

# Desarrollo de un Método de Diagnóstico para Evaluación de la Madurez en PyMEs de la Industria del Software <sup>1</sup>

Alicia Mon<sup>1</sup>, Marcelo Estayno<sup>1</sup>, Andrea Arancio<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Ingeniería de Software (G.I.S.), Universidad Nacional de La Matanza, Florencio Varela 1903, San Justo, Buenos Aires. Argentina  
{aliciamon, mestayno}@fibertel.com.ar,  
{andrea.arancio}@gmail.com

**Abstract.** The growth of the software industry has focused on the Ibero-American countries, in a productive structure of small and medium companies of software development, that need to initiate improving-quality ways to take a competitive position in the national and international markets. The maturity models that are used to improve processes, such as CMMI and / or ISO Quality Standards are complex in their understanding, difficult to implement and costly for small and medium companies of this sector. That is why the process of maturity in these organizations is still in a critical condition. In this moment, the CompetiSoft Model of Process [1] is being developed and adjusted as a proposal to improve quality in small organizations, aimed at defining and improving their processes, with an adaptable model, understandable and accessible costs.

The present article shows the results of the development and implementation of a diagnostic tool based on the CompetiSoft Model, to conduct an initial assessment and establish a process of improvement that fits in an appropriate manner to the needs of these Latin American companies.

**Keywords:** Maturity Models. PyMEs. Quality Models.

## 1 Introducción

La calidad del software es particularmente importante para equipos que desarrollan sistemas grandes y complejos. Para esto existen diferentes Modelos de Proceso Software y Normas de Calidad con los que las empresas de desarrollo pueden medir o certificar sus procesos de desarrollo (ISO/IEC 15504-2, ISO 90003, CMMI) [2], [3], [4] pero los mismos son tan complejos en su implementación para las Pequeñas y

---

<sup>1</sup> El presente trabajo está enmarcado dentro del proyecto 506AC0287-COMPETISOFT - Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria de Software de Ibero América - del programa CYTED (Ciencia y Tecnología para el Desarrollo).

Medianas empresas de la industria del software, que las mismas se encuentran con serias dificultades a la hora de adecuar sus actividades para conducir a sus organizaciones en un proceso de certificación. Para este tipo de empresas debe adoptarse algún tipo de práctica que permita trabajar con normas de calidad adaptadas a su entorno [5].

El Modelo de Procesos CompetiSoft [6] que se desarrolla en forma colaborativa por grupos de investigación iberoamericanos pretende apoyar a las pequeñas y medias empresas (PyMEs) en la estandarización de sus prácticas, en la evaluación de su efectividad y en la integración de la mejora continua. Las prácticas están sintetizadas en un conjunto de procesos que abarcan las responsabilidades asociadas con la organización: Alta Dirección, Gestión y Operación.

En este artículo se presenta el Instrumento de Diagnóstico “IDCompetiSoft”, desarrollado para realizar una evaluación inicial y establecer un proceso de mejora basado en los procesos de Operación del Modelo CompetiSoft, así como también se presenta la validación del método a través de su aplicación en un conjunto seleccionado de empresas de la industria del software.

## 2 Modelo de Referencia de Procesos

El Modelo de referencia de Procesos CompetiSoft [7] tiene una estructura de 3 (tres) categorías que abarcan las responsabilidades asociadas con la organización: Alta Dirección, Gerencia y Operación. Dentro de cada categoría se definen un conjunto de procesos que incluyen prácticas y roles específicos.

La categoría 1- Alta Dirección, aborda las prácticas relacionadas con la Gestión del Negocio, proporciona los lineamientos a los procesos de la categoría de Gerencia y se retroalimenta con la información generada por ellos. La categoría 2-Gerencia, aborda las prácticas de Gestión de Procesos, Proyectos y Recursos en función de los lineamientos establecidos en el nivel de Alta Dirección y proporciona los elementos para el funcionamiento de los procesos de la categoría de Operación, recibe y evalúa la información generada por éstos y comunica los resultados a la Alta Dirección.

