

CENTRO DE INVESTIGACION EN MATEMÁTICAS, A.C.

**SISTEMAS, PROCESOS
E INGENIERIA DE SOFTWARE**

Reporte Técnico de Investigación
que para obtener el grado de

Maestro en Ingeniería de Software

presenta

Juan Antonio López Anta

Asesor:

Dr. Cuauhtémoc Lemus Olalde

Guanajuato, Gto. a 22 de julio de 2005.

Este trabajo fue parcialmente financiado por el Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Guanajuato (CONCYTEG) a través del proyecto GTO-2002-C01-5333 titulado "Promoviendo calidad en la industria de software: recursos humanos, investigación, servicios".



Tabla de Contenido

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ENUNCIADO DEL PROBLEMA	5
3	TRABAJO PREVIO	6
3.1	INTRODUCCIÓN.....	6
3.2	PENSAMIENTO SISTÉMICO	6
3.3	MEJORA DE PROCESOS	6
3.4	INGENIERÍA DE SOFTWARE.....	9
4	PROPUESTA	11
5	REFERENCIAS	13



1 Introducción

Actualmente los proyectos de desarrollo de software continúan sufriendo de problemas para su terminación en tiempos, costos y calidad. Existen diversos ejemplos de problemas relacionados con la llamada crisis del software. Uno de estos ejemplos es el del aeropuerto de Denver en los Estados Unidos. Este aeropuerto tuvo un retraso en su apertura con costo en millones de dólares por que el software que controlaba las bandas de equipaje no estuvo listo a tiempo.

Estos problemas han sido similares en otras industrias y se han resuelto satisfactoriamente. En otro tiempo la industria manufacturera también operaba con márgenes de error altos y muchos costos por perdidas. Aun cuando todavía se encuentran este tipo de problemas, esta situación ha mejorado notablemente con la introducción de técnicas como la mejora de procesos.

La mejora de procesos ha permitido la reducción hasta niveles de 3.4 defectos por millón, mejor conocido como seis sigma, en términos estadísticos seis desviaciones estándar. Esta mejora se fundamenta en la aplicación de metodologías de mejora como la del círculo de Deming o la de DMAIC de seis sigma. Estas metodologías se apoyan del control estadístico de procesos para identificar áreas de oportunidad y evaluar el progreso obtenido.

La mejora de procesos se deriva del enfoque unificador del pensamiento sistémico. Durante la educación se enseña a los estudiantes a aplicar métodos analíticos para comprender los problemas, es decir a descomponer en partes y estudiar cada una de ellas para comprender el elemento en cuestión. Sin embargo, de esta manera se pasa por alto las relaciones y propiedades de todo el conjunto, lo cual puede acarrear problemas de interpretación y soluciones ineficaces. Es por ello que se propone utilizar los conceptos del enfoque de sistemas al analizar los problemas para no perder la visión global del problema.

El presente reporte intenta establecer la relación existente entre sistemas, procesos e ingeniería de software. Al integrar los conocimientos de estas tres disciplinas se puede entender mejor los problemas asociados al desarrollo de software y concretar posibles soluciones para la crisis del software.



2 Enunciado del problema

En buena medida los problemas relacionados con los proyectos de software se deben al desconocimiento de métodos y procedimientos que permitan mejorar la calidad de los programas de software, no solo respecto al producto final, sino también a los tiempos de entrega y costos asociados al proceso de desarrollo. Algunos de estos procesos tienen que ver con la teoría de sistemas y el enfoque de procesos.

En su mayoría los ingenieros de software no tienen instrucción en cuanto a teoría de sistemas y enfoque de procesos. Esto explica en parte los problemas de la industria del software. Como se ha mencionado en la literatura la crisis del software no es un problema relacionado con la tecnología sino con la educación y conocimientos de la gente encargada de los proyectos.

Los conocimientos de pensamiento sistémico y enfoque de procesos ayudarían a integrar una verdadera ingeniería e ir más allá de un conjunto de métodos solamente para el desarrollo de software. En la medida que existan conocimientos y técnicas, que permitan a una persona instruida en estos desarrollar proyectos de manera similar a un individuo con mucha experiencia, estaremos pasando de una etapa artesanal del desarrollo de software a la integración de una verdadera ingeniería.



