

**Universidad de las Ciencias Informáticas**  
**Facultad 4**



**Título: Método de estimación para el proceso de  
auditoría de calidad.**

Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero Informático

**Autor(es): Yasser Coello Ramírez  
Yordanis Hernández Domínguez**

**Tutor: Msc. Yaimí Trujillo Casañola**

**Co-tutor: Ing. Dayamí Rodríguez Brito**

Ciudad de la Habana, 28 de junio 2008

“... es característico de una mente instruida, descansar satisfecha con el grado de precisión permitido por la naturaleza de cada asunto y no buscar la exactitud cuando sólo es posible una aproximación de la verdad...”

Aristóteles (330 a.c.)

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Declaramos ser autores de la presente tesis y reconocemos a la Universidad de las Ciencias Informáticas los derechos patrimoniales de la misma, con carácter exclusivo.

Para que así conste firmo la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

**Yasser Coello Ramírez**

**Yordanis Hernández Domínguez**

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

\_\_\_\_\_  
Firma del Autor

**Yaimí Trujillo Casañola**

**Dayamí Rodríguez Brito**

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

\_\_\_\_\_  
Firma del Tutor

## **Datos de Contacto**

### **Síntesis del Tutor:** Yaimí Trujillo Casañola.

Ingeniera Informática del Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría desde Julio del 2004 y Master en Gestión de Proyectos Informáticos de la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) desde Julio del 2007. Al graduarse pasa a ser profesora de la Universidad de las Ciencias Informáticas, en la disciplina de Ingeniería y Gestión de Software, actualmente se desempeña como Especialista General de la Dirección de Calidad de la Infraestructura Productiva, miembro del grupo de Auditoría y Revisiones. Obtiene la categoría de Instructora en octubre del 2005 y actualmente está en el proceso de categorización optando por la categoría de Asistente. Ha impartido asignaturas como Introducción a la Programación, Programación I, Práctica Profesional, Interpretación de UML, Introducción al Enfoque de Factoría de Software, Ingeniería de Software I y II entre otras.

Ha desarrollado proyectos de investigación, tiene 6 artículos publicados en memorias de eventos científicos y Sitios Web. Ha participado como ponente en eventos científicos nacionales e internacionales de la rama. Ha ejercido como tutora de varias tesis de grado, así como ponente y miembro de tribunales. Ha trabajado en proyectos productivos como Programadora, Analista, Diseñadora y Líder de proyecto obteniendo software utilizados en empresas del país.

Correo: [yaimi@uci.cu](mailto:yaimi@uci.cu)

### **Síntesis del Co-Tutor:** Ing. Dayami Rodríguez Brito.

Profesora Instructora recién graduada en adiestramiento. Graduado en el 2007 de Ingeniera en Ciencias Informáticas en la Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI). Ha impartido las asignaturas de Ingeniería de Software I y II, Gestión de Software, Teleinformática I y II, Investigación de Operaciones y Probabilidades y Estadísticas. Algunas de estas asignaturas como alumna ayudante y las dos últimas como profesora en la facultad IV.

Ha trabajado en proyectos nacionales e internacionales en el perfil de calidad. Especialista del grupo de Métricas de la Dirección de Calidad de Software de la Infraestructura Productiva de la UCI.

Tiene varias publicaciones relacionadas con el tema de las métricas de software y ha participado en varios eventos como: UCIENCIAS, FORDES.

Correo: [droduiguez@uci.cu](mailto:droduiguez@uci.cu)

**Agradecimientos compartidos**

**“Sólo un exceso es recomendable en el mundo: el exceso de gratitud”.**

Queremos agradecer ante todo, a esas grandes personas, que tienen fe en el mejoramiento humano, a los que sueñan con un mundo mejor y luchan día a día para conseguirlo, a los que nunca se cansan; que en todo momento, nos sirvieron de guía.

Agradecimiento especial a esa luz de ideas y ejemplo que es el comandante Fidel Castro, gracias por confiar en nosotros y ser un creador de sueños.

Eternamente agradecidos por todos los amigos que siempre estuvieron en los momentos difíciles y nos hicieron sonreír en tiempos duros: siempre fue de ayuda.

Gracias especiales a los que nos aportaron ideas, nos corrigieron otras y nos soportaron con paciencia.

Agradecer al profesor José Manuel Santos por quitarse parte de su preciado tiempo para revisar y ayudar en nuestro trabajo. Eternamente agradecidos.

## **AGRADECIMIENTOS**

### **Agradecimientos: Yordanis.**

A mi mamá Yayi y mi papá Silvio por el amor que me han dado durante todos estos años.

A mi segunda madre, mi abuelita Eleyda por haberme inculcado tantas cosas buenas.

A mi hermano Reinier, que me ha dado dolores de cabeza, pero también muchas alegrías.

A mis otros hermanos Yasser, Cuby y Camilo por compartir más de 8 años de estudio y ser fieles a mi confianza.

A mi novia, por ayudarme y comprenderme. Gracias Kokita

A todos mis tíos y tías por ayudarme en todo momento para que continuara los estudios. A mi familia completa también llegue a ustedes mi gratitud.

A mis amigos de la UCI: Miñoso, Melliza, Mima y Yoan.

A quienes he conocido a lo largo de mi carrera, siéntase agradecidos de verdad y que mi alegría al graduarme se comparta entre todos ustedes.

### **Agradecimientos: Yasser.**

A mi abuela Tatica, por tantos buenos consejos, por ese gran amor que siempre tuvo para todos.

Donde quiera que estés, siempre estaré eternamente agradecido.

A mis padres, que son mi guía, por el apoyo y la confianza que siempre han depositado en mí, espero poder siempre reciprocarme tanto amor.

A mi abuelo Cui, otro padre para mí y uno de los ejemplos más grande que he tenido en mi vida, ojalá pueda heredar por siempre tanto sacrificio y voluntad.

A mi hermana Yanet, por ese amor que siente por mí, solo deseo que este trabajo aumente tus deseos de ser mejor cada día.

A mi tío Misa, otro de mis padres, agradecido siempre por los consejos en los tiempos difíciles y la alegría transmitida en todos los momentos.

A toda mi familia, por siempre tener ese amor y regalarme tantos consejos. De rodilla me tienen todos por siempre.

A mis amistades: Yordanis, no sólo por ser mi compañero de tesis, sino por ser un hermano. Camilo, Cuby y Andy, mis otros hermanos. A mi novia y a Yudith, sus consejos femeninos también han sido imprescindibles.

A todos con los que he compartido en estos años de universidad, miles de gracias, por favor no se venguen tantos olvidados.

**DEDICATORIA**

A la memoria de mi abuela.

Yasser.

A mí querida madre

Rosa Iraydis Dominguez Jardínez (Mi Negrita)

Yordanis

## **RESUMEN**

Con el fin de evaluar la calidad de la actividad productiva, en la UCI se desarrolló un proceso de auditoría y que actualmente se está aplicando a los proyectos de la universidad. Desajustes en la planificación en cuanto a la duración del proceso y del personal, son algunas de las deficiencias encontradas, ya que para realizar esta planificación no se basaron en métodos de estimación.

De ahí que el presente trabajo defina como problema científico: ¿cómo estimar el esfuerzo, tiempo y el personal necesario para llevar a cabo eficientemente el proceso de auditoría? Como objetivo general proponer un método de estimación para el proceso de auditoría que contribuya a la obtención de información histórica e interpretación de indicadores para la toma de decisiones y la mejora del proceso de auditoría. Para ello se realizó un estudio de los métodos de estimación existentes, además de realizar entrevistas a varios auditores.

Partiendo de la idea de que la aplicación de las métricas asegurará una mejor planificación, así como contribuirá a la prevención de errores dentro del proceso de auditorías, se ha desarrollado un método de estimación que ayuda en un primer momento a la predicción de recursos y tiempos asociados al proceso de auditorías y en un segundo momento a la evaluación de dicho proceso, recolectando así información histórica que sirva para la toma de decisiones para la mejora del proceso.