La categoría 3- Operación se subdivide en dos procesos, Administración de Proyectos Específicos y Desarrollo y Mantenimiento de software. El primer proceso busca establecer y llevar a cabo sistemáticamente las actividades que permitan cumplir con los objetivos de un proyecto en tiempo y costo esperados. El segundo, apunta a la realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, integración y pruebas de productos de software nuevos o modificados cumpliendo con los requerimientos especificados. En este nivel se realizan las actividades de acuerdo a los elementos proporcionados por el nivel de Gerencia y entrega a ésta la información y productos generados.

Estas tres categorías se encuentran relacionadas entre sí a través de los diferentes procesos y los productos de entrada que cada uno requiere y de salida que cada uno genera.

La siguiente Figura 1 presenta el esquema del conjunto de procesos por categoría que define el modelo CompetiSoft:

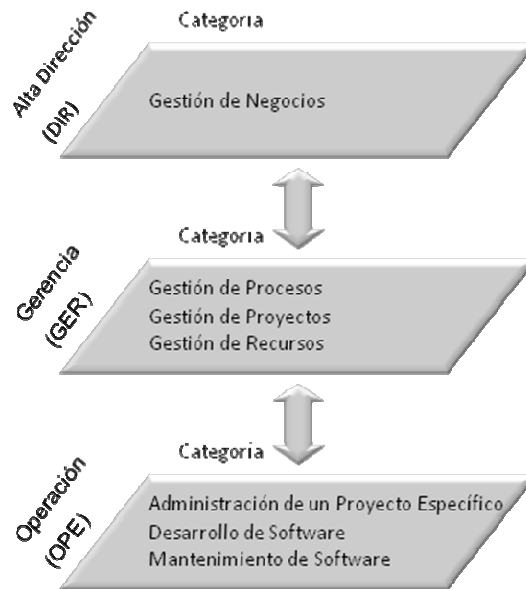


Fig. 1. Estructura del Modelo CompetiSoft

Para alcanzar diferentes niveles de madurez, CompetiSoft propone un esquema de seis niveles de capacidad, alcanzables por una empresa de desarrollo de software: 0- sin proceso definido, 1-Realizado, 2-Gestionado, 3-Establecido, 4-Predecible y 5-Optimizado. El Modelo identifica cada nivel de capacidad con un color diferente. Los colores sugieren un ordenamiento de la implementación de las prácticas de los procesos de CompetiSoft, partiendo de las actividades básicas, correspondientes al nivel 1-Realizado, e incorporando sucesivas prácticas que corresponden al resto de los niveles más avanzados.

La siguiente Tabla 1 refleja la correspondencia entre los niveles de capacidad de procesos y los colores que los representan.

Tabla 1. Niveles de madurez del Modelo CompetiSoft

Nivel	Capacidad de proceso	Color
1	Realizado	Amarillo
2	Gestionado	Azul
3	Establecido	Verde
4	Predecible	Rosa
5	Optimizado	Ninguno

El Modelo de referencia, contiene un Modelo de Mejora PMCompetiSoft [7], basado en Agil SPI [8], que se caracteriza por ser un modelo ligero con el fin de facilitar su aplicabilidad en las PyMEs desarrolladoras de software.

El Instrumento de Diagnóstico “IDCompetiSoft”, ha sido desarrollado para realizar un análisis inicial de la madurez en una organización, en una instancia del Proceso de Mejora del PMCompetiSoft. Este instrumento, contiene un conjunto de cuestionarios orientado a los Procesos de Operación del Modelo CompetiSoft, que incluye el Proceso de Administración de Proyectos Específicos (OPE1) y el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software (OPE2) y un método definido para la implementación de los cuestionarios, de manera tal que permita realizar una evaluación inicial sobre las prácticas realizadas por una organización y el inicio de un ciclo de mejora.

La implementación del IDCompetiSoft permite realizar un diagnóstico inicial, para poder instalar un Proceso de Mejora, comenzando con la definición de la estructura de Roles de una organización, los Productos de trabajo que utiliza en el momento del diagnóstico y las herramientas que dispone como soporte a la gestión y al desarrollo.

