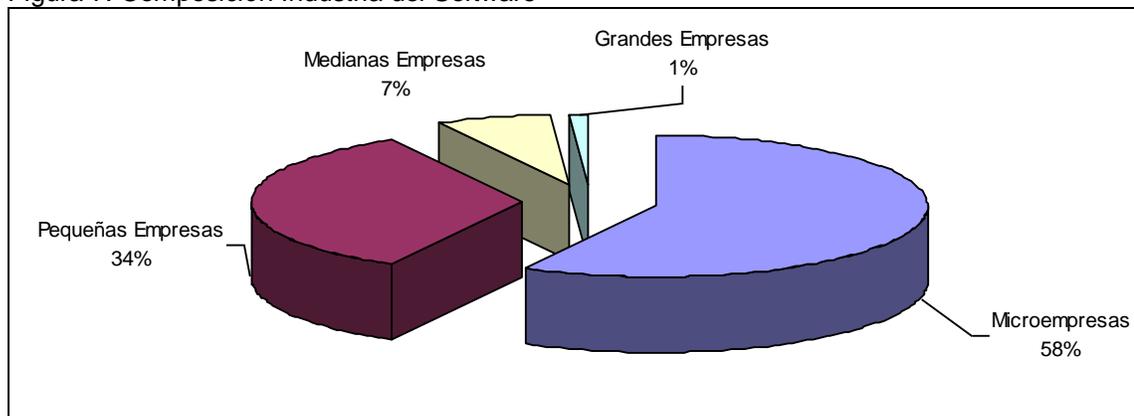
El 92% de la industria de software en Colombia se encuentra conformada por micro y pequeña empresa [28] como se ilustra en la figura 7 y en la tabla 12.

Tabla 12. Composición de la Industria de Software por tipo de Empresa

TIPO DE EMPRESA	PORCENTAJE	# Empleados	# Empresas
Microempresas	58%	1 - 10	406
Pequeñas Empresas	34%	11 - 50	229
Medianas Empresas	7%	51 - 200	46
Grandes Empresas	1%	+ 200	6

FUENTE: Fedesoft

Figura 7. Composición Industria del Software



FUENTE: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo. Dirección de Productividad y Competitividad

Promedio de Empleados	20
Certificadas ISO 9000	49
Valoradas CMMI	16

Esta composición por tipo de industria es muy dicente debido a las características propias del sector. La principal razón por la cual se presenta una mayor concentración de empresas en microempresas es por los mismo requerimientos de operación de una empresa de software, ya que esta no necesita una gran infraestructura física para funcionar, lo que conlleva a que su principal activo es el conocimiento que pueden tener los integrantes de la compañía.

Sin embargo esta fortaleza que puede tener una empresa de software se vuelve una debilidad al momento de crecer y necesitar una infraestructura administrativa fuerte, lo que hace que estas empresas sean de corta vida en el mercado, aunque un dato de esta estimación no se encuentra documentado.

Las empresas que conforman los parques tecnológicos, se crean con promedios de tres personas por empresa² y tienen una vida corta debido a la falta de estructura comercial y administrativa y, en muchos casos, por la falta de acceso a capitales. Las empresas no cuentan con el apoyo necesario en créditos dado que no existe consciencia sobre "El valor del Conocimiento".

En la parte de implementación de programas de calidad se ha logrado que 49 empresas (año 2004, 2005) obtengan la certificación en ISO 9000. Sin embargo, los resultados siguen siendo bajos comparados con otros sectores industriales, los cuales has sido forzados a aplicar modelos de calidad que eleven el nivel del sector [25].

Las Empresas Colombianas están en desventaja frente a niveles de competitividad basados en la aplicación de programas de calidad. Estados Unidos cuenta con 1700 empresas [25] que aplican programas de CMM y CMMI , Colombia cuenta a la fecha con 16 empresas.

Número de Empresas y Personal Ocupado.

- 850 Empresas Software tributando ante la DIAN
- 650 corresponden a personas jurídicas
- 200 empresas unipersonales
- 110 Empresas según el DANE
- 70.000 empleos generados

2.2.3 Localización de la Industria del Software en Colombia.

La industria del software en Colombia se ha caracterizado por ser un sector en crecimiento, para el año 2001 se estimó un crecimiento del 7%. Según el IDC los sectores de mayor crecimiento corresponden a servicios, redes y software. Es una cifra muy alentadora ya que el crecimiento estimado para América Latina en conjunto fue del orden del 4.3% y el 6.8%.

Según los datos oficiales del 2002 la ubicación geográfica de las empresas del sector es la siguiente:

² FUENTE: Estadísticas estudios Parquesoft

Tabla 13. Cantidad de Empresas por ciudad

CIUDAD	CANTIDAD DE EMPRESAS
Bogotá	426
Medellín	110
Cali	58
Bucaramanga	34
Barranquilla	28
Manizales	9
Armenia	6
Cartagena	4
Pereira	4
Cúcuta	3
Total	682

FUENTE: Fedesoft 2002

Entre las empresas representativas del mercado [24] se encuentran:

- CENTRO DE PROCESAMIENTO CONTABLE S.A. PROCECON
- FCV, UNIDAD ESTRATEGICA DE NEGOCIOS DE LA FUNDACION CARDIOVASCULAR
- HEINSOHN SOFTWARE HOUSE S.A
- NEXSYS DE COLOMBIA
- OPEN SYSTEMS Ltda.
- INTEGRAR (Grupo Carvajal)
- INFORMATICA Y GESTION S. A
- MECOSOFT S. A.
- MIND DE COLOMBIA
- SOFT BOLIVAR S.A.
- SQL SOFTWARE LTDA.
- ALFA - GL LTDA SISTEMAS, GESTION Y CONSULTORIA LTDA.
- COMPAÑÍA LATINOAMERICANA DE SOFTWARE S.A. LASC S.A.
- DATUM LTDA
- D.P.S. TECHNOLOGIES
- DTS LATIN AMERICA SOFTWARE LTDA
- JAIME TORRES Y CIA. LTDA.
- NOVASOFT LTDA
- OPEN CARD S.A

2.2.4 Red de Parques Tecnológicos: Parquesoft

Actualmente ParqueSoft, en su Red de Parques Tecnológicos de Software, ParqueSoft Nation, alberga a más de 300 empresas especializadas en la Industria del Conocimiento, donde trabajan más de mil profesionales desarrolladores de software, especializados en los últimos paradigmas de Tecnología de la Industria y otros centenares apoyando los procesos de servicios profesionales, administración y desarrollo de negocios como aparece en la tabla 14.

Tabla 14. Cantidad de Emprendimientos en la Red de Parques Parquesoft

ZONA	PARQUE	Nº EMPRENDIMIENTOS
Centro	Meta	11
Eje Cafetero	Armenia	24
Eje Cafetero	Manizales	32
Eje Cafetero	Pereira	26
Norte	Sucre	10
Sur Occidente	Pasto	16
Sur Occidente	Popayán	29
Sur Occidente	Palmira	11
Sur Occidente	Buga	6
Sur Occidente	Tulua	25
Sur Occidente	Buenaventura	10
Sur Occidente	Cali	135
	TOTAL	335

FUENTE: Empresa JUMP PROJECTS. Parquesoft

ParqueSoft, es una entidad sin ánimo de lucro cuyo propósito es facilitar la creación y desarrollo de empresas que provean al mercado de productos y servicios de tecnología informática. Con un innovador modelo de asociación está consolidando el cluster de Ciencia, Tecnología y servicios relacionados más importante de Colombia y uno de los más sobresalientes de América Latina, integrando Parques Tecnológicos de Software ciudades tales como: Cali, Popayán, Tulúa, Pasto, Palmira, Manizales, Buga, Pereira, Armenia, Sincelejo, Buenaventura, Meta, Ibagué y ParqueSoft Caribe.

Colombia aun no encuentra el modelo que permita hacer sostenible este tipo de infraestructura que combine intereses privados y públicos. Hasta el momento son los negocios y la gestión de proyectos de los empresarios, en ciertas ocasiones con apoyo estatal, los que dinamizan y fortalecen las incubadoras, sin embargo estos apoyos son coyunturales y no generan una propuesta de cómo hacer viable estas nuevas organizaciones.

2.2.5 Mercado Colombiano de Software en Cifras.

Ventas Nacionales

Según los datos oficiales que se tiene al 2002 las ventas fueron del orden de 1.533.350 MM\$. Colombia ha presentado un crecimiento muy significativo en lo referente a ventas de software, las cuales se incrementaron en un 40% promedio anual entre 1992 y 1996, al pasar de transacciones por un valor de US\$84 millones en 1992 a US\$327 millones en 1996. Además, la industria del software en Colombia se ha caracterizado por ser un sector en crecimiento. Para el año 2001 se estimó un crecimiento del 7%, cifra muy alentadora ya que el crecimiento estimado para América Latina en su conjunto se estimó en el orden del 4.3% y el 6.8%.³ De este total tan solo el 1.5% fue exportado, lo que realmente muestra que hay que realizar unos mayores esfuerzos⁴. Colombia tiene una presencia muy poco significativa a nivel mundial en este sector.

³ IDC 2001.

⁴ "LA VENTAJA COMPETITIVA DE LA ACTIVIDAD EMPRESARIAL ANTIOQUEÑA HACIA EL SIGLO XXI"

El Sector del Software cuenta hoy con cuatro grupos de empresas bien definidas[23]:

- Empresas desarrolladoras de software
- Empresas distribuidoras y comercializadoras de productos informáticos,
- Empresas proveedoras de acceso y servicios de Internet
- Empresas productoras de hardware.

Colombia cuenta con aproximadamente 800 empresas en la industria TI. Algunas de ellas, ya posicionadas en el mercado internacional, como prestadores de servicios y desarrolladores de software a la medida, tanto para multinacionales como para las pequeñas y medianas empresas.

Tan solo el 24% de las casas de software colombianas exportan, y el destino más importante para las exportaciones colombianas de software se encuentra localizado en los países pertenecientes al ALCA.

En Colombia el crecimiento del sector cuadruplica en términos reales el del PIB, adicionalmente se demuestra que los principales sectores de la economía nacional son dependientes o utilizan el software como elemento vital para sus actividades. De igual forma, dentro del esquema mundial el mercado de la programación va impulsando las posibilidades de desarrollo y esto ha generado una demanda creciente para desarrolladores de software, lo que para Colombia, favorablemente, se presenta como un aspecto positivo ya que aproximadamente el 50% de esta industria puede clasificarse como hecho a la medida.

Sin embargo, dentro de las potencialidades que se pueden presentar en el sector, también se logran visualizar algunas dificultades que impiden o entorpecen un poco su evolución. Tal es el caso de la inversión en tecnología informática en nuestro país, la cual se da en rangos muy bajos, pues en datos registrados por la International Data Corporation, la inversión en Colombia en 1995 llegó al 1.2% comparado con el 9% a nivel mundial. De igual forma, la timidez empresarial en cuanto a inversión tecnológica informática, se caracteriza aún dentro de la región.

Como se observa en la tabla 15 Los servicios de integración de sistemas presentan el mayor volumen de inversión. En 1999 representó el 19.2%. Esto puede explicarse porque la mayoría de proyectos de tecnología involucran integración.

La categoría de servicios de mayor crecimiento es Outsourcing de Aplicaciones. IDC espera que este mercado crezca a una tasa (CAGR) de 64.8% hasta 2004. Es claro que los altos crecimientos que presenta Colombia se dan especialmente debido a que es tan pequeño el sector que pequeños proyectos influyen de forma bastante significativa en el resultado.

Tabla 15. Inversión en servicios de TI en Colombia (US\$M)

	1999	2000	2001	2002
Consultoría IS	38	41	44	47
Outsourcing del Sistema de Información	52	58	68	78
Servicios de Procesamiento	35	43	51	61
Outsourcing de Aplicaciones	2	4	7	11
Integración de Sistemas	97	110	123	136
Desarrollo de Aplicaciones de Software	22	32	38	44
Soporte y Mantenimiento de Software	38	46	51	56
Soporte y Mantenimiento de Hardware	44	48	53	58
Consultoría e Integración de Redes	16	26	36	45
Outsourcing de Desktop y Redes	27	35	43	53
Educación y Entrenamiento de TI	18	19	22	25
Total Colombia	389	462	536	614

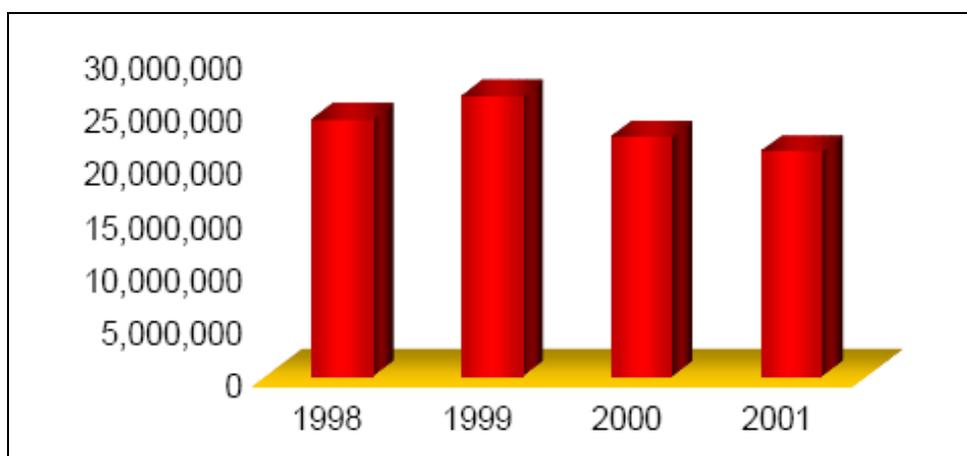
Fuente IDC

La categoría de servicios de mayor crecimiento es Outsourcing de Aplicaciones. IDC espera que este mercado crezca a una tasa (CAGR) de 64.8% hasta 2004. Es claro que los altos crecimientos que presenta Colombia se dan especialmente debido a que es tan pequeño el sector que pequeños proyectos influyen de forma bastante significativa en el resultado.

Exportaciones

El registro existente según la clasificación CPC muestra al sector del software (CPC 82) como uno de los más destacados dentro del macrosector servicios. Para el año 2001 las exportaciones de servicios registradas ante el Ministerio de Comercio Exterior ascendieron a US \$107.580.398, dentro de las cuales se destaca en primer lugar los servicios de ingeniería US \$ 27.583.651 (25%), en segundo lugar las de software con US \$ 22.124.176 (21%) y en tercer lugar los servicios de telecomunicaciones con US \$ 18.466.850 (16%).

Figura 8. Cifras de Exportación de Software



FUENTE: Banco de la República

Observamos que las exportaciones de software han tenido un comportamiento similar entre el año 2000 y el 2001; presentando para el primer año un valor de US\$ 22.691.873 y para el año 2001 US\$ 21.264.743 como aparece en la figura 8.

Según los datos oficiales que se tiene al 2002 las exportaciones fueron del orden de 40.950 MM\$ tan solo un 2.6% de las ventas y adicionalmente los principales destinos del software son a países cercanos como Ecuador y Venezuela.

Proexport ⁵ como fuente oficial para la generación de información acerca de exportaciones no tradicionales, turismo internacional presenta los agregados de la tabla 16.

*Tabla 16. Exportaciones Totales No tradicionales, Colombianas.
Según Macrosector-Sector Acumulado Enero-Diciembre años 2005 a 2006*

MACROSECTOR – SECTOR	FOB US\$		DIFERENCIA	VARIACION
	2005	2006	\$US	2006/2005
SERVICIOS Y ENTRETENIMIENTO	1.338.578.095	1.561.711.647	223.133.551	16,67%
O R O	627.420.135	828.738.190	201.318.055	32,09%
SUBTOTAL SERVICIOS SIN ORO	711.157.960	732.973.457	21.815.497	3,07%
JOYERIA Y PIEDRAS PRECIOSAS	123.230.451	150.003.868	26.773.417	21,73%
PIEDRAS PRECIOSAS	72.932.881	90.714.826	17.781.945	24,38%
BISUTERIA	10.576.347	9.904.876	-671.471	-6,35%
JOYERIA Y ORFEBRERIA	19.674.327	17.725.069	-1.949.258	-9,91%
OTROS METALES PRECIOSOS	20.046.895	31.659.097	11.612.201	57,93%
JUGUETES Y ARTICULOS DEPORTIVOS	22.940.529	25.866.183	2.925.654	12,75%
AUDIOVISUALES	15.870.915	16.193.505	322.590	2,03%
EDITORIAL E INDUSTRIA GRAFICA	215.100.283	230.221.712	15.121.429	7,03%
EDITORIAL	123.995.113	135.145.092	11.149.978	8,99%
INDUSTRIA GRAFICA	91.105.170	95.076.620	3.971.450	4,36%
OTROS SERVICIOS	168.699.118	178.533.063	9.833.945	5,83%
SOFTWARE	7.949.187	3.067.039	-4.882.148	-61,42%
ENERGIA ELECTRICA	157.367.478	129.088.087	-28.279.391	-17,97%
NO TRADICIONAL	10.824.849.489	12.581.468.261	1.756.618.772	16,23%
TRADICIONAL	10.365.589.246	11.809.506.841	1.443.917.596	13,93%
TOTAL EXPORTACIONES	21.190.438.735	24.390.975.103	3.200.536.368	15,10%

Fuente: Informe consolidado de exportaciones colombianas. Cifras exportaciones a diciembre 2006. Proexport

Es importante aclarar que no existe un acuerdo acerca de los mecanismos y herramientas pertinentes a la naturaleza del sector que permitan valorizar las exportaciones, de tal forma que la información disponible es imprecisa y no refleja el perfil del empresariado ni las características de la demanda.

- **Dificultades Internas para Exportar.**

Según la Cámara de Comercio de Bogotá las principales dificultades internas que afrontan las Empresas de Software se relacionan en la tabla 17.

⁵ Proexport Colombia www.proexport.gov.co 2007

Tabla 17. Dificultades Internas para Exportar

%	Dificultad
18%	Desconocimiento de procesos de exportación
3%	Precios poco competitivos para el mercado internacional.
28%	Desconocimiento de oportunidades de negocio en el exterior
18%	No se cumplen los estándares de Calidad exigidos por el mercado internacional
17%	No contar con ISO 9000 - CMMI
5%	Desconocimiento de la Competencia internacional. Problemas de Idioma
9%	Poca capacidad para realizar alianzas estratégicas.
2%	Otros

Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá

- **Dificultades Externas para Exportar.**

Las principales dificultades Externas que afrontan las Empresas de Software se detallan en la tabla 18.

Tabla 18. Dificultades Externas para Exportar

%	Dificultad
24%	Falta de normatividad clara para la exportación de software y servicios
18%	Entorno desfavorable del país. (Social, Económico, Político)
15%	Legislación laboral desfavorable
22%	Falta de programas de apoyo financiero – Crédito.
16%	Falta de programas de desarrollo empresarial para el sector.
5%	Otros

Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá

- **Actividades para generar una cultura exportadora.**

Las actividades que se deben realizar, así como su peso (%) para generar cultura exportadora se relacionan en la tabla 19.

Tabla 19. Actividades para Generar Cultura Exportadora.

%	Actividad
15%	Capacitación en procesos de exportación.
7%	Análisis interno de las empresas.
17%	Definir la oferta exportable de productos y / o servicios.
18%	Realizar Inteligencia de Mercados.
12%	Participar en ferias internacionales y misiones comerciales.
14%	Generar procesos asociativos
14%	Iniciar procesos de certificación.
3%	Otros

Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá

Importaciones.

Según estadísticas de BPR⁶, dentro de las diez primeras empresas que registraron mayor valor de ventas en Colombia en el año 2003 se ubicaron Hewlett Packard, IBM, Dell Computer, MPS Mayorista y Unisys de Colombia S.A.

Tabla 20. Empresas multinacionales de redes más importantes en ventas en Colombia Año 2001 a 2003 – (USD)

No.	Empresa	Ventas 2001	Ventas 2002	Ventas 2003
1	Hewlett Packard	78,259,711	150,812,849	242,949,364
2	IBM	161,168,921	122,892,458	137,367,170
3	Dell Computer	24,569,183	35,725,209	69,832,613
4	MPS Mayorista	42,820,165	30,043,296	39,838,012
5	Unisys	55,747,708	30,181,215	39,036,717
6	Integrar	13,178,961	13,373,952	35,962,922
7	Impresistem	30,124,836	29,707,751	35,467,962
8	Sed International	24,976,429	25,107,192	31,614,830
9	Xerox	39,745,525	29,771,648	31,081,713
10	Oracle	20,726,756	21,155,726	27,715,262

Fuente: SICEX. Sistema de Información de Comercio Exterior. DIAN. Colombia. 2004

- **Origen Geográfico de las Importaciones [7].**

Tabla 21. Importación de Software – Año 2003 (MUSD)

No.	País Origen	Valor FOB Importación
1	Estados Unidos	9.134.773
2	Alemania	714.612
3	México	574.005
4	Reino Unido	482.245
5	Bélgica	347.394
6	Canadá	345.620
7	Dinamarca	259.692
8	Argentina	200.117
9	Otros países	181.621
10	Taiwán	154.211
11	Israel	116.496
12	Irlanda	112.835
13	Nueva Zelanda	99.650
14	Filipinas	99.649
15	Francia	90.705
16	Brasil	68.620
17	Japón	68.620
18	Suecia	63.815
19	Ecuador	58.000
20	España	38.784
Total Importaciones 45 países		13.394.926

Fuente: SICEX. Sistema de Información de Comercio Exterior. DIAN. Colombia. 2004

⁶ Consultores BPR Asociados Sales and Credit Managers. www.bpr.com.co

⁷ Fuente SICEX. Sistema de Información de Comercio Exterior. DIAN. Colombia. 2004

Año 2003: Colombia importó en el año 2003 software por US\$ 13.394.926 proveniente de 45 países que se detallan en la tabla 21, mostrando un decrecimiento del 34.7% con respecto al año anterior. Los principales países proveedores fueron Estados Unidos (50,62%), Alemania (5.33%), México (4.2%), Reino Unido (3.6%) y Bélgica (2.59%). España se ubicó en la casilla número veinte con un 0,28%, equivalente a US\$ 38.784, descendiendo ocho lugares con relación al año anterior.