3 Trabajo Previo

3.1 Introducción

El pensamiento sistémico y el enfoque de procesos son disciplinas que ya tienen tiempo de haberse desarrollado. Los inicios de ambas se remontan a principios del siglo XX y toman auge a partir de los años 60s. En el caso del pensamiento de sistemas tiene se desarrolla a partir de los trabajos de Ludwig von Bertalanffy y su libro de Teoría General de Sistemas. En el caso del enfoque de procesos inicia con los trabajos de W.A. Shewhart en los Laboratorios Bell y se desarrolla con W. Edwards Deming y Joseph M. Juran al publicar estos sus trabajos sobre calidad.

El pensamiento sistémico y el enfoque de procesos ya tienen un fundamento teórico y herramientas disponibles. En cuanto al pensamiento sistémico se tienen los trabajos de personas como Jay Forrester, Peter Senge, y Peter Checkland entre otros. En la parte de mejoramiento de procesos existen investigaciones por parte de la gente de control total de calidad como la metodología de seis sigma.

En las secciones a continuación se presentan los fundamentos relevantes de pensamiento sistémico, mejora de procesos e ingeniería de software. En la sección de pensamiento sistémico se revisarán los conceptos de propiedades emergentes y ciclos causales de los sistemas. Para la mejora de procesos se hará un breve repaso de los fundamentos estadísticos y las diferentes metodologías que existen en esta área. En la sección de ingeniería de software se resumen las principales áreas que la componen.

3.2 Pensamiento Sistémico

Un sistema es una serie de elementos relacionados para llevar a cabo un objetivo definido. En un sistema no solo son importantes los elementos sino también las relaciones entre estos. Es por lo anterior que el pensamiento sistémico es un enfoque integrador, contrario al enfoque analítico de las ciencias. En el pensamiento sistémico es importante la conceptualización del sistema en su conjunto y no únicamente de sus elementos.

Un sistema es mayor que la suma de sus partes por sus propiedades emergentes. En realidad muchos sistemas existen por las propiedades que surgen de unir sus elementos, propiedades que los elementos de manera individual no poseen.

Estas propiedades surgen de la interacción entre los elementos del sistema de ahí la importancia de las relaciones entre estos elementos.



Los sistemas se clasifican en duros, los mas estructurados, y suaves, los menos estructurados. Esta clasificación esta relacionada con el grado de formalización al que se puede llegar dependiendo del sistema en estudio. Aunque existen otras clasificaciones esta es relevante por que distingue diferentes herramientas dependiendo si el sistema es duro o suave.

Al inicio del pensamiento sistémico los conocimientos que se desarrollaban tenían mucha relación con sistemas muy estructurados, como los que se encuentran en la biología y otras ciencias naturales. Este tipo de sistemas dio lugar a disciplinas como la simulación, la investigación de operaciones, la lógica difusa y otras formalizaciones que intentaban predecir, explicar y simular este tipo de sistemas. A estos sistemas altamente estructurados se les conoce como sistemas duros.

Al tratar de modelar sistemas menos estructurados surgieron los sistemas suaves. Este tipo de sistemas en su mayoría están relacionados con las ciencias sociales y buscan estudiar el comportamiento de la sociedad humana utilizando los conceptos de la teoría de sistemas. En el caso de los sistemas suaves es más difícil lograr predicciones de comportamiento, por lo que su valor estriba en el análisis e interpretación de los sistemas en estudio.

Otra propiedad importante de los sistemas es la retroalimentación. Esta tiene que ver con la idea de que un sistema utiliza los resultados de otro sistema para tomar decisiones y realizar actividades que tienen que ver con su objetivo. Si el sistema inicial a su vez utiliza los resultados del segundo sistema para las actividades que realiza estamos ante un ciclo de retroalimentación.

Con base en las interacciones de diversos sistemas se han creado arquetipos encontrados en diferentes aplicaciones de la teoría de sistemas. Estos arquetipos muestran estructuras de retroalimentación que son comunes en el estudio de los sistemas. Algunos de estos arquetipos son “compensaciones de proceso y demora”, “limites de crecimiento”, “desplazamiento de la carga”, “erosión de metas”, “escalada”, “éxito para quien tiene éxito”, “soluciones rápidas que fallan”, y “crecimiento y subinversion”. A continuación explicamos algunos de los más representativos.

La compensación entre proceso y demora existe cuando un grupo o persona actuando con miras a una meta adaptan su conducta en respuesta a la retroalimentación demorada. Si no son concientes de la demora realizan acciones correctivas excesivas o a veces desisten por que no ven ningún progreso inmediato.

