ESTIMACIÓN DEL ESFUERZO DE IMPLANTACIÓN EN SISTEMAS ERP *

Alicia Cano, Javier Tuya
Universidad de Oviedo, Departamento de Informática
Campus de Viesques, s/n 33204 Gijón, Spain
E-Mail : alicia.cano@coiipa.org, tuya@uniovi.es

Abstract: The implementation of Enterprise Resource Planning systems (ERP) can not be undertaken by using the same techniques that for the development of software since ERP systems are already developed applications that are implemented in an organization by means of parameterization and customization. Because of that, the classical measurement methods are not fully applicable to the estimation of the cost and effort of this kind of projects. This article presents an estimation model of ERP implementations that takes into account the characteristics of the standard package (functional and parameterization transactions), data migration, customization, reporting, as well as the user training. This model integrates function points and other models and adjustment factors that are used when other methods are not applicable.

Resumen: Los proyectos de sistemas de Planificación de Recursos Empresariales o ERP (Enterprise Resource Planning) no pueden acometerse con las mismas técnicas utilizadas para el desarrollo de software puesto que se trata de aplicaciones ya desarrolladas que son implantadas en una organización mediante su parametrización y personalización. Por ello, los métodos de medición clásicos no son del todo aplicables para la estimación del coste y esfuerzo de este tipo de proyectos. En este artículo se elabora un modelo para la estimación de implantaciones ERP que tiene en cuenta las características del paquete estándar (transacciones funcionales y de parametrización), la migración de datos, la personalización de la aplicación, la explotación de información, así como la formación a los usuarios. El modelo integra la utilización de puntos de función y otros modelos y factores de ajuste para las características en las que los métodos actuales no son aplicables.

Palabras clave: Estimación de proyectos, Puntos de Función, ERP, SAP R/3

1. INTRODUCCIÓN

La implantación de un software ERP (*Enterprise Resource Planning - Planificación de Recursos Empresariales*) en una organización es un proyecto de gran envergadura técnica y económica y de alto impacto en las estructuras de la empresa [Everdingen et. Al, 2000]. Las cifras que se

manejan en el mundo de las implantaciones ERP, y en particular, de SAP R/3 parecen impresionantes. Un estudio de Meta Group [META, 2000] sobre el coste de las implantaciones de software ERP analizó los proyectos de 63 organizaciones de varios tamaños, ofreciendo, entre otras, las siguientes conclusiones:

* Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia dentro del Plan Nacional de I+D+I, proyecto TIN2004-06689-C03-02 (IN2TEST).

- El tiempo medio de implantación de un software ERP es de 23 meses, pasando dos años y medio desde el comienzo del proyecto hasta que se empiezan a cuantificar beneficios
- El coste total de propiedad de una implantación se mueve en torno a \$15 millones, incluyendo dos años y medio de costes post-implantación. Las diferencias entre diferentes paquetes varían entre \$4 y \$40 millones
- Los proyectos exceden los costes planificados hasta en un 50% de lo inicialmente previsto.
- El 90% de los beneficios cuantificables se asocian a la reducción de costes.
- Aunque las organizaciones participantes en el estudio muestran un grado de satisfacción aceptable después de la implantación del software ERP, también afirman haber encontrado problemas. Los dos fallos de más gravedad manifestados por el estudio son considerar que el resultado final "no es lo prometido", que no se corresponde con lo planificado al comienzo del proyecto, y que existe una importante distancia en rendimiento, usabilidad y calidad entre el entorno de desarrollo utilizado durante la implantación y el entorno productivo.

Estas cifras proporcionan una idea de lo que significa para una organización entrar en un software ERP, y de la importancia que debiera darse a una estimación objetiva y sensata del esfuerzo necesario para tener éxito. Lamentablemente, en muchas ocasiones estos proyectos se ven como algo puramente informático y no se les dota de los recursos ni del enfoque adecuados [Austin y Nolan, 1999].

Un campo poco explorado es el de en la estimación y medición del *coste de la implantación* de un software ERP. El término "coste" no se refiere exclusivamente al desembolso económico que requiere un proyecto así, sino a la estimación del *esfuerzo* en recursos técnicos y humanos, en conocimiento y en tiempo necesarios para llevar a puerto un cambio tecnológico de esta envergadura.

Entre las técnicas de medición y estimación del coste comúnmente utilizadas [Dolado y Fernández, 2000], se encuentran las de puntos de función. Sin embargo, éstas técnicas se refieren al desarrollo de software y no encajan del todo en la idiosincrasia del ERP que, como software propiamente dicho, ya está desarrollado y cuya implantación en un cliente final ha de contemplarse más bien desde la óptica

del *mantenimiento*. Aunque el responsable del proyecto ERP tuviera a su alcance herramientas prácticas de medición y estimación del coste de la implantación para permitirle administrar los siempre escasos recursos de forma óptima, nada de esto es útil si no se tiene claro *qué se ha de medir*. En la práctica muchos directores y jefes de proyecto planifican el proyecto y asignan los recursos de forma intuitiva, utilizando su conocimiento de las organizaciones y su experiencia previa. La pregunta que se plantea es si existe una técnica o combinación de técnicas que sustituyan a la intuición y lo más importante, si pueden aplicarse con éxito.

Para el responsable de un proyecto ERP la primera necesidad es la visualización global del proyecto, y su descomposición en áreas, cada una de las cuales estará compuesta de un conjunto de puntos más o menos críticos. Identificados éstos, su nivel de criticidad y el método de resolución que mejor puede aplicárseles, se puede empezar a estimar el esfuerzo necesario para ello y por tanto, sumando esfuerzos, calcular, medir, el coste del proyecto.