Año 2002. - Colombia importó en el año 2002 software por US\$18.044.721 proveniente de 33 países detallados en la tabla 22, mostrando un decrecimiento del 6,14% con respecto al año anterior. Los principales países proveedores fueron Estados Unidos (58,20%), Ecuador (17,60%), Reino Unido (3,85%), Alemania (3,69%) y Canadá (3,32%). España se ubicó en la casilla número doce con un 0,67%, equivalente a US\$121.698, escalando un lugar con relación al año anterior.

Tabla 22. Importación de Software – Año 2002 (MUSD)

No.	País Origen	Valor FOB Importación
1	Estados Unidos	10.502.744
2	Ecuador	3.176.816
3	Reino Unido	695.649
4	Alemania	666.741
5	Canadá	600.207
6	Argentina	350.010
7	Otros Países	242.527
8	México	227.847
9	Suecia	191.922
10	Brasil	181.090
11	Irlanda	175.719
12	España	121.698
Total Importaciones 33 países		Usd \$18.044.721

Fuente: SICEX. Sistema de Información de Comercio Exterior. DIAN. Colombia. 2004

Las estadísticas nos presentan como Colombia, vía importaciones, pretende satisfacer sus necesidades tecnológicas de tal forma que pueda responder a los retos que la nueva economía impone. Las empresas nacionales ante la urgencia y la “seguridad” de obtener beneficios por su inversión, optan por adquirir el software en el mercado internacional, dejando a un lado la oferta nacional, al presentar debilidades en la capacidad de gestión - negociación, investigación, desarrollo y madurez de la producción. Por otra parte el marco legal que regula estas transacciones aun no genera reglas de juego claras que permitan paralelamente desarrollar capacidades nacionales para competir en mejores condiciones y a su vez proteger los intereses de los inversionistas.

Aporte al PIB nacional.

Resulta imposible establecer el porcentaje de participación del Sector del Software dentro del PIB de manera individual. En el estudio de Redes de Comunicación y Sistemas elaborado por BPR, año 2003, se agrupa en el Sector Comercio a las empresas que se dedican a la comercialización de las redes de Comunicación y Sistemas, equipos de cómputo y desarrollo de Software, cuya participación en el PIB es del 12%. Según los datos oficiales que se tienen al 2002, la participación en el PIB es sólo del 1,6%, lo que es muy bajo teniendo en cuenta el potencial de la industria, sin

embargo no se cuenta con datos recientes y en los últimos años el sector ha tenido un gran crecimiento.

Algunas cifras entre 1995 y el año 2000.

- Las ventas de equipos crecieron el 20% pasando de US\$562 MM a US\$672 MM.
- Las ventas de software crecieron el 224%, pasando de US\$61 MM a US\$198 MM.
- La facturación de servicios asociados creció el 119%, es decir, pasó de US\$193 MM. a US\$422 MM.
- El número de empresas desarrolladoras de software en Colombia se ha duplicado.
- Los empleos generados se han triplicado.
- Más de 4.000 empresas en los negocios de desarrollo de software, comercialización de hardware, servicios de consultoría en tecnología y canales de distribución.
- Más de 75.000 empleos calificados en tecnologías de información
- 6 Parques Tecnológicos de Software
- 11 Incubadoras especializadas
- Más de 850 Empresas de Desarrollo de Software
- Más de 5,000 desarrolladores potenciales para trabajar en la Industria
- Expertos en nichos de mercados específicos
- Creación de Parques Tecnológicos de Software y Centros de apoyo especializados

2.2.6 Competitividad de la Industria del Software en Colombia.

Para el desarrollo de los convenios de Competitividad es importante reconocer la línea base del sector a partir de un diagnostico inicial que sirva de guía para el reconocimiento de la situación actual. En la tabla 23 se presenta una matriz DOFA [24].

Tabla 23. Matriz DOFA Industria de Software

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Único sector con materia prima propia y generación de la misma • Alto porcentaje de profesionales y tecnólogos • Único sector transversal a todos los demás sectores • Sector que requiere relativamente poca inversión en infraestructura o en capital para desarrollarse • Ayudas Fiscales 	<ul style="list-style-type: none"> • Potencial y liderazgo de Colombia frente a los países de la región Latinoamericana. • Ser el país representante de la región a nivel mundial. • Posicionar a Colombia a un nivel de clase mundial, dentro de los 10 países emergentes mas importantes que han transformado su economía con la TI, mediante un direccionamiento que aproveche aumente las ventajas competitivas de las empresas, del capital humano y de los productos en el mercado internacional. • Lograr que el aporte del sector a la economía colombiana sea varias veces superior a lo que en su mejor momento lo fue la Federación de Cafeteros y todos los sectores económicos juntos • 20% de las Empresas listas para exportar • Planes de Negocios con alto Contenido de Innovación • Empresas Incursionando en Nuevos Nichos de Mercado • Reconocimiento del Producto Colombiano en Latinoamérica • Ubicación Geográfica Privilegiada • Talento Humano y Empresarial • Ventajas Fiscales

DEBILIDADES	AMENAZAS
<ul style="list-style-type: none"> • 95% Empresarios son Ingenieros de Sistemas, por lo tanto carecen de formación <ul style="list-style-type: none"> ○ Administrativa ○ Comercial ○ Financiera • Mercado Nacional: <ul style="list-style-type: none"> ○ Dudas de permanencia de las empresas ○ Dudas sobre soporte técnico adecuado ○ Dudas sobre actualización adecuada • Escasa inversión Extranjera y Alianzas nacionales e internacionales • Bajo nivel de asociatividad. 	<ul style="list-style-type: none"> • Países Latinoamericanos incursionando en la carrera para ser representantes de la región • Países asiáticos incursionando en la región.

Fuente: Ministerio de Comercio, Industria y Turismo

Conforme a la anterior matriz y de acuerdo al Ministerio de Comercio, Industria y Turismo; en la tabla 24 se presentan los proyectos por cada una de las diferentes áreas temáticas [24].

Tabla 24. Proyectos por Áreas Temáticas

Área Temática	Proyecto
Talento Humano y Trabajo	Diagnostico de necesidades de talento humano en TICs
Gerencia	Certificación de Calidad en Software – CMMI Estadísticas Sectoriales
Finanzas	Organización de Fondos de Capital de Riesgo
Competencia Doméstica	Identificación de nichos especializados en mercado local
Internacionalización	Conformar una comercializadora internacional de empresas desarrolladoras de software colombiano Modiex–Modelo de diagnostico y valoración de empresas para exportar
Instituciones y Gobierno	Sensibilización Mercado Exportador Documento Conpes del sector ISTIR

Necesidades Priorizadas del Sector de Software.

- Innovación: Fortalecer sosteniblemente la capacidad de desarrollo y mantenimiento de productos y servicios competitivos.
- Calidad de la gestión de las empresas del sector.
- Conocimiento y capitalización de las oportunidades de mercado
- Implementación de estrategias para la Financiación
- Creación de unidades de negocio, a partir de las potencialidades existentes en la región.
- Articulación: Consolidación de la capacidad de articulación de los empresarios entre si y de estos con el entorno social, académico y gubernamental.

Algunas Estrategias Nacionales en Marcha.

En los últimos años en Colombia se han venido dedicando esfuerzos sociales y económicos al desarrollo de estrategias que permitan la inclusión digital por parte de los diferentes sectores de la

población, respondiendo a los retos que la denominada “Sociedad de la información y del Conocimiento” impone. La industria del software y las tecnologías informáticas relacionadas, son una pieza clave para el desarrollo de las TIC, por esta razón se incluye dentro del análisis del sector la influencia de las políticas nacionales en éste tema.

Entre estas iniciativas, se encuentran:

- Agenda de Conectividad - Gobierno en Línea.
- Apoyo al fortalecimiento de las Incubadoras de Empresas de Base tecnológica, Centros de Investigación y Desarrollo y Centros de desarrollo tecnológico.
- Zonas Inversión Extranjera.
- Fondos Capital de Riesgo.
- Encuestas Sectoriales.
- Eventos internacionales.
- Dominio.co

Programa Agenda de Conectividad.

El Ministerio de Comercio Exterior cumpliendo con el objetivo de diversificar las exportaciones tanto de bienes como de servicios en función de la demanda mundial y, en cumplimiento de la directiva Presidencial, con su programa “Agenda de Conectividad”, que busca masificar el uso de las TIC como soporte del crecimiento y aumento de la competitividad, se encuentra comprometido en la obtención de oportunidades para potencializar la industria del software [23].

La visión de la Agenda de Conectividad es que Colombia sea, antes del año 2010, un país que se desarrolle activamente en la sociedad del conocimiento y que se distinga por:

- Ser líder en la utilización de las tecnologías de la Información en los sectores educativo, productivo y de gobierno, para optimizar sus propias actividades y llevarlas a niveles de calidad y eficiencia de acuerdo con los estándares que imponen las naciones desarrolladas.
- Ser un país en el que todos los ciudadanos tengan acceso y utilicen activamente las tecnologías de información para su propio desarrollo.
- Contar con una industria de TI de clase mundial que conlleve a cumplir con el objetivo general del programa [27].

Desarrollos concretos en el sector.

Los siguientes son los desarrollos que se han llevado a cabo en el sector:

- **Creación de una legislación adecuada:** Se ha diseñado una propuesta de incentivos para extender los beneficios de los usuarios industriales de servicios ubicados en Zona Franca, a los exportadores de servicio del sector de las TIC.
- **Identificación de la oferta colombiana:** Se está realizando un inventario detallado del potencial actual para darlo a conocer a los mercados objetivos.
- **Desarrollo del capital humano:** Actualmente se está desarrollando un proyecto de Creación de Capital Humano que tiene como objetivo proveer habilidades adecuadas en los siguientes grupos:
 - Capacitación y certificación en TI en asocio con Colciencias.
 - Capacitación en diseño, instalación y mantenimiento de redes
 - Capacitación en habilidades gerenciales.

- **Establecimiento de alianzas estratégicas:** Se está trabajando en el establecimiento de Centros de Desarrollo de Compañías Multinacionales en Colombia, que permita el crecimiento de la Industria y los servicios relacionados.
- **Mercadeo de la industria de TI en posiciones estratégicas:** Mercadeo de TI, a través del posicionamiento de la marca país y las compañías colombianas, generando presencia en posiciones estratégicas, estableciendo contactos con las grandes empresas multinacionales de la industria, publicando artículos especializados, participando en eventos y promoción de misiones comerciales [27]

2.2.7 Modelo CMMI en Colombia y Programas que Impulsan su Adopción.

Colombia cuenta a la fecha con 16 empresas valoradas CMMI, sin embargo, la industria nacional de software está compuesta por más de 850 empresas proveedoras de soluciones (850 tributan ante la DIAN) [5], de las cuales un porcentaje muy bajo de empresas pueden acceder a certificados CMMI debido a que se exige no sólo hacer las cosas bien sino tener una alta capacidad de inversión. Entidades como Proexport, Colciencias y el Sena han desarrollado programas encaminados a impulsar el proceso de adopción del modelo CMMI en la industria de software del país

PROEXPORT: entidad encargada de la promoción de las exportaciones colombianas, ha detectado la necesidad que representa para las empresas de software tener la certificación CMMI, lo cual representa una ventaja competitiva para las organizaciones al momento de ingresar a los mercados norteamericano y europeo [6].

Proexport desarrolló un programa con el objetivo de impulsar la adopción de modelos de producción con estándares internacionales para la industria de la tecnología de la información, a través de la generación de capacidades nacionales y el apoyo en la implementación y valoración del modelo CMMI en empresas colombianas desarrolladoras de software, exportadoras o con alto potencial exportador.

El programa incluye la sensibilización de al menos 330 empresas nacionales, sobre la importancia y conocimientos generales del modelo CMMI; la formación de cinco consultores internacionales que replicarán el modelo y estarán en capacidad de asesorar la implementación de CMMI en las empresas colombianas a costos accesibles y la certificación de un grupo piloto de cinco empresas exportadoras de software en el país [6].

Durante la primera fase del proyecto, lanzado en febrero del año 2005 e impulsado por la Dirección de Cooperación y Convenios de la Entidad, se beneficiaron 6 empresas del proceso de valoración: Heinsohn Software House S.A., Soft Bolivar S.A., Open Systems, Intergrupo S.A., Ilimitada S.A. y Red Colombia S.A. Igualmente, se han sensibilizado 190 empresas, en las ciudades de Bogotá, Medellín, Cali y Pereira [3].

El 27 de Julio del año 2005 se inició la segunda fase del programa. En esta fase se beneficiaron 10 empresas más en la valoración de CMMI gracias a recursos conseguidos mediante cooperación con la United States Agency for International Development - USAID, mediante la agencia The Service Group, TSG [3].

Con éste programa se aspira a fortalecer las exportaciones del sector. La industria del software es uno de los sectores de mayor desarrollo a nivel mundial, con 172 billones de dólares de ingresos en 2003. Tres economías son actualmente ejemplo del impacto de la industria del software en el

crecimiento económico y en la generación de divisas: India, Irlanda e Israel, países con empresas certificadas CMM y CMMI [6].

COLCIENCIAS: Siendo el sector de las TICS uno de los más promisorios para el país, para mejorar su competitividad requiere el uso de modelos de calidad de software que le permita participar en mercados internacionales cada vez de mayor exigencia. El modelo de madurez CMMI es el más solicitado en países norteamericanos y europeos. En Colombia, hasta el año 2004 sólo se tenía una empresa con nivel 5, la cual muestra unos niveles interesantes de ventas potenciales en el exterior. Actualmente hay 15 empresas más, valoradas oficialmente en diferentes niveles de CMMI, gracias al apoyo del Estado.

En desarrollo de lo anterior, COLCIENCIAS suscribió con el SENA, el Convenio Inter-administrativo de Cooperación No. 055-2005 SENA – No. 030-2005 Colciencias, de fecha 5 de agosto de 2005, con base en el cual se han aportado recursos para, entre otros objetivos, financiar actividades y proyectos de capacitación en altas tecnologías, dentro de los cuales se puede enmarcar el programa de capacitación en CMMI.

El objetivo de la convocatoria es fortalecer el sector nacional de software y servicios conexos a través de la creación de la Red Colombiana de Calidad de Software, la formación y certificación especializada SEI de talento humano y la ampliación de la base de empresas con valoración CMMI.

Objetivos Específicos:

- Seleccionar mediante proceso de convocatoria pública, una entidad que tendrá como uno de sus compromisos la conformación de la Red Colombiana de Calidad de Software.
- Definir la estructura y naturaleza jurídica de la Red Colombiana de Calidad de Software – RCCS [33], mediante el desarrollo de sus estatutos, plan estratégico y cuadro de proyectos. Dentro de las funciones de la RCCS se deberán incluir las de contribuir a la construcción de políticas y estándares para la industria nacional de software, definir y gestionar programas de apoyo a la implementación de modelos de calidad de software para PYMES del sector a nivel nacional y regional, desarrollar proyectos de investigación aplicada en modelos y metodologías de calidad para el sector y otros que cumplan con el propósito de fortalecer éste sector.
- Formar y certificar a profesionales colombianos en Ingeniería de Sistemas o afines, con experiencia en ingeniería de software, modelos y metodologías de calidad, como Lead Appraisers certificados en CMMI.
- Formar y certificar a profesionales colombianos en Ingeniería de Sistemas o afines, con experiencia en ingeniería de software, modelos y metodologías de calidad, como Instructores certificados en CMMI.
- Desarrollar proyectos nacionales y/o regionales, en los cuales se trabajen procesos de implementación del modelo CMMI, ajustado a las necesidades de las PYMES.
- Mejorar los programas de formación y educación superior y de formación para el trabajo del SENA relacionados con desarrollo de software, a través de la actualización del talento humano que lo imparte.

Metas:

- Creación y puesta en marcha de la Red Colombiana de Calidad de Software.
- Certificación de mínimo dos (2) CMMI Lead Appraisers.
- Certificación de mínimo 6 CMMI instructores, de los cuales dos deben estar vinculados al SENA.
- Al finalizar el término de duración del programa, se debe contar con mínimo 58 PYMES de la industria de desarrollo de software, que hayan implementado el Modelo CMMI y se encuentran listas para valoración oficial.
- Apoyar la Valoración Oficial del Modelo CMMI a mínimo 10 empresas exportadoras o con alto potencial exportador.
- Desarrollar un Modelo de Calidad de Software para PYMES Colombianas construido a través de las experiencias de los procesos de implementación del modelo CMMI.

- Actualizar mínimo cuatro (4) programas de Ingeniería y/o tecnológicos y/o técnicos del SENA en el tema de modelos de calidad de software.

2.3. Balance Núcleos Temáticos.

Teniendo en cuenta las características del Modelo CMMI, las características de la industria de software colombiana, los datos y estadísticas del modelo a nivel internacional, las conclusiones de expertos expuestas en el seminario nacional de CMMI - 2006 y la experiencia de la ejecutora del proyecto, se generan algunas premisas y conclusiones preliminares con respecto a la implementación del modelo CMMI en el ámbito nacional:

- En Colombia el 92% de la industria de software está conformada por micro (58%) y pequeña (34%) empresa, con un promedio de 3 empleados para la micro empresa y 20 personas para la pequeña empresa. El número máximo de empleados para la micro empresa es de 9 y de 50 empleados para la pequeña empresa. Aún cuando a nivel mundial el 51.2⁸ tiene entre 1 y 100 empleado y de una muestra de 1083⁹ el 22,6% de las empresas valoradas CMMI tienen menos de 50 empleados, en Colombia esto se puede convertir en una barrera grande dado que la implementación del modelo CMMI para empresas pequeñas, es muy costoso, requiere cierto grado de madurez, es demasiado grande (25 áreas de proceso, 60 metas agrupadas en 205 prácticas, 826 sub-prácticas), normativo y detallado para éste tipo de empresa.
- La mayoría de las empresas colombianas que han logrado adoptar el modelo CMMI, lo han hecho gracias al patrocinio de entidades como Proexport, Colciencias y el Sena que desarrollan programas encaminados a impulsar la adopción de este modelo para lograr el reconocimiento internacional de la industria del software colombiana y el incremento de la competitividad en el mercado global.
- Las condiciones y problemas que afrontan la micro y pequeña empresa son diferentes a los de la mediana y gran empresa. La micro y pequeña empresa afronta prioridades asociadas a:
 - Recursos Limitados
 - Flujo de Caja
 - Reproceso alto
 - Bajo posicionamiento en el mercado nacional
 - Proyectos no terminan a tiempo
 - Personal no cuenta con las competencias necesarias
 - Manejo de riesgos
 - Estimación de tareas
 - Productividad
- La adopción de CMMI se debe enfocar como un proyecto de desarrollo de software, en donde se desarrollan todas sus fases y se asigna el recurso necesario para el proyecto. La implantación de un proceso de innovación tecnológica como la adopción de CMMI genera un cambio en la organización. Este cambio es controlable y se debe gestionar con metodología y herramientas. Las empresas que se valoran en CMMI necesitan tener cierto grado de madurez, con el que no cuentan la micro y pequeña empresa. Una compañía

⁸ Fuente Notiexport 25, Agosto 2005

disponible en: <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo4835DocumentNo4159.PDF>

⁹ Fuente SEI, Process Maturity Profile V1.1 Class A Appraisal Result

disponible en <http://www.sei.cmu.edu/appraisal-program/profile/pdf/CMMI/2006marCMMI.pdf>

interesada en el mejoramiento e implementación de CMMI debe haber implementado los siguientes hitos:

- Planeación estratégica, indicadores y medidas.
 - Área de aseguramiento de calidad.
 - Utilización de estándares (IEEE, SUN, propios).
 - Implementación y/o Certificación ISO.
 - Orientación de negocios por proyectos (Ejemplo PMI).
 - Iniciación autodirigida en el modelo CMM/CMMI.
- El proceso de diagnóstico, implementación, valoración de CMMI es mucho más costoso que la Certificación ISO. En Colombia existen 49 (año 2004,2005) y 130 (año 2006) empresas de software certificadas ISO. El costo de implementar CMMI puede ser 4-5 veces el costo de ISO. Ejemplo: una empresa colombiana invirtió US\$40.000 en la certificación ISO y aproximadamente US\$180.000 en la valoración CMMI.
- Es mucho más fácil el proceso de valoración en CMMI, cuando la empresa tiene experiencia con sistemas de calidad y ha llevado a cabo la implementación y/o certificación en sistemas como ISO.
- Los factores críticos de éxito en un proceso de innovación tecnológica como CMMI son
- Patrocinio de la Alta Gerencia.
 - Liderazgo (autoridad, identidad, convicción, equipo, compromiso, excelencia).
 - Conocimiento (Ingeniería de Software, Gestión de calidad, gerencia de proyectos).
 - Comunicación: la comunicación debe fluir en todas direcciones, desde la alta gerencia hasta la última persona en la “jerarquía” de la organización, y no solo una comunicación del tipo “Top Down” sino también una comunicación hacia arriba en la organización, es decir la información debe ser transversal a toda la organización. Dar a entender los verdaderos objetivos y alcance del proceso de mejora.
 - Experiencia previa.
 - Capacitación y guía.
 - Convicción, apoyo y compromiso de todas las partes involucradas en el proceso.
 - Consultoría para la Interpretación de las prácticas y sus interrelaciones.
 - Diagnóstico Inicial.
- Las principales Barreras y dificultades a las que se enfrentan las empresas para llevar a cabo la implementación del modelo son:
- Falta de recursos y presupuesto.
 - Falta de cultura de procesos en los clientes y usuarios.
 - Falta de compromiso de la dirección para con el modelo.
 - Generación de procesos complejos.
 - Falta de capacitación en el uso de procesos y herramientas.
 - Desconocimiento de metas y objetivos relacionados.
 - Desconocimiento del modelo de referencia.
 - Resistencia al cambio.
 - Institucionalización: cambio en la cultura organizacional.
 - CMMI puede llegar a ser excesivamente detallado para algunas organizaciones.
 - CMMI es difícil de entender.
- Existen las siguientes evidencias estadística de los beneficios de utilizar CMMI:
- Reducir Costos en un 20% en promedio.
 - Reducir Tiempos en un 37% en promedio.
 - Aumentar productividad en un 62% en promedio.
 - Mejora la Calidad en un 50% en promedio.