### **Palabras claves**

Métricas, estimación, método de estimación, proceso de auditoría



|   |     |
|---|-----|
| AGRADECIMIENTOS .....   | V   |
| DEDICATORIA .....   | VI  |
| RESUMEN.....  | VII |
| CAPÍTULO 1: LA ESTIMACIÓN, UNO DE LOS CAMINOS CORTOS A LA CALIDAD.....        | 4   |
| 1.1- Introducción.....  | 4   |
| 1.2- Estimación.....  | 4   |
| 1.3- Relación medición-medida-métrica-indicadores.....                        | 7   |
| 1.4- Estimaciones, el camino correcto.....                                    | 9   |
| 1.5- Experiencia Internacional en la mejora de procesos.....                  | 16  |
| 1.6- Conclusiones.....  | 20  |
| CAPÍTULO 2: MÉTODO DE ESTIMACIÓN PARA EL PROCESO DE AUDITORÍA DE CALIDAD..... | 21  |
| 2.0- Introducción.....  | 21  |
| 2.1- Técnicas de la estimación.....   | 22  |
| 2.2- El método de estimación.....   | 22  |
| 2.3- Definición de las métricas usadas en el método de estimación.....        | 23  |
| 2.4- Factores de Ajuste dentro del proceso de Auditoría.....                  | 33  |
| 2.5 - Procedimiento para la recolección de datos. Estimación Inicial.....     | 35  |
| 2.5- Estimación final.....  | 37  |
| 2.7- Conclusiones.....  | 41  |
| CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.....                          | 42  |
| 3.0- Introducción.....  | 42  |
| 3.1- Validación de las métricas.....  | 42  |
| Para obtener el tiempo:.....  | 48  |
| 3.2- Análisis comparativo de los resultados.....                              | 50  |
| 3.3- Análisis de los riesgos.....   | 53  |
| 3.4- Conclusiones.....  | 53  |
| CONCLUSIONES GENERALES.....   | 54  |
| RECOMENDACIONES .....   | 55  |
| BIBLIOGRAFÍA .....  | 56  |
| ANEXOS .....  | 60  |
| GLOSARIO DE TÉRMINOS.....   | 75  |

## **Introducción**

La Universidad de las Ciencias Informáticas (UCI) es un centro de estudios universitarios y de producción de software que vincula, de esta manera, el concepto estudio-trabajo logrando una fuerte relación entre Universidad-Empresa y una mejor preparación de sus estudiantes. Esta universidad contribuye a la informatización de la sociedad cubana brindando soluciones informáticas en diversos sectores, además de aportar ingresos a la economía del país por las características antes mencionadas. La UCI, por los compromisos actuales que posee, tiene dentro de sus retos obtener productos de alta calidad, ya que cuenta, además de proyectos nacionales, con proyectos de exportación, pretendiendo así, insertarse no sólo en el mercado nacional.

Para lograr este objetivo, la UCI se dio a la tarea de encontrar un método capaz de evaluar como se están llevando a cabo los proyectos productivos en la universidad. Para esto se elaboró en la Infraestructura Productiva (IP), un proceso para auditar los proyectos que se están desarrollando, lo que se conoce actualmente como Proceso de Auditoría de Calidad.

El mismo fue definido por un grupo de expertos de la Dirección de Calidad de la Infraestructura Productiva. El proceso de auditoría es una actividad de control que permite corregir y detectar defectos, obteniendo información relevante de los proyectos.

Para este proceso se realizó una planificación estándar, donde atributos que son básicos para estimar un proceso, como son: tiempo y personas se planificaron a priori sin tener en cuenta el tipo de proyecto la fase o la complejidad en que pudiese encontrarse. La planificación realizada y sin basamento en métodos de estimación, puede que por el cúmulo de trabajo que posee, conllevar a que las auditorías se demoren más de lo necesario, como ha sucedido ya con las mismas en algunas ocasiones.

Un Método de Estimación para el Proceso de Auditoría de Calidad, con métricas bien fundamentadas, sería la ruta para optimizar dicho proceso, evaluando el mismo con el fin de hacer mejores predicciones y planificaciones que utilicen la menor cantidad de recursos posibles, así como mejorar el proceso de auditoría. Si no se mide, solo se podrá llegar a conclusiones basándose en una evaluación subjetiva de lo que ha sucedido y no se podrán detectar errores y tendencias negativas.

Cuestiones como el tiempo, personal y otros parámetros no pueden ser fácilmente resueltos sin la ayuda de la estimación. Por eso se hace sumamente importante contar con método que sea capaz de estimar todo el proceso de auditoría.

Por estas razones la investigación tiene como **problema a resolver**: ¿cómo estimar el esfuerzo, tiempo y el personal necesario para llevar a cabo eficientemente el proceso de auditoría?

De ahí que el **objeto de estudio** lo constituyen las métricas y los métodos de estimación.

El **campo de acción** abarca el proceso de auditoría de calidad y las métricas asociadas al mismo.

Basado en el problema se plantea la siguiente **idea a defender**: La aplicación de las métricas asegurará una mejor planificación, así como contribuirá a la prevención de errores dentro del proceso de auditoría.

Para dar cumplimiento al problema planteado la investigación se trazó como **objetivo general**: Proponer un método de estimación para el proceso de auditoría que contribuya a la obtención de información histórica e interpretación de indicadores para la toma de decisiones y la mejora del proceso de auditoría; y para dar cumplimiento al objetivo general se tienen los siguientes **objetivos específicos**:

- ✓ Realizar un estudio, tanto nacional como internacional, de las tendencias de las estimaciones de software.
- ✓ Realizar un estudio teórico y práctico del método con las métricas que se deberían usar en nuestro trabajo.
- ✓ Valorar la aplicación de métricas a procesos y proponer elementos para perfeccionar el método.

Para lograr el cumplimiento de los objetivos específicos se cuenta con las siguientes **tareas de investigación**:

- ✓ Realizar búsquedas bibliográficas sobre conceptos de auditoría, revisiones, técnicas de recopilación de información, métricas, mediciones y estimaciones.
- ✓ Estudiar las definiciones de auditoría, revisiones, técnicas de recopilación de información, métricas, mediciones y estimaciones.
- ✓ Evaluación del contenido de la información de las definiciones encontradas y comparar las más representativas, establecer diagnóstico de las tendencias actuales y tomar posición al respecto.
- ✓ Estudio de los métodos de estimación propuesto por autores y organizaciones especializadas profundizando en los más usados.
- ✓ Realizar encuestas y entrevistas a personas vinculadas al proceso de auditoría y revisiones: auditores y auditados.
- ✓ Analizar los factores que pudiesen causar riesgos en la estimación y proponer los cambios que se deberían de hacer después de aplicado el estudio teórico práctico.
- ✓ Definir los objetivos y el alcance del método.

- ✓ Describir el proceso de desarrollo del método.
- ✓ Definir pruebas piloto para aplicar el método.
- ✓ Aplicar el proceso a las pruebas piloto.
- ✓ Evaluar los resultados de aplicar las pruebas piloto.

Una vez desarrollado todo el tema se espera obtener como **posible resultado** un método de estimación para el proceso de auditoría de calidad.

En el capítulo **1**, “La estimación, uno de los caminos cortos a la calidad”, se realiza un análisis, de los principales conceptos y tendencias en cuanto a métricas y técnicas para llevar a cabo una estimación, que a la postre facilitarán el entendimiento de la investigación. En el capítulo **2** se realiza la propuesta de solución y el procedimiento que se debe seguir para la recolección de los datos. En el capítulo **3**, se hace la validación y comparación del método propuesto con datos reales, tomando como muestras proyectos auditados de la universidad.

## **CAPÍTULO 1: LA ESTIMACIÓN, UNO DE LOS CAMINOS CORTOS A LA CALIDAD.**

**Medir lo que es medible, y hacer medible lo que no lo es.**

Galileo Galilei.

### **1.1- Introducción.**

Parte del concepto de la Ingeniería de Software es la idea de que los procesos deben ser controlados. “No se puede controlar lo que no se puede medir” [De Marco, 1982]. “No se puede predecir lo que no se puede medir” [Fenton y Pflegger, 1997].

Haciendo un repaso histórico, los inicios de la medición datan de la década del 60, en que solo se recogían medidas como las líneas de código (LDC) de los módulos y el tiempo dedicado a cada etapa del ciclo de vida. En los años 70, se empieza a pensar en planificar los proyectos, ya que existía un gran aumento en los costos, y muchas organizaciones debían de comenzar a tomar medidas.