Los limites de crecimiento se dan cuando un proceso se alimenta a si mismo para producir un periodo de crecimiento acelerado. Luego el crecimiento se vuelve mas lento y puede detenerse. Esta desaceleración surge por un proceso compensador que se activa cuando llega a un límite. Este límite puede ser una restricción de recursos o una reacción interna o externa ante el crecimiento. Muchas veces el proceso compensador pasa inadvertido para



los que intervienen en el proceso en crecimiento, por lo que la desaceleración parece inexplicable.

El arquetipo de desplazamiento de la carga se da cuando se utiliza una solución de corto plazo para corregir un problema con resultados inmediatos aparentemente positivos. A medida que esta corrección se usa cada vez mas medidas correctivas fundamentales se aplican cada vez menos. Con el tiempo las aptitudes para la solución fundamental se atrofian creando mayor dependencia respecto a la solución sintomática.

Éxito para quien tiene éxito. Este arquetipo se da cuando dos procesos compiten por recursos limitados a mayor éxito de una mayor respaldo con lo cual la otra se va quedando gradualmente sin recursos.

Otra forma de estudiar los sistemas suaves es la metodología de Peter Checkland conocida como Soft System Methodology. Esta metodología consiste de 7 pasos los cuales son: La identificación de una situación considerada problemática, la descripción de la situación problemática, las definiciones, raíz de actividades relevantes del sistema la modelación de los sistemas en base a las definiciones raíz, la comparación del modelo con el mundo real, la definición de cambios deseables sistemáticamente y culturalmente posibles y finalmente la acción para mejorar la situación problemática.

Para las definiciones raíz esta metodología utiliza el nemónico CATWOE , el cual contiene los elementos que deben de definirse. Los elementos son los clientes, los actores, las transiciones, los puntos de vista (representados por la palabra Weltanschauung), los dueños del proceso (representados por la palabra Owner) y las restricciones ambientales (representados por la palabra Enviroment).

Un modelo de sistema para una organización es el diagrama de Leavitt el cual se compone de personas, tecnología, estructura organizacional y procesos que interactúan dentro de un ambiente común. Este diagrama fue presentado como parte de un estudio de psicología organizacional, de manera que se entendieran las relaciones entre los cuatro elementos y que el cambio en uno afectaba a los tres restantes.

De los elementos del diagrama de Leavitt el que modela las interacciones entre las personas y la tecnología son los procesos. Estas relaciones están definidas dentro de los límites de la estructura organizacional. Otra idea a resaltar es la parte dinámica expresada únicamente por el elemento de procesos.

El elemento de procesos del diagrama de Leavitt cobra relevancia cuando recordamos que de acuerdo al pensamiento de sistémico es en las relaciones donde se construyen las propiedades emergentes de los sistemas. Por lo que los procesos pueden definir propiedades importantes para el sistema en su conjunto como son el desempeño y la calidad. Esto nos da lugar a estudiar más de cerca los procesos, lo cual se efectúa en el siguiente apartado.



3.3 Mejora de procesos

Un proceso es una serie de actividades que utilizan recursos de entrada para convertirlos en productos de salida. Los procesos son el punto de partida para la definición de estándares de calidad como el ISO 9000. Esto es consistente con lo mencionado en el apartado anterior respecto a que la calidad se define por las actividades que se llevan a cabo para obtener un producto.

Para la medición de los procesos se utilizan técnicas estadísticas. La idea fundamental detrás de esto es que un proceso definido y estable proporciona resultados que se pueden modelar mediante una distribución normal. Dentro de esta distribución existen dos componentes importantes. El primero es la media de los resultados del proceso es decir, el valor mas común para estos resultados. El otro concepto importante en la desviación estándar que representa la variación respecto a los resultados esperados. Entre menor sea esta desviación estándar es mas probable que los resultados caigan dentro de los limites establecidos para el proceso.

Actualmente metodologías como seis sigma permiten obtener procesos con defectos de 3.4 partes por millón. Anteriormente en la industria se consideraba un proceso capaz aquel cuyos resultados útiles caían dentro de tres desviaciones estándar lo cual daba en porcentaje alrededor del 93%. Es decir unas mermas de 7%. Sin embargo metodologías mas actuales, derivadas de los procesos de control de calidad implementados en Japón han dado como resultado procesos cuyos resultados útiles se encuentran en niveles de seis sigma o 99.999997 en porcentaje.