### 3 Método IDCompetiSoft

El Método IDCompetiSoft es iterativo incremental y debe aplicarse desde dos aspectos, uno cuantitativo y otro cualitativo. Comienza por la realización del análisis cuantitativo, luego el análisis cualitativo y en base al resultado del mismo propone Recomendaciones, aplica un ciclo de mejora y vuelve a iniciar el ciclo con el siguiente incremento de análisis. El método finaliza cuando se llega a cumplir el nivel de madurez deseado por la empresa que encara este proceso de mejora.

El aspecto cuantitativo permite detectar cual es el porcentaje de realización de las actividades en cada uno de los niveles de capacidad y para cada una de las fases, aplicando un conjunto de cuestionarios desarrollados para tal fin, que evalúan la evidencia objetiva a través de documentación, sistematización, y asignación de responsabilidades por medio de la designación de Roles para cada actividad.

El segundo aspecto, es cualitativo debe permitir detectar el enlazamiento entre las actividades de Administración de Proyectos Específicos y las actividades de desarrollo y Mantenimiento de software con los Roles, Productos de Trabajo y herramientas disponibles, utilizadas por la empresa en el momento del diagnóstico.

El Método en su primera etapa de Diagnóstico, permite establecer la visión general de la organización en busca de evidencia objetiva, para luego comenzar a diagnosticar el nivel de madurez de una organización aplicando el conjunto de cuestionarios para el primer nivel de Madurez en una organización, siguiendo los siguientes pasos:

Paso 1 Visión General: Establecer Roles, Productos de Trabajo y Herramientas que utiliza la organización en el momento del Diagnóstico.

Paso 2 Diagnóstico OPE2: Responder el cuestionario del Proceso OPE2 para el primer nivel de madurez del Método CompetiSoft, Realizado.

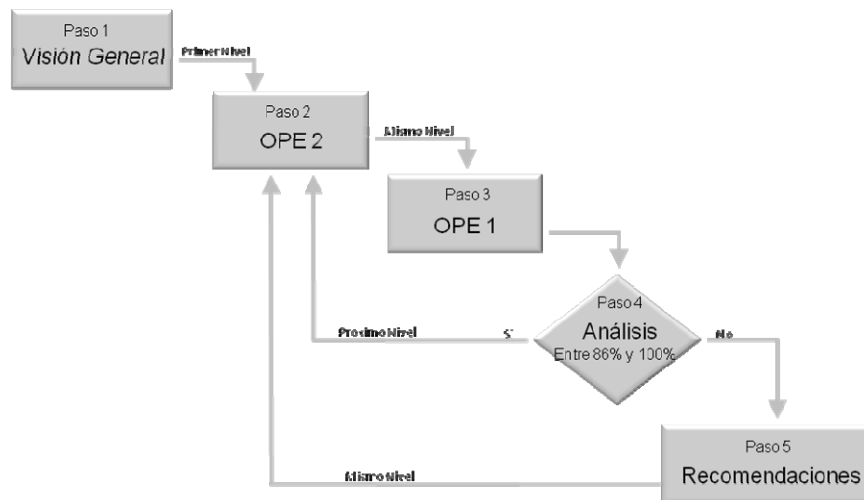
Paso 3 Diagnóstico OPE1: Responder el cuestionario del Proceso OPE1 para el primer nivel de madurez del Método CompetiSoft, Realizado.

Paso 4 Análisis Cuantitativo: Realizar el Análisis Cuantitativo de ambos cuestionarios, si el resultado esta entre el 86% y el 100% de respuestas positivas, se debe volver al Paso 2 para comenzar con el siguiente nivel de madurez.

Paso 5 Análisis Cualitativo: Realizar el Análisis Cualitativo de ambos cuestionarios, definiendo cuales son los Roles, Productos de Trabajo y vinculación entre Procesos que deben ser mejorados.

Paso 6 Recomendaciones: En base al Análisis deben establecerse las Recomendaciones y los objetivos propuestos para un ciclo de mejora.

La siguiente Figura 2 muestra los pasos a seguir con la aplicación de los cuestionarios según el Método IDCompetiSoft.