En los años 80, comienza a incrementar la producción mundial, los costos bajan y las organizaciones empiezan la competencia en el mercado. Modelos como COCOMO en 1981, intentaron establecer una relación entre el tamaño de los programas y el esfuerzo necesario para desarrollarlos y mantenerlos [Boehm, 1981]. Ya se podía observar la idea de estimar, medir y predecir los distintos atributos de productos y procesos que estaban vinculados con la construcción y el posterior mantenimiento del software en la época. Aparecieron a finales de esa misma época, métricas de complejidad y diseño modular y estructurado, modelos de estimación del costo y del tiempo de desarrollo de los proyectos. Aparecieron además las normas ISO 9000 y los modelos CMM los cuales ya se centraban más en los procesos de software. Aquí se puede observar como ya se iban desarrollando las formas de enfrentar el trabajo orientado hacia la calidad. En la década del 90 se continuó trabajando en el tema de mejorar la calidad. Los intentos de seguir mejorando buscan establecer una línea de trabajo, muchos se centran en clasificar, estudiar y validar métricas, además que se siguieron desarrollando versiones de modelos ya existentes.

### **1.2- Estimación.**

La estimación, en la industria del software, es un tema que se viene tratando desde los años 70, tema que busca cada vez ser lo más certero posible, siendo esta una de las razones de la

importancia de todo el trabajo que se está desarrollando en aras de ser más exactos en cuanto se haga en materia de software.

Si se observa la estimación desde el punto de vista lingüístico se puede encontrar en el diccionario el siguiente concepto: “conjunto aproximado de valores para algo que ha de ser hecho”. Varias son las definiciones emitidas por personalidades sobre la estimación en el ámbito del software, entre ellas tenemos la de Larry Putnam en 1978 donde expresó: “es una actividad que permite obtener, principalmente, respuestas aproximadas a las siguientes preguntas: ¿Cuánto costará? ¿Cuánto tiempo llevará hacerlo?”[Putnam 1978].

Según Putnam, al estimar se obtiene como resultado el costo y el tiempo al realizar una tarea, pero eso no significa que ese resultado sea exacto, es decir, que sea igual al costo y tiempo real empleado, ya que como plantea DeMarco: “...la estimación es una predicción en la que es probable que esté por encima o por debajo del resultado real” [De Marco 1982]; refiriéndose, a que al estimar; por ejemplo, el tiempo de llevar a cabo una tarea, podemos obtener un tiempo mayor o menor al que realmente se necesita.

Otros conceptos asociados definen la estimación como “el proceso que proporciona un valor a un conjunto de variables para la realización de un trabajo, dentro de un rango aceptable de tolerancia” [Capuchino 1998]; aunque también se puede definir como “la predicción del personal, del esfuerzo, de los costos y de la planificación que se requerirá para realizar todas las actividades y construir todos los productos asociados con el proyecto” [Capuchino 1998], planteando, que como resultado de la estimación se obtienen valores aceptables de la cantidad de personas y los recursos que serán utilizados para llevar a cabo una buena planificación de las actividades que serán realizadas posteriormente.

### **1.2.1- Consideraciones sobre la estimación.**

Todos los autores coinciden, que a la hora de hacer una estimación, es de suma importancia estimar el tiempo necesario, costo y esfuerzo que demanda hacer una actividad; además de que debe de ser lo más cercano posible a realidad dentro de un rango aceptable de tolerancia.

Las estimaciones son, sin duda alguna, una base de mucha importancia para las planificaciones, aunque cabe decir que en esta área hoy todavía se desarrollan grandes esfuerzos por seguir mejorando, ya que existe desconocimiento pese a los estudios que se vienen haciendo. En una encuesta desarrollada por el sitio [www.CalidaddelSoftware.com](http://www.CalidaddelSoftware.com), integrado por más de 900 miembros

de los cuales más del 80% son de España; se realizó la siguiente pregunta: ¿qué áreas son las de mayor carencia de conocimientos? Obtuvo la mayor votación: estimación y métricas, como el área de mayor carencia con un 24.30% de los votos, de 284 votantes, 69 votaron por esta área.

¿Dónde radica la complejidad de realizar estimaciones y que hace que tenga esta área posea esta carencia de conocimiento? Algunas de las situaciones que hace que el desarrollo de las estimaciones sea bastante complicado son mencionadas por Ana M. Capuchino [Capuchino 1998] y se enmarcan algunas en la siguiente tabla (Tabla 1).

| Complejidad de la estimación                                     |  |
|--|--|
| Tipo   | Descripción  |
| <u>No existe un modelo de estimación universal o una fórmula</u> | En principio, el objetivo es el mismo en la mayoría de los casos, pero cada interpretación es diferente y particular de las demás. Cada proceso posee parámetros únicos, por lo que los procesos de estimación que se usen son únicos.   |
| <u>Tendencia a la subestimación</u>                              | Un estimador suele elegir una porción de lo que está hecho para luego extrapolarlo al resto, ignorando aspectos no lineales del desarrollo como son por ejemplo la gestión y la coordinación.  |
| <u>Malas estimaciones</u>  | En las relaciones lineales entre la capacidad requerida por unidad de tiempo y el tiempo disponible. Un ejemplo que ilustra esto es que si 20 personas desarrollan un software en dos años, 40 personas lo pueden hacer en un año. Esto conlleva a soluciones erróneas. Añadir personal a un proyecto retrasado no tiene por qué disminuir el retraso. |
| <u>Personal menos experimentado</u>                              | El estimador, estima el tiempo que le llevaría ejecutar personalmente una tarea, ignorando el hecho de que, a menudo, una parte del trabajo la realiza personal menos experimentado, con un índice de productividad menor.   |
| <u>“Drivers de coste”<br/>o disparadores de coste</u>            | Influyen un gran número de factores en el esfuerzo y duración de un desarrollo de software. Ejemplos de estos disparadores son el tamaño y complejidad del software, el compromiso y participación del usuario, la experiencia del equipo de desarrollo. En general estos disparadores de  |

|  |                                    |
|--|------------------------------------|
|  | coste son difíciles de determinar. |
| Nota: Otro factor que influye es que la utilidad de una estimación también dependerá de la etapa de desarrollo donde se encuentre. |                                    |

### **Tabla 1. Razones de la complejidad de las estimaciones.**

Todos estos aspectos pueden proporcionar una idea de la complejidad del proceso de estimación, sin embargo, “se han detectado las consecuencias negativas de cuándo la estimación no se realiza” [Heemstra 1992] y la importancia que tiene aplicar dicho proceso de estimación.

### **1.3- Relación medición-medida-métrica-indicadores.**

Existen términos que están ligados al término estimación como son los términos mediciones, medidas y métricas. Estos términos tienden a confundir por el uso indistinto que se le ha dado en la vida cotidiana, pero son claves a la hora de entender lo que es la estimación y los puntos claves de la misma.

Medición es “el proceso por el cual se le asignan números o símbolos a atributos (dimensiones) de entidades del mundo real de tal manera que describa dichos atributos de una forma significativa y de acuerdo a unas reglas claramente definidas” [Fenton y Pfleeger, 1997]. Las entidades mencionadas anteriormente pueden ser personas, un programa que ya se ha desarrollado o el mismo proceso de desarrollo y un atributo (dimensiones) se puede referir por ejemplo al peso de una persona o a la longitud del proceso de desarrollo.

Otro concepto emitido, este por Pressman, plantea que: “La medición es el acto de determinar una medida” [Pressman, 2002] refiriéndose a una medida como: “una medida proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso o producto” [Pressman, 2002]. Según Pressman, al determinar una medida se asigna un valor a la misma; este valor sirve para obtener un resultado que servirá como modelo de comparación con otros resultados obtenidos, además de ser la base para futuros resultados. Cuando se ha tomado el valor de un solo atributo (un dato) se ha establecido lo que es una medida. La medición aparece cuando se han recogido varios aspectos de esos datos.

Métrica es otro término que también guarda relación con los términos vistos anteriormente de medida y medición. El Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica [IEEE por sus siglas en inglés] define métrica como una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un



atributo dado. Este concepto es manejado también, en sus libros, por autores como Pressman en 2002 y Navarro en el 2003.