El objetivo de este trabajo es en primer lugar, identificar y delimitar el problema, analizando las partes en que se divide un proyecto de implantación ERP y en concreto de SAP R/3, basada en la experiencia en implantaciones en este entorno. En segundo lugar, recurrir a los trabajos sobre medición y estimación de software, tanto dentro como fuera del mundo ERP, para buscar métodos aplicables y proponer alternativas allí donde se haya observado que las técnicas existentes no tienen validez.

El artículo está estructurado en las siguientes secciones además de esta presentación: en la sección 2 se repasan los trabajos relacionados con el tema del desarrollo y estimación de las implantaciones SAP. La sección 3 es una breve presentación del marco general utilizado para la estimación y sirve de introducción a las tres secciones siguientes, donde se profundiza en la estimación del esfuerzo para la implantación del sistema estándar (sección 4), los desarrollos adicionales (sección 5) y la formación de usuarios finales (sección 6). Finalmente, en la sección 7 se presentan las conclusiones del trabajo y las líneas de trabajo futuro.

2. TRABAJOS RELACIONADOS

A pesar del interés que debiera despertar el mundo ERP en la comunidad científica, no hay muchos trabajos publicados que relacionen la Ingeniería del Software con los proyectos ERP. Sí que existen numerosos libros publicados por expertos de los propios fabricantes de ERP o de las grandes consultoras que tratan sobre la gestión de proyectos ERP, la planificación o el control del riesgo [Draeger, 1999], [Hiquet et al., 1998], [Welti, 1999], orientados a los directivos de IT que se enfrentan a la dirección de un proyecto de este tipo, abordando la cuestión desde una perspectiva práctica.

También se han publicado numerosos trabajos y libros sobre los problemas recurrentes en los proyectos ERP [Davenport, 2000], [Stedman, 1999], [Dryden, 1998] aunque la mayoría de ellos no ofrecen soluciones al respecto.

En este sentido es interesante el trabajo de [Slater, 1998], que llama la atención sobre cinco factores que en muchos proyectos reciben tratamiento marginal y que en realidad son parámetros críticos de éxito o de fracaso: (1) Formación de usuarios, (2) Integración con terceros sistemas, (3) Migración de datos desde sistemas heredados, (4) Necesidades de reporting y análisis de datos, y (5) Estimación del tiempo de consultoría. Este interesante análisis llama la atención sobre dos puntos (migraciones y formación) que habitualmente escapan a las investigaciones en el campo de la medición del software y que serán tratados más adelante.

El hecho de que la formación es un parámetro clave del proyecto es subrayado constantemente en numerosos artículos ([Wheatley, 2000], [Koch, 1996], [Christie, 2000], [Stedman, 1998]). Se trata de una faceta tan vital del proyecto que ha de incorporarse a cualquier metodología o técnica de medición que se intente desarrollar. Como se verá más adelante, en general, este aspecto no es considerado en las investigaciones, aunque existe algún estudio que propone metodología para tratar el problema de la *resistencia al cambio*, muy ligado a la formación [Aladwani, 2001].

Relacionado indirectamente con la formación hay que citar también la gestión del conocimiento, la recopilación y tratamiento de toda la *sabiduría empresarial* repartida de forma heterogénea y dispersa entre los miembros de la organización

[Stijn y Wensley, 2001]. Esta actividad de aprendizaje de los procesos de negocio actuales de la organización es, de hecho, el punto de partida del proceso de implantación del ERP y necesita de un enfoque metodológico, como se ha empezado a desarrollar en los últimos años.

En esta línea ha aparecido el método IPP (Iterative Process Prototyping) [Keller y Teufel, 1998] desarrollado por dos miembros de SAP AG, que enfoca la implantación de SAP hacia la definición y formalización de los procesos de negocio (los requisitos) y su modelado en SAP mediante una técnica disciplinada de tres fases (obtención, modelado y negociación/validación) con proceso de refinamiento en espiral.

También existe un interesante trabajo [Geiss y Soltysiak, 2000] que recoge el Método Dinámico de Desarrollo de Sistemas (DSDM) [Sapleton, 1997] y lo aplica a la implantación de SAP R/3. El DSDM aporta varios principios fundamentales que cumplir en un proyecto (compromiso activo del usuario final y autoridad del equipo de desarrollo, desarrollo iterativo e incremental con entregas frecuentes y prueba integrada como parte del proceso, adecuación a los procesos de negocio, reversibilidad de los cambios). Desde la experiencia se podría indicar que estos principios pueden y deben aplicarse a de forma estricta en una implantación de SAP:

A partir de estos principios [Geiss y Soltysiak, 2000] elaboran una metodología que coincide con el IPP de [Keller y Teufel, 1998] en varios puntos cruciales:

- el enfoque del proyecto debe estar orientado a los requisitos y procesos de negocio
- el desarrollo del proyecto ha de ser procedimental (definición-implementación-validación)
- el modelo avanza de forma iterativa e incremental
- la cooperación entre IT y las áreas funcionales de la organización es fundamental.

Algunas de las razones del fracaso de muchos proyectos SAP y de sus dificultades nacen en la no aplicación de estas metodologías (muy recientes, por otro lado). La inexistencia de un enfoque metodológico y formal en el proyecto inhabilita desde un principio el intento de diseñar alguna técnica de medición [Teltumbde, 2000].

Como se afirmaba al comienzo de esta sección existen pocas líneas de investigación abiertas hacia

la estimación de proyectos SAP o ERP en general. Alguna consultora como QSM ha intentado abrir camino en este sentido [Ward, 2001], desarrollando un modelo de estimación que niega la posibilidad de utilizar métricas clásicas como líneas de código (LOC) o puntos de función (PF) y define una "unidad de medida" específica para los proyectos ERP. En concreto para SAP utiliza el número de transacciones de parametrización usadas para poner el sistema en funcionamiento. A partir de este *tamaño base* añade las líneas de código ABAP desarrolladas para sustituir o complementar funcionalidad no soportada por el estándar y pondera el resultado con unos pesos que tienen en cuenta *factores ambientales* como la estabilidad de la versión implantada, el alcance geográfico o la complejidad de la migración de datos.