- Aumenta la Satisfacción del Cliente en un 14% en promedio.
 - Reconocimiento Internacional.
 - Se incrementa la satisfacción de los trabajadores debido a que se proporcionan herramientas y recursos apropiados para la realización eficiente del trabajo.
 - Mayor detección de errores antes que los productos salgan al mercado (22%).
 - Retorno de la inversión 4:1.
- CMMI tiene varios aspectos que se deben mejorar, para facilitar su adopción:
- Muchas prácticas no tienen una explicación de los beneficios ni de porque es necesario o que pasa si no se hace.
 - Aunque tiene un glosario, muchos términos son ambiguos, muy especializados. El lenguaje "CMMI" realmente puede ser una barrera.
 - Existe redundancia en algunas prácticas, lo que causa confusión.
 - No están muy claras las interrelaciones entre algunas de las prácticas.

3 METODOLOGIA UTILIZADA

Este capítulo contiene la descripción de la metodología utilizada para analizar y evaluar los factores y variables que influyen en la adopción del modelo CMMI en las empresas de la industria del software del país. Se describen los métodos, técnicas, mecanismos y herramientas de prospectiva utilizadas en la recolección y análisis de los datos obtenidos durante la investigación, así como las características de la población que hace parte de la muestra de la investigación.

Para alcanzar cada uno de los objetivos del proyecto de investigación “Marco de Referencia para Dinamizar la Adopción del Modelo CMMI, Usando Prospectiva Tecnológica” se usan como referentes dos componentes del “Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería” [29]:

- Para la generación de la Base Conceptual se usa el “Modelo para la Investigación Documental” como herramienta para la síntesis de los referentes teóricos.
- El “Modelo para la Investigación Científica” se utiliza como referente para el Modelo de Evaluación y la generación del Conjunto articulado de recomendaciones para dinamizar el proceso de adopción de CMMI.

En el proyecto de investigación se combina la *metodología* de Estudio de Caso con algunas herramientas metodológicas de la Prospectiva. Para el análisis de las variables o factores críticos en la adopción del modelo CMMI se usa la metodología de estudio de caso descriptivo [30] donde la narración, descripción y explicación se usan con éste propósito, en conjunto con la Prospectiva que está basada en el establecimiento de unos factores o variables de cambio y de su evolución posible en el mediano plazo.

El *método* utilizado es inductivo-deductivo [30]. Se parte de premisas consideradas verdaderas resultado del análisis de la base conceptual y la experiencia del profesional a cargo de la investigación y posteriormente se consulta y valida a través de encuestas dirigidas a expertos en el tema del modelo CMMI y de la industria del software. Como resultado de las encuestas se obtiene un conjunto de variables que constituyen la entrada al método de análisis estructural donde a través de la reflexión colectiva se lleva a cabo la calificación de la matriz de motricidad vs dependencia que permite identificar las variables claves en el proceso de adopción del modelo CMMI.

Las *técnicas* empleadas son la observación participante, la encuesta a través de cuestionarios dirigidos a consultores, personas asociadas a diferentes grupos de empresas valoradas y no valoradas en CMMI y, talleres de reflexión colectiva con un grupo de empresas no valoradas.

Para analizar los *datos* obtenidos a través de encuestas, se utilizan *herramientas* de gestión tecnológica que se trabajan en el campo de la prospectiva, como las aportadas por la plataforma Calibrium [31] que permite consolidar los resultados de las encuestas hechas a grupos expertos en el tema. A través de esta herramienta se generan reportes consolidados que facilitan el proceso de descripción, comparación e inferencias. Con base en estos reportes se elaboran tablas que permiten una visión consolidada de la información, la cual se tabula en forma general y también por grupos o categorías teniendo en cuenta los diferentes grupos encuestados. Para analizar la información de los talleres de reflexión colectiva se utiliza la herramienta de prospectiva de laboratorios Lipsor MICMAC.

La *población* de personas que participan en el proceso, están asociadas a diferentes grupos expertos en la industria del software y en el modelo CMMI, consultores en el modelo CMMI, gerentes y empleados de empresas de desarrollo de software valoradas y no valoradas en este modelo.

3.1. Instrumentos de Recolección de Datos

Para la recolección de datos se utilizan dos tipos de instrumentos: Cuestionarios y talleres de reflexión colectiva.

Cuestionarios: Se utilizan como instrumento de recolección de los datos de la encuesta diseñada para obtener el conjunto de variables o factores que influyen en la adopción del modelo CMMI, elaborados con base en el análisis de la información recopilada en los núcleos temáticos de la base conceptual y la experiencia del investigador en el tema. Se elaboran cuestionarios para diferentes grupos con experiencia en el modelo CMMI y la industria del software.

Después de hacer diferentes tipos de contactos, se recopiló información de los consultores en CMMI con que cuenta Colombia, los nombres y ubicación de las empresas valoradas CMMI y contactos de un conjunto de empresas no valoradas, distribuidas en diferentes ciudades del país. En la elaboración de los cuestionarios, se tuvo especial cuidado con el tiempo disponible del grupo encuestado, para lograr obtener una respuesta positiva de los diferentes grupos. Es decir, obtener el mayor número de cuestionarios diligenciados. Se elaboró un cuestionario corto y con preguntas muy claras orientado a obtener información precisa acerca de las preguntas formuladas. Se envió un total de 123 encuestas, obteniéndose respuesta de 32, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 25. Número de Encuestas por grupos

Grupos	# Encuestas	
	Enviadas	Respuesta
Empresas No Valoradas	80	12
Consultores CMMI	7	3
Empresas Valoradas	12	7
Empleados Empresas Valoradas	24	10
	123	32

Talleres: Con el conjunto de variables obtenidas, como resultado de consolidar los resultados de las encuestas, se llevo a cabo un taller de reflexión colectiva con un conjunto de empresas no valoradas (10) que forman parte del conglomerado del parque tecnológico de Cali Parquesoft. Este taller tuvo como objetivo: Hallar las variables influyentes y dependientes y por ello las variables esenciales para la adopción del Modelo CMMI, utilizando la herramienta de reflexión colectiva "Análisis estructural", que forma parte del conjunto de herramientas de Prospectiva.

Los instrumentos utilizados se detallan en los diferentes anexos como aparece a continuación:

- Cuestionario a Empresas Valoradas. Ver Anexo 3
- Cuestionarios a Consultores del modelo CMMI. Ver Anexo 4
- Cuestionario a Empresas no Valoradas. Ver Anexo 5
- Cuestionario a Empleados de Empresas Valoradas. Ver Anexo 6
- Talleres con Empresas no Valoradas: Matriz y preguntas. Ver anexo 2

3.2. Herramientas de Prospectiva utilizadas para Análisis de Datos.

Para analizar los datos de los diferentes cuestionarios, estos se registran en la herramienta "Calibrium", a través de la cual se generan reportes que permiten consolidar la información para definir el conjunto de variables. Este conjunto de variables constituyen la entrada del análisis

estructural que se lleva a cabo con la herramienta de prospectiva MICMAC que se describe a continuación.

Prospectiva: La prospectiva es un proceso sistemático y participativo para recopilar conocimientos sobre el futuro y construir visiones a medio y largo plazo, con el objetivo de informar las decisiones que han de tomarse en el presente y movilizar acciones conjuntas.

El término “prospectiva” se ha venido utilizando mucho en los últimos años en referencia a una serie de métodos destinados a mejorar el proceso de toma de decisiones; estos métodos implican una reflexión sobre las oportunidades y los retos que están por venir, sobre las tendencias observadas y sus puntos de inflexión.

La prospectiva se considera como una disciplina científica que nos ayuda a reducir la incertidumbre. Se puede definir en pocas palabras como: “la gestión de la incertidumbre de los escenarios futuros que posiblemente vivamos”.

La prospectiva, sea cual sea, constituye una anticipación (preactiva y proactiva) para iluminar las acciones presentes con la luz de los futuros posibles y deseables (Godet).

A continuación se detalla uno de los diversos métodos que conforman la Caja de Herramientas de la prospectiva tecnológica [32] y que se utilizó en el análisis de variables que inciden en la adopción del modelo CMMI.

El Análisis Estructural

Objetivo: El análisis estructural es una herramienta de estructuración de una reflexión colectiva. Ofrece la posibilidad de describir un sistema con ayuda de una matriz que relaciona todos sus elementos constitutivos. Partiendo de esta descripción, este método tiene por objetivo, hacer aparecer las principales variables influyentes y dependientes y, por ello, las variables esenciales a la evolución del sistema.

Descripción del Método: El análisis estructural se realiza por un grupo de trabajo compuesto por expertos y actores con experiencia demostrada, pero ello no excluye la intervención de "consejeros" externos.

Las diferentes fases del método son: listado de las variables, la descripción de relaciones entre variables y la identificación de variables clave.

- **Fase 1: Listado de las variables:** La primera etapa consiste en enumerar el conjunto de variables que caracterizan el sistema estudiado y su entorno (tanto las variables internas como las externas) en el curso de esta fase conviene ser lo más exhaustivo posible y no excluir a priori ninguna pista de investigación.

En éste proyecto, las variables se obtienen como resultado de consolidar el resultado de las encuestas.

- **Fase 2: Descripción de relaciones entre las variables:** Bajo un prisma de sistema, una variable existe únicamente por su tejido relacional con las otras variables. También el análisis estructural se ocupa de relacionar las variables en un tablero de doble entrada o matriz de relaciones directas.

El relleno es cualitativo. Por cada pareja de variables, se plantean las cuestiones siguientes: ¿existe una relación de influencia directa entre la variable i y la variable j ? si es que no, anotamos 0, en el caso contrario, nos preguntamos si esta relación de influencia directa es, débil (1), mediana (2), fuerte (3) o potencial (4) dependiendo de la herramienta que se utilice.

Esta fase de relleno de la matriz sirve para plantearse a propósito de n variables, $n \times n - 1$ preguntas, algunas de las cuales hubieran caído en el olvido a falta de una reflexión tan sistemática y exhaustiva. Este procedimiento de interrogación hace posible no sólo evitar errores, sino también ordenar y clasificar ideas dando lugar a la creación de un lenguaje común en el seno del grupo; de la misma manera ello permite redefinir las variables y en consecuencia afinar el análisis del sistema.

- **Fase 3: identificación de las variables clave con el Micmac:** Esta fase consiste en la identificación de variables clave, es decir, esenciales a la evolución del sistema, en primer lugar mediante una clasificación directa (de realización fácil) y, posteriormente, por una clasificación indirecta (llamada MICMAC*, Matrices de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada para una Clasificación). Esta clasificación indirecta se obtiene después de la elevación en potencia de la matriz.

La comparación de la jerarquización de las variables en las diferentes clasificaciones (directa, indirecta y potencial) es un proceso rico en enseñanzas. Ello permite confirmar la importancia de ciertas variables, pero, de igual manera, permite develar ciertas variables que en razón de sus acciones indirectas juegan un papel principal (y que la clasificación directa no pone de manifiesto).

Los resultados anteriormente anunciados en términos de influencia y de dependencia de cada variable pueden representarse sobre un plano (el eje de abscisas corresponde a la dependencia y el eje de ordenadas a la influencia). Así se obtiene una visión de las variables más influyentes del sistema estudiado, además de las diferentes funciones de las variables en el sistema. La figura 9 ilustra una topología de dicha representación.

Para facilitar la realización de los análisis estructurales, y más particularmente las clasificaciones indirectas, el laboratorio Lipsor ha desarrollado y puesto a disposición del público de forma gratuita, la herramienta MICMAC.

Útilidades y Límites del Método: El interés inicial del análisis estructural es estimular la reflexión en el seno del grupo y, especialmente, reflexionar sobre los aspectos contra-intuitivos del comportamiento de un sistema. Tales resultados nunca deben ser tomados al pie de la letra, sino que su finalidad es solamente la de hacer reflexionar. Está claro que no hay una lectura única y "oficial" de resultados del Micmac y conviene que el grupo forje su propia interpretación.

Conclusión: El análisis estructural es una herramienta adaptada para una reflexión global sobre un sector determinado. El 80% de los resultados obtenidos son evidentes y confirman la primera intuición, y sobre todo agregan valor el 20% de los resultados contra intuitivos.

Figura 9. Plano de Influencia-Dependencia

Influencia		Variables de Entrada	Variables de Enlace		
		Variables Excluidas	Variables Resultado		
		Dependencia			

3.3. Población.

La encuesta se dirige a diferentes grupos expertos en el modelo CMMI y en la industria del software como se detalla en el Anexo 7. Estos grupos están conformados por:

- Consultores CMMI
- Empresas Valoradas CMMI
- Empresas no Valoradas
- Empleados de Empresas Valoradas

Los cuestionarios se envían vía mail a consultores, gerentes y empleados de empresas ubicadas en diferentes ciudades del país: Cali, Medellín, Bogotá, Popayán. La mayoría de las encuestas se dirigen a gerentes de las empresas valoradas y no valoradas con el fin de obtener la mayor información posible en preguntas asociadas a costos, prioridades o directrices de las diferentes empresas con respecto a sistemas de gestión de calidad como CMMI.

El análisis estructural para definir las variables claves en la adopción del modelo CMMI se lleva a cabo con un grupo de 10 empresas del conglomerado de Parquesoft Cali. La relación de estas empresas se detalla en el Anexo 7.

3.4. Estrategia de Trabajo

Para lograr los objetivos planteados en el proyecto de investigación “Marco de Referencia para Dinamizar la Adopción del Modelo CMMI, Usando Prospectiva Tecnológica”, se define un conjunto de actividades agrupadas en 3 fases, encaminadas al logro de estos objetivos:

Construcción de la Base Conceptual

- Identificar los núcleos temáticos.
- Conceptualizar e identificar los requerimientos del modelo CMMI y las variables que influyen en su adopción.
- Establecer el estado actual de la industria del software con respecto al modelo CMMI.

- Hacer un balance generando conclusiones preliminares.

Realización de una Evaluación Prospectiva

- Segmentar la población requerida en el proceso y obtener los contactos requeridos para el desarrollo del proyecto: consultores nacionales, empresas valoradas a nivel nacional, empresas no valoradas
- Diseñar la encuesta para expertos.
- Recoger, tabular y analizar los resultados de la encuesta.
- Definir el conjunto de variables que influyen en la adopción del modelo CMMI.
- Seleccionar el conjunto de empresas para llevar a cabo el análisis estructural.
- Presentar la propuesta de trabajo para el análisis estructural.
- Diseñar la mecánica de los talleres.
- Consolidar la información, utilizando la herramienta MICMAC
- Obtener, interpretar y analizar los resultados.

Generación de Lineamientos o Recomendaciones

- Elaborar el conjunto de recomendaciones.
- Socializar los resultados y el conjunto de recomendaciones.
- Ajustar las recomendaciones con la retroalimentación del grupo.
- Elaborar recomendaciones finales y conclusiones.

Construir la Base Conceptual: En esta fase se identificaron los núcleos temáticos conformados por el Modelo CMMI y la Industria del software en Colombia, los cuales se dividen en subtemas enfocados a clarificar los requerimientos del modelo CMMI, métodos de evaluación, herramientas, comparación con otros modelos y las variables o factores que influyen en la adopción del mismo en el ámbito de la industria del software del país. Estas variables están asociadas a las características y condiciones de las Empresas frente a los requerimientos del modelo: tamaño de las empresas, formación o experiencia con sistemas de calidad, línea de negocio, nivel de exportación de las empresas, demanda del mercado, apoyo de instituciones que impulsan la adopción del modelo, factores económicos y culturales, entre otros.

Estos núcleos temáticos se encuentran documentados en el capítulo II.

Esta es una fase larga y difícil de consolidar en especial por que no se cuenta con información actualizada y unificada acerca de la industria del software en Colombia. Con la información obtenida en esta fase y la experiencia del investigador a cargo del proyecto se consolida la información en un balance que contiene conclusiones preliminares alrededor de las variables que influyen en la adopción del modelo y que se convierte en el insumo para diseñar la encuesta dirigida a expertos. En esta etapa también se obtienen los contactos (dirección electrónica, teléfonos) para dirigir la encuesta a los diferentes grupos.

Realización de una Evaluación Prospectiva: Se toma como referente la base conceptual, para el diseño de la encuesta (Anexos 3,4,5,6) y se segmenta la población (Anexo 7) en dos grupos. Uno conformado por Expertos, Consultores, Empresas valoradas y otro conformado por Empresas que no están valoradas.

El primer grupo conformado por expertos, consultores y empresas valoradas, empleados de empresas valoradas juegan un rol importante en:

- Identificar los factores críticos de éxito o conjunto de variables que influyen en el proceso de adopción del modelo CMMI

El segundo Grupo conformado por las empresas no valoradas tienen un papel importante en:

- Establecer las características y perspectivas de desarrollo de dichas empresas, en relación con los factores importantes para la implementación del modelo.
- Llevar a cabo el análisis estructural de las variables establecidas en la etapa anterior.
- Revisar y validar las Recomendaciones y lineamientos en la etapa de socialización del proyecto.

Para consolidar la información de la encuesta se usa la herramienta de prospectiva tecnológica "Calibrium. Se registran los grupos con su respectiva segmentación y se diseñan los formatos de los cuestionarios. Aunque la herramienta permite diligenciar las encuestas a través de una página web, se optó por enviar la encuesta vía mail, para prever las posibles restricciones que se presentan por limitaciones en horario para el uso de Internet implementadas por algunas empresas. La respuesta se recibe a través de este mismo medio y se registra en la herramienta, que facilita los procesos de clasificación, procesamiento y análisis de la información.

Los reportes de las encuestas se generan a través de la herramienta Calibrium, consolidados por grupos como se detalla en los anexos:

Anexo 8.	Reporte de Empresas Valoradas
Anexo 9.	Reporte de Empresas no Valoradas
Anexo 10.	Reporte de Consultores
Anexo 11.	Reporte de Empleados de Empresas Valoradas

Los resultados de estos reportes se consolidan en tablas y se sacan las variables con un nivel de coincidencia entre el 70 al 100%, en cada grupo y luego se cruzan los resultados de los grupos Consultores, Empresas Valoradas y Empleados de empresas Valoradas diferentes y se obtiene un grupo preliminar de variables y factores críticos de éxito para la adopción del modelo CMMI, estas se describen en el Anexo 12. Del análisis de estas variables y el cuadro comparativo entre las Empresas Valoradas y no Valoradas con respecto a las variables que influyen en la adopción del modelo, se genera la lista de variables que sirve como entrada al análisis estructural.

Para el análisis estructural se establece contacto con la empresa GreenSQA, encargada del Aseguramiento de Calidad del conglomerado de empresas de Parquesoft Cali, se presentan los objetivos del proyecto y se coordina a través de la gerente, quien además es una de las consultoras CMMI a nivel nacional, la participación de diez empresas en el análisis estructural para determinar las variables claves del proceso de adopción del modelo CMMI.

Se diseña la mecánica de los talleres, donde para optimizar el tiempo, se acuerda después de la primera sesión llevar las preguntas elaboradas para el conjunto de variables a evaluar.

La información que se obtiene en los talleres se consolida utilizando la herramienta de prospectiva MICMAC, los resultados están documentados en el capítulo IV.

Generación de Lineamientos o Recomendaciones: Con la ayuda de la herramienta MICMAC y la experiencia del investigador que tiene a cargo el proyecto, se genera un documento con los lineamientos o recomendaciones iniciales, que se deben tener en cuenta por las Empresas de Desarrollo de Software para dinamizar el proceso de Evaluación CMMI.

El Conjunto de Lineamientos o Recomendaciones Iniciales se envía al interlocutor (consultor CMMI) de la(s) Empresa de Desarrollo de Software tomadas como muestra con el fin de evaluar y validar éste conjunto de lineamientos y recibir la retroalimentación del trabajo realizado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la fase anterior, se hacen ajustes a las recomendaciones iniciales para generar un documento final que contiene un conjunto de Recomendaciones que permita a las Empresas de Desarrollo de Software, interesadas en la adopción del modelo, dinamizar el proceso potencializando las variables claves identificadas. Las recomendaciones y conclusiones se encuentran en el capítulo V.

4 RESULTADOS DEL PROCESO DE EVALUACIÓN

Para obtener el conjunto de variables claves en la adopción del modelo CMMI, se tiene en cuenta el balance generado de la base conceptual que contiene las conclusiones preliminares del proyecto. Estas conclusiones preliminares son la base para la generación de encuestas dirigidas a diferentes grupos: Consultores, Empresas Valoradas, No Valoradas y Empleados de Empresas Valoradas CMMI. La consolidación de los resultados de las encuestas constituye la entrada al proceso del análisis estructural que es la herramienta utilizada para llegar a los resultados finales de la investigación, que se detallan en este capítulo.

4.1. Análisis Estructural

Este método tiene por objetivo, hacer aparecer las principales variables influyentes y dependientes y, por ello, las variables esenciales a la evolución del sistema. En nuestro caso particular el objetivo es obtener las “Variables Claves” que influyen en la adopción del modelo CMMI.

4.1.1 Definición de Variables CMMI

Teniendo en cuenta la base conceptual elaborada, la consolidación de los resultados de las encuestas y la experiencia del investigador se genera la descripción del conjunto de variables que sirven de entrada al proceso de reflexión colectiva que se llevo a cabo con 10 empresas del conglomerado de Parquesoft Cali. La definición de cada una de las 12 variables se describe a continuación:

Variable Costo de Valoración (Cos_Val)

Esta variable se refiere al costo que tiene el proceso de valoración de CMMI para una empresa de desarrollo de software. El costo depende de varios factores entre ellos: tamaño de la empresa (número de empleados), actividades utilizadas en la institucionalización, compañía consultora que se contrate y nivel al que aspira la empresa.

El 86% de las empresas valoradas CMMI que participaron de la encuesta tienen entre 51 y 200 empleados. El costo de la valoración osciló entre \$50.000 y \$400.000 dólares. Al calcular el valor promedio se obtiene un costo de \$214.000 dólares. Estos costos no incluyen el valor del patrocinio que oscila entre el 10% y 50% para algunas empresas.

El 86% de las empresas encuestadas fueron valoradas en el nivel 3 de CMMI y el 14% en el nivel 4. El 100% de las empresas planea continuar con el proceso y obtener un nivel mayor de valoración. El máximo nivel de valoración en el modelo CMMI es el nivel 5.

El 50% de las empresas no valoradas CMMI que participaron en la encuesta, están dispuestas a invertir máximo 20.0000 dólares en el proceso de valoración. El 33.% de empresas no está dispuesta a invertir.