Otro de los conceptos importantes de métricas es el de “Las métricas de procesos de software son algo más que una simple medida de algún “atributo” del proceso de software; una métrica es información que sirve para planificar, predecir y evaluar el estado de un proyecto” [Vargas 2007]. Dejando claro en este concepto el uso predictivo que poseen las métricas.

Las métricas del proceso dependen esencialmente del entorno de desarrollo. Es necesario medir atributos específicos de los propios procesos, como el tiempo empleado, su costo y el esfuerzo requerido. La relación entre las medidas de los resultados obtenidos en un proceso y los recursos usados en él permitirá medir la productividad, atributo este clave para estimar costo y esfuerzo [Escorial 2006].

El Dr. Luis Olsina, profesor de la facultad de Ingeniería, UNLPam, de Argentina plantea: “las métricas no pueden interpretar por si solas un concepto medible, se necesitan indicadores” [Olsina 2003].

Indicadores es otro de los términos asociado a la estimación ya las métricas. Pressman define indicadores como: “métrica o combinación de métricas que proporcionan una visión profunda del proceso, proyecto o del producto en si” [Pressman 2002]. El mismo Pressman acota además que “se deberían recopilar métricas para que los indicadores del proceso y del producto puedan ser ciertos” [Pressman 2002].

En una ontología de métricas y mediciones, el profesor Félix García de la Universidad de Castilla-La Mancha de España relaciona los términos de la siguiente manera [García 2004].

- ✓ **Cada medición produce una medida.**
- ✓ **Una medición usa una métrica, la cual debe de estar definida para el atributo objeto de la medición.**
- ✓ **Una medición es llevada a cabo usando una forma de medir. Esta forma de medir es la que define la métrica usada en la medición.**
- ✓ **Una medición es realizada para un atributo de una entidad.**

### **1.3.1- Consideraciones sobre medición-medida-métrica- indicadores.**

Por los conceptos anteriores se puede observar la relación y diferencias que poseen estos términos además de la importancia que prestan para la industria del software. Por las características del

Proceso de Auditoría, se usará la medición como el acto de asignar números que describan los atributos del proceso de forma clara y significativa. Siendo la medida una característica del atributo que se requiera medir; las métricas serán la información resultante de la medición, la cual servirá para la planificación y la combinación de las métricas serán los indicadores.

#### **1.4- Estimaciones, el camino correcto.**

La industria del software ha pasado por un problema bastante grave los últimos años: la no culminación exitosa de los proyectos. En el año 2004 se calculó que un 71% de los proyectos que se comenzaron no tuvieron éxito [**Anexo 1**].

En uno de los planteamiento que se hacen al respecto se dice: “La industria del software es bien conocida por la frecuencia con que los proyectos fracasan al tratar de alcanzar sus objetivos de planificación, esfuerzo y calidad” [**Heemstra 1992**]. Además de Heemstra también coinciden en este planteamiento autores como Lederer en 1995 y Molokken y K. Jorgensen en el 2003, los cuales en sus publicaciones se refieren a este problema.

Uno de los autores que muestra razones del por qué se fracasa expresa: “una de las razones por las que esto ocurre es que los desarrolladores no están en condiciones de estimar con suficiente antelación y precisión el tiempo y esfuerzo requeridos”. [**Kitchenham 1996**]

Pressman en su publicación Ingeniería de Software un Enfoque Práctico hace alusión a cuatro razones para medir que fueron planteadas por Park, Goethert y Florac en su guía de la medición del software [**Park, Goethert y Florac, 1996**]:

- ✓ **Caracterizar**
- ✓ **Evaluar**
- ✓ **Predecir**
- ✓ **Mejorar**

Las mediciones son la base para detectar las desviaciones, además también son la base para identificar las oportunidades para mejorar el proceso. El control del proceso asegura que la variabilidad sea estable de modo que los resultados sean predecibles, esto significa mantener el proceso dentro de sus límites (inherentes) normales de funcionamiento. Aunque un proceso puede estar definido y bajo control, puede que no sea capaz de producir los resultados que resuelven las necesidades de los objetivos de la organización.

Estas razones se ajustan al objetivo que se persigue en esta investigación que es el de obtener un método de estimación para el proceso de auditoría de calidad que sea capaz de llegar a contribuir en su mejora y en la toma de decisiones de futuras auditorías.

#### **1.4.1- Métricas, la base de la estimación.**

El objetivo del uso de la métrica es evaluar para conseguir alta calidad, robustez y facilidad de mantenimiento, persiguiendo obtener información importante para la dirección del y utilizándose fundamentalmente para [Zuse 1995]:

- ✓ Obtener las bases para la estimación.
- ✓ Seguir el progreso de los proyectos.
- ✓ Determinar la complejidad (relativa).
- ✓ Ayudar a comprender cuando se ha alcanzado un estado deseado de calidad.
- ✓ Analizar los defectos.
- ✓ Validar experimentalmente las mejores prácticas.

El uso de métricas también incluye técnicas por parte de los ingenieros de software y programadores para detectar y corregir errores. Las métricas controlan de cierta manera el crecimiento de tal modo que lo que pueda ocurrir en un futuro se puede identificar lo antes posible.

Una métrica debería, idealmente, poseer las siguientes propiedades [Schulmeyer y MacKenzie, 2000]:

- ✓ **Simplicidad:** la definición de la métrica debe de ser clara y simple.
- ✓ **Objetividad:** diferentes personas han de darles valores idénticos. Esto le da consistencia y evita interpretaciones individuales.
- ✓ **Facilidad de recolección:** el costo y esfuerzo para obtener la medida debe de ser razonable.
- ✓ **Robustez:** la métrica ha de ser insensible a cambios irrelevantes. Esto permite realizar útiles comparaciones.
- ✓ **Validez:** la métrica ha de medir lo que supone que mide. Esto da fiabilidad a la medida.

Existen innumerables métricas con propósitos diferentes que se utilizan para reflejar y describir conductas, ya sea en: productos, personas, proyectos, recursos, productividad, procesos y otras

muchas. Para esta investigación se enfocará en las métricas de procesos, correspondiéndose al tema de procesos que persigue este trabajo investigativo.

#### **1.4.2- Métricas para procesos.**

La única forma racional de mejorar cualquier proceso es medir sus atributos, desarrollar un juego de métricas significativas según estos atributos y entonces utilizar las métricas para proporcionar a los indicadores de proceso tener una visión profunda de la eficacia del proceso, lo que conducirá a una estrategia de mejora [Pressman 2002].

Dentro de las métricas de proceso más destacadas podemos encontrar las métricas de productividad como el esfuerzo asociado al desarrollo de proceso. Además de encontrar métricas como:

- ✓ **El costo,**
- ✓ **EL tiempo de desarrollo del proceso**
- ✓ **El número de errores encontrados.**
- ✓ **Resultados**
- ✓ **Ambiente de Desarrollo**
- ✓ **Defectos**
- **Tasa de detección**
- **Tasa de corrección**
- ✓ **Cambios requeridos**
- ✓ **Incidentes que afectan el desarrollo**
- ✓ **Personal**

La eficacia de un proceso se mide extrayendo resultados de un grupo de métricas que son definidas según los datos del proceso, es decir que las métricas del proceso dependen del entorno de desarrollo, de la metodología utilizada y de la capacidad del personal. Entre los resultados se incluyen medidas de errores detectados, productividad, esfuerzo humano y tiempo consumido, ajuste con la planificación y otras medidas.

Las métricas de proceso también se extraen midiendo las características de tareas específicas de la ingeniería del software. Por ejemplo, se podría medir el tiempo y el esfuerzo de llevar a cabo las actividades de protección y las actividades genéricas de ingeniería del software.

Para llegar a obtener resultados en la estimación lo primero que se debe tener claro es ¿Qué se quiere estimar? Sin saber que es lo que se va a medir, se caería en sobre-estimaciones y malas-estimaciones que aportaría falsas expectativas.

### 1.4.2- Lo que debemos estimar.

“La estimación es un proceso continuo” [Capuchino 1998]. A medida que un proceso avanza más se conoce de él, y por lo tanto más parámetros están disponibles para aplicárseles un método de estimación.