**Fig. 2.** Ciclo de Aplicación Método IDCompetiSoft

Los cuestionarios abarcan, para cada práctica, las instancias básicas que deben ser cubiertas. Cada práctica definida en el Modelo se integra con un conjunto de preguntas que procura identificar cuanto y como se realiza dicha práctica, lo que implica relevar información sobre la ejecución y la evidencia objetiva. Asimismo, cada pregunta corresponde a un nivel de madurez, que se representa en forma coloreada. El color de cada pregunta está asociado con el Nivel de capacidad del Modelo de referencia.

El cuestionario para el Proceso de Administración de Proyectos Específicos OPE1 [9], [10], [11] ha sido desarrollado en base a las actividades planteadas por este proceso específico, que se divide en 4 fases: 1.- Planificación, 2.-Realización, 3.- Evaluación y Control y 4.-Cierre, conformando un total de 323 preguntas divididas en las 4 Fases descriptas.

La distribución de las preguntas por cada una de las Fases para el Proceso OPE1, se presenta en la siguiente Tabla 2.

**Tabla 2.** Cantidad de preguntas por Fase OPE1.

Fases	Modelo Cantidad de	Cuestionario Cantidad de
-------	-----------------------	-----------------------------

	Actividades	Preguntas
Planificación	18	150
Realización	11	97
Evaluación y Control	3	44
Cierre	4	32

El color de cada pregunta asociado con el Nivel de capacidad del Modelo, para el Proceso OPE1 se distribuye de la siguiente manera, tal como se presenta en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Cantidad de preguntas por nivel de madurez OPE1.

Nivel	Capacidad de proceso	Cantidad de respuestas
1	Realizado	62
2	Gestionado	103
3	Establecido	144
4	Predecible	9
5	Optimizado	

El cuestionario para el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento de Software OPE2 ha sido desarrollado en base a las actividades planteadas por este proceso específico, que se divide en 8 fases: 1.-Inicio, 2.-Requisitos, 3.-Análisis, 4.-Diseño, 5.-Construcción, 6.-Integración, 7.-Pruebas y 8.-Cierre, conformando un total de 732 preguntas divididas en las 4 Fases descriptas.

La distribución de las preguntas por cada una de las Fases para el Proceso OPE1, se presenta en la siguiente Tabla 4.

**Tabla 4.** Cantidad de preguntas por Fase OPE2.

Fases	Modelo Cantidad de Actividades	Cuestionario Cantidad de Preguntas
Inicio	2	14
Requisitos	17	143
Análisis	11	108
Diseño	13	114
Construcción	6	58
Integración	4	55
Pruebas	20	164
Cierre	9	68

El color de cada pregunta asociado con el Nivel de capacidad del Modelo, para el Proceso OPE2 se distribuye de la siguiente manera, tal como se presenta en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Consultora de Desarrollo de Software, Mediana.

Nivel	Capacidad de proceso	Cantidad de respuestas
1	Realizado	184
2	Gestionado	239
3	Establecido	301
4	Predecible	
5	Optimizado	

El cuestionario debe ser aplicado en una empresa para realizar la primera aproximación sobre la realización del conjunto de Actividades que define el Modelo para el Proceso.

#### 4 Validación del Método

La validación del Método IDCompetiSoft se llevo a cabo mediante la aplicación del mismo a través del Grupo de Ingeniería de Software (GIS) en 28 (veinte y ocho) empresas y diferentes grupos de desarrollo.

La implementación del método permitió realizar diferentes análisis de los resultados obtenidos tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. El primero de ellos, muestra a nivel cuantitativo el estado en que se encuentran los procesos de Gestión de cada una de las 28 organizaciones analizadas con respecto a los procesos definidos en el Modelo de Referencia CompetiSoft. El análisis cualitativo, describe que actividades están faltando realizar a cada organización del Proceso de Administración de Proyectos Específicos para poder llegar a un cierto nivel de capacidad.

La aplicación del Método IDCompetiSoft se realizo a través de la implementación del mismo con excepción del Paso 2, aplicación del cuestionario OPE2 que comprende el Proceso de Desarrollo y Mantenimiento, debido a que este se encontraba en la etapa de desarrollo.