Sin embargo este modelo es discutible en ciertos aspectos debido a que no tiene en cuenta más que las transacciones de parametrización y no las funcionales, no explica por qué tiene sentido sumar directamente transacciones con LOC de ABAP, utiliza LOC como unidad de medida en un lenguaje 4GL, agrupa factores críticos en una categoría genérica de *complicaciones ambientales* y no hace referencia alguna al esfuerzo en la formación). El alcance de este estudio se limita a estimar el esfuerzo técnico del proyecto. En general, no se tiene en cuenta que SAP es mucho más que un sistema informático, que cambia la mentalidad y los hábitos de la organización [Brady et al., 2001], [Connolly, 1999]. Tal como se indica en [Ward, 2001]: *"el modelo no tendrá en cuenta reorganizaciones del negocio o cambios de procedimientos que acompañen la implementación del paquete ERP, ya que no hay evidencia de que este esfuerzo siga los mismos patrones de comportamiento que el proyecto de construcción del software"*. Por tanto, aunque interesantes, las conclusiones de este modelo tienen que ser por fuerza sesgadas, al no considerar la reingeniería de procesos como el núcleo del proyecto. En esta misma línea de estimación técnica del esfuerzo de implantación de SAP está [Francalanci, 2001].

Un artículo introductorio a la aplicación de métricas en los proyectos SAP [Jones, 1998] constituye uno de los mejores trabajos de posicionamiento en el área. En primer lugar porque presenta el proyecto SAP como un puzzle con varias piezas: la reingeniería de procesos, la parametrización del sistema, el desarrollo de partes a medida con ABAP 4 y la formación de usuarios

finales. Además defiende como aspectos cuantificables tres de ellos (no comenta nada sobre la estimación de la reingeniería de procesos). Y en tercer lugar propone de hecho una métrica: los puntos de función [Albretch y Gaffney, 1983], aunque al no entrar al detalle de una definición de los puntos de función en el entorno SAP la afirmación debe tomarse como una declaración de intenciones abierta a la discusión.

Precisamente [Daneva, 1999a] toma el testigo lanzado por Capers Jones al definir y validar la aplicación de puntos de función en SAP. Establece equivalencias semánticas entre los cinco componentes de los puntos de función y los procesos y conceptos de modelado de datos de SAP y obtiene reglas que los mapean para deducir un conteo de puntos de función. En un trabajo posterior se continúa en la misma línea [Daneva, 1999b] proponiendo una métrica basada en el modelo metodológico IPP [Keller y Teufel, 1998] y en los puntos de función, pero que se aplica sólo a la adaptación del estándar de SAP a la organización (lo que Daneva denomina *reuse*) basada en los requisitos que nacen de la reingeniería de procesos.

3. PLANTEAMIENTO GENERAL DE LA ESTIMACIÓN DE LA IMPLANTACIÓN

Partiendo de que una implantación de SAP es un proyecto polifacético y que cualquier propuesta de estimación de esfuerzo ha de contemplar cada una de sus facetas desde un punto de vista metodológico y global, a partir de la experiencia propia y en la línea de [Slater, 1998] y [Jones, 1998] se propone como enfoque general la descomposición de un proyecto SAP a efectos de estimación en las siguientes áreas:

1) Parametrización y consultoría.- Se define como el modelado de los procesos de negocio de la organización en SAP mediante la adaptación de éste rellenando las tablas de parametrización con la información adecuada. Exige tanto un conocimiento profundo del sistema SAP como de la propia organización, de su situación actual y de la situación a la que se quiere llegar. En este área hay dos aspectos a cuantificar separadamente:

- El esfuerzo de implantar un componente SAP estándar, para lo cual hay que utilizar una métrica existente [Jones, 1998] o diseñar una

nueva métrica que se adapte a la idiosincrasia de SAP [Ward, 2001]. Este tema se tratará en la sección 4.

- La reingeniería de procesos. Cuantificar este aspecto sólo será posible si el proyecto sigue una metodología como se propone en [Keller y Teufel, 1998], [Geiss y Soltysiak, 2000]. Discutir las metodologías de proyectos SAP publicadas hasta la fecha, validar su aplicación en una métrica de reingeniería de procesos y proponer dicha métrica o trabajar sobre alguna existente [Daneva, 1999b] excede del alcance de este trabajo.

2) Desarrollos propios.- En general se define como cualquier programa ABAP/4 no suministrado por SAP. Dentro de esta categoría creemos necesaria la descomposición en los siguientes tipos:

- a) **Migración de datos.-** Se refiere a la conversión de la base de datos actual de la organización a SAP. El esfuerzo necesario para migrar la información desde el sistema heredado a SAP depende fundamentalmente de:

- el estado de la base de datos actual en cuanto a su calidad (exactitud y completitud).
- la distancia entre la organización de la información del sistema heredado y la organización exigida por SAP.
- el nivel de conocimiento del sistema heredado que tiene el personal de TI de la organización.
- la necesidad de aportar información nueva para darle más valor añadido.

- b) **Desarrollos adicionales.-** Se trata de aplicaciones en ABAP/4 desarrolladas a medida que suplen funcionalidades del estándar que no se adaptan a los procesos de la organización. En esta categoría se incluyen también las interfaces necesarias para conectar SAP con terceros sistemas. El esfuerzo necesario para desarrollar el aplicativo adicional se basa en la complejidad de éste.

- c) **Explotación de información (Reporting).-** En la práctica, el estándar de SAP no proporciona suficientes herramientas de reporting y análisis de datos, por lo que en muchas ocasiones se hace imprescindible el desarrollo de utilidades al efecto. Para ello es necesario:

- analizar las herramientas de obtención de información actuales de la organización.

- identificar las necesidades cubiertas por estas herramientas y las que no lo están.
- desarrollar en SAP las nuevas herramientas de reporting.