En párrafos anteriores, en uno de los conceptos se hacía alusión a dos preguntas que hizo Putnam a la hora de referirse a la definición de estimaciones. ¿Cuánto costará? ¿Cuánto tiempo llevará hacerlo?

La información que se pueda adquirir después de dar respuesta a estas preguntas constituye la información básica de todo el proceso de estimación. Dichas respuestas pueden en su momento, además de aportar una valiosa información, solucionar preguntas de mucha ayuda para el proceso de auditoría como:

- ✓ ¿Cuánta gente se necesita?
- ✓ ¿Cuál será el esfuerzo?
- ✓ ¿Cuáles son los riesgos?
- ✓ ¿Cuál será la productividad?
- ✓ ¿Cuánta documentación será generada?
- ✓ ¿Cuál será el esfuerzo para generar dicha documentación?

Para el Proceso de Auditoría de calidad uno de los puntos que debe ser medido es el tiempo que se consume para desarrollar la auditoría, este tiempo debe de compararse con el tiempo planificado, teniendo esto se puede validar la eficiencia con que se desarrolla la misma y se tendrá en cuenta si la cantidad de personal y el esfuerzo realizado por las mismas, es el correcto.

Para obtener estos resultados se deben de tener en cuenta factores asociados al proceso de auditoría que influyen en los cálculos. Estos factores son conocidos como “Scaling Drivers” o disparadores de costo; los cuales son bastante complejos de hallar, en diversas ocasiones muchas personalidades han hablado de ellos como difíciles y de suma importancia. “Lo realmente difícil es determinar cuáles son los disparadores de costo más importantes en cada situación específica, cuáles son sus valores y cómo influyen en el esfuerzo y la duración de cada proyecto.”[Capuchino 1998]

Estos factores de ajuste se dividirán en dos grupos para hacerlos más entendibles en esta investigación:

- ✓ **Factores técnicos.**
- ✓ **Factores ambiente.**

Los factores técnicos se referirán a la complejidad de la auditoría, la fase en que se encuentre el proyecto auditado y la fase de la propia auditoría.

Los factores ambientes estarán enfocados a la preparación del personal, la experiencia que poseen en temas de auditorías y la continuidad del personal.

Cuando se realiza la estimación, en el Proceso de Auditoría de calidad el estimador debe de basarse en parámetros que cumplan ciertas características:

- ✓ **Objetivo.**
- ✓ **Sencillo, definido con precisión para que pueda ser evaluada.**
- ✓ **Apto para ser valorado numéricamente.**
- ✓ **Válido.**
- ✓ **Apto para ser refinado a medida que se obtiene mayor información.**

Otro de los aspectos que no se quiere dejar de pasar por alto es la exactitud en cuanto a la obtención de resultados, que constituye uno de los parámetros críticos de la estimación. Está claro que la estimación nunca llegará a ser una ciencia exacta, ya que entran en juego aspectos técnicos, humanos, el entorno donde se desarrolle e incluso políticas que puedan afectar el curso del proceso. Sin embargo cuando se realiza una buena estimación y de forma continua se puede convertir en un arma de predicción muy importante.

Siendo la estimación un proceso complicado y complejo, influyente en la mayoría de los fracasos del software, cabe la pregunta de quienes deben de desarrollar un proceso así.

### **1.4.3- Estimadores**

“El estimador debe de ser un profesional, que no tenga ningún interés, directo o indirecto, en los resultados del proceso de estimación y que esté únicamente guiado por su profesionalidad” [Capuchino 1998].

Como se deja claro en el planteamiento anterior el estimador debe de ser una persona bastante preparada, capaz de llevar a cabo una actividad con toda la honestidad posible. El principal objetivo

de un estimador debe de ser realizar estimaciones de calidad; las cuales no tienen por qué coincidir con los pronósticos o con las expectativas de la dirección.

**Los principales requisitos que debe cumplir un estimador son:**

- ✓ Debe poseer una importante formación y experiencia profesional que le ayude a entender y solucionar los problemas de la gestión de proyectos.
- ✓ Debe tener una posición en la organización que le permita adoptar un juicio independiente.
- ✓ Debe basarse en un método que pueda ser cuestionado, explicado, discutido y auditado por otros expertos.
- ✓ Siempre que use una herramienta de estimación, esta debe de ajustarse a su propósito de estimación y debe soportar el método. Además la herramienta debe de ser documentada.
- ✓ Debe de ser capaz de documentar su estimación incluyendo los resultados obtenidos y cualquier información necesaria para hacer el proceso de estimación repetible y verificable.

**1.4.4- Consideraciones de los métodos de estimación más comunes.**

Lograr plantearse un método de estimación es un tema bastante difícil. Muchos de estos métodos basan su aplicación en datos históricos, lo que conlleva a que no se puedan usar para estimar el proceso de auditoría de calidad, entre estos casos tenemos a los modelos **Analógicos**.

Existen otros métodos como el de la **Mejor Oferta**, el que plantea que se procura conocer hasta cuánto el cliente está dispuesto a pagar y cuales son las ofertas de la competencia. El valor que permite lograr el proyecto se toma como estimación del esfuerzo. Otro de los modelos que por su sencillez se utiliza es la **Ley de Parkinson**, este modelo se basa en leyes expuestas por C.N. Parkinson en 1987. Una de las leyes expresa: “los programas son como los gases perfectos, ocupan todo el espacio que se les da”. Esto manifiesta que la estimación del esfuerzo se hace en base a los recursos disponibles y no a lo que se espera obtener.

Otro de los modelos basados en reglas es el de DeMarco (**Reglas de estimación de DeMarco**).

Dentro de las reglas (9 reglas) expuestas por DeMarco se encuentran algunas relacionadas con los dos modelos vistos anteriormente; las mismas expresan:

- ✓ Estimar no es repetir (vs. Analogía)
- ✓ Estimar no es negociar (vs. mejor oferta)

La última regla de DeMarco dice: “las estimaciones debe formularlas un comité”. Refiriéndose a que un comité de expertos es quien debe de verificar la validez de la estimación propuesta.

En una encuesta que se realizó en [www.CalidaddelSoftware.com](http://www.CalidaddelSoftware.com) se obtuvo como resultado que el método mas usado es la experiencia del equipo con un 20% de los votos (Fig. 1).

Uno de los modelos con muchas similitudes al de la experiencia del equipo es el **juicio del experto**; se basa principalmente en juicios emitidos por uno o varios expertos avalados por su experiencia en entornos similares.

Basar las estimaciones en juicio del experto trae consigo dificultades como la que expresa Salvetto: “No necesariamente la experiencia pasada es aplicable. Un buen desempeño anterior del experto no es garantía del presente” [Salvetto 2004]:

“Como ventajas se podrían indicar que las estimaciones parciales son neutralizadas y se presenta una estimación global. Por otro lado las estimaciones suministradas por este grupo de expertos difícilmente pueden ser obviadas gracias a la trascendencia que la organización otorga a este proceso al proporcionar costosos recursos a esta tarea” [Escorial 2006].

El método de Wideband Delphies (**Método Delphi**) una aproximación que se puede definir como un protocolo multipaso cuyo fin es hacer coincidir la opinión de un grupo de expertos evitando así estimaciones parciales de individuos aislados.

Otro de los métodos importantes es el **método paramétrico (Holístico)**; los modelos paramétricos son modelos predictivos que relacionan matemáticamente el esfuerzo y duración con parámetros que tienen influencia en ellos. Poseen una formula funcional explicita, esta formula relaciona una variable dependiente con una o mas variables independientes.

Por las características del proceso de auditoría, el método paramétrico es bastante adecuado para usarse en la misma. Este método cuenta con ventajas como:

- ✓ **Es objetivo y repetible.**
- ✓ **Consideración de múltiples factores.**
- ✓ **Consideración de factores de escala.**

Además se utilizará ayuda de otros métodos como **COCOMO**, este método también usa parámetros y factores de ajuste. COCOMO es un modelo paramétrico, que usa factores de complejidad para realizar sus cálculos. Este método muestra claramente como son asignados a los diferentes factores. El método que se propondrá en esta investigación, estará supervisado por un comité de expertos y especialistas en el tema, además que deberá probarse en proyectos pilotos buscando comparar los resultados con los datos reales.