La implementación del método se realizo en 28 (veinte y ocho) empresas y grupos de desarrollo diferentes, dentro de las cuales se ha encontrado: 11 (once) empresas grandes, 9 (nueve) empresas medianas, 7 PyMEs y un Organismo Público, lo que ha permitido lograr una base de datos que permite analizar de forma más detallada el Modelo CompetiSoft y el Método IDCompetiSoft.

Las empresas en las que se aplicó el método han seleccionado un proyecto específico, conformado por un equipo de desarrollo, para poder medir la ejecución de las prácticas que define el modelo. Las características principales de los proyectos en los que se ha probado IDCompetiSoft como un instrumento de diagnóstico.

Los resultados de la aplicación del Método IDCompetiSoft, han permitido realizar un análisis cuantitativo y cualitativo sobre las actividades del Proceso de Administración de Proyectos Específicos del Modelo CompetiSoft.

#### 4.1 Análisis Cuantitativo

A partir de la aplicación del cuestionario OPE1 y el análisis cuantitativo, se ha realizado un análisis comparativo entre los resultados obtenidos de las diferentes empresas y los porcentajes de respuestas obtenidas para cada nivel, tal como presenta la Tabla 6, en la cual se muestra el resultado promedio obtenido de la cantidad de respuestas positivas respondidas por la totalidad de las 28 empresas evaluadas en cada uno de los niveles de madurez del Proceso.

**Tabla 6.** Porcentaje de respuestas obtenidas en cada nivel de capacidad de procesos del cuestionario OPE1.

Nivel	Capacidad de proceso	Porcentaje
1	Realizado	59%
2	Gestionado	48%
3	Establecido	32%
4	Predecible	23%
5	Optimizado	

Del análisis de los resultados de la aplicación del cuestionario OPE1 en las empresas seleccionadas, se detecta que, comenzando con el análisis del nivel 1 de Madurez (Realizado - color amarillo), en promedio cumplen con un 59% en la realización de las Actividades especificadas por el Proceso de Administración de Proyectos Específicos, así como con la documentación que las mismas requieren para su sistematización.

De las Actividades del Proceso definidas para el nivel 2 – Gestionado (Azul), el promedio extraído de la capacidad de dicho nivel es del 48%. No obstante, una parte de estas actividades no quedan documentadas debidamente.

Si bien estos promedios indican que no existe un salto cuantitativamente significativo entre la Realización (59%) y la Gestión (48%) de las actividades definidas por el Modelo, existe una diferencia importante a la hora de analizar cada uno de los casos dependiendo del tipo de organización de que se trate. Por otra parte, en general se evidencia una notable diferencia entre los niveles de madurez más elevados como son los niveles 3-Establecido (verde) con un promedio del 32% y del Nivel 4-Predecible (rosa) con un 23% en la realización de las actividades del Proceso.

#### 4.2 Análisis Cualitativo

En el análisis cualitativo de cada una de las empresas diagnosticadas, se presenta las actividades faltantes de cumplimiento detectadas a partir de los resultados obtenidos en el cuestionario OPE1 y en el análisis cuantitativo. Este análisis se realiza sobre las actividades del nivel de capacidad que la empresa ha alcanzado y se divide por cada una de las fases en que están conformados los Procesos de la Administración de Proyectos Específicos. A continuación se realiza un detalle del análisis cualitativo para las 28 empresas diagnosticadas para el nivel de capacidad Realizado, respetando el

ordenamiento de aparición que se viene presentado en esta Tesis. En el mismo se especifica si la falta de cumplimiento es para toda la actividad o para parte de ella, y en dicho caso, se detalla qué parte es la faltante de cumplimiento.

Del análisis cualitativo de los resultados de la aplicación del cuestionario OPE1 en las empresas seleccionadas, se detecta que existen actividades que no se llevan a cabo en la mayoría de estas organizaciones. Dicho análisis contempla solamente a las 14 actividades incluidas en el nivel 1 de Madurez (Realizado - color amarillo). De las Actividades del Proceso definidas para dicho nivel, se observa diferentes rangos de variación del grado de incumplimiento de las actividades por parte de las empresas.