El esfuerzo necesario para desarrollar el reporting de una organización depende, como en el caso de los desarrollos adicionales, de su complejidad. Sin embargo es difícil establecer unos baremos generales en este punto, puesto que entre las necesidades de reporting de una empresa y las de otra puede haber una significativa distancia: no es lo mismo la generación de una serie de informes en ABAP/4 que el desarrollo de un data warehouse que implique la conexión de SAP con uno o varios sistemas externos. Una propuesta para la cuantificación de los desarrollos propios se describe en la sección 5.

3) Aspectos sociales del proyecto.- Se define como las implicaciones humanas de la implantación: la gestión del cambio (y de la resistencia a éste) y la formación de los usuarios. De la cuantificación del esfuerzo necesario para la formación trata la sección 6.

4. ESTIMACIÓN DE LOS COMPONENTES SAP R/3

El primer paso, se utilice una técnica existente o se diseñe una nueva métrica es seleccionar la unidad de medida básica (UMB) para la estimación, esto es, definir qué se va a medir.

Se podría empezar planteando lo adecuado de usar como UMB de SAP los puntos de función introducidos por Albretch en 1977, como proponen Jones o Daneva. Sin embargo, tratar de dividir un componente de SAP R/3 en entradas, salidas, interfaces, consultas y ficheros lógicos, cuando el sistema está organizado únicamente en transacciones, resulta complejo, debido a que no existe correlación directa y es necesario un mapeo de conceptos [Daneva, 1999a] que puede aceptarse como válido, pero que puede resultar innecesario. SAP proporciona una unidad de trabajo elemental que encaja a la perfección con la definición que Charles Symons hizo de *transacción lógica*, en su revisión sobre los puntos de función [Symons, 1988] y que dio lugar a los puntos de función Mark II.

Eso sí, en SAP existe una separación natural entre las transacciones de parametrización y las funcionales. A diferencia de los que propone

[Ward, 2001] creemos que la dimensión de un módulo sólo se conoce totalmente teniendo en cuenta ambas.

4.1 Estimación de transacciones de parametrización TP

Una transacción de parametrización en SAP presenta normalmente una tabla a la que se le pueden añadir, modificar o borrar entradas. Cada entrada consta de una clave y una serie de atributos. En función de la cantidad de atributos la información puede estar recogida en una sola pantalla o en más de una.

A pesar de que en estas transacciones de parametrización es donde se define el comportamiento futuro del sistema, técnicamente son muy sencillas. Además se cumple que todas las transacciones de parametrización de cualquier módulo son prácticamente iguales. Por este motivo un cálculo de puntos de función para cada transacción P daría siempre un resultado similar que no aportaría información significativa. La UMB que más rápidamente se puede aplicar a la estimación de la parametrización es un propio *conteo de transacciones*.

Por tanto, el esfuerzo de parametrización de un módulo i podría calcularse como:

$$ESFp_i = TP_i \cdot \alpha_i$$

donde TP_i es el número de transacciones de parametrización del módulo y α_i es un peso que puede aplicarse para ponderar el impacto del módulo según el tipo de organización. Este peso debería determinarse empíricamente desde proyectos en cada sector empresarial. Por ejemplo, en una organización de un sector industrial base como el siderometalúrgico el módulo de producción tiene un peso mayor que el de marketing, mientras que en una empresa de distribución de productos de consumo a usuarios finales los pesos de ambos módulos seguramente estarán distribuidos al revés.

4.2 Estimación de transacciones funcionales TF

A diferencia de las transacciones de parametrización que son muy homogéneas, las transacciones funcionales aun dentro de un mismo módulo presentan niveles de complejidad muy distintos. A grandes rasgos se pueden separar los

siguientes tipos de transacciones:

- Mantenimiento de maestros.- El usuario rellena una serie de pantallas en cada una de las cuales aparecen varios atributos del maestro que está actualizando. Cuando todos los atributos necesarios están completos se graba la actualización. Dependiendo de la complejidad del maestro, el número de pantallas puede variar entre una y quince.
- Obtención de información.- El usuario rellena una única pantalla con varios criterios de selección, pulsa la tecla de ejecución del informe y recibe una pantalla con los resultados de la selección que puede visualizar, imprimir, enviar por correo o guardar como archivo.
- Ejecución de función.- Aquí se clasifican la mayoría de transacciones funcionales: creación de pedidos de venta, conversión de las facturas de clientes en efectos remesables, inventarios físicos, MRP, etc. Combina la entrada de datos del usuario con la ejecución de programas del sistema que realizan funciones adicionales. La principal diferencia con los dos tipos anteriores es que aquí el sistema realiza un procesamiento mucho mayor, haciendo verificaciones y actualizando tablas.

Las transacciones funcionales se diferencian de las de parametrización, por tanto, en que su complejidad es mucho mayor y mucho más variable entre sí. Aquí sí que tiene sentido utilizar una métrica de puntos de función que homogenice las transacciones y permita compararlas.

Como se indicaba al comienzo de esta sección, los puntos de función MK II basados en el concepto de transacción lógica se adaptan muy bien a la organización de SAP. Para calcular los puntos de función de un módulo i habría que analizar para cada una de sus transacciones TF:

- el número de elementos de entrada EE que contiene;
- el número de elementos de salida ES que contiene;
- el número de entidades de datos ED que actualiza o consulta;

Y así se obtiene:

$$ESFf_i = \beta \cdot EE_i + \chi \cdot ES_i + \delta \cdot ED_i$$

donde β , χ y δ son pesos determinados empíricamente para ponderar las estimaciones.

4.3 Ajuste de la estimación

A partir de lo anterior se tiene que la estimación del esfuerzo de un módulo i se calcula como $ESF_p + ESF_f$. Pero a esta fórmula se le pueden hacer algunas consideraciones.