Variable Tamaño de la Empresa: Número de Empleados (Tam_Emp)

Esta variable hace referencia al tamaño de las empresas de desarrollo de software, dado en términos del número de empleados de la empresa.

En Colombia el 92% de la industria de software está conformada por micro-empresas (58%) y pequeña empresa (34%), con un promedio de 3 empleados para la micro-empresa y de 20

personas para la pequeña empresa. El número máximo de empleados para la micro-empresa es de 9 y 50 empleados para pequeña empresa.

Siempre se ha dado mucha controversia con respecto a si el modelo CMMI aplica para las empresas, independientemente de su tamaño, dado el costo y grado de complejidad del proceso.

El 86% de las empresas valoradas CMMI que participaron de la encuesta tienen entre 51 y 200 empleados. El 84% de las empresas no valoradas que se encuestaron tienen entre 1 – 50 empleados.

El 67% de los Consultores piensa que el modelo aplica para todas las empresas, independientemente de su tamaño y el 33% piensa que aplica para empresas con más de 10 empleados.

El 57% de las empresas valoradas piensa que CMMI aplica para empresas con un número de empleados entre 51-200 y el 43% piensa que aplica para todas las empresas.

Variable Capacitación. Conocimiento del Modelo (Cap_Mod)

Esta variable hace referencia a la capacitación y conocimiento que se requiere del modelo para implementar CMMI. El modelo es grande, normativo y detallado. Está conformado por 25 áreas de proceso, 60 metas agrupadas en 205 prácticas y 826 sub-prácticas.

El 71.43 de las empresas valoradas encuestadas y el 66.67 de los consultores consideran la capacitación como un factor crítico de éxito en el proceso de adopción del modelo CMMI

El 100% de los consultores, el 67.15 de las empresas valoradas y 90% de los empleados encuestados considera que el desconocimiento del modelo es una de las principales barreras que se tienen para implementar el modelo CMMI

Variable Compromiso de la Dirección, Patrocinio de la Alta Gerencia (Com_Ger)

Esta variable hace referencia al Compromiso y Patrocinio que la alta gerencia debe dar al proceso de adopción del modelo CMMI para que este pueda llevarse a cabo en la empresa interesada en adoptar el modelo. La alta gerencia debe abanderar y comprometerse con el proceso.

El 100% de los consultores encuestados, así como el 100% de las empresas valoradas CMMI encuestadas y el 80% del grupo de empleados encuestado, consideran que el compromiso de la dirección y el patrocinio de la alta gerencia es uno de los factores críticos de éxito para el proceso de valoración de una empresa en el modelo CMMI.

El 50% de las empresas no valoradas CMMI encuestadas, considera que la empresa contaría con el compromiso y patrocinio de la alta gerencia.

Variable Liderazgo, Comunicación, Convicción apoyo y compromiso de todas las partes involucradas (Lid_Par)

Esta variable se refiere a las características de Liderazgo, nivel de comunicación, Convicción, apoyo y compromiso que se requiere manejar a nivel de todas las personas o grupos de la empresa, en especial los que intervienen en el proceso de adopción del modelo CMMI.

El 100% de los consultores y empresas valoradas encuestadas coinciden en que este es uno de los factores críticos de éxito en el proceso de adopción del modelo CMMI

Variable Diferencias Culturales (Dif_Cul)

La cultura de la informalidad que caracteriza a las personas latinas puede convertirse en una barrera importante para ingresar en otros mercados y al momento de adoptar modelos normativos y detallados como CMMI. Esta variable hace referencia a diferencias culturales entre ellas la informalidad que inciden en la adopción de un modelo normativo como CMMI.

Para el 71.43% de las empresas valoradas una de las principales dificultades para implementar CMMI fue la falta de cultura de procesos en clientes y usuarios y para el 100% de los consultores esta es una de las principales barreras

Variable Prioridades de las Empresas (Pri_Emp)

Esta variable hace referencia a las prioridades que tienen las empresas de software. Estas prioridades están asociadas a diferentes factores entre ellos, el grado de madurez de la empresa.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las encuestas las 6 principales prioridades de las empresas valoradas y no valoradas CMMI se detallan en la tabla 26.

Tabla 26. Prioridades de las Empresas

	Empresas Valoradas	Empresas no Valoradas
1	Medición e Indicadores	<i>Productividad</i>
2	Implementación de Mejoras	<i>Planeación, monitoreo y control de proyectos</i>
3	<i>Planeación, monitoreo y control de proyectos</i>	Posicionamiento en el mercado nacional
4	Aseguramiento de Calidad	Nuevas tecnologías
5	<i>Productividad</i>	Entrenamiento del personal
6	Estimación de Tareas	Flujo de Caja

Ambos grupos coinciden en tener como prioridades planeación, monitoreo y control de proyectos así como la productividad, aunque con una escala de prioridad diferente.

Variable Hitos con que debe contar la Empresa (Hit_Emp)

CMMI se debe enfocar como un proyecto de desarrollo de software, en donde se desarrollan todas sus fases y se asigna el recurso necesario para el proyecto. La implantación de un proceso de innovación tecnológica como CMMI genera un cambio en la organización. Este cambio es controlable y se debe gestionar con metodología y herramientas. Esta variable hace referencia a los hitos con que debe contar una empresa de desarrollo de software interesada en adoptar el modelo CMMI

De acuerdo a los resultados de la encuesta, los consultores y empresas valoradas encuestadas piensan que una compañía interesada en el mejoramiento e implementación de CMMI debe haber implementado los siguientes hitos:

- Planeación estratégica, indicadores y medidas

- Área de aseguramiento de calidad
- Utilización de estándares (IEEE, SUN, propios)

Variable Formación o experiencia con sistemas o modelos de Calidad (Exp_SisCal)

Esta variable hace referencia a la experiencia con sistemas o modelos de calidad con que cuentan las empresas de desarrollo de software.

En Colombia, en cuanto a la implementación de programas de calidad, se ha logrado que 49 empresas (año 2004, 2005) y 130 (año 2006) obtengan la certificación en ISO 9000. Sin embargo, los resultados siguen siendo bajos comparados con otros sectores industriales, los cuales han sido forzados a aplicar modelos de Calidad que eleven el nivel del sector.

El 100% de las empresas valoradas encuestadas están certificadas ISO 9000 y en el grupo de las empresas no valoradas el 33% tiene esta certificación.

El 33% de los consultores piensa que las empresas deben contar con esta certificación antes de valorarse CMMI, lo mismo opinan el 57% de las empresas valoradas.

Variable Patrocinio y Apoyo por parte de Instituciones que impulsan la adopción del modelo (Pat_Ins)

Entidades como el SENA, COLCIENCIAS y Proexport encargadas de la promoción de las exportaciones colombianas, han detectado la necesidad que representa para las empresas de software tener la certificación CMMI, lo cual representa una ventaja competitiva para las organizaciones al momento de ingresar a los mercados norteamericano y europeo.

En la actualidad, estas entidades desarrollan programas con el objetivo de impulsar la adopción de modelos de producción con estándares internacionales para la industria de la tecnología de la información, a través de la generación de capacidades nacionales y el apoyo en la implementación y valoración del modelo CMMI en empresas colombianas desarrolladoras de software, exportadoras o con alto potencial exportador.

Proexport trabaja desde el año 2005 en un programa que incluye la sensibilización de al menos 330 empresas nacionales, sobre la importancia y conocimientos generales del modelo CMMI; la formación de cinco consultores internacionales que replicarán el modelo y estarán en capacidad de asesorar la implementación de CMMI en las empresas colombianas a costos accesibles y la certificación de un grupo piloto de cinco empresas exportadoras de software en el país.

COLCIENCIAS y el SENA trabajan como entidades cooperantes y en el 2007 se abrió una convocatoria que tienen como objetivo fortalecer el sector nacional de software y servicios conexos a través de la creación de la Red Colombiana de Calidad de Software, la formación y certificación especializada SEI de talento humano y la ampliación de la base de empresas con valoración CMMI.

Esta variable hace referencia al patrocinio y apoyo dado por estas entidades gubernamentales para impulsar la adopción del modelo CMMI

De las empresas encuestas el 84% de las empresas recibió patrocinio para llevar a cabo el proceso de valoración. Los porcentajes oscilan entre el 10% y el 50% del costo.

Variable Globalización: Demanda del Mercado de productos con estándares de alta calidad y satisfacción del cliente (Dem_Mer)

Esta variable hace referencia a la apertura de los mercados, disponibilidad de las tecnologías a costos asequibles y el desarrollo de una logística internacional que permite que las compañías grandes y pequeñas puedan llegar y tener acceso a cualquier lugar del mundo, que constituyen una oportunidad, donde la calidad es uno de los factores más importantes.

La calidad de un producto software está determinada por la calidad del proceso que se utiliza para desarrollarlo y mantenerlo. Un proceso efectivo agrupa a personas, herramientas y métodos dentro de un contexto de actuación integrado. Se puede decir que las compañías siguiendo el modelo CMMI comienzan a ser cada vez mejores, trabajando el triángulo personas-proceso-tecnología.

CMMI es un modelo de mejoras prácticas, encaminado a lograr la madurez organizacional de las empresas de tecnología, y constituye el pasaporte que les permite ser más competitivas y acceder a más clientes. El modelo ha demostrado ser uno de los mejores, para asegurar la calidad y la eficiencia del sistema desarrollado por las empresas

De acuerdo con los resultados de la encuesta el aumento de la calidad y la satisfacción del cliente están entre los principales beneficios obtenidos por las empresas valoradas en CMMI, así como el aumento de la productividad y la reducción de tiempos.

El 100% de los consultores encuestados considera el aumento de la satisfacción del cliente y el mejoramiento de la calidad como beneficios que obtienen las empresas al adoptar el modelo CMMI.

El 75% de las empresas no valoradas espera mejorar la calidad y el 67% espera aumentar la satisfacción del cliente con la adopción del modelo.

Variable Reconocimiento Internacional (Rec_Int)

En un mundo globalizado como el actual, las Empresas de Desarrollo de Software deben contar con certificaciones válidas internacionalmente para poder competir en el mercado global, tener reconocimiento internacional y convertirse en compañías de clase mundial en ingeniería de software. Esta variable hace referencia a ese reconocimiento que buscan las empresas de desarrollo de software

El 100% de los consultores encuestados consideran que este es uno de los beneficios que obtienen las empresas de desarrollo de software al adoptar el modelo CMMI. Así mismo el 57.15 de las empresas valoradas y el 90% de los empleados que laboran en empresas valoradas consideran que la empresa ha obtenido este beneficio.

El 58% de las empresas no valoradas encuestadas, esperan recibir este beneficio al adoptar el modelo CMMI.

4.1.2 Descripción de relaciones entre las variables

La matriz que se conforma con las 12 variables definidas, se detalla en el Anexo 2. En los talleres de reflexión que se llevo a cabo con las 10 empresas de Parquesoft se califica la matriz estableciendo la relación directa entre los diferentes pares de variables del sistema. A las influencias que cada variable ejerce sobre otra, se le asigna un valor de 0 a 3:

- 0: Sin influencia
- 1: Débil
- 2: Media
- 3: Fuerte

Los resultados se consignan en la tabla 27.

4.1.3 Resultados del Análisis Estructural

Los resultados obtenidos por consenso durante los talleres de análisis estructural, se registran en la herramienta MICMAC, donde se procesa la información obteniéndose un reporte con los resultados que se detallan a continuación.

- **Matrices de entrada**

Matriz de Influencias Directas (MID) (Tabla 28). La Matriz de Influencias Directas (MID) describe las relaciones de influencias directas entre las variables que definen el sistema.

A las influencias que cada variable ejerce sobre otra se le asigna un valor de 0 a 3, con la posibilidad de señalar las influencias potenciales.

Tabla 27. Matriz de Influencias

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Variable	Cos_Val	Tam_Emp	Cap_Mod	Com_Ger	Lid_Par	Dif_Cul	Pri_Emp	Hit_Emp	Exp_SisCal	Pat_Ins	Dem_Mer	Rec_Int
1	Costo de Valoración	3	0	3	3	0	0	3	0	0	3	0	0
2	Tamaño de la Empresa	3	3	2	0	2	3	3	3	2	3	3	1
3	Capacitación. Conocimiento del Modelo	3	0	3	3	3	2	2	1	0	1	0	1
4	Compromiso de la Dirección, Patrocinio de la Alta Gerencia	0	0	3	3	3	0	3	2	2	0	0	3
5	Liderazgo, comunicación, Convicción apoyo y compromiso de todas las partes	2	0	3	1	3	0	0	3	0	0	0	2
6	Diferencias Culturales	1	0	0	0	3	3	0	3	0	0	0	0
7	Prioridades de las Empresas	0	2	3	3	3	0	3	3	3	0	0	0
8	Hitos con que debe contar una Empresa:	3	2	3	1	0	0	3	3	0	0	0	0
9	Formación o experiencia con sistemas o modelos de Calidad	3	1	2	2	2	2	2	2	3	1	0	3
10	Patrocinio y Apoyo por parte de Instituciones que impulsan la adopción del modelo	3	3	3	3	1	0	3	2	3	3	0	2
11	Demanda global del Mercado de productos con estándares de alta calidad y satisfacción del cliente	0	2	3	3	2	0	3	3	2	2	3	0
12	Reconocimiento Internacional	2	3	3	3	2	0	3	1	2	2	0	3

Tabla 28. Matriz de Influencias Directas. (MID).

	12 : Rec_Int	11 : Dem_Mer	10 : Pat_Ins	9 : Exp_SisCal	8 : Hit_Emp	7 : Pri_Emp	6 : Dif_Cul	5 : Lid_Par	4 : Com_Ger	3 : Cap_Mod	2 : Tam_Emp	1 : Cos_Val
12 : Rec_Int	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 : Dem_Mer	3	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3
10 : Pat_Ins	3	3	3	1	0	2	2	1	0	1	0	1
9 : Exp_SisCal	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
8 : Hit_Emp	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
7 : Pri_Emp	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3
6 : Dif_Cul	0	0	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3
5 : Lid_Par	2	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	2
4 : Com_Ger	0	0	3	0	3	0	3	0	3	0	0	3
3 : Cap_Mod	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2 : Tam_Emp	3	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1 : Cos_Val	2	3	3	3	3	3	3	2	0	3	3	2

© UPSOR-EPTA-MICMAC

Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) (Tabla 29). La Matriz de Influencias Directas Potenciales – MIDP, representa las influencias y dependencias actuales y potenciales entre variables. Completa la matriz MID teniendo igualmente en cuenta las relaciones visibles en un futuro.

Tabla 29. Matriz de Influencias Directas Potenciales. (MIDP).

	12 : Rec_Int	11 : Dem_Mer	10 : Pat_Ins	9 : Exp_SisCal	8 : Hit_Emp	7 : Pri_Emp	6 : Dif_Cul	5 : Lid_Par	4 : Com_Ger	3 : Cap_Mod	2 : Tam_Emp	1 : Cos_Val
12 : Rec_Int	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11 : Dem_Mer	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10 : Pat_Ins	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
9 : Exp_SisCal	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8 : Hit_Emp	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
7 : Pri_Emp	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
6 : Dif_Cul	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
5 : Lid_Par	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
4 : Com_Ger	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
3 : Cap_Mod	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2 : Tam_Emp	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1 : Cos_Val	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

© UPSOR-EPTA-MICMAC

Las influencias se califican de 0 à 3. En éste caso se calculó la influencia potencial utilizando una matriz binaria, donde se asignó el valor 1 a todos los valores entre 1 y 3 y 0 para el caso de no existir influencia.

- **Cálculos a Partir de MID:**

Estabilidad a partir de MID: Demuestra que toda la matriz debe converger hacia una estabilidad al final de un cierto número de iteraciones, generalmente 4 ó 5 para una matriz de 30 variables. En éste caso de 12 variables es suficiente con 3 iteraciones.

Es interesante poder seguir la evolución de esta estabilidad en el curso de multiplicaciones sucesivas. En ausencia de criterios matemáticamente establecidos, ha sido elegido para apoyarse sobre un número determinado de iteraciones.

Tabla 30. Estabilidad matriz MID

Iteración	Influencia	Dependencia
1	93 %	100 %
2	100 %	95 %
3	100 %	100 %

Plano de influencias / dependencias directas (figura 10): Este plano se determina a partir de la matriz de influencias directas MID. Ubica las variables en un plano de motricidad versus dependencia de acuerdo con la sumatoria de valores otorgados a las diferentes relaciones.

Figura 10. Plano de Influencias / Dependencias Directas.

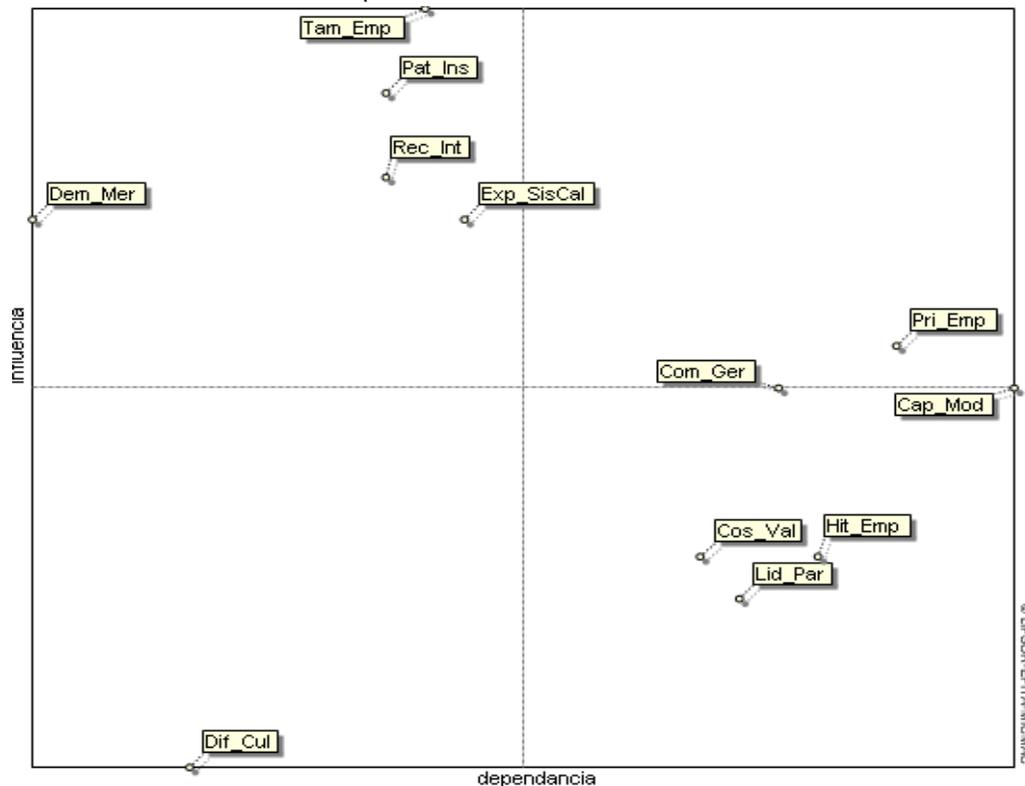


Gráfico de influencias directas (Figura 11). Este gráfico se determina a partir de la matriz de influencias directas MID. Muestra en forma gráfica las influencias que las variables ejercen sobre otras y el grado de influencia dado por el color y el valor asignado en cada una de las flechas que señalan la relación entre un par de variables.

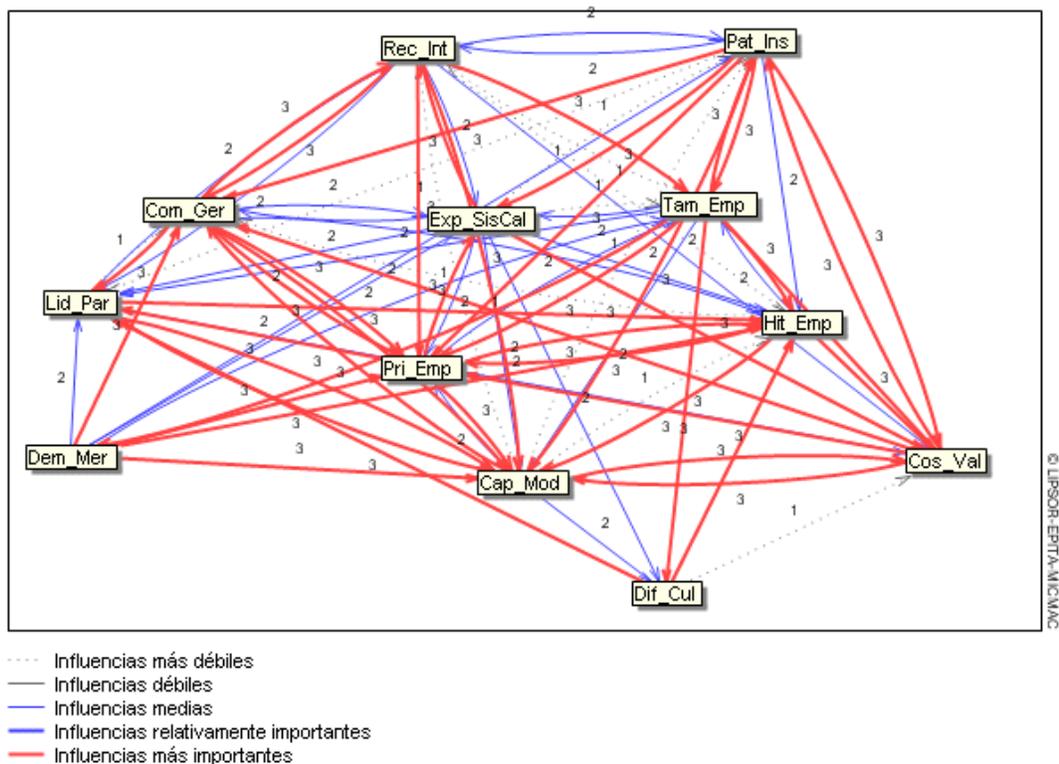
- **Cálculos a partir de MIDP.**

Influencias Directas Potenciales - Estabilidad a partir de MIDP. Demuestra que toda matriz debe converger hacia una estabilidad al final de un cierto número de iteraciones (en éste caso 3 iteraciones). En ausencia de criterios matemáticamente establecidos, se elige apoyarse en un número de permutaciones necesarias en cada iteración para clasificar, la influencia y la dependencia, del conjunto de variables.