Para obtener los porcentajes anteriores, se utilizan metodologías como son el círculo de Deming (PDCA), el modelo DMAIC de la metodología Seis Sigma o el modelo IDEAL propuesto por el SEI (Software Engineering Institute). Estas tres metodologías han sido utilizadas por organizaciones alrededor del mundo para la mejora de sus procesos. A continuación se dará una breve explicación de cada uno de ellos.

El círculo de Deming (PDCA) Consiste en las actividades planear, hacer, revisar y actuar. En primer lugar se debe planear cuidadosamente lo que se va a hacer. A continuación se hace lo que se ha planeado. En tercer lugar se estudian los resultados para ver si resultado como se había planeado o si existieron diferencias y finalmente se actúa sobre los resultados para identificar que funciona como habíamos planeado y que no. Utilizando el conocimiento adquirido se desarrolla y mejora el plan y se vuelve a repetir el ciclo.

El modelo DMAIC consiste en las actividades de definir, medir, analizar, mejorar y controlar. Este método ha resultado efectivo porque ayuda a confirmar la naturaleza del problema, identificar sus causas reales y encontrar soluciones ligadas a estas causas.



Finalmente se establecen procedimientos para mantener las soluciones como parte del proceso.

Las actividades consisten en definir el alcance del proyecto de mejora . Recolectar datos que permitan medir el proceso actual. Analizar los resultados obtenidos para identificar las fuentes de retrasos desperdicio o calidad pobre. Hacer los cambios necesarios para mejorar el proceso y eliminar las causas identificadas en el paso anterior y finalmente poner mecanismos de control que permitan que las ganancias obtenidas perduren.

El modelo IDEAL fue concebido como un modelo de ciclo de vida para la mejora de procesos de software basado en CMM (Capability Maturity Model) en este modelo que se ha aplicado con éxito en otras áreas además de la mejora de procesos de software se definen los pasos necesarios para establecer un programa de mejora exitoso. La primera fase del modelo es iniciar, o sea poner los fundamentos para un esfuerzo exitoso de mejora. La fase de inicio consiste en identificar los estímulos para los cambios definir el contexto del proceso, construir el soporte necesario y definir la infraestructura requerida.

La segunda fase del modelo IDEAL es el diagnostico. Esta se lleva a cabo para determinar en donde estamos y a donde queremos llegar y consiste en caracterizar los estados actual y deseado y desarrollar recomendaciones.

La tercera fase es el establecimiento de planes para alcanzar las metas propuestas. En esta fase las actividades son establecer las prioridades, definir el enfoque a seguir para realizar el trabajo y planear las acciones detalladas.

La cuarta fase es la de actuar para realizar las actividades definidas en el plan. Esta fase consiste de crear la solución, probar la solución, refinar la solución e implementarla.

La última fase es la fase de aprendizaje de la experiencia para mejorar la habilidad de adoptar nuevas tecnologías. Esta fase consiste en el análisis y validación del proceso y la propuesta de acciones futuras.

Como se puede observar en las tres metodologías anteriores es importante recolectar datos para medir el proceso y utilizar métodos estadísticos para evaluar las posibilidades de mejora. Es importante resaltar la utilización de la estadística porque aunque muchos ingenieros de software tienen alguna formación estadística por lo general no la aplican como parte de su ejercicio profesional, perdiendo así una habilidad que les permitiría mejorar sustancialmente su desempeño.

Finalmente, cabe resaltar que estas técnicas se pueden aplicar a cualquier tipo de procesos, incluidos los de ingeniería de software. A pesar de la resistencia que muestran muchos profesionales de ingeniería de software a utilizar métodos disciplinados de desarrollo, la aplicación de los mismos puede traer como consecuencia la mejora de su desempeño. A



continuación se analizan algunas técnicas de ingeniería de software para mostrar como se pueden establecer procesos de mejora.

3.4 Ingeniería de software

El término de ingeniería de Software surgió en una conferencia europea en 1968 . En esta conferencia se introdujo la ingeniería de software como el establecimiento y uso de principios de ingeniería sólidos para obtener software económicamente viables que fuera confiable y trabajara eficientemente en las computadoras.

Actualmente se entiende por ingeniería de software la ciencia y arte de especificar, diseñar, implementar y evolucionar con economía, tiempos definidos y elegancia programas documentación y procedimientos en donde las computadoras sean de utilidad al hombre.