Aunque en principio se debe cumplir que un módulo con un mayor valor de ESF que otro implica mayor esfuerzo de implantación, un simple conteo de transacciones P y puntos de función de transacciones F ofrece información incompleta, ya que no tiene en cuenta otros aspectos del proyecto que en [Ward, 2001] se calificaban de *complicaciones del entorno*. Esto encaja con la idea del *ajuste de complejidad técnica* o ACT de Albrecht y Symons, utilizado para ponderar el cálculo de los puntos de función.

Este ACT intenta modelar aspectos del proyecto difícilmente cuantificables, por lo que toma aspecto de cuestionario en que unos factores clave se puntúan en una escala. A mayor puntuación de un factor, mayor esfuerzo repercute en el proyecto.

La pregunta es si los factores definidos por Albrecht y Symons son aplicables a un proyecto SAP R/3. Dado que Symons amplió la lista proporcionada por Albrecht y además dejó opción a definir nuevos factores, es esta lista la que se discute. Los diecinueve factores con sus valores pueden consultarse en [UKSMA, 1998].

Analizando esta lista de factores se llega a las siguientes conclusiones:

- Trece de los factores (F1, F6, F7, F8, F9, F10, F11, F12, F13, F14, F16, F18, F19) tomarán un valor constante en cualquier proyecto de implantación de SAP R/3 porque aluden a características de diseño del propio sistema, que ya está desarrollado:
- Cuatro de los factores (F2, F3, F4, F5) se refieren a rendimiento de la aplicación, y en el caso de SAP la única manera de mejorarlo es ampliando el hardware o mejorando las comunicaciones. En cualquier caso es algo fuera del ámbito de la estimación del esfuerzo del proyecto.
- Dos de los factores (F15, F17) son válidos: F15 (necesidad de interfaces) será tratado en la estimación de los desarrollos propios y F17 (formación) en el esfuerzo de la formación.

Es decir: los factores definidos en estas dos métricas basadas en puntos de función no sirven en este caso puesto que están orientadas al desarrollo

de software y en SAP R/3 que es un software *ya desarrollado que hay que implantar*. Por tanto aparece la necesidad de definir un nuevo conjunto de factores para el cálculo de un ACT que sea específico del entorno SAP.

Se propone la lista de la tabla 1 como un primer intento de identificación de factores. Esta lista no pretende ser exhaustiva o completa ni ha sido validada; más bien debería considerarse como un punto de partida abierto a la discusión. Respecto de dicha tabla, hay que tener en consideración que:

- Los factores F2 y F3 han de calcularse para cada componente implantado y añadir a la fórmula final la media obtenida
- Los factores F1, F2 y F3 se calculan para cada versión de SAP R/3 y se aplican de forma independiente a cualquier proyecto. Los factores F4 y F5 son propios de cada proyecto.

Esta relación de factores se puede justificar atendiendo a las siguientes razones:

- F1 y F2 estiman la probabilidad de que las transacciones estándar contengan errores o haya *gaps* en la funcionalidad tanto a nivel del paquete completo como de componentes. Cuanto menos tiempo lleve la versión en el mercado menos habrá sido probada.
- Análogamente un componente de marcado carácter local (como HR o en menor medida FI) habrá sido implantado en menos ocasiones y además habrá que comprobar con especial cuidado que cumple la legislación vigente y los requisitos.
- F4 y F5 aumentan de hecho cuanto mayor sea el tamaño del proyecto. Coordinar y gestionar la implantación en varias sedes dispersas geográficamente y para un número elevado de usuarios aumenta el esfuerzo del proyecto [Francalanci, 2001].

Otra diferencia radical con las métricas clásicas de puntos de función es que en ellas se ofrecen valores medios de ACT y de los pesos, calculados a partir de proyectos ya desarrollados y se afirma que son aplicables en los nuevos proyectos, lo que plantea la pregunta de si esto se puede hacer también para SAP. Evidentemente no se dispone de una base de datos estadística de proyectos realizados, pero aun cuando se dispusiera de ella, pretender extrapolar valores de ACT de un proyecto SAP a otro es como comparar una organización a otra y por tanto no necesariamente aportará información válida. ACT debe ser un

Factor	Descripción
1 – Antigüedad de la versión del producto	0 – más de cinco años 1 – entre tres y cinco años 2 – entre dos y tres años 3 – entre uno y dos años 4 – entre seis meses y un año 5 – menos de seis meses
2 – Estabilidad del componente	0 – El componente pertenece al producto y no ha sufrido cambios significativos desde hace más de dos versiones 1 – El componente pertenece al producto desde hace más de dos versiones y se le han añadido mejoras funcionales 2 – El componente pertenece al producto desde hace más de dos versiones aunque ha sufrido cambios de diseño que han modificado la funcionalidad 3 – El componente pertenece al producto desde hace dos versiones 4 – El componente se introdujo en el producto en la versión anterior 5 – El componente es nuevo de esta versión
3 – Carácter local del componente	0 – Ninguna transacción es local para un país 1 – Menos del 5% de las transacciones son locales para un país 2 – Entre el 5% y el 10% de las transacciones son locales para un país 3 – Entre el 10% y el 25% de las transacciones son locales para un país 4 – Entre el 25% y el 50% de las transacciones son locales para un país 5 – El componente ha sido básicamente diseñado para la legislación/procedimiento de un país (más del 50% de las transacciones son locales)
4 – Alcance organizativo/geográfico del proyecto	0 – Existe una sola organización 1 – Existe una sola organización con varios centros de producción/distribución 2 – Existen de una a cinco organizaciones con procedimientos similares 3 – Existen de una a cinco organizaciones heterogéneas (con diferencias de funcionamiento significativas) 4 – Existen más de cinco organizaciones heterogéneas Añadir 1 punto si el proyecto es internacional
5 – Número de usuarios	0 – Menos de 50 usuarios 1 – Entre 50 y 100 usuarios 2 – Entre 100 y 500 usuarios 3 – Entre 500 y 1.000 usuarios 4 – Entre 1.000 y 5.000 usuarios 5 – Más de 5.000 usuarios

Tabla 1. Factores de ajuste para los componentes SAP

parámetro cuidadosamente calculado y refinado en cada proyecto independiente. Los pesos sí que podrían estandarizarse dentro de un sector y tamaño de organización, aunque de cualquier forma con mucha prudencia.