Tabla 31. Estabilidad matriz MIDP

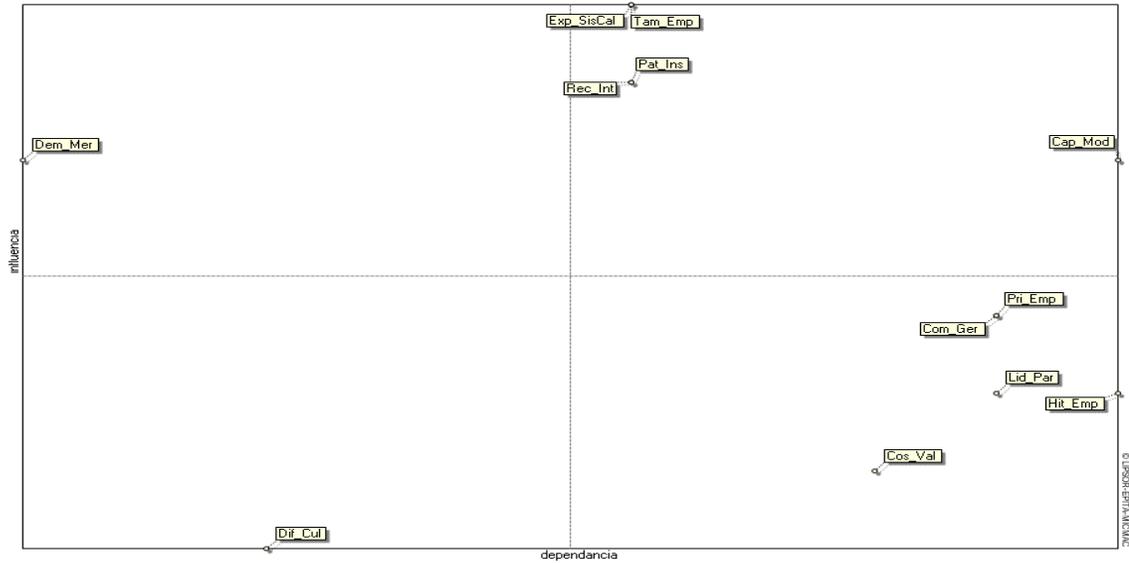
Iteración	Influencia	Dependencia
1	93 %	100 %
2	100 %	95 %
3	100 %	100 %

Figura 11. Influencias Directas.



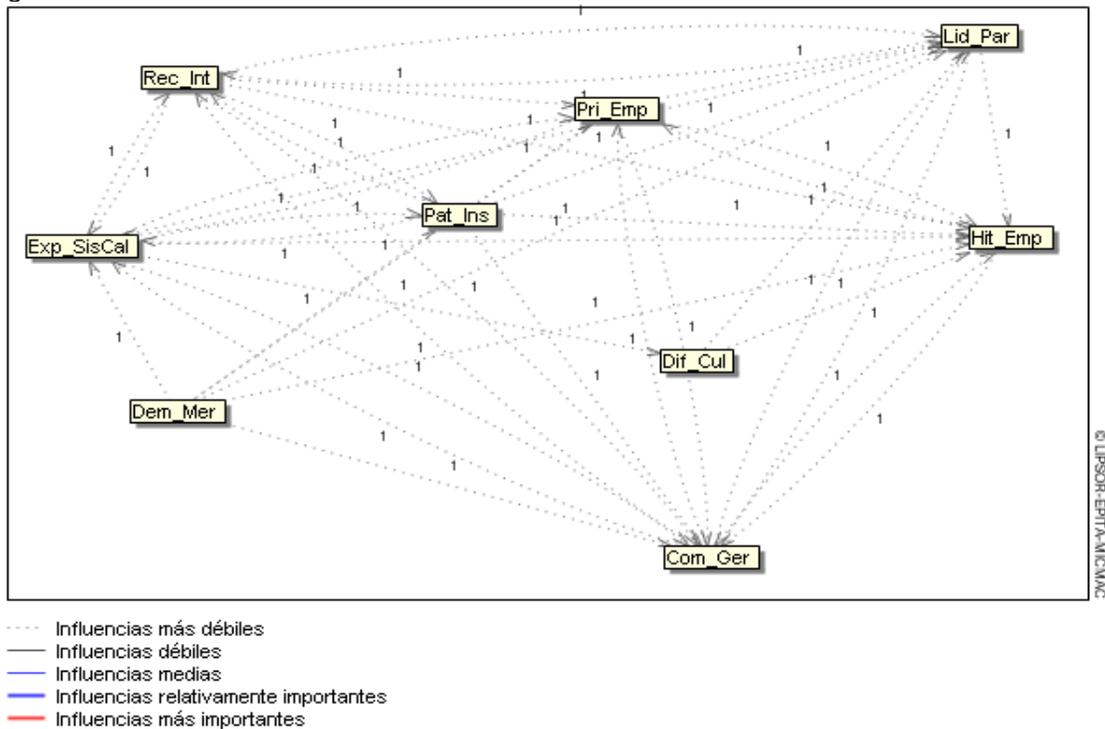
Plano de influencias / dependencias directas potenciales. Este plano se determina a partir de la matriz de influencias directas potenciales MIDP. Se puede observar como las variables Exp_sis_Cal gana una posición muy importante dentro del plano.

Figura 12. Plano de Influencias/dependencias directas posibles.



En la Figura 13 se presentan el gráfico de influencias directas potenciales, el cual se obtuvo a partir de la matriz de influencias directas potenciales MIDP.

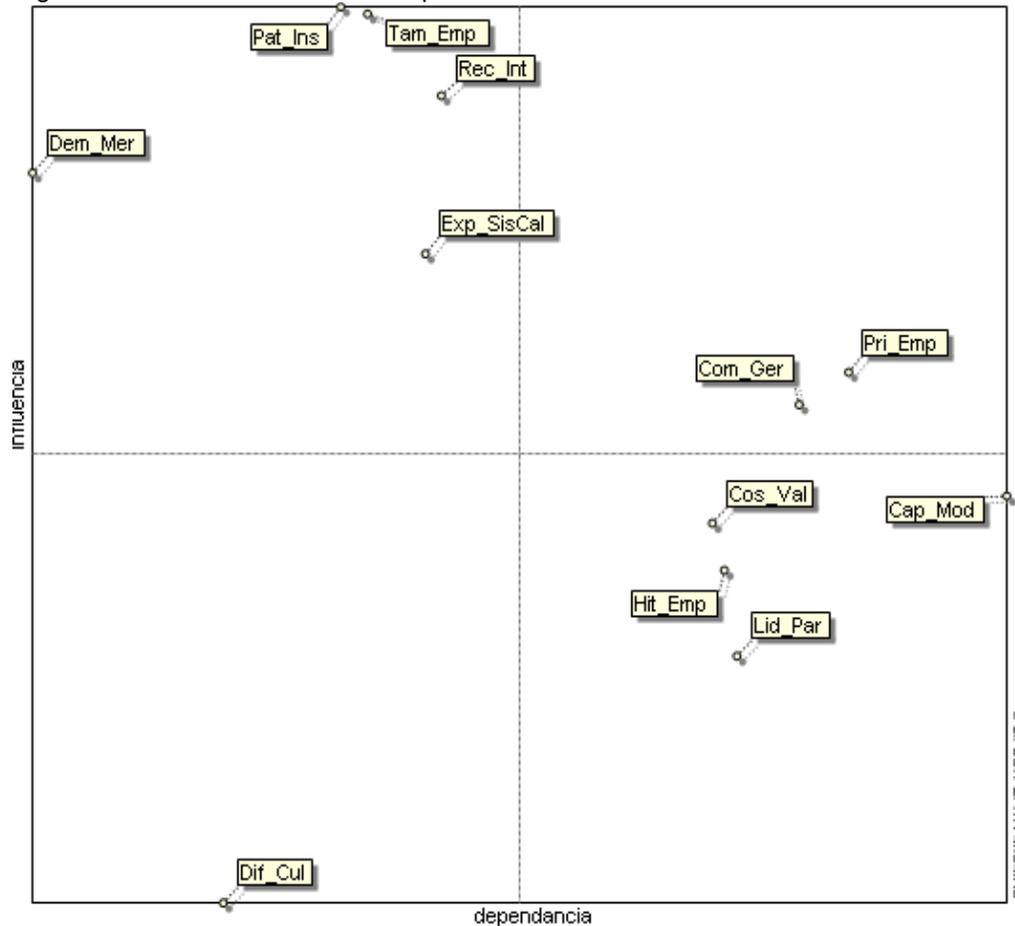
Figura 13. Influencias Directas Potenciales.



- **Cálculos a partir de MII.**

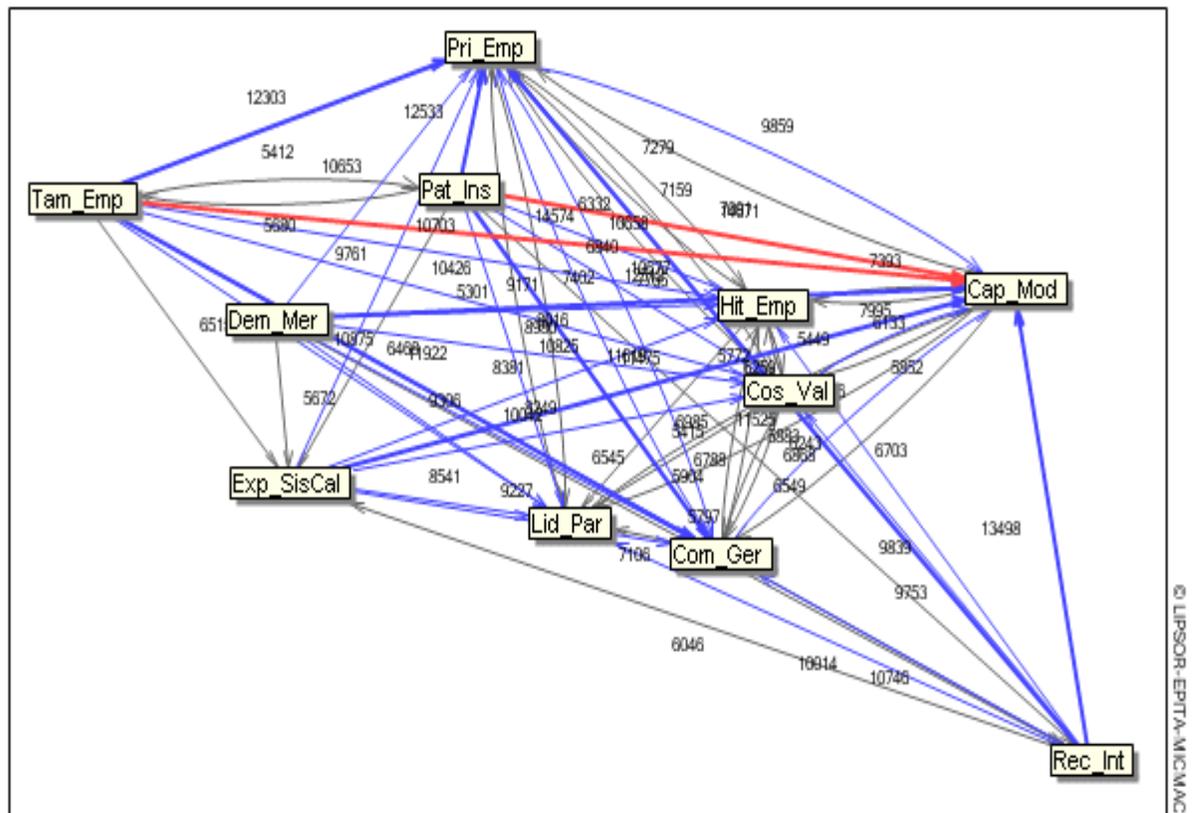
Plano de influencias/dependencias indirectas: Este plano se determina a partir de la matriz de influencias indirectas MII y es mostrado en la Figura 14. La Matriz de Influencias Indirectas (MII) corresponde a la Matriz de Influencias Directas (MID) elevada en potencia, por interacciones sucesivas. En este caso el número de iteraciones necesarias para alcanzar la estabilidad del sistema fue de 3. Esto permite descubrir variables escondidas, gracias a un programa de multiplicación de matrices aplicada a una clasificación indirecta. Este programa permite estudiar la difusión de los impactos por recorridos y lazos de retroacción, y por consecuencia el jerarquizar las variables por orden de influencia, teniendo en cuenta el número de recorridos y de lazos de longitud 1, 2,...n procedentes de cada variable; por orden de dependencia, teniendo en cuenta el número de recorridos y de lazos de longitud 1, 2,...n llegando sobre cada variable. La clasificación resulta estable en general a partir de una multiplicación del orden de 3, 4, ó 5. Se puede observar como la variable Com_Ger gana motricidad ubicándose en el plano superior derecho.

Figura 14. Plano de influencias/ dependencias indirectas.



Influencias indirectas. El gráfico de influencias indirectas se muestra en la figura 15.

Figura 15. Influencias/dependencias indirectas.



- Influencias más débiles
- Influencias débiles
- Influencias medias
- Influencias relativamente importantes
- Influencias más importantes

- **Cálculos a partir de MIIP.**

Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP): La Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP) corresponde a la Matriz de Influencias Directas Potenciales (MIDP) elevada a la potencia, por iteraciones sucesivas. A partir de esta matriz, una nueva clasificación de las variables pone en valor las variables potencialmente más importantes del sistema.

Tabla 32. Matriz de Influencias Indirectas Potenciales (MIIP)

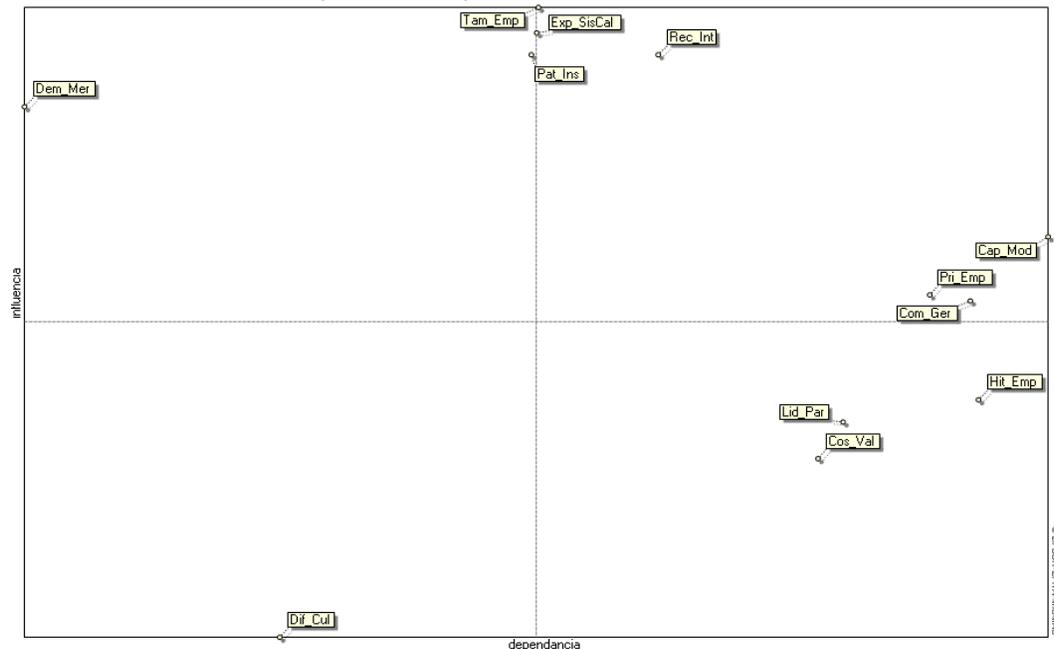
	1 : Cos_Val	2 : Tam_Emp	3 : Cap_Mod	4 : Com_Ger	5 : Lid_Par	6 : Dif_Cul	7 : Pri_Emp	8 : Hit_Emp	9 : Exp_SisCal	10 : Pat_Ins	11 : Dem_Mer	12 : Rec_Int
1 : Cos_Val	130	87	164	152	134	51	149	153	89	90	14	106
2 : Tam_Emp	299	208	375	354	309	116	336	354	203	205	28	240
3 : Cap_Mod	213	148	267	250	224	80	239	255	149	143	20	171
4 : Com_Ger	189	133	238	226	195	73	212	224	128	129	17	152
5 : Lid_Par	146	98	181	168	147	58	162	170	96	98	15	119
6 : Dif_Cul	65	47	80	76	66	24	68	77	43	40	5	52
7 : Pri_Emp	190	128	243	223	195	77	217	225	130	128	21	162
8 : Hit_Emp	153	100	194	176	154	61	174	178	103	104	18	127
9 : Exp_SisCal	288	196	364	337	300	113	327	343	200	195	30	238
10 : Pat_Ins	282	192	356	330	288	110	317	332	191	190	29	231
11 : Dem_Mer	261	178	331	307	269	102	296	309	179	176	27	216
12 : Rec_Int	282	192	356	330	288	110	317	332	191	189	29	232

© UFSOR-EPTA-MICMAC

Los valores representan la tasa de influencias indirectas potenciales.

Plano de influencias/dependencias indirectas potenciales: Este plano se determina a partir de la matriz de influencias indirectas potenciales MIIP.

Figura 16. Plano de Influencias/dependencias potenciales.



© UFSOR-EPTA-MICMAC

Gráfico de influencias indirectas potenciales (Figura 18). Este gráfico se determina a partir de la matriz de influencias indirectas MIIP.

- **Clasificación de las variables según sus influencias**

Clasificación por influencias: directo/indirecta. En la figura 17. se presentan dos cuadros en orden decreciente: uno para la clasificación directa, y el otro para la indirecta. Las variables se

reconocerán por su número. Esta presentación pone en evidencia, de una forma muy simple, las diferencias entre los dos tipos de clasificación.

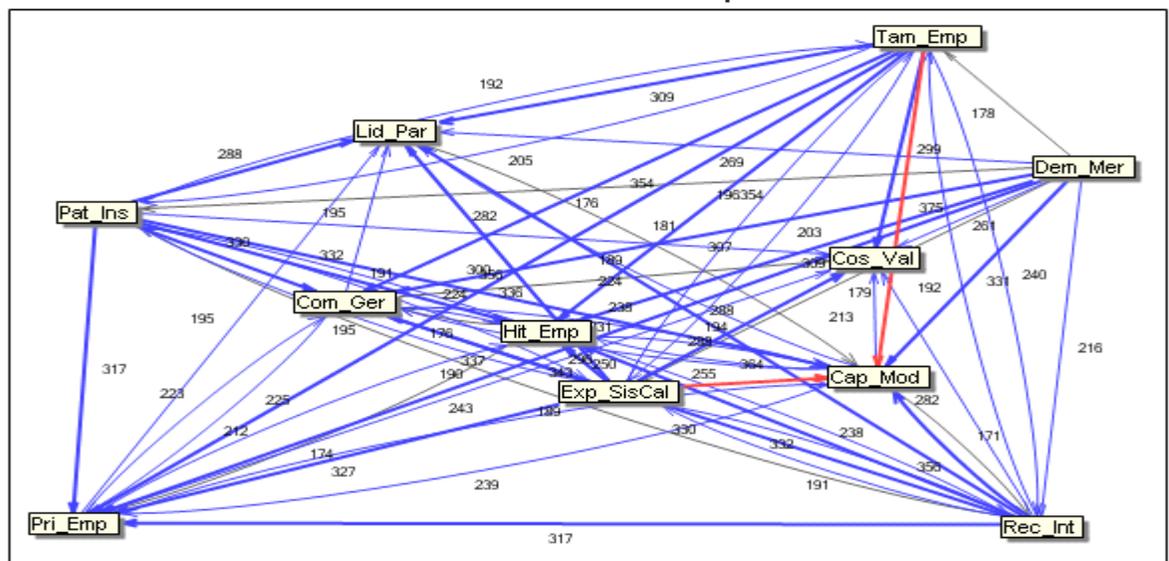
Figura 17. Clasificación por influencia.

Fila	Variable	Variable
1	2 - Tam_Emp	10 - Pat_Ins
2	10 - Pat_Ins	2 - Tam_Emp
3	12 - Rec_Int	12 - Rec_Int
4	9 - Exp_SisCal	11 - Dem_Mer
5	11 - Dem_Mer	9 - Exp_SisCal
6	7 - Pri_Emp	7 - Pri_Emp
7	3 - Cap_Mod	4 - Com_Ger
8	4 - Com_Ger	3 - Cap_Mod
9	1 - Cos_Val	1 - Cos_Val
10	8 - Hit_Emp	8 - Hit_Emp
11	5 - Lid_Par	5 - Lid_Par
12	6 - Dif_Cul	6 - Dif_Cul

© UPSOR-ERTIA-MICMAC

En la figura anterior, se puede observar como la variable Pat_Ins que pasa del segundo al primer lugar. La variable Dem_Mer pasa del 5 al 4 lugar y la variable Com_Ger pasa del puesto 8 al 7.

Figura 18. Influencias Indirectas Potenciales.



- Influencias más débiles
- Influencias débiles
- Influencias medias
- Influencias relativamente importantes
- Influencias más importantes

© UPSOR-ERTIA-MICMAC

- **Clasificación de las variables según sus dependencias.**

Clasificación por dependencias: directo/indirecta. En la figura 19 se puede observar como la variable Rec_Int pasa del puesto 10 al 7 lo que la convierte en una variable con mayor nivel de dependencia que continua conservando su nivel de motricidad.