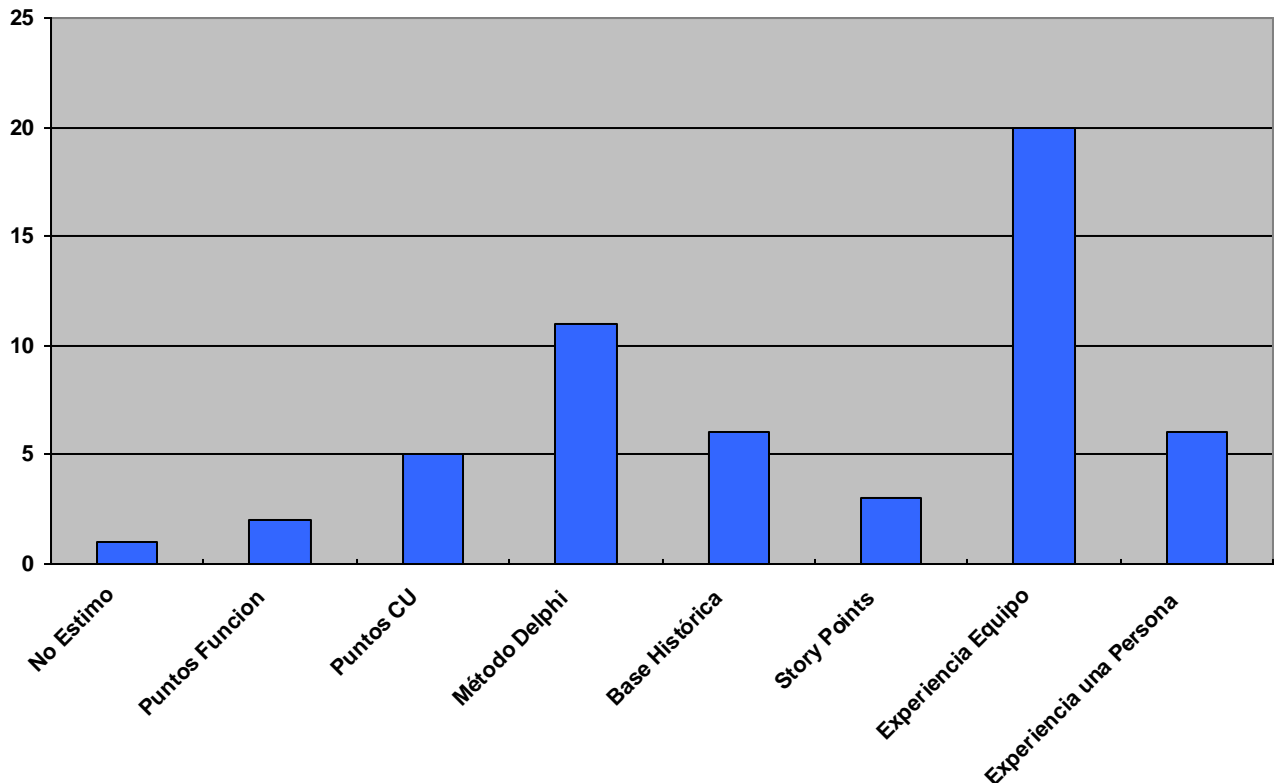


Fig. 1 Encuesta Métodos Estimación.

### **1.5- Experiencia Internacional en la mejora de procesos.**

Muchos son los métodos que se aplican en todo el mundo que buscan mejorar la calidad de lo que producen. A continuación se mostrarán algunos de los principales métodos que utilizan entre sus actividades, mediciones y estimaciones.

#### **1.5.1- La medición en los Modelos de Madurez y evaluación y mejora de procesos**

##### **Software.**

CMMI es una aproximación a la mejora del proceso que proporciona a las organizaciones los elementos esenciales para la eficacia de los procesos. Se puede utilizar para guiar el proceso de mejora a través de un proyecto, una división, o de toda una organización.

CMMI proporciona una gran importancia a la medición, en cuanto a la madurez de los procesos, al incorporar una nueva área del proceso denominada Medición y Análisis cuyo alcance es mucho más amplio y más explícito que el tratamiento de la medición en el modelo CMM [**Anexo 2**]. “La incorporación de esta nueva área de proceso proporciona una gestión con el enfoque y la visibilidad

que las organizaciones necesitan para guiar el uso de la medición en sus esfuerzos de mejora” [Goldenson 2003].

Según Goldenson, esta nueva área de proceso es una guía que brinda a las organizaciones la forma de alcanzar un nivel mayor de madurez, y por tanto un perfeccionamiento en la mejora de los procesos.

Según la definición dada, el objetivo que persigue esta área, está enfocado a resolver los problemas que presenta la organización mediante un proceso de medición bien definido y que cuyos resultados sirvan de apoyo a la toma de decisiones y acciones correctivas por parte de la organización.

Uno de los países con mayor crecimiento en las Tecnologías de la información (Ti), es la India, con un crecimiento del 50% en la última década. Evidentemente es resultado de la exportación de software de calidad, pues de las 32 empresas certificadas en el mundo con un nivel 5 de CMMI, 16 son de la India, lo que indica entre otras cosas que implementan las métricas que le permiten alcanzar dicha certificación, pues como ya fue mencionado a partir del nivel 2 en las áreas de proceso que se definen se menciona la necesidad de las mediciones. [Mehta 2006]

### **1.5.2- SPICE – ISO/IEC STD 15504.**

Mientras se publicaba y comenzaba a definir lo que era en ese entonces CMM, ISO (Organización Internacional para la Estandarización) emprendía uno de los trabajos más relevantes en cuanto a calidad de software: ISO 15504.

El primer borrador de Software Process Improvement and Capability dEtermination (SPICE) fue creado en junio de 1995. En 1998, el trabajo pasó a la fase de informe técnico con la denominación ISO/IEC TR 15504.

Aunque ISO empezó con el trabajo de SPICE un poco mas tarde que CMM, ambos han ido trabajando de forma convergente durante su evolución, ya que van teniendo muchas cosas en comunes. ISO 15504 al igual que CMM está orientado a mejoras en los procesos. Proporciona un marco de trabajo para la evaluación del proceso y establece los requisitos mínimos para realizar una evaluación que asegure la repetibilidad y consistencia de las valoraciones obtenidas.

El objetivo de la evaluación del proceso es conocer la capacidad de los procesos de una organización. Como resultado de una exitosa implementación de la evaluación de los procesos se determina la información que caracteriza los procesos evaluados y el punto hasta el cual los procesos realizan su propósito. Esta norma se divide en partes [Anexos 3] que hacen más entendible la misma.