En cualquier caso, el cálculo final del esfuerzo total de implantación del estándar *ESFe* sería:

$$ESFe = \sum_{i=1}^n (ESFp_i + ESFf_i) \cdot ACTe$$

donde *i* es cada módulo implantado.

5. ESTIMACIÓN DE LOS DESARROLLOS PROPIOS

Excede del alcance de este trabajo discutir las ventajas e inconvenientes de las métricas clásicas de desarrollo de software, aunque cualquier métrica basada en puntos de función puede ser aplicada con similares posibilidades de éxito.

Existen dos clases básicas de desarrollos propios en el marco de un proyecto de implantación de SAP cuyo impacto en el resultado final es distinto y que deben ser analizadas por separado. Además este aspecto no ha sido convenientemente tratado

Factor	Descripción
1 – Existencia electrónica de los datos	La no existencia de los datos para la migración implica un proceso de búsqueda y traspaso de éstos a un soporte informático temporal (una hoja de cálculo o base de datos) que se utilizará como fuente para los programas de migración 0 – Existen 5 – No existen, pero el conocimiento está localizado en un único soporte, un único punto de la organización o una sola persona 10 – No existen. Los datos están dispersos en la organización, en soportes diferentes y/o el conocimiento repartido en varias personas
2 – Exactitud de los datos	0 – Los datos son correctos y están actualizados al 100%. No es necesaria revisión 5 – Los datos pueden presentar errores o inexactitudes poco relevantes. La revisión puede hacerse desde el propio programa de migración 10 – Los datos no son fiables o no están actualizados. Revisión imprescindible
3 – Completitud de los datos	Distancia entre las necesidades de SAP y los datos del sistema heredado 0 – No es necesario completar datos 5 – Hay que completar datos, pero pueden deducirse del entorno 10 – Hay que completar datos que obligan a la elaboración de fuentes complementarias a la migración
4 – Dificultad técnica de acceso a los datos	0 – La conexión desde el programa de migración a la fuente de datos es directa 5 – Existen fuentes de datos separadas con forma de conexión diferente 10 – Las fuentes de datos o la disposición de éstos es tal que la migración ha de hacerse en varios pasos
5 – Criticidad de la migración	0 – Si la migración no es completa o se produce con errores no se compromete el arranque del proyecto 5 – Si la migración no es completa o se produce con errores existirán perjuicios graves o problemas de funcionalidad 10 – Si la migración no es completa o se produce con errores el proyecto no puede arrancar

Tabla 2. Factores de ajuste para las migraciones de datos

en ninguno de los trabajos consultados y que serán tratados a continuación:

5.1 Las migraciones

Los programas de migración de datos poseen unas características definitorias que los distinguen de otro tipo de programas:

1. Son vitales para el proyecto, aunque no forman parte del producto directamente suministrado al cliente.
2. El tamaño de los desarrollos no es relevante. Una estimación basada en puntos de función devolvería valores similares para cualquier programa de migración. El esfuerzo no depende de esto sino del estado de los datos en el sistema heredado.

Por tanto que para estimar el esfuerzo necesario para las migraciones no es válido acudir a una métrica de puntos de función. A continuación presentamos las líneas generales de un método de

estimación del esfuerzo de la migración de datos basado en la identificación de factores de riesgo.

Como punto de partida habrá que identificar las migraciones que serán necesarias a partir de los componentes que se van a implantar. Este es un escenario conocido en cualquier proyecto.

A continuación hay que calcular el esfuerzo que será necesario para cada migración puntuando una lista de factores clave como la propuesta en la tabla 2. Esta relación de factores pretende ser una propuesta inicial que deberá ser completada y validada:

Puntuando cada programa de migración i con los factores propuestos se obtendría un valor MIG_i y sumando la puntuación total se llegaría a la medida del esfuerzo de la migración $ESFm$ como:

$$ESFm = \sum_{i=1}^n MIG_i$$

5.2 Las aplicaciones adicionales y el reporting

Ambos tipos de desarrollos suplen o amplían la funcionalidad del sistema estándar. A veces incluso se puede sustituir un componente estándar de SAP por un desarrollo a medida si la situación lo requiere.

En esta área del proyecto es en la única en que encaja en las métricas clásicas de desarrollo de software; por tanto parece evidente, al menos en principio, que se puede estimar el esfuerzo necesario para ello a partir de una medición basada en puntos de función y cuyos parámetros puedan ser ajustados y validados utilizando diferentes técnicas [Dolado, 2000] [Dolado, 2001].

Se propone utilizar los mismos puntos de función MKII que se utilizaron para la estimación del estándar en su parte funcional, en parte por no introducir una métrica más sin justificarlo y en parte por su facilidad y adaptación a los lenguajes 4GL como ABAP4.

Si se acierta o no con esta elección o si de hecho hay otras métricas mejores para el desarrollo de software es una discusión que constituye el frente más vivo de investigación en este área y excede del ámbito de este trabajo avanzar en esa línea proponiéndose como trabajo futuro el estudiar con datos empíricos la adecuación real de los MKII a un lenguaje como ABAP4.