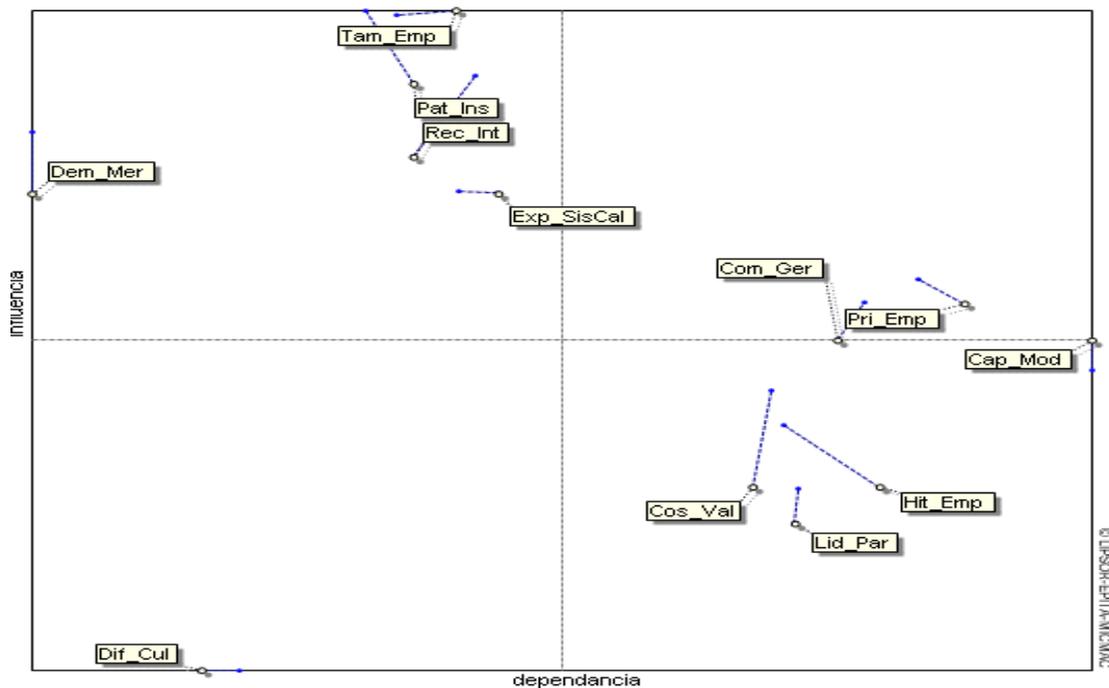
Figura 19. Clasificación por dependencia.

Fila	Variable	Variable
1	3 - Cap_Mod	3 - Cap_Mod
2	7 - Pri_Emp	7 - Pri_Emp
3	8 - Hit_Emp	4 - Com_Ger
4	4 - Com_Ger	5 - Lid_Par
5	5 - Lid_Par	8 - Hit_Emp
6	1 - Cos_Val	1 - Cos_Val
7	9 - Exp_SisCal	12 - Rec_Int
8	2 - Tam_Emp	9 - Exp_SisCal
9	10 - Pat_Ins	2 - Tam_Emp
10	12 - Rec_Int	10 - Pat_Ins
11	6 - Dif_Cul	6 - Dif_Cul
12	11 - Dem_Mer	11 - Dem_Mer

- **Plano de desplazamientos.**

En la siguiente figura se puede apreciar el desplazamiento de las variables del plano directo al plano indirecto

Figura 20. Plano de desplazamientos: Plano Directo/Plano indirecto



4.1.4 Análisis de Resultados

Para llevar a cabo el análisis de los resultados mostrados en las secciones anteriores, podemos dividir en 4 sectores el plano de las matrices, en particular el plano de MID.

Figura 21. Sectores Plano MID

	Sector 1	Sector 2		
	Variables Entrada	Variables Enlace		
Influencia				
		Sector 4	Sector 3	
		Variables Excluidas	Variables Resultado	
	Dependencia			

Sector 1: Variables muy motrices y poco dependientes. Son las variables más explicativas, condicionantes del resto de las variables que influyen sobre la adopción del modelo CMMI.

Sector 2: Variables a la vez muy motrices y simultáneamente muy dependientes. Cualquier acción sobre estas variables repercutirá sobre las otras y tendrá un efecto "boomerang" sobre ellas mismas. Este tipo de variables pueden ser consideradas simultáneamente como dependientes y explicativas.

Sector 3: Variables poco motrices y muy dependientes. Son las variables resultantes, cuya evolución se explica por la acción de las variables de los sectores 1 y 2.

Sector 4: Variables poco motrices y poco dependientes. Estas variables constituyen factores relativamente autónomos y pueden ser excluidas del análisis.

ANALISIS DE SUBSISTEMAS

La interpretación del plano influencia y dependencia permite una lectura que completa la efectuada anteriormente según resulten ser las variables motrices o dependientes. La combinación de ambos resultados es la que definitivamente define a las variables según las tipologías. Su disposición en el plano en relación a las diagonales nos ofrece una primera clasificación, tal y como queda reflejado en el gráfico Subsistemas Variables CMMI.

La primera diagonal es la diagonal de entradas/salidas y aporta el sentido de lectura del sistema.

- En la parte superior izquierda se sitúan las **variables de entrada**, fuertemente motrices, poco dependientes, éstas determinan el funcionamiento del sistema.

- En el centro se sitúan las **variables de regulación** que participan en el funcionamiento normal del sistema.
- Abajo y a la derecha figuran las **variables de salida**. Dan cuenta de los resultados de funcionamiento del sistema, estas variables son poco influyentes y muy dependientes. Se les califica igualmente como variables resultado o variables sensibles. Se pueden asociar a indicadores de evolución, pues se traducen frecuentemente como objetivos.

La segunda diagonal es la diagonal estratégica, ya que cuanto más se aleja del origen más carácter estratégico tienen las variables. Reparte el plano entre las variables motrices y las dependientes.

El reparto de las variables según se sitúen en el plano, nos permite clasificarlas según su tipología:

- En la zona próxima al origen, se sitúan las **variables autónomas**, son poco influyentes o motrices y poco dependientes, se corresponden con tendencias pasadas o inercias del sistema o bien están desconectadas de él. No constituyen parte determinante para el futuro del sistema. Se constata frecuentemente un gran número de acciones de comunicación alrededor de estas variables que no constituyen un reto. Estas variables pueden ser descartadas.

Forma parte de éste grupo la variable: **Dif_Cul: Diferencias Culturales**.

- **Variables reguladoras**, son las situadas en la zona central del plano, se convierten en "llave de paso" para alcanzar el cumplimiento de las variables-clave y que estas vayan evolucionando tal y como conviene para la consecución de los objetivos del sistema.

Las variables reguladoras son aquellas que determinan el funcionamiento del sistema en condiciones normales.

- En la zona superior derecha, se encuentran las **variables-enlace o variables-reto o variables claves** del sistema muy motrices y muy dependientes, perturban el funcionamiento normal del sistema, estas variables sobre-determinan el propio sistema. Son por naturaleza inestables y se corresponden con los retos del sistema.

Forma parte de este grupo la variable: **Pri_Emp, Com_Ger, Exp_SisCal**

Situadas en la parte superior derecha del plano de motricidad/dependencia, cuentan con un elevado nivel de motricidad y de dependencia, lo que las convierte en variables de extraordinaria importancia e integrantes, como se verá más adelante, del eje estratégico. Las actuaciones que sobre ellas se vayan a tomar han de ser sopesadas con esmero, así como las que se tomen sobre aquellas que de manera indirecta se relacionan con ellas.

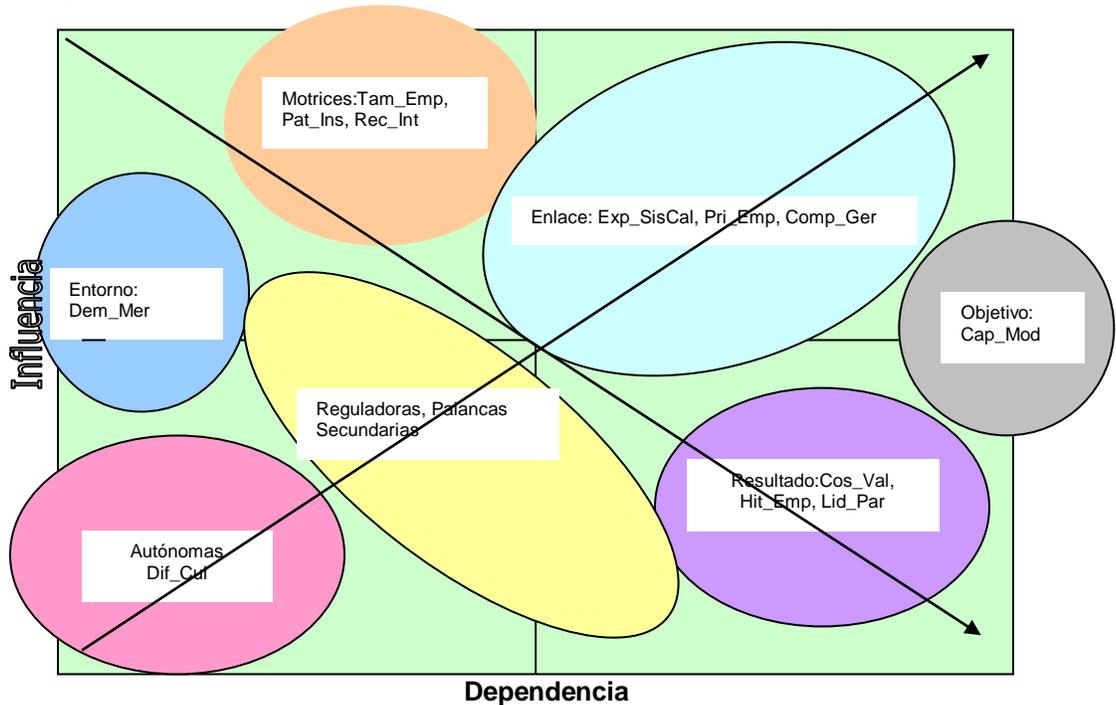
- En la zona superior izquierda, se encuentran las **variables determinantes**, son poco dependientes y muy motrices, según la evolución que sufran a lo largo del periodo de estudio se convierten en frenos o motores del sistema, de ahí su denominación.

Forman parte de este grupo: **Tam_Emp, Pat_Inst, Rec_Int,**

- **Variables de entorno**, se sitúan en la parte izquierda del plano, lo que demuestra su escasa dependencia del sistema, hay que analizarlas como variables que reflejan un "decorado" del sistema a estudio.

Forman parte de este grupo **Dem_Mer**

Figura 22. Subsistemas Variables CMMI



· **Variables objetivo**, se ubican en la parte central son muy dependientes y medianamente motrices, de ahí su carácter de objetivos, puesto que en ellas se puede influir para que su evolución sea aquella que se desea. Se caracterizan por un elevado nivel de dependencia y medio de motricidad. Su denominación viene dada porque su nivel de dependencia permite actuar directamente sobre ellas con un margen de maniobra que puede considerarse elevado, ayudando a su vez a la consecución de las variables clave.

Forman parte de este grupo: **Cap_Mod**: Capacitación Conocimiento del Modelo.

· **Variables resultado**: se caracterizan por su baja motricidad y alta dependencia, y suelen ser junto con las variables objetivo, indicadores descriptivos de la evolución del sistema. Se trata de variables que no se pueden abordar de frente sino a través de las que depende en el sistema.

Forman parte de este grupo: **Hit_Emp, Cos_Val, Lid_Par**

4.1.5 Síntesis

El eje de la estrategia, es una proyección de variables sobre una bisectriz imaginaria que partiendo de la base se lanza hacia el vértice opuesto donde se sitúan las variables clave, nos ofrece una visión de cuáles son los retos estratégicos del sistema.

La combinación de la motricidad o arrastre hacia el futuro con el valor de dependencia es lo que origina que actuar sobre dichas variables, en función de su tipología (clave, reguladora o enlace, objetivo...), conlleva efectos de evolución en el resto del sistema, otorgándole la calificación de reto o variable estratégica.

Este eje está compuesto por aquellas variables con un nivel de motricidad que las convierte en importantes en el funcionamiento del sistema combinado con una dependencia que las hace susceptibles de actuar sobre ellas.

Teniendo en cuenta el eje de la estrategia y el análisis del grupo de variables por cada uno de los subsistemas, podemos identificar las siguientes variables estratégicas por su alto nivel de motricidad y dependencia en el proceso de adopción del modelo CMMI :

Tam_Emp: Tamaño de las Empresas
 Pat_Inst: Patrocinio y Apoyo de Instituciones que impulsan la adopción del modelo
 Rec_Int Reconocimiento Internacional
 Exp_SisCal Formación o experiencia con sistemas o modelos de Calidad
 Pri_Emp Prioridades de la Empresa
 Com_Ger Compromiso y Liderazgo de la Alta Gerencia

Teniendo en cuenta la clasificación por influencias de variables directo/indirecto se puede observar como la variable Patrocinio de Instituciones: Pat_Inst pasa del segundo al primer lugar y la variable Compromiso Gerencial: Com_Ger pasa del puesto 8 al 7. En la clasificación de las dependencias la variable Reconocimiento Internacional: Rec_Int pasa del puesto 10 al 7 lo que la convierte en una variable con mayor nivel de dependencia que continúa conservando su nivel de motricidad. En el plano de las dependencias potenciales la variable Experiencia con Modelos de Calidad: Exp_SisCal se posiciona en un nivel de motricidad y dependencia que la ubica en una posición muy importante.

Lo anterior ratifica estas variables como parte del grupo y resalta la importancia potencial de la variable Experiencia con modelos de calidad: Exp_SisCal

Alrededor de estas variables se pueden construir los eventos de futuro que podrían configurarse a partir de las relaciones entre los diferentes grupos de variables.

En la tabla 33 el grupo var1 incide sobre las del grupo var2; estas a su vez inciden sobre el grupo var3; el grupo var4 depende del grupo var3. A cada uno de los eventos se ha asignado un nombre dado por el de la variable clave que gobierna el evento, donde la variable clave interactúa de acuerdo con las influencias analizadas, con variables de otros grupos para conformar un enunciado lógico que permite a las empresas establecer los posibles escenarios probables y trabajar alrededor de estos, implementando estrategias que permitan potencializar las variables de acuerdo a las condiciones de cada empresa.

Tabla 33. Eventos de Futuro

Evento	Nombre	Grupo var1	Grupo Var2	Grupo Var3	Grupo Var4
Evento1	Reconocimiento Internacional	Rec_Int, Pat_Inst	Com_Ger	Lid_Par	Hit_Emp
Evento2	Patrocinio Instituciones	Pat_Inst	Cap_Mod	Cos_Val	
Evento3	Prioridades Empresa	Rec_Int	Pri_Emp	Lid_Par	
Evento4	Compromiso Alta Gerencia	Com_Ger	Cap_Mod	Hit_Emp	
Evento5	Micro-Pequeña Empresa	Tam_Emp	Pri_Emp	Hit_Emp	
Evento6	Modelos Impulsados Instituciones	Pat_Inst	Exp_SisCal	Hit_Emp	
Evento7	Experiencia Modelos Calidad	Exp_SisCal	Pri_Emp	Hit_Emp	

Los objetivos y estrategias que se implementen en el marco de la lógica del análisis estructural para este caso, deberán girar alrededor de estos eventos:

Evento1: Reconocimiento Internacional

Variables: Rec_Int – Pat_Inst, Com_Ger, Lid_Par, Hit_Emp

Las empresas de desarrollo de software serán más visibles en el mercado global y contarán con **reconocimiento** a nivel internacional, en la medida que cuenten con el **patrocinio** de entidades estatales de fomento como COLCIENCIAS, SENA y PROEXPORT. Ello incidirá en que las **directivas** estén suficientemente motivadas para lograr el fortalecimiento y posicionamiento de sus empresas. Para lograrlo deberán aplicar modelos administrativos que permitan que todas las **partes involucradas** en el proceso logren alcanzar los **hitos** requeridos para la valoración como lo son: la Planeación Estratégica, políticas concretas de gestión de calidad, definición de estándares.

Evento2: Patrocinio Instituciones

Variables: Pat_Ins, Cap_Mod, Cos_Val

Las **organizaciones** gubernamentales de **apoyo** como COLCIENCIAS, SENA y PROEXPORT, mediante la implementación de políticas que posibiliten llevar a cabo procesos de sensibilización y capacitación impulsados por el estado, permitirán a la rama de la industria del software solventar de alguna manera los altos **costos** asociados a los procesos de valoración en el modelo propuesto. En la medida en que esto pueda darse, se estará contribuyendo a la competitividad de las empresas.

Evento3: Prioridades Empresas

Variables: Rec_Int, Pri_Emp, Lid_Par

En la medida en que las empresas implementen **políticas de liderazgo**, comunicación y compromiso irán adquiriendo **experticia y madurez** como organizaciones del conocimiento, lo cual, a la postre, contribuirá a fortalecer su **competitividad** a nivel internacional.

Evento4: Compromiso Alta Gerencia

Variables: Com_Ger, Cap_Mod, Hit_Emp

En la medida en que las empresas cuenten con el apoyo y liderazgo de la **alta gerencia**, se impulsarán acciones encaminadas a lograr la **capacitación** y el conocimiento necesario para mejorar las competencias de los individuos y entender el modelo, lo que contribuirá a mejorar la capacidad de la empresa y en consecuencia a estar mejor preparada para alcanzar los **hitos** requeridos en un proceso de valoración CMMI

Evento 5: Micro-Pequeña Empresa

Variables: Tam_Emp, Prio_Emp, Hit_Emp

Siendo el **tamaño** de las empresas un factor muy influyente en el proceso, se deberá evitar que se convierta en una barrera para la micro y pequeña empresa. Las empresas pequeñas deberán diseñar estrategias encaminadas a potencializar los factores que ayuden a contrarrestar sus desventajas. Buscando fuentes de financiación y explorando alternativas como los sistemas de gestión de calidad basados en estándares de la norma ISO 9000, que les permita alinear sus **prioridades** con los **hitos** requeridos y adquirir el nivel de capacidad necesario para la implementación del modelo.

Evento 6: Modelos impulsados Instituciones

Variables: Pat_Inst, Exp_SisCal, Hit_Emp

Las **instituciones de apoyo** y fomento concededoras de la importancia de implementación de programas de calidad en las TICs deberán continuar impulsando los programas de certificación en normas técnicas o estándares más conocidos y/o más sencillos como la norma ISO 9000, que igualmente contribuyen al mejoramiento de la capacidad de las empresas, pero no demandan tanto esfuerzo ni inversión como el modelo propuesto. **La experiencia** en estos sistemas de gestión de calidad, proporcionará a las empresas herramientas para alcanzar los **hitos** requeridos para implementar sistemas con base en modelos de mayor complejidad como el CMMI.

Evento 7: Experiencia Modelos Calidad

Variables : Exp_SisCal, Pri_Emp, Hit_Emp

La **experiencia** con sistemas de gestión de calidad basados en estándares como la norma ISO 9000, permitirá que las empresas adquieran capacidad y madurez y organicen sus **prioridades** orientadas a lograr el cumplimiento de los **hitos** requeridos en el modelo CMMI.

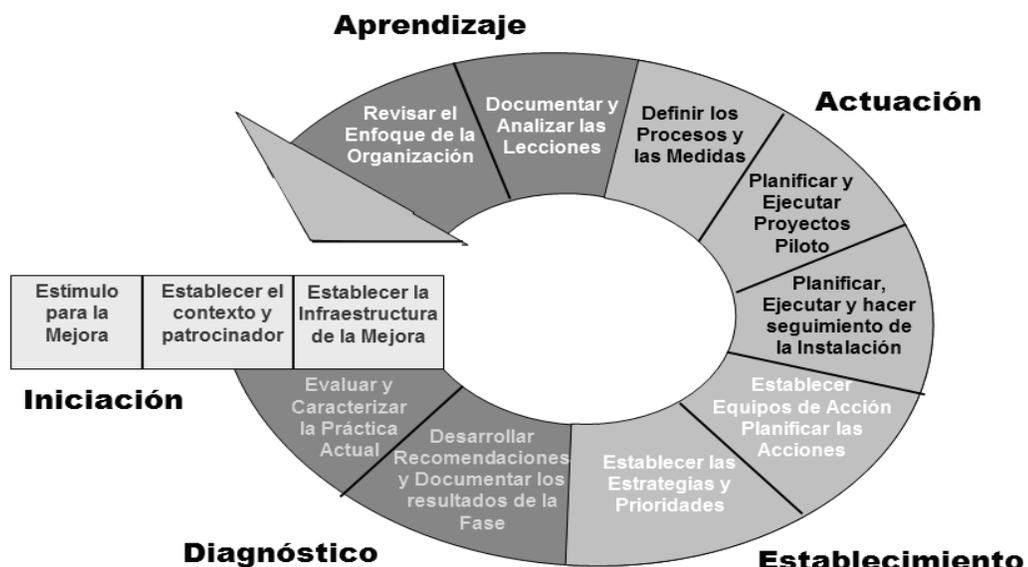
4.2. Lineamientos Para dinamizar la Adopción del Modelo CMMI

Teniendo en cuenta el conjunto de variables estratégicas, los eventos de futuro que se pueden construir alrededor de las mismas y la ruta que cada empresa interesada en la adopción del modelo debe seguir, se plantean las siguientes recomendaciones o lineamientos para las empresas interesadas en implementar el modelo CMMI.

4.2.1 Identificar el Punto de Inicio

CMMI se debe enfocar como un proyecto (por ejemplo de desarrollo de software), en donde se desarrollan todas sus fases y se asigna el recurso necesario para el proyecto y se gestiona con metodología y herramientas. Toda empresa interesa en adoptar el modelo CMMI debe emprender con el apoyo de la alta gerencia un proyecto de mejoramiento siguiendo un modelo que le permita alcanzar los objetivos propuestos. Para ello es necesario identificar el punto en el que se encuentra cada empresa, el camino recorrido y el que le falta por recorrer. Esto varía en cada empresa y depende del tamaño de la organización, modalidad de operación, experiencia con otros modelos, entre otras.

Figura 23. Etapas del modelo IDEAL



Se recomienda adoptar un ciclo de mejoramiento como el propuesto por el SEI. Este es conocido como el modelo IDEAL y proporciona un conjunto de actividades coherentes para sustentar la adopción de las prácticas recomendadas por el modelo CMMI como se ilustra en la figura 23.

La descripción de cada una de las 5 fases el modelo IDEAL se resumen a continuación.

- Iniciar:** Establecer los fundamentos para garantizar un proyecto exitoso de mejora
Diagnosticar: Determinar donde está la empresa y a donde quiere llegar
Establecer: Planificar los pasos para alcanzar los objetivos
Actuar: Realizar las tareas e acuerdo con el plan
L Aprender: Aprender de la experiencia y mejorar la capacidad de la empresa

Las actividades de cada una de las fases están resumidas en la tabla 34.