El primer rango varía entre el 96% y el 75 % de las empresas que no llevan a cabo una actividad. El segundo rango de incumplimiento se encuentra entre el 57% y el 43%. En el último rango, se observa un promedio menor al 8%.

Si bien estos resultados son significativos no se ha encontrado una similitud entre ellos en cuanto a que si no cumplen en forma completa con una actividad o solamente con parte de ella. Por esto, es importante analizar cada uno de los casos dependiendo del tipo de organización de que se trate.

## 5 Conclusiones y Trabajos Futuros

El Método de Diagnóstico IDCompetisoft presentado, ha sido desarrollado en base al Modelo de Procesos CompetiSoft y constituye un instrumento válido para realizar el diagnóstico inicial y la instalación de procesos de mejora en la gestión y desarrollo, aplicados por las empresas de la industria del software.

A partir de los resultados de la validación de la IDCompetisoft, se considera que con el modelo de referencia y el instrumento elaborado y aplicado, es posible identificar en las empresas evaluadas sus conductas de calidad en lo que hace a la Gestión de Proyectos.

La evaluación cuantitativa permite obtener una visión general de las prácticas realizadas por cada una de las empresas, a partir de la cual se puede avanzar en un análisis cualitativo que permita evaluar las actividades no realizadas, las relaciones entre las mismas y establecer un proceso de mejora definido desde un conjunto de recomendaciones.

Como trabajo a futuro, se está trabajando en la ampliación a otros procesos de la estructura del Modelo de Referencia del Instrumento de Diagnóstico y por otra parte en la validez y sencillez del Modelo Competisoft para su aplicación en pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software.

## Bibliografía

1. CYTED. Programa Ibero-Americano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo. <http://www.cyt.org>
2. ISO/IEC. ISO/IEC TR 15504. Information Technology – Software process assessment. International Organization for Standardization, International Electrotechnical Commission, 1998. <http://www.sel.iit.nrc.ca/spice>

3. ISO/IEC 9000-3:1997. Quality management and quality assurance standards. Part 3: Guidelines for the application of ISO 9001: 1994 to the development, supply, installation and maintenance of computer software. International Organisation for Standardization, ISO, 1997.
4. Capability Maturity Model® Integration (CMMISM), Version 1.1. CMMISM for Systems Engineering, Software Engineering, Integrated Product and Process Development, and Supplier Sourcing. (CMMI-SE/SW/IPPD/SS, V1.1). Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University. 2002.
5. Pino, F.; García, F; Piattini, M.: Adaptación de las normas ISO/IEC 12207:2002 e ISO/IEC 15504: 2003 para la evaluación de la madurez de procesos de software en países en desarrollo.
6. CompetiSoft. Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria del Software de Iberoamérica. Versión 0.2. Diciembre 2006. Proyecto COMPETISOFT 506PI287. CYTED.
7. Oktaba,H.; Piattini,M."Competisoft: Mejora de Procesos Software para pequeñas organizaciones", en *Fábricas de Software: experiencias, tecnologías y organizaciones*. Ed. Rama. Madrid, 2007.
8. Hurtado,J. Pino,F. y Vida., J. Software Process Improvement Integral Model: Agil SPI. Technical Report SIMEP-SW-O&A-RT-6-V1.0. Universidad del Cauca, Conciencias. Popayán, Colombia, 2005.
9. Estayno, M.; Mon, A; De Maria, E; Arancio, A, et al. Cuestionario para la evaluación de PyMEs desarrolladoras de Software. Administración de Proyectos Específicos. Informe Técnico. GIS Departamento de Ingeniería. UNLaM.
10. "Modelos de Madurez en la Industria del Software: Evaluación de un Modelo para Pequeñas y Medianas Empresas" 8th Argentinean Symposium on Software Engineering (ASSE 2007): ISSN 1850-2776, Pag. 195-206 ; Mar del Plata | Argentina; August 2007
11. "Madurez del Proceso Software en Pequeñas y Medianas Empresas de desarrollo de Software" IX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación; mayo de 2007 Trelew, Arg. ISBN 978-950-763-073-0 Pag. 420-424.