La medida del esfuerzo de un desarrollo i se realizará mediante la siguiente fórmula:

$$ESFd_i = \varepsilon \cdot EE_i + \phi \cdot ES_i + \varphi \cdot ED_i$$

Además se calcularía un $ACTd$ basado en los factores estándar que propone Symons como:

$$ACTd = 0,65 + 0,005 \cdot \sum FAC$$

Llegándose a:

$$ESFd = \sum_{i=1}^n ESFd_i \cdot ACTd$$

Es preciso llamar la atención sobre el *problema de la identificación* de estos desarrollos. En la fase de anteproyecto será extremadamente difícil definir la totalidad de los desarrollos necesarios, así como especificarlos. Suele ser habitual que un porcentaje cercano al 60% de los desarrollos propios aparezcan y sean definidos con el proyecto en fases

intermedias. Esta cifra es orientativa, nace de la experiencia propia y puede tener un alto margen de error, por lo que sería interesante hacer un estudio estadístico que diera una cifra más exacta de la indeterminación de desarrollos. Para dar una estimación inicial aproximada que cubriera esta laguna habría que estudiar un número suficiente de casos y por analogía según el tipo y tamaño de la organización proponer un valor inicial que sería refinado a medida que la identificación de desarrollos aumenta.

6. ESTIMACIÓN DE LA FORMACIÓN

Esta sección se centra exclusivamente en la estimación del esfuerzo de la formación de usuarios finales. Cuantificar y gestionar otros aspectos sociales del proyecto como la resistencia al cambio exige de técnicas diferentes y se propone como trabajo futuro.

Si se ha conseguido aplicar con éxito una métrica para estimar el tamaño de los componentes implantados (Sección 4) y los desarrollos propios excluidas las migraciones (Sección 5.2) como base para determinar el esfuerzo, esta misma métrica es el fundamento para calcular el esfuerzo que se ha de dedicar a la formación de los usuarios finales.

La estimación del esfuerzo para la reingeniería de procesos y para las migraciones de datos no es relevante aquí. Sólo hay que tener en cuenta los dos valores anteriormente citados y en función del número de usuarios finales calcular el esfuerzo y asignar recursos convenientemente.

Como en las fases iniciales del proyecto es difícil conocer los desarrollos adicionales que serán necesarios (el problema de la identificación referido en la sección anterior) se puede utilizar exclusivamente la medida de los componentes estándar como base para la estimación del esfuerzo en la formación. Por tanto el valor de partida para el esfuerzo en la formación sería $ESFe_i$ para cada módulo i .

Ahora bien, como en cualquier estimación, el ajuste es fundamental, y en este área los factores de ajuste deben ponderar la estimación con el perfil social de la organización. Por tanto, al valor $ESFe$ que ya ha sido ajustado con una lista de factores específica para el entorno SAP se le debe aplicar un segundo ajuste específico para la formación que se muestra en la tabla 3.

Factor	Descripción
1 – Edad	0 – Menor de 30 años 5 – Entre 30 y 50 años 10 – Más de 50 años
2 – Disponibilidad	0 – Total (más del 75% de la jornada laboral) 5 – Media (entre el 25% y el 75% de la jornada laboral) 10 – Escasa (menos del 25% de la jornada laboral)
3 – Formación académica	0 – Superior 5 – Media 10 – Sin formación
4 – Nivel jerárquico en la organización	0 – Alto directivo 5 – Mando intermedio 10 – Personal de base
5 – Antigüedad en la organización	0 – Menos de 5 años 5 – Entre 5 y 15 años 10 – Más de 15 años
6 – Diversidad cultural y otras diferencias	0 – No existen 5 – Existen diferencias culturales o de otro tipo que afectan al proceso formativo pero no tienen por qué dificultarlo 10 – Diferencias culturales significativas u otros factores que dificultan el proceso formativo (idiomáticas, costumbres, minusvalías...)

Tabla 3. Factores de ajuste para la formación

Se justifica la elección de estos parámetros y sus valores analizando la experiencia previa en la formación de usuarios y dando mayor puntuación a aquellos factores que se han encontrado consistentemente asociados a un mayor esfuerzo en ella. Sería necesario validar de forma empírica esta relación para considerarla completamente aceptable, pero en general hemos constatado que se cumple lo siguiente (teniendo siempre presente que implantar SAP R/3 supone un cambio de gran impacto en los procedimientos de la organización):

- Cuanto mayor es la edad del empleado mayor es el tiempo que tarda en asimilar y aceptar nuevos conceptos.
- Cuanto menor es la disponibilidad del empleado más fragmentada es la formación. La falta de continuidad ralentiza el proceso de aprendizaje.
- En general, cuanto mayor es el bagaje cultural de una persona, más fácil resulta la comunicación con ésta.
- Cuanto menor es el nivel jerárquico del empleado, mayor va a ser su interacción con el sistema a nivel de entrada de datos, por lo que hay que invertir más esfuerzo en formarlo adecuadamente, de forma que se disminuya la tasa de errores.

- Cuanto mayor sea la antigüedad del empleado en la organización más hábito tendrá de utilizar los procedimientos antiguos, pero a la vez mayor conocimiento tendrá sobre ésta, por lo que aportará una realimentación valiosa sobre los detalles internos de los procedimientos.
- Hay que tener en consideración diferencias culturales, religiosas, de comportamiento, así como minusvalías, si suponen mayor dedicación o interfieren en el proceso formativo.

Para cada futuro usuario i de SAP se calcularía por tanto un $ACTu_i$, de forma que la medida global de la formación quedaría como

$$ESFu = ESFe \cdot \sum_{i=1}^n ACTu_i$$

Se deben realizar dos consideraciones a esta fórmula:

1. Se ha denominado $ESFu$ al valor obtenido aunque sólo se ha tratado parcialmente estimando la formación. Queda pendiente cuantificar los otros aspectos sociales del proyecto: resistencia al cambio e implicación de la organización, principalmente.

2. No se tiene un valor $ESFu$ para cada módulo implantado, sino para la globalidad del proyecto. En la práctica normalmente los usuarios sólo utilizan una parte del sistema y por tanto no hay que formarles en todos los módulos, pero a la vez es muy difícil segmentar la organización en grupos estancos asignados a un módulo concreto. Por ello se calcula un $ACTu$ global de la organización sumando el perfil de todos los usuarios y aplicarlo al valor total $ESFe$.