Tabla 34. Actividades del Modelo IDEAL

Etapas	Actividades
Iniciar	<p>Determinar Estímulo para iniciar el mejoramiento: Es el detonante de la iniciativa. Puede provenir de la necesidad de hacerse más competitivo, de una decisión gerencial, por imposición externa (clientes, casas matrices), como resultado de enviar al personal a cursos entre otros.</p> <p>Establecimiento del contexto: Significa relacionar claramente como el esfuerzo de mejoramiento se relaciona con la estrategia de la empresa u organización.</p> <p>Establecer patrocinio de la gerencia: El apoyo de los distintos niveles de la gerencia es crítico, su ausencia o debilidad es en la práctica una receta para fracasar. Debe ser claro, efectivo y constante. El simple apoyo moral no es suficiente, debe ser consecuente con los recursos, prioridades y responsabilidades asignadas.</p> <p>Establecer infraestructura para el mejoramiento: Se debe contar con un mecanismo capaz de dirigir e implementar el proyecto de mejoramiento. Se debe capacitar a los distintos niveles de la gerencia, responsables y personal de proyecto. La infraestructura puede estar compuesta por una combinación de recursos permanentes, a tiempo parcial y por consultantes, según sea necesario.</p>
Diagnosticar	<p>Evaluar y caracterizar el estado actual de prácticas: Es equivalente a identificar el punto de partida y el punto de destinación antes de hacer un viaje. CMMI sirve como un modelo de referencia para determinar el estado deseado que se pretende alcanzar.</p> <p>Desarrollar recomendaciones y documentar los resultados de la fase: Un equipo experto identifica las debilidades y fortalezas de las prácticas actuales, en base a la información analizada durante la evaluación. Sus recomendaciones sirven como entrada al plan de acción para el mejoramiento. La salida es generalmente un informe de resultados.</p>
Establecer	<p>Establecer los equipos de acción de procesos: Se identifica a los recursos competentes que participarán en el proyecto de mejoramiento.</p> <p>Elaboración del Plan de Acción: Las recomendaciones de la evaluación se transforman en un plan concreto, que satisface las prioridades y necesidades de la empresa. Se convierte en la guía maestra del mejoramiento de procesos. Habitualmente considera acciones de corto, mediano y largo plazo. El plan incluye calendarios de proyecto, tareas, hitos, puntos de decisión, recursos, responsabilidades, métricas, mecanismos de seguimiento, riesgos con sus respectivas estrategias de mitigación, así como otros elementos requeridos por la organización.</p>
Actuar	<p>Planificar, ejecutar y seguir la instalación: Crear la "mejor solución" para resolver las necesidades de la organización. Implica la integración de las herramientas, conocimiento, información, procesos, y habilidades, tanto existentes como recién introducidas. Pueden provenir del interior de la empresa o de consultores expertos.</p> <p>Planificar y ejecutar proyectos piloto: Una vez que las soluciones han sido diseñadas, se necesita probarlas en proyectos pilotos antes de decidir institucionalizarlas en el resto de los proyectos.</p> <p>Refinar la solución: Cuando la solución propuesta ha sido aplicada en un proyecto piloto, se puede refinar para reflejar el conocimiento, la experiencia y las lecciones aprendidas en el ensayo. Se puede requerir varias iteraciones antes de alcanzar una solución satisfactoria, sin abusar del perfeccionismo que encarece o alarga innecesariamente el esfuerzo.</p> <p>Implementar la solución: Una vez que se ha decidido que se tiene una solución aceptable, se procede a aplicarla a lo largo de la organización. Se puede implantar usando una variedad de alternativas para su despliegue, dependiendo de la naturaleza de cada caso o condiciones existentes en los proyectos.</p>
Aprender	<p>Documentar y analizar las lecciones: Esta actividad identifica el grado en que el esfuerzo invertido logró los propósitos deseados, las cosas que trabajaron bien, y como se podrían hacer mejor las cosas en el ciclo de mejoramiento siguiente. Las lecciones se recolectan, se analizan, se resumen y se documentan. Se reexaminan las necesidades de la empresa identificadas en la fase de inicio para ver si fueron satisfechas.</p> <p>Revisar el enfoque seguido y proponer acciones futuras: Se desarrolla y documenta las recomendaciones que resultan del análisis y la validación. Se proponen pautas y acciones para el siguiente plan de mejoramiento. Generalmente el final del primer ciclo coincide con las primeras etapas del ciclo siguiente. Se recomienda efectuar una nueva evaluación (entre 18 y 36 meses), para determinar las nuevas necesidades y fortalezas que servirán de entrada al nuevo plan de acción.</p>

Teniendo en cuenta la descripción de cada una de las fases y las actividades que se deben llevar a cabo, cada empresa debe identificar la fase en la que se encuentra su proyecto de implementación del modelo CMMI. Esto le permite tener claro el camino que a recorrido y el que le falta por recorrer. Es importante que las empresas sean conscientes que cada ciclo del proceso toma entre 12 y 18 meses, esto depende de las condiciones de cada empresa.

4.2.2 Identificar las Variables a Potencializar.

Cada empresa debe identificar los eventos asociados a las variables sobre las cuales puede ejercer mayor influencia y enfocar el trabajo para potencializar estos eventos o variables y lograr así dinamizar en cada empresa el proceso de adopción del modelo.

A continuación se destacan algunos aspectos a tener en cuenta en cada una de los diferentes eventos o variables. Estas variables se han clasificado en genéricas o específicas de acuerdo al tipo de empresas:

Variables Genéricas

Estas variables aplican para cualquier tipo de empresa interesada en adoptar el modelo

- **Compromiso y Liderazgo de la alta Gerencia:** El apoyo de la gerencia es fundamental para el éxito del proceso. La gerencia debe impulsar y apoyar la preparación de recursos internos (mediante transferencia tecnológica, cursos, etc.), quienes serán finalmente los responsables de la implantación. Esto permite que el personal desarrolle habilidades y competencias que permiten aumentar la capacidad de la empresa. Esta capacidad desarrollada permite que las empresas orienten sus prioridades y las alineen con los hitos que se requieren implementar para adoptar el modelo CMMI.

La alta gerencia tiene un papel muy importante en el proceso. Su compromiso y patrocinio es indispensable para impulsarlo y sacarlo adelante. El gerente debe:

- Alinear las prioridades de la empresa con los hitos requeridos para la adopción del modelo
 - Definir políticas organizacionales, objetivos y metas claras
 - Dar a entender los verdaderos objetivos y alcance del proceso de mejora
 - Liderar y patrocinar el proyecto
 - Gestionar el recurso y presupuesto
 - Gestionar o facilitar la capacitación requerida
 - Capacitarse en el modelo
 - Mantener buena Comunicación: En la empresa la comunicación debe fluir en todas direcciones, desde la alta gerencia hasta la última persona en la “jerarquía” de la organización, y no solo una comunicación del tipo “Top Down” sino también una comunicación hacia arriba en la organización, es decir la información debe ser transversal a toda la organización.
 - Respalda los grupos de trabajo
 - Hacer seguimiento del proceso
- **Prioridades de la Empresa:** Las empresas deben alinear sus prioridades con los hitos requeridos por el modelo CMMI, en especial los de nivel 2. Es decir trabajar en:
 - Planeación estratégica, indicadores y medidas
 - Área de aseguramiento de calidad
 - Utilización de estándares
 - Administración de configuración

- **Herramientas:** Aunque no es una variable producto del análisis estructural, las herramientas constituyen un soporte, en especial para el sector de la industria del software que tiene como razón de ser el uso de la tecnología y requiere de herramientas que permitan soportar modelos detallados de calidad como CMMI.
Las empresas deben investigar y asesorarse para adquirir herramientas que sirvan de soporte. De acuerdo a la capacidad económica, las empresas pueden utilizar herramientas de distribución gratuita. Ejemplo, herramientas para llevar a cabo Administración de Configuración (requerido para nivel 2). Herramientas para auto-asesoría y auto-evaluación (IME toolkit), entre otras.

Variables Específicas para Micro y Pequeña Empresa

Las siguientes variables claves en el proceso de adopción del modelo CMMI, deben ser tenidas en cuenta en especial por la micro y pequeña empresa interesadas en adoptar el modelo CMMI

Tamaño de la Empresa: De acuerdo con los resultados del análisis estructural el tamaño de las empresas es un factor clave en el proceso de valoración y se puede convertir en un desacelerador del proceso. Las empresas muy pequeñas tienen como prioridad la supervivencia, por lo general tienen un flujo de caja limitado y no cuentan con el conocimiento, ni medios de financiación necesaria para llevar a cabo un proceso detallado y complejo como lo es la adopción del modelo CMMI. Las empresas pequeñas deben por tanto diseñar estrategias encaminadas a potencializar los factores que ayuden a contrarrestar sus desventajas, trabajando en las siguientes variables claves :

- **Patrocinio de Instituciones:** Liderados por la gerencia, las empresas deben participar en proyectos que llevan a cabo instituciones como COLCIENCIAS, PROEXPORT, y el SENA para impulsar la adopción del modelo en la industria del software con programas de sensibilización y capacitación y apoyo a la valoración. El sólo participar en un proceso de selección le da a la empresa los elementos necesarios para hacer un diagnóstico de sus empresas y diseñar estrategias que le permitan comenzar a recorrer el camino de la adopción del modelo. El patrocinio es la opción que tiene la micro y pequeña empresa para tener acceso a consultoría, capacitación y subsanar así los altos costos del proceso.
- **Experiencia Con modelos de Calidad:** La micro y pequeña empresa tiene mayores posibilidades de implementar primero sistemas de gestión de calidad basados en estándares como la norma ISO 9000. Estos sistemas son menos complejos, tienen menor costo: requieren menos recurso, esfuerzo e igualmente le permita a la empresa adquirir mayor capacidad. Le proporciona a las empresas madurez y elementos para tomar la decisión de adoptar un modelo de mayor detalle y complejidad como CMMI y prepararse para cumplir con los hitos que se requieren para la adopción del modelo

Variables Específicas para Conglomerados

Los conglomerados como Parquesoft, presentan características particulares que deben tenerse en cuenta para:

- Aprovechar las ventajas de pertenecer a un conglomerado para unirse y formar grupos interdisciplinarios entre las diferentes empresas, para diseñar estrategias conjuntas que les permita compartir la experiencia de cada empresa e implementar las mejores prácticas. Compartir herramientas y recursos, en general para hacer sinergias y economías de escala.

- Potencializar la gran ventaja con que cuentan las empresas de Parquesoft al contar con un consultor a nivel nacional de CMMI, lo que les permitirá llevar a cabo un trabajo conjunto para agilizar:
 - Entendimiento del modelo
 - Interpretación de las prácticas y sus interrelaciones
 - Homologación de los procesos de la empresa y el modelo
 - Diagnóstico inicial

5 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

Este capítulo condensa las recomendaciones y conclusiones del investigador, fruto de la investigación realizada.

5.1. Conclusiones

- En los resultados obtenidos durante el desarrollo del trabajo hasta llegar a obtener un conjunto variables claves en la adopción del modelo CMMI, se encuentran algunas variables que parecen evidentes. Al menos lo son, para una persona con experiencia en el tema. Surge entonces la pregunta: ¿Por que siendo variables conocidas y divulgadas por quienes han tenido experiencia en procesos de valoración CMMI, no juegan el papel acelerador esperado? Se podría pensar que lo que ocurre con las empresas de la industria del software es lo mismo que ocurre con las personas: cada una necesita vivir las experiencias para aprender de ellas.

Es por eso que aunque se difunda la experiencia de otras empresas con respecto a la importancia de variables como el “Liderazgo y apoyo de la alta gerencia”, no se le da la importancia requerida ni se dimensiona el efecto acelerador que puede producir en una empresa, hasta que no se vive la experiencia del proceso, se encuentra el primer obstáculo o hasta que es recomendado por una persona experta como un consultor CMMI.

Se espera que el respaldo metodológico y matemático dado por esta investigación logre cambiar esta percepción y ejercer el papel acelerador, conscientizando a las empresas de la importancia de las variables aquí encontradas.

- De acuerdo con los resultados obtenidos el “*Tamaño de la Empresa*” y la “*Experiencia con Sistemas de Calidad*” son variables claves en la adopción del modelo CMMI. Según datos de fuentes como Fedesoft, Ministerio de Comercio Industria y Turismo, en Colombia el 92% de la industria de software está conformada por micro (58%) y pequeña (34%) empresa, con un promedio de 3 empleados para la micro empresa y 20 personas para la pequeña empresa. El número máximo de empleados para micro empresa es de 9 y 50 empleados para pequeña empresa. Aún cuando a nivel mundial existen empresas valoradas CMMI que tienen menos de 50 empleados, en Colombia esta variable puede convertirse en una de las mayores barreras dado que el mayor porcentaje: 58% esta conformado por micro empresa y la adopción del modelo CMMI para empresas pequeñas, es muy costoso, requiere cierto grado de capacidad y madurez, es demasiado grande (25 áreas de proceso, 60 metas agrupadas en 205 prácticas y 826 sub-prácticas), normativo y detallado para éste tipo de empresa.

Se requieren estrategias conjuntas de instituciones que impulsan y patrocinan la adopción del modelo CMMI, como FEDESOFTE, SENA, COLCIENCIAS para lograr que la micro y pequeña empresa tenga acceso a CMMI. Se estima conveniente que la micro y pequeña empresa, en especial la micro, adopten primero modelos de menor complejidad como los sistemas de gestión de calidad basados en la norma ISO 9000. Estos sistemas son menos complejos, tienen menor costo, requieren menos recursos, esfuerzo e igualmente le permiten a la empresa adquirir mayor capacidad y prepararse para cumplir con los hitos que requiere CMMI.

- Los métodos utilizados durante la investigación permitieron corroborar la mayoría de las conclusiones preliminares. Se podría decir que aproximadamente el 85% de las conclusiones preliminares (registradas al final del capítulo 2) derivadas del balance de la base conceptual de la investigación, quedaron asociadas a los factores o variables claves encontradas al finalizar la investigación:
 - El tamaño de las empresas, dado que en Colombia el 92% de la industria del software está conformada por micro y pequeña empresa.
 - El patrocinio de instituciones que impulsan la adopción del modelo tales como PROEXPORT, COLCIENCIAS, EL SENA
 - La formación o experiencia con sistemas o modelos de Calidad, como ISO 9000 que resultan muchos más sencillos y económicos para la industria del software del país
 - Se ratifica el liderazgo y patrocinio de la alta gerencia como uno de los factores críticos de éxito en el proceso de adopción del modelo CMMI
 - También se ratifica como variable clave las prioridades de las empresas
 - Así mismo se ratifica el reconocimiento internacional como uno de los principales beneficios que se pueden obtener con la adopción del modelo.
 - Se corrobora también la importancia de otras variables que se deben trabajar a través de las variables claves, para lograr el éxito en la adopción del modelo como lo son Capacitación, Hitos con que debe contar la empresa, el liderazgo de todas las partes que intervienen en el proceso y el costo de la valoración.

La única conclusión preliminar que no queda incluida en ninguna de las variables finales del estudio, es la relacionada con los aspectos que se deben mejorar del modelo CMMI, tales como lenguaje, redundancia entre prácticas, interrelaciones entre ellas, y explicación de las prácticas. En la consolidación de los resultados de las encuestas dirigidas a los diferentes grupos, no quedó esta variable y por tanto no clasificó como variable de entrada al análisis estructural

- En el transcurso del proyecto, la investigadora a cargo sintió recelo y desconfianza al encontrar resultados muy evidentes, cuando esperaba encontrar variables nuevas o por variables ocultas. Esta experiencia fue muy enriquecedora para la investigadora a cargo del proceso, por que a través de las diferentes etapas de la investigación, entendió la importancia de corroborar verdades evidentes. Es gratificante encontrar a través de metodologías y herramientas como la prospectiva, el soporte metodológico y matemático a variables que están visibles, pero que por diferentes razones no se les da la importancia, ni se vislumbra en ellas el potencial acelerador o des-acelerador que pueden tener en las empresas interesadas en adoptar el modelo CMMI. Y así mismo es gratificante encontrar un grado de coincidencia tan alto en las conclusiones preliminares y los resultados finales de la investigación
- De las 123 encuestas enviadas a los diferentes grupos: Consultores CMMI, Empresas Valoradas, Empresas no Valoradas, Empleados de Empresas Valoradas, asociados a empresas de desarrollo de software ubicadas en diferentes ciudades del país, se obtuvo respuesta de 32 que corresponde al 26% de las encuestas enviadas. Este bajo % en la respuesta de los cuestionarios, puede tener varias causas, entre ellas: alto nivel de ocupación de las personas, falta de interés en participar en este tipo de estudios o por que no se visualiza un valor agregado directo.
El resultado incrementa en un 9% la variable de error en la muestra seleccionada para el estudio, que adicional al 6% que se toma como referencia, da como resultado un error aproximado del 15%. Este resultado se puede obtener de la siguiente fórmula tomada como referencia :

$$n = \frac{Z^2 p q N}{NE^2 + Z^2 p q}$$

Donde:

n es el tamaño de la muestra: 32;
 Z es el nivel de confianza: 1.96;
 p es la variabilidad positiva: 0.5;
 q es la variabilidad negativa: 0.5;
 N es el tamaño de la población 123;
 E es la precisión o el error.

Aunque se incrementa el nivel de error se considera que la muestra es muy representativa por que en esta primera fase se tiene como objetivo identificar las variables que inciden en la adopción del modelo CMMI y los grupos de los que se obtiene mayor respuesta es de los grupos de consultores y Empresas Valoradas que cuentan con experiencia en este tema. El porcentaje más bajo en respuesta está asociado al grupo de Empresas no valoradas como se detalla a continuación: Consultores 43% (3 de 7), Empresas Valoradas 58% (7 de 12) , Empleados de Empresas Valoradas 42% (10 de 20), Empresas no Valoradas 15% (12 de 80)

5.2. Recomendaciones

Se recomienda las siguientes Futuras Líneas de Investigación:

- Continuar el estudio de prospectiva con un grupo de empresas interesadas en adoptar CMMI. Partiendo de los eventos de futuro generados en este trabajo de investigación, llevar a cabo otros métodos de prospectiva como: Método de Juego de Actores, con la participación de actores tan importantes en el proceso de adopción de CMMI como: consultores, instituciones patrocinadoras, gerentes de empresas no valoradas, entre otros. Método de escenarios de SMIC para obtener el escenario apuesta y los escenarios alternos. Una vez identificado el escenario apuesta trabajar en las estrategias de implementación con un enfoque en la micro y pequeña empresa que es donde se tienen las principales dificultades.
- Validar los resultados de la estrategia poniéndola en práctica en algunas empresas, aprender de la experiencia, refinar la estrategia y generar un modelo que pueda ser seguido por la micro y pequeña empresa para adoptar CMMI.
- Unificar los esfuerzos que se están haciendo a nivel de proyectos como RCCS, COMPETISOFT, proyectos de tesis en Universidades para trabajar en un modelo unificado que le sirva a la micro y pequeña empresa en Colombia.
RCCS: Red Colombia de Calidad de Software que tiene como objetivo definir y gestionar programas de apoyo a la implementación de modelos de calidad de software para PYMES del sector a nivel nacional, con el propósito facilitar el proceso de implementación de CMMI, adaptado a la cultura y contexto nacional. Uno de los subproyectos es Definir un

modelo que sirva de referente para la mejora continua de las PYMES de software y que facilite la implementación del modelo CMMI.

COMPETISOFT por su parte tiene como objetivo Desarrollar un Marco Metodológico común ajustado a la realidad socio-económica de las PYMES iberoamericanas orientado a la mejora continua de procesos. Este Marco Metodológico está constituido por un Modelo de Procesos, un Modelo de Capacidades y un Método de Evaluación. El modelo de referencia de COMPETISOFT, está basado en en MoProSoft y agrupa los procesos en tres categorías principales: Alta Dirección, Gestión y Operación

Todas estas propuestas buscan mejorar los procesos de software para la micro, pequeña y mediana empresa, teniendo en cuenta las características propias de este tipo de organizaciones. Si todos los esfuerzos se unen se pueden obtener mejores resultados.

GLOSARIO

GLOSARIO MODELO CMMI

ACCIONES CORRECTIVAS: Actos o hechos usados para remediar una situación, remover un error o ajustar una condición.

ACTIVOS DEL PROCESO: Los activos de proceso son artefactos relacionados con la descripción, implementación y mejoramiento de procesos: políticas, mediciones, descripciones de proceso, herramientas de soporte de mejoramiento. El término activo de proceso es usado para indicar que estos artefactos son desarrollados o adquiridos para apoyar el logro de los objetivos organizacionales y representan inversiones de las cuales se espera que proporcionen valor de negocio presente y futuro.

ADECUADO, APROPIADO, COMO SEA NECESARIO: Estas palabras son usadas, para significar que las metas y prácticas pueden ser interpretadas a la luz de la organización que usa el modelo de forma tal que funcionen para ella. Estos términos son usados en metas y prácticas en las cuales algunas actividades no se realizan permanentemente.

ALCANCE DE LA EVALUACIÓN: Definición de los límites de la evaluación que abarquen los límites de la organización y los límites del modelo CMMI.

ANÁLISIS DE CAUSAS: Análisis de las anomalías para determinar sus causas.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS: Identificación y administración de los requerimientos de los productos, las inconsistencias con los planes del proceso y los productos entregables.

ÁREAS DE PROCESO: Un área de proceso se compone de un grupo de prácticas relacionadas que cuando se ejecutan colectivamente, satisfacen un conjunto de metas consideradas importantes para poder lograr mejoras significativas en esa área. Las áreas de proceso del modelo CMMI (Capability Maturity Model® Integration) son comunes a la representación continua y a la representación por etapas.

CALIDAD: Conjunto de características inherentes a un producto, un componente de un producto, o de un proceso que satisfacen los requerimientos de los clientes.

CAPACIDAD DEL PROCESO: Comprende prácticas específicas y genéricas que permiten medir la habilidad de un proceso para satisfacer la calidad del producto, del servicio y los objetivos de desempeño del proceso.

CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO: El ciclo de vida de un producto es el período de tiempo, determinado en fases, que comienza cuando el producto es concebido y finaliza cuando el producto es dado de baja. Estos modelos pueden encontrarse generalmente en la literatura publicada y son susceptibles de ser adaptados por las organizaciones. Un ciclo de vida de un producto puede consistir de las siguientes fases: (1) concepto/visión, (2) viabilidad, (3) diseño y desarrollo, (4) producción (5) descarte/baja

CLIENTE: Un cliente es el individuo, proyecto u organización responsable de aceptar el producto o autorizar el pago. El cliente puede ser externo al proyecto pero no necesariamente externo de la organización. Los clientes son un subconjunto de los grupos de interés (Stakeholders)

COMPONENTE DEL MODELO CMMI: Cualquiera de los elementos arquitectónicos principales que componen un modelo CMMI. Algunos de los elementos principales de un modelo CMMI incluyen prácticas específicas, prácticas genéricas, metas específicas, metas genéricas, áreas de proceso, niveles de capacidad, y niveles de madurez.

COMPONENTE DEL PRODUCTO: El término componente de producto es usado de forma relativa dentro de los modelos CMMI, lo que significa que un componente hace parte de un nivel inferior del producto. Los componentes de producto son ensamblados para construir el producto final que se entrega al cliente.

CONFIGURACIÓN DE LAS LÍNEAS BASE: La información de la configuración señalada formalmente en un momento específico durante la vida del producto o del componente del producto. La configuración de las líneas base, más cambios aprobados en esas líneas base, constituye la información de la configuración actual.

CONJUNTO ORGANIZACIONAL DE PROCESOS ESTÁNDAR : El conjunto organizacional de procesos estándar contiene las definiciones de los procesos que guían todas las actividades de la organización. Estas descripciones de proceso cubren los elementos fundamentales y sus interrelaciones que deben ser incorporadas en los procesos definidos y que se activan en el día a día, mediante proyectos, en toda la organización. Los procesos estandarizados habilitan el desarrollo, mantenimiento y mejoramiento de las actividades de una forma estable y perdurable

DEFINICIÓN DEL PROCESO: Definir y describir un proceso. El resultado de la definición del proceso es una descripción de un proceso.

DESARROLLO: El término desarrollo implica, dentro del modelo CMMI, no solamente el desarrollo de las actividades sino que también incluye las actividades de mantenimiento.

DESCRIPCIÓN DEL PROCESO: Expresión documentada de un conjunto de actividades realizadas para alcanzar un propósito dado. Proporciona una definición operacional de los componentes principales del proceso. La documentación específica, en una manera completa, exacta, y comprobable, los requerimientos, diseño, comportamiento, u otras características de un proceso.

DESEMPEÑO DEL PROCESO: Medición de resultados reales alcanzados siguiendo un proceso. Es caracterizado por las mediciones del proceso (por ejemplo, esfuerzo, tiempo de ciclo, y eficacia en la eliminación de fallas) y por las mediciones del producto (por ejemplo, confiabilidad, densidad de defectos, y tiempo de respuesta).

DOCUMENTO: Un documento es una colección de datos, independiente del medio en el cual resida, que tiene permanencia y puede ser leída por humano o por máquinas.

EMPRESA: Dentro del contexto del modelo CMMI entenderemos empresa la entidad completa (va más allá de la organización). Las compañías pueden consistir de muchas organizaciones en muchas locaciones diferentes, incluso con clientes diferentes. La palabra empresa comprende la composición total de la compañía.

EQUIPOS INTEGRADOS: Grupo de personas con las habilidades y la experiencia complementarias que están comprometidas a entregar productos específicos, en un tiempo oportuno. Los miembros de equipos integrados proporcionan las habilidades y la atención apropiadas a todas las fases de la vida de los productos entregables y son colectivamente responsables de la entrega de los productos específicos.

ESTABLECER Y MANTENER: Las palabras establecer y mantener tienen una connotación que va más allá del significado de cada una de las palabras que la componen ya que incluyen la documentación y el uso.

ESTÁNDAR: Cuando el término estándar es usado como sustantivo dentro del modelo CMMI hace referencia a la norma, patrón o referencia que permite el desarrollo y/o uso consistente de algo, por ejemplo los estándares ISO, IEEE, estándares organizacionales.

EVALUACIÓN: Una evaluación es un estudio llevado a cabo internamente por una organización con el propósito de identificar mejoramientos de procesos tomando como referente el modelo CMMI.

GESTIÓN DE LA CONFIGURACIÓN: El propósito de la gestión de la configuración es establecer y mantener la integridad de los productos entregable mediante la identificación, control, estado e intervenciones de la configuración.

GESTIÓN DE REQUERIMIENTOS: Consiste en la administración de todos los requerimientos recibidos o generados por el proyecto, incluyendo requerimientos técnicos y no técnicos.

GESTIÓN DE RIESGOS: Proceso organizado y analítico para identificar y cuantificar los riesgos (causantes de daño o pérdida) e implementar mecanismos para prevenirlos.

GRUPOS DE INTERÉS (STAKEHOLDER): Un grupo de interés son aquellas personas o grupos responsables de una u otra forma por los productos a entregar. Estos grupos pueden ser: miembros del proyecto, proveedores, clientes, usuarios finales, entre otros.

GUÍA DE ADAPTACIÓN: Un proceso de adaptación consiste en adecuar o ajustar una descripción de un proceso con un propósito determinado. Por ejemplo un proyecto define sus procesos (etapas), a partir de un conjunto estándar de procesos, adaptándolos a los objetivos, restricciones y ambiente específico del proyecto.

El conjunto estándar de procesos organizacionales generalmente están descritos a nivel general y deben ser adaptados para que sean útiles para los proyectos. La guía de adaptación determina que componentes del proceso pueden ser modificados y cuales no.

INSTITUCIONALIZACIÓN: La institucionalización es una dimensión importante de cada uno de los niveles de capacidad que implica que el proceso está incorporado de la misma forma en que el trabajo es ejecutado.

MADUREZ ORGANIZACIONAL: El grado en el cual una organización tiene procesos explícita y constantemente desplegados que están documentados, administrados, medidos, controlados, y continuamente mejorados. La madurez organizacional se puede medir por medio de evaluaciones.

MEDICIONES DEL PROCESO: Conjunto de definiciones, métodos, y actividades usadas para realizar mediciones de un proceso y sus productos resultantes con el fin de caracterizar y entender el proceso.

MEJORA DEL PROCESO: Programa de actividades diseñadas para mejorar el desempeño y madurez de los procesos de la organización, y los resultados de tal programa.

METAS ESPECÍFICAS: Las metas específicas se aplican a un área de proceso y determinan las características únicas de lo que debe ser implementado para satisfacer el área de proceso. Las metas específicas son componentes requeridos del modelo y se utilizan en las evaluaciones para

ayudar a establecer el cumplimiento de un área de proceso. Cada meta tiene asociado, por lo menos, una práctica de nivel 1 de capacidad.

METAS GENÉRICAS: Cada nivel de capacidad tiene solamente una meta genérica que describe la institucionalización que la organización debe alcanzar en ese nivel de capacidad, es decir la manera incorporada y desplegada de hacer los procesos que una organización sigue rutinariamente como parte de su cultura corporativa para garantizar la efectividad, repetibilidad y perdurabilidad de los mismos dentro de cada nivel de capacidad.

MODELO DE CICLO DE VIDA: Partición de la vida de un producto en fases que dirigen el proyecto desde la identificación de necesidades del cliente hasta el retiro del producto.

MODELO CMMI: Existen múltiples modelos de CMMI dado que el marco de referencia habilita la generación de diferentes modelos dependiendo de las necesidades específicas de cada organización. El término modelo de CMMI puede significar un modelo, varios modelos o la colección completa de posibles modelos que pueden ser generados.

NIVEL DE CAPACIDAD: Logro de la mejora del proceso dentro de un área de proceso individual. Un nivel de capacidad está definido por las prácticas específicas y genéricas apropiadas para un área de proceso.

NIVEL DE MADUREZ: Un nivel de madurez consiste en un conjunto de áreas de proceso dentro de las cuales se mide el logro de las metas genéricas y específicas asociadas a dicho nivel. Esto es, una organización alcanza un nuevo nivel de madurez cuando se establecen o transforman un conjunto de nuevas prácticas para obtener nuevas capacidades y resultados que la organización no tenía en el nivel anterior.

OBJETIVO: Dentro del contexto de CMMI el término objetivo es usado como sinónimo de meta.

ORGANIZACIÓN: Una organización es regularmente una estructura administrativa en la cual varias personas administran colectivamente uno o más proyectos como un todo. Adicionalmente estos proyectos comparten un administrador *senior* y operan bajo las mismas políticas. No obstante, dentro del contexto de CMMI la palabra organización puede ser aplicada tanto a una persona que ejecuta una función, en una organización pequeña, como a un grupo de personas que ejecutan la misma función en una organización grande.

PARTICIPANTES DE LA EVALUACIÓN: Miembros de la unidad organizacional que participan en la entrega de información durante la evaluación.

POLÍTICA ORGANIZACIONAL: Principio establecido por la gerencia mayor que es adoptado por una organización para influenciar y determinar la toma de decisiones.

PROCESO: Dentro del contexto de CMMI, un proceso es un conjunto de actividades que pueden ser reconocidas como implementaciones de prácticas del modelo CMMI. Estas actividades pueden ser mapeadas a una o más prácticas de las áreas de procesos de CMMI para que sean útiles en el mejoramiento de procesos y las valoraciones.

PROCESOS ADMINISTRADOS: Un proceso administrado es un proceso que es planeado y ejecutado de acuerdo con las políticas. Utiliza las personas con las habilidades requeridas quienes tienen los recursos adecuados para producir y controlar los resultados. Involucra los grupos de interés relevantes. Monitorea, controla y revisa. El proceso administrado es evaluado sistemáticamente para determinar su coherencia con la descripción existente.

PROCESO CAPAZ: Proceso que puede satisfacer la calidad específica del producto, la calidad del servicio, y objetivos de desempeño del proceso.

PROCESOS DEFINIDOS: Un proceso definido es un proceso administrado que es adaptado del conjunto organizacional de procesos estándar de acuerdo a la guía de adaptación. Tiene una descripción de proceso que se mantiene actualizada. Los procesos definidos de un proyecto proveen las bases para la planeación, ejecución y mejoramiento de las actividades y tareas del proyecto.

PROCESO ESTÁNDAR: Definición operacional del proceso básico que guía la realización de un proceso común en una organización. [ISO/IEC 15504-9] Un proceso estándar describe los elementos fundamentales del proceso, que se esperan que estén incorporados en cualquier proceso definido. También describe las relaciones entre estos elementos del proceso.

PROCESO PLANEADO: Proceso documentado por una descripción y un plan. La descripción y el plan deben ser coordinados, y el plan debe incluir estándares, requerimientos, objetivos, recursos, asignaciones, etc.

PRODUCTO: La palabra "producto" se utiliza a través del CMMI para significar cualquier salida tangible o el servicio que es resultado de un proceso y que se va a entregar a un cliente o a un usuario final. Un producto es un producto entregable que se entrega al cliente.

PRODUCTOS DE TRABAJO: El término producto entregable es usado dentro del contexto de CMMI para determinar cualquier artefacto producido por un proceso, entre los cuales se incluye: archivos, documentos, componentes de producto, servicios, procesos, especificaciones, y facturas. El producto final entregado al cliente hace parte de los productos entregables. Una característica distintiva entre productos entregables y componentes de producto es que un producto entregable no tiene que estar ensamblado o ser parte del producto final.

PROVEEDOR: (1) Entidad que entrega productos o que presta los servicios que son adquiridos. (2) Un individuo, sociedad, compañía, corporación, asociación, u otro servicio con el que se tienen acuerdos (contratos) para el diseño, desarrollo, fabricación, mantenimiento, modificación, o provisión de elementos bajo los términos de un acuerdo (contrato).

PROYECTO: Dentro del contexto de CMMI, un proyecto es un conjunto de recursos interrelacionados que entrega uno o más productos a un cliente o usuario final. El proyecto tiene definido claramente su inicio y su finalización, y generalmente opera bajo un plan documentado que contiene: el producto o servicio a entregar, recursos, presupuesto, actividades y un cronograma de trabajo.

REPRESENTACIÓN CONTINUA: Una estructura del modelo de capacidad y madurez en donde los niveles de capacidad proporcionan una orden recomendada para lograr la mejora del proceso dentro de cada área de proceso especificada.

REPRESENTACIÓN POR ETAPAS: Una estructura modelo en donde lograr las metas de un conjunto de áreas de proceso establece un nivel de madurez; cada nivel construye una base para los niveles subsecuentes.

REQUERIMIENTO: (1) Condición o capacidad que necesita un cliente o usuario para solucionar un problema o alcanzar un objetivo. (2) Condición o capacidad que debe poseer un producto o componente para resolver o satisfacer un contrato, un estándar, una especificación, o un documento impositivo (3) una representación documentada de una condición o de una capacidad como en (1) o (2). [IEEE 610,12-1990]

REQUERIMIENTOS DEL PRODUCTO: Traducción de las necesidades del cliente en términos de los desarrolladores del producto, lo que permite hacer explícitos los requerimientos. El desarrollador utiliza los requerimientos para diseñar y construir el producto.

REVISIÓN DE PARES: El término revisión de pares es usado dentro del modelo de CMMI como sinónimo de inspección de productos entregables y su objetivo es identificar anomalías y eliminarlas.

SUB-PRÁCTICAS: Las sub-prácticas son descripciones detalladas que proveen una guía de interpretación de las prácticas genéricas o específicas. Aunque las prácticas están redactadas de forma mandatoria, son componentes informativos del modelo cuyo objetivo es proveer ideas para el mejoramiento de los procesos.

SUITE DE PRODUCTOS DE CMMI: El conjunto de productos de CMMI incluye: el marco de referencia, modelos, métodos de valoración, material de valoración, y entrenamiento.

UNIDAD ORGANIZACIONAL: Parte de una organización que puede ser sujeto de una evaluación (también conocida como el alcance organizacional de la evaluación). Una unidad organizacional despliega unos o más procesos y funciona dentro de un conjunto coherente de objetivos del negocio. Una unidad organizacional es generalmente parte de una organización más grande, aunque en una organización pequeña, la unidad organizacional puede ser toda la organización.

VALIDACIÓN: La validación confirma que el producto final cumple el propósito para el cual fue construido. Es decir "se construyó lo correcto".

VALORACIÓN: Una valoración consiste en un estudio certificado de uno o más procesos para determinar sus fortalezas y debilidades, llevado a cabo por un equipo profesional entrenado y certificado por el SEI.

VERIFICACIÓN: La verificación consiste en confirmar que los productos entregables reflejen apropiadamente los requerimientos especificados, es decir "asegura que" se construyó correctamente".

GLOSARIO INDUSTRIA DEL SOFTWARE

ALCA: Área de Libre Comercio de las Américas

CARG: Tasa compuesta de Crecimiento Anual.

La tasa compuesta de crecimiento anual es el índice de crecimiento anual medio de un excedente de inversión en un período de tiempo específico

$$CARG = ((\text{El Valor del final} / \text{comienza Valor}) \exp (1/N)) - 1$$

CPC: Clasificación Central de Productos. Nomenclatura de productos

C.P.C. A.C : Clasificación Central de Productos Adaptada para Colombia

FOB: Siglas en inglés de "libre a bordo" o "puesto a bordo" (free on board). Término que describe la forma de tasar un bien cuando en el precio del mismo no se incluyen los costos de exportación asociados a su traslado, como seguros y fletes, por ejemplo. En el cómputo de la balanza comercial, generalmente, las exportaciones se valoran según sus precios FOB

IDC: International Data Corporation (IDC) es el principal proveedor mundial de inteligencia de mercado, servicios consultivos y eventos para las industrias de la tecnología de la información y las telecomunicaciones.

PIB: El **Producto Interno (o Interior) Bruto** o **PIB** es el valor monetario total de la producción corriente de bienes y servicios de un país durante un período (normalmente es un trimestre o un año). El PIB es una magnitud de flujo, pues contabiliza sólo los bienes y servicios producidos durante la etapa de estudio.

T.I tecnología de la Información comprende todas las formas de tecnología empleadas para crear, almacenar, intercambiar y usar información en sus variadas formas (datos, información, voz, imágenes)

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- [1] Crisis Mary Beth, Konrad Mike, Shrum Sandy (2003) CMMI Guidelines for Process Integration and Product Improvement
- [2] Empresas Colombianas se Gradúan en CMMI. Proexport 23 Junio 2006 Disponible en <http://www.proexport.com.co/vbecontent/newsdetail.asp?ID=6858&IDCompany=16&Source=ExpiredNews>
- [3] Notiexport 25. Agosto 2005. Disponible en <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo4835DocumentNo4159.PDF>
- [4] Sitio web oficial de Software Engineering Information Repository. Lista de Resultados de Valoración SCAMPI disponible en http://seir.sei.cmu.edu/PARS/pars_list_iframe.asp
- [5] Colombia Compite. Número de Empresas y Personal Ocupado. Disponible en www.colombiacompite.gov.co/site/redesf.asp?idcatinfo=1055&idsub=322
- [6] Notiexport No. 19 Febrero 2005 disponible en www.proexport.com.co/VBeContent/NewsDetail.asp?Source=ExpiredNews&ID=4096&IDCompany=16
www.proexport.com.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo1275DocumentNo3516.PDF
- [7] SCAMPI, 2001. *Standard CMMI Appraisal Method for Process Improvement*. Disponible en <http://www.sei.cmu.edu/pub/documents/01.reports/pdf/01hb001.pdf>, página consultada en 10/05/2007
- [8] CMM-Quest, 2001. *Self assessment tool*, HM&S IT-Consulting GmbH. Demo Disponible en el sitio de la empresa, <http://www.cmm-quest.com/>, página consultada en 10/05/2007.
- [9] IME Toolkit, 2003. *Interim Maturity Evaluation Toolkit*, Management Information Systems. Disponible en <http://www.man-info-systems.com/>, página consultada en 10/05/2007.
- [10] Appraisal Wizard, 2003. *Formal or informal appraisal tool*, Integrated System Diagnostics Incorporated. <http://www.isd-inc.com/appraisals/>, página consultada en 10/05/2007.
- [11] Herramientas para auto-asesoría y auto-evaluación CMM – CMMI disponible en http://www.navegapolis.net/index.php?option=com_content&task=view&id=346, página consultada en 10-05-2007
- [12] Herramienta *Evaluación asistida de CMMI-SW* disponible en <http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/tesisdemagisterterminadas.htm> consultada en 10-05-2007
<http://www.itba.edu.ar/capis/webcapis/tesisdemagister/peralta-tesisdemagister.pdf>
- [13] Manuel de la Villa, Mercedes Ruiz: Isabel Ramos *Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo* disponible en www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/DelaVillaadis2004.doc consultada en 20-05-2007
- [13] Manuel de la Villa, Mercedes Ruiz, Isabel Ramos Artículo Académico(2004) *Modelos de Evaluación y Mejoras de Procesos: Análisis Comparativo* Disponible en <http://www.sc.ehu.es/jiwdocoj/remis/docs/DelaVillaadis2004.doc> Consultada en 20-05-2007
- [14] Wang Y., Court I., Ross M., Staples G., King G. and Dorling A.: *Towards Software Process Excellence: A survey report on the best practices in the software industry*, ASQ Journal of Software Quality Professional, Vol. 2, No. 1, Dec., pp.34-43 (1999)
- [15] Mutafelija B., Stromberg H.: *Systematic Process Improvement using ISO 9001:2000 and CMMI*. Artech House Computing Library. (2003)
- [16] Kulpa M.K., Johnson K.A.: *Interpreting the CMMI: A Process Improvement Approach*. Auerbach Publications (2003)
- [17] Bach J.: *The Inmaturity of CMM*. American Programmer (Sept. 94)
- [18] Adler P.S.: *Practice and Process: The Socialization of Software Development*. MOR Working Paper Series 03-12. Univ. Southern California
<http://www.si.umich.edu/ICOS/adlerpaper.pdf> (2003)
- [19] Deming, W. E.: *Out of the Crisis*. Cambridge, MA: MIT Center for Advanced Engineering (1986)
- [20] Juran J. M.: *Planning for Quality*. New York: Macmillan (1988)
- [21] Humphrey, W. S.: *Managing the Software Process*. Reading, MA: Addison-Wesley (1989)
- [22] Software Engineering Institute: *The Capability Maturity Model: Guidelines for Improving the Software Process*. Reading, MA: Addison-Wesley (1995)

- [23] Fedesoft, *Descripción del sector del Software – Análisis del Mercado*, disponible en <http://www.proexport.com.co/vbecontent/library/documents/DocNewsNo1458DocumentNo4146.PDF>, consultada en Junio-2007
- [24] Ministerio de Comercio Industria y Turismo, Marzo 2004, *Sector de Software y servicios Asociados: Dirección de Productividad y Competitividad* Disponible en <http://www.colombiacompite.gov.co/archivos/Presentacion-Software%20y%20Servicios%20Asociados.pdf> consultada en Junio 2007
- [25] CATI, Abril 2004 Situación Actual de la Informática en Colombia
- [26] Proexport *Colombia Perfil Sectorial: Servicios a las Empresas* www.proexport.com.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo5709DocumentNo5583.PDF
- [27] Fedesoft, Estructura del Sector de TI en Colombia, disponible en <http://www.proexport.com.co/VBecontent/library/documents/DocNewsNo1458DocumentNo4146.PDF>, consultada en Mayo -2007
- [28] Fedesoft *La Industria del Software y Tecnologías Informáticas Relacionadas – ISTIR, Es la Solución para Colombia*, disponible en www.colombiadigital.net/informacion/docs/fedeMar16.pdf, consultada el 21-05-2007
- [29] Serrano Castaño, Carlos Enrique. (2003) "Un Modelo Integral para un Profesional en Ingeniería" Universidad del Cauca
- [30] Méndez A Carlos E. (2001). Metodología Diseño y Desarrollo del proceso de investigación. Mc Graw Hill Tercera Edición.
- [31] Sitio oficial Calibrum disponible en <http://www.calibrum.com/Default.asp>
- [32] Michel Godet. (Enero 2007) Prospectiva Estratégica: Problemas y Métodos. Cuaderno No 20. disponible en <http://www.cnam.fr/lipsor/recherche/laboratoire/data/Cajadeherramientas2007.pdf>
- [33] Sitio web RCCS Red Colombiana de Calidad de Software disponible en http://rccs.cidlisuis.org/index.php?option=com_content&task=view&id=19&Itemid=22