Otra definición de ingeniería de software es la que es una disciplina que adopta enfoques de ingeniería tales como metodologías procesos, herramientas, estándares, métodos organizacionales, y de administración, aseguramiento de calidad y otros similares para desarrollar software a gran escala con una alta productividad, bajo costo, calidad controlada y calendarios medibles.

Como se puede observar en la última definición la ingeniería de software busca áreas estándares para el desarrollo de software. Entre estos se encuentran los procesos de requerimientos, análisis, diseño, implementación, pruebas y administración. Estas áreas son comunes en diversas metodologías de la ingeniería de software. Aún cuando estas actividades se organicen de diferente manera dependiendo del modelo de desarrollo elegido.

Al componerse de diversas áreas, en la ingeniería de software se puede aplicar la mejora de los mismos, si cada una de las áreas se formaliza como procesos utilizando un enfoque sistémico. Para esto se puede hacer uso de las metodologías descritas en la sección anterior.

Hasta ahora no se ha encontrado un único proceso de desarrollo de software y dado que hace uso intensivo de los recursos humanos es importante perfeccionar constantemente los procesos que se adopten.



4 Propuesta

Si modelamos el desarrollo de software como un sistema basado en el modelo de Leavitt estaría integrado por personas, tecnología, estructura organizacional y procesos; los procesos son los que determinan las relaciones de los demás elementos y por lo tanto definen propiedades como la calidad y productividad del desarrollo de software.

El desarrollo de software al estar compuesto de diversas áreas, que si se formalizan como procesos cada uno de ellas es susceptible de mejora. Utilizando metodologías de mejora de procesos podríamos reducir considerablemente los problemas dentro de los proyectos de desarrollo de software. Como se mencionó al principio de este documento los proyectos de desarrollo de software continúan sufriendo de un alto porcentaje de fallas, sin embargo ya existen las herramientas necesarias para eliminar todos estos problemas.

Es importante enfatizar que la mejora de procesos hace uso de la estadística para medir y evaluar los procesos. Por lo que los ingenieros de software deberían considerarla una herramienta esencial para el desarrollo de sus proyectos. Una parte fundamental para utilizar este enfoque es la recolección de datos tanto del proceso como del producto que se esta desarrollando.

Entre mas pronto se utilice el enfoque de mejora de procesos como parte del desarrollo de software mas probabilidades de éxito tendremos. Por lo que se vislumbra como trabajo a futuro la investigación y desarrollo de métricas tempranas que nos permitan predecir y analizar los resultados de los proyectos.

Finalmente, es importante enfatizar que otras industrias haciendo uso de la mejora continua de procesos han eliminado costos y tiempos de pérdidas, lo que les ha permitido enfocarse en la satisfacción de sus clientes. Además los ingenieros responsables de estas mejoras han logrado obtener el reconocimiento por sus esfuerzos y la confianza de sus organizaciones y usuarios. Por lo que la industria de software tiene un camino abierto para revertir buena parte de sus problemas actuales.



5 Referencias

- [1] Besterfield, Dale H., Besterfield-Michna, Carol, Besterfield, Glen H. & Besterfield-Sacre Mary, Total Quality Management, Third Edition, Prentice Hall, 2003
- [2] Bertalanffy Ludwig von, General System Theory, George Braziller Editor, 1968
- [3] Checkland Peter, Systems Thinking, Systems Practice, John Wiley & Sons Ltd., 1981
- [4] Checkland Peter & Scholes Jim, Soft Systems Methodology in Action, John Wiley & Sons Ltd., 1990
- [5] George Mike, Rowlands Dave & Kastle Hill, What is Lean Six Sigma, McGraw Hill Companies, 2004
- [6] Kenett Ron S. & Baker Emmanuel R., Software Process Quality, Management and Control, Marcel Dekker Inc., 1999
- [7] Leavitt, H. J. Applying Organizational Change in Industry: Structural, Technological, and Humanistic Approaches, *Handbook of Organizations*, ed. by James G. March, Rand McNally, Chicago. 1965
- [8] Scherkenbach William W., The Deming Route to Quality and Productivity, CEEPress Books, 1986
- [9] Senge Peter M., La Quinta Disciplina, Ediciones Granica México S.A. de C.V., 1990
- [10] Tayntor Christine B., Six Sigma Software Development, CRC Press, 2003
- [11] Weinberg Gerald M., An Introduction to General Systems Thinking, Dorset House Publishing Co., 1975