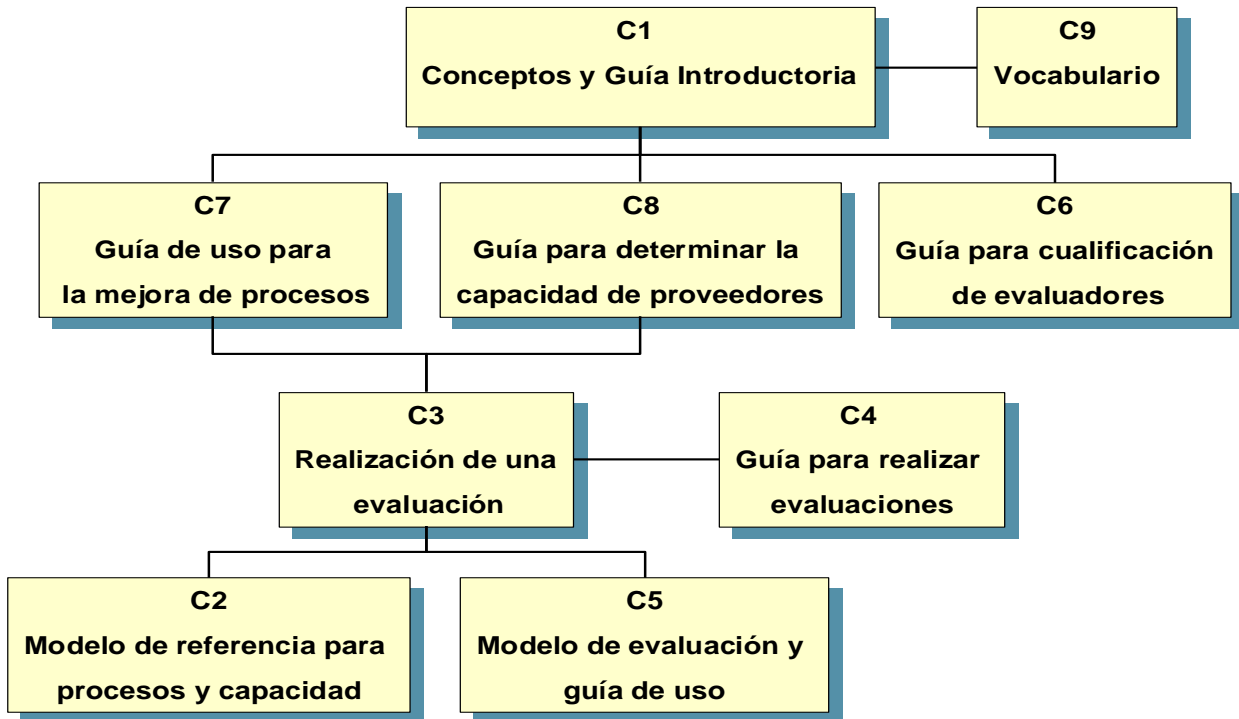


Fig. 3 Componentes ISO 15504.

### 1.5.3- Moprosoft.

MoProSoft surge por iniciativa de la Secretaría de Economía Mexicana y gracias al trabajo de académicos y empresarios de este país, encabezados por la Dra. Hanna Oktaba, profesora de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) [Ventura Miranda 2006]. MoProSoft es un modelo de procesos para la industria de software mexicano, que fomenta la estandarización de su operación a través de la incorporación de las mejores prácticas en gestión e ingeniería de software. La adopción del modelo permite elevar la capacidad de las organizaciones que desarrollan o mantienen software para ofrecer servicios con calidad y alcanzar niveles internacionales de competitividad. Es también aplicable en áreas internas de desarrollo de software de las empresas de diversos giros.

MoProSoft fue concebido basado en las mejores prácticas de los modelos y estándares reconocidos internacionalmente, tales como ISO 9000:2000, CMM-SW, ISO/IEC 15504, PMBOK, SWEBOOK, además se tomaron en cuenta la norma ISO/IEC 12207 Ciclo de vida del proceso de software y la ISO/IEC TR 15504 Software Process Assessment, como referencias para la definición de los

propósitos, las prácticas y las salidas de los procesos. Este modelo tiene entre sus características principales:

- ✓ **Sencillo de entender y adoptar.**
- ✓ **Facilita el cumplimiento de los requisitos de otros modelos como ISO 9000:2000, CMM y CMMI.**
- ✓ **Se enfoca a procesos.**
- ✓ **Se le considera práctico en su aplicación, principalmente en organizaciones pequeñas, con bajos niveles de madurez.**
- ✓ **Comprende un documento de menos de 200 páginas que, al compararlo con otros modelos y estándares, lo hace bastante práctico.**
- ✓ **Está orientado a mejorar los procesos, para contribuir a los objetivos de negocio, y no simplemente ser un marco de referencia o certificación.**
- ✓ **Tiene un bajo costo, tanto para su adopción como para su evaluación.**

MoProsoft, a diferencia de CMM-SW y CMMI, está dirigido a la mediana y pequeña industria. Sintetiza las mejores prácticas en un conjunto pequeño de procesos que abarcan las responsabilidades de la alta dirección, gestión y operación [Oktaba 2006]. MoProSoft es un modelo integrado donde las salidas de un proceso están claramente dirigidas como entradas a otros; las prácticas de planeación, seguimiento y evaluación se incluyeron en todos los procesos de gestión y administración; por su parte los objetivos, los indicadores, las mediciones y las metas cuantitativas fueron incorporados de manera congruente y práctica en todos los procesos; las verificaciones, validaciones y pruebas están incluidas de manera explícita dentro de las actividades de los procesos; y existe una base de conocimientos que resguarda todos los documentos y productos generados.

“La implantación de MoProSoft no demanda la incorporación de personal especializado en las empresas, únicamente requiere de una adecuada capacitación del personal existente” [Oktaba 2006].

#### **1.5.4- Consideraciones de los modelos internacionales.**

La mayoría de estos modelos que han sido expuestos se aplican a nivel mundial con buenos resultados. Tienen entre sus mayores ventajas que propician la competencia entre empresas, aunque se teme que esto no sea así dentro de unos años, como es el caso de la ISO 9000. Otras

como SPICE son muy adaptadas a la Unión Europea, lo que le debilita la competitividad con muchas empresas. [Anexo 4]

Tienen además a su favor que brindan confianza a los clientes; una de los puntos fuerte de CMMI es que fortalece la comunicación con los clientes y los trabajadores de la entidad que desarrollan el trabajo. Esto sin duda trae consigo una mayor satisfacción del cliente. Hay que señalar además que la implantación de estos métodos, en su mayoría son complejos y caros.

De lo anteriormente planteado, se ha desarrollado un modelo adaptado a las condiciones de la UCI, que combina los tres modelos, extrayendo las mejores características de cada uno. [Anexo 5]

### **1.6- Conclusiones**

En este capítulo se han identificado factores propios de la estimación de procesos. Abordamos modelos y métodos de importancia internacional los cuales mostraron la importancia que posee contar con un método de estimación para el proceso de Auditoría, que responda a dicho proceso, cumpliendo con las características de la universidad. El estudio evidenció la necesidad de contar con un método de estimación para el proceso de auditoría de calidad que cuente con los siguientes elementos:

- ✓ Seguir líneas de otros métodos y modelos internacionales para ofrecerle fortaleza y confiabilidad, sin salirse de las políticas de la universidad.
- ✓ Contar con métricas capaces de medir, de la manera más exacta posible lo que ocurre en el proceso de auditoría.
- ✓ Arrojar resultados que sirvan para planificar el proceso en futuras auditorías.

## **CAPÍTULO 2: MÉTODO DE ESTIMACIÓN PARA EL PROCESO DE AUDITORÍA DE CALIDAD.**

“Estimar es echar un vistazo al futuro y aceptamos resignados cierto grado de incertidumbre. Aunque la estimación, es más un arte que una Ciencia, es una actividad importante que no debe llevarse a cabo de forma descuidada”

### **2.0- Introducción**

Para concebir un buen método de estimación hay que prever atributos como tamaño y esfuerzo así como factores de complejidad que afectan los mismos. El objetivo de este capítulo es hacer un análisis teórico-descriptivo de lo que se considera un buen método de estimación que brinde solución a las necesidades del proceso de auditoría.

### **Métodos y metodología investigativa utilizada.**

La metodología de la investigación científica es la reflexión sistemática acerca del método, los procedimientos y las técnicas utilizadas para obtener conocimientos verdaderos y objetivos del mundo. El método científico de investigación es la forma de abordar la realidad. [R. Hernández León, S. Coello González, 2002].

Durante todo el desarrollo de la investigación se abordaron varios métodos teóricos; dentro de estos métodos podemos encontrar los Métodos lógicos. Dentro de los métodos lógicos se utilizaron por las características de la investigación los métodos lógicos deductivos, los métodos empíricos dentro de los cuales fueron de importancia la observación selectiva, la observación objetiva y la medición. El método analítico sintético, otro de los usados, se utilizó para analizar teorías, documentos, y diferentes tipos de bibliografía; permitiendo la extracción de los elementos más importantes que se relacionan con el tema objeto de estudio. Otro de los métodos utilizados fue el método experimental el cual es de importancia para la demostración, además de aportar conocimiento sobre el objeto de estudio. Además se usó la entrevista con el objetivo de obtener información de algunas personas especialistas en el tema de calidad en la Universidad.

Estos métodos ayudaron y orientaron en la obtención de resultados a interrogantes surgidas durante la investigación, además de ayudar al entendimiento de conceptos básicos, el estudio de la evolución histórica así como hacer más fácil y entendible el trabajo con las métricas y estudio de métodos y técnicas de estimación.