7. CONCLUSIONES

Un proyecto ERP implica consideraciones relativas a áreas muy diferentes, cada una de las cuales requiere de un tratamiento diferente. Sin embargo, acometer esta tarea con un enfoque global es imprescindible si queremos que el trabajo realmente tenga aplicación práctica. Durante el desarrollo de este trabajo y la búsqueda bibliográfica ha llamado la atención la relativa escasez de trabajos científicos publicados en el área. En segundo lugar, los trabajos que tratan el problema de forma global están orientados a la gestión del proyecto, no a la estimación del esfuerzo y se centran en un aspecto del problema (la reingeniería de procesos, la parametrización, o la gestión del cambio). Esto indica que estimar el esfuerzo de un proyecto de implantación de SAP R/3 es una tarea tremendamente ambiciosa, muy amplia y que exige por un lado gran dominio de las técnicas de medición de software y por otro una gran experiencia en proyectos SAP.

En este trabajo se han definido las principales áreas de descomposición y medición del proyecto y se han descrito sus atributos más importantes, relacionando estas áreas del proyecto con técnicas existentes de medición y apuntando los puntos fuertes y débiles de cada una. Se han sintetizado diferentes propuestas existentes en la literatura junto con métodos de medición consolidados, integrándolos en un modelo de medición que tiene en cuenta las peculiaridades de una implantación ERP.

Como punto de partida para este trabajo futuro está en primer lugar el tratamiento de algunas áreas del proyecto que no han sido suficientemente desarrolladas aquí: especialmente la estimación del esfuerzo de la reingeniería de procesos y la gestión del cambio. Asimismo, y aunque la tarea es muy compleja, se deberán completar y validar las fórmulas aportadas con pesos a partir de datos

empíricos.

8. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia dentro del Plan Nacional de I+D+I, proyecto TIN2004-06689-C03-02 (IN2TEST).

REFERENCIAS

- Aladwani, A. M., 2001. Change management strategies for successful ERP implementation. *Business Process Management Journal*.
- Albrecht, A. J., Gaffney, J. E., 1983. Software function, source lines of code, and development effort prediction: a software science validation. *IEEE transactions on software engineering*.
- Austin, R., Nolan, R., 1999. Manage ERP initiatives as new ventures, not IT projects, *Harvard Business Review*.
- Brady, J. A., Monk, E. F., Wagner, B. J., 2001. *Concepts in Enterprise Resource Planning*. Course Technology, Thomson Learning Inc.
- Christie, D., 2000. It's all about the training. Assist Pty. Ltd.
- Connolly, J., 1999. ERP: corporate cleanup. *Computerworld*.
- Daneva, M., 1999a. Deriving Function Points from SAP Business Process and Business Objects. *Journal of Information and Software Technologies*.
- Daneva, M., 1999b. Identifying and Quantifying Reuse in the SAP Requirements Engineering Process. *Fifth International Workshop on Requirements Engineering*.
- Davenport, T. H., 2000. *Mission critical: realizing the promise of enterprise systems*. Harvard Business School Press.
- Dolado, J. J., 2000. A Validation of the Component-Based Method for Software Size Estimation. *IEEE Transactions on Software Engineering*.
- Dolado, J. J., Fernández-Sanz, L. (Eds.), 2000. *Medición para la gestión en la Ingeniería del Software*. RA-MA.
- Dolado, J. J., 2001. On the Problem of the Software Cost Function. *Information and Software Technology*.

- Draeger, E., 1999. Project management with SAP R/3. Addison Wesley Publishing.
- Dryden, P., 1998. ERP failures exact high price. Computerworld.
- Everdingen, Y. van, Hillegarsberg, J. van, Warts, E., 2000. ERP adoption by European midsize companies. Communications of the ACM.
- Francalanci, C., 2001. Predicting the implementation effort of ERP projects: empirical evidence on SAP R/3. Journal of Information Technology.
- Geiss, M., Soltysiak, R., 2000. Dynamic implementation of SAP R/3. Addison Wesley Publishing Company.
- Hiquet, B. D., Kelley-Levey & Associates, Kelly, A. F., 1998. SAP R/3 implementation guide. MacMillan Publishing Company.
- Jones, C., 1998. Estimating and measuring SAP applications with FP metrics. Software Productivity Research.
- Keller, G., Teufel, T., 1998. SAP R/3 process oriented implementation: Iterative Process Prototyping. Addison Wesley Publishing.
- Koch, C., 1996. Surprise, surprise. CIO Forums.
- META Group Consulting, 2000. ERP platform-related analysis Total Cost of Ownership Study.
- Slater, D., 1998. The hidden costs of enterprise software. CIO Enterprise Magazine.
- Stapleton, J., 1997. Dynamic Systems Development Method: the method in practice. Addison Wesley Longman.
- Stedman, C., 1998. ERP user interfaces drive workers nuts. Computerworld.
- Stedman, C., 1999. ERP flops point to users' plans. Computerworld.
- Stijn, E. van, Wensley, A., 2001. Organizational memory and the completeness of process modelling in ERP systems: some concerns, methods and directions for future research. Business Process Management Journal.
- Symons, C. R., 1988. Function point analysis: difficulties and improvements. IEEE Transactions on Software Engineering.
- Teltumbde, A., 2000. A framework for evaluating ERP projects. International Journal of Production Research
- United Kingdom Software Metrics Association (UKSMA), 1998. MK II Function Point Analysis Counting Practices Manual version 1.3.1. UKSMA Metrics Practices Committee.
- Ward, R., 2001. Estimating ERP developments. European Software Control and Metrics. Proceedings.
- Welti, N., 1999. Successful SAP R/3 implementation. Addison Wesley Publishing.
- Wheatley, M., 2000. ERP Training stinks. CIO Enterprise Magazine.