## **2.1- Técnicas de la estimación.**

Para realizar una estimación existen cuatro técnicas básicas y comunes [**Capuchino 1998**]: Opinión de los expertos, la analogía, la descomposición y las ecuaciones de estimación.

La opinión de los expertos se basa en la experiencia del personal; esta técnica es un tanto informal, y arroja resultados no muy buenos a la hora en que se aplica, esto viene dado por la complejidad del proceso de estimación.

La analogía, es una aproximación más formal que la experiencia de los expertos y se basa en la comparación directa de uno o más proyectos pasados. La estimación inicial se hace teniendo en cuenta las diferencias entre el proyecto nuevo y el antiguo. Necesita para su aplicación una base de datos históricos de los proyectos finalizados para llevar a cabo la comparación; además estos proyectos deben haber llevados un comportamiento estándar, es decir, que el ciclo de desarrollo debe de ser bastante similar. A menos que un proyecto se asemeje bastante al otro, comparar dos proyectos es como comparar un automóvil y un camión de carga. Otro aspecto a tener en cuenta es la fiabilidad que deben de poseer los datos.

La descomposición, consiste en la descomposición en componentes más pequeños, o descomponer un proyecto en tareas de nivel inferior. La estimación se hace a partir del esfuerzo requerido para producir los componentes más pequeños o para realizar las tareas de nivel inferior. La estimación global del proyecto resultará de sumar las estimaciones de los componentes. Para aplicar esta técnica, también se debe de tener una base de datos históricos para poder identificar el esfuerzo de las distintas actividades.

Las ecuaciones de estimación; Son fórmulas matemáticas que establecen la relación de algunas medidas de entrada (que normalmente es la medida del tamaño) y determinan el esfuerzo que se requerirá.

## **2.2- El método de estimación.**

Por las características que presenta el proceso de Auditoría de calidad, y como se dejó claro en el capítulo anterior, se usarán ecuaciones de estimación como la técnica que brindará solución al problema planteado. Los resultados de estas ecuaciones posibilitarán realizar predicciones, así como medir la eficacia del proceso.

Como expresa la doctora Capuchino: “Un método de estimación eficaz permitirá ignorar aspectos sin interés y concentrare en los aspectos esenciales. Un buen modelo debería poseer capacidades predictivas, mejor que ser meramente descriptivo o explicativo” [**Capuchino 1998**].

El proceso de medición, está dirigido por las necesidades de información existente en el proceso que se desarrollan. Por cada necesidad de información este proceso produce información que intenta satisfacerlo, describiendo cómo los atributos relevantes se cuantifican y se convierten en indicadores que proporcionarían la base para la toma de decisiones, la detección de defectos y la planificación de futuras auditorías.

La validez de las métricas y del modelo de estimación debe ser establecida demostrando la coincidencia entre los datos empíricos y los experimentales. Esto requiere una cuidadosa atención en la toma de medidas y en el análisis de los datos.

Un buen método de estimación, según autores como Vargas y J. M. Capuchino debe de cumplir ciertos requisitos y características:

- ✓ **Poder adaptarse a la organización que lo necesita.**
- ✓ **Considerar la comunicación entre las personas.**
- ✓ **Usable y Objetivo.**
- ✓ **Debe de estar documentado.**
- ✓ **Es entendido por las personas que afectan los resultados de los mismos.**

Para establecer la estimación se siguen pasos que sean capaces de establecer una línea base para realizar la medición y la recolección de los datos.

### **2.3- Definición de las métricas usadas en el método de estimación**

La literatura de las métricas plantea que las métricas son adaptables al proceso para el cual son aplicadas, no existen una métrica perfecta, ni restricciones sobre las mismas.

#### **2.3.1- Descripción de las métricas en el método de estimación.**

Para ofrecer una mejor organización y atendiendo a diversos objetivos, se han dividido las métricas en dos grupos, en el primero estarán las métricas que se encargan de medir atributos básicos dentro del proceso de auditoría.

- ✓ **Magnitud de la documentación**
- ✓ **Esfuerzo**
- ✓ **Tiempo**
- ✓ **Cantidad de personas**



El segundo grupo lo conforman las métricas para medir la eficacia del proceso de auditoría, estas métricas sirven además para guardar información histórica para las futuras estimaciones. Dentro de este grupo están:

- ✓ **Cumplimiento de los objetivos**
- ✓ **Cumplimiento de los Pasos del Proceso**
- ✓ **Eficiencia del Personal**
- ✓ **Ajuste con el Tiempo Planificado**
- ✓ **Resultado de la Evaluación del Proyecto**
- ✓ **Número de No Conformidades Por Criterios de Evaluación.**
- ✓ **Resultado de la Evaluación de las No Conformidades.**

### 1.1 Métrica: Magnitud de la Documentación (MGDOC).

Esta métrica sirve para conocer el volumen de documentación que será revisado. El volumen de documentación depende de la cantidad y complejidad de casos de uso que tenga el proyecto, y de la fase de desarrollo en que se encuentre dicho proyecto. El resultado de la métrica es un valor numérico que representa la magnitud de la documentación a revisar

Fórmula:

$$\mathbf{MAGDOC} = \mathbf{MDF} * (\mathbf{FCUS} + \mathbf{S} * \mathbf{FCCantCU})$$

$$\mathbf{FCUS} = \frac{\sum_{i=1}^{i=s} \mathbf{CCU}_i}{\mathbf{S}}$$

Donde:

**S:** Cantidad de Casos de Uso de Sistema

**MDF=** Magnitud de la Documentación de la Fase en que se encuentra el proyecto.

**CCU:** Complejidad del Caso de Uso

**FCUS:** Factor de Complejidad de los Casos de Uso del Sistema.

**FCCantCU:** Factor de Complejidad promedio asociado a la cantidad de casos de uso.

Los valores de los factores que aparecen en la fórmula se pueden encontrar en las tablas que se muestran a continuación:

|            | Fase      |             |              |            |
|------------|-----------|-------------|--------------|------------|
|            | Inicio    | Elaboración | Construcción | Transición |
| <b>MDF</b> | <b>17</b> | <b>20</b>   | <b>24</b>    | <b>31</b>  |

Tabla 1. Magnitud de la documentación por fase.

| Complejidad              | Características de los Casos de Uso          |   |   |
|--------------------------|--|---|---|
|                          | Cantidad de Acciones dentro del Flujo Básico | Cantidad de Acciones dentro del Flujo Alternativo | Valor del Factor de Complejidad del Caso de Uso |
| <b>Complejidad Baja</b>  | 3-6  | 1-13  | 1   |
| <b>Complejidad Media</b> | 7-14   | 14-20   | 2   |
| <b>Complejidad Alta</b>  | 15-20  | 21-40   | 3   |

Tabla 2 Complejidad de los casos de uso para los modelos de Negocio y Casos de Uso del Sistema.

|                          | BAJA        | MEDIA             | ALTA         |
|--------------------------|-------------|-------------------|--------------|
| <b>Cantidad CU</b>       | CantCU < 40 | 40 < CantCU < 100 | CantCU > 100 |
| <b>Valor de FCCantCU</b> | 0.015       | 0.012             | 0.01         |

Tabla 3 Valor de la complejidad asociada la cantidad de casos de uso.

### 1.2- Métrica: Esfuerzo (EFZRD)

Esta métrica sirve para conocer las horas de actividad que se deben dedicar para realizar las tareas definidas en el proceso de revisión. El esfuerzo depende de factores técnicos y factores de ambiente como la magnitud de documentos a revisar, la complejidad que tienen dichos documentos. Esta métrica se mide en (horas, días, semanas...) unidades de tiempo/hombre, en este caso se medirá en horas/hombre. El resultado de esta métrica es un valor numérico que representa las horas de actividad que requeridas para realizar una tarea.

Fórmula:

$$EFZRD = (MGDOC * CAR * 0.16)$$

$$CAR = \sum FA * 0.01$$

Donde:

**MGDOC:** Magnitud de la documentación.

**CAR:** Complejidad asociada al esfuerzo de los revisores.

En las siguientes tablas se muestran el peso (**Tabla 4**) y valor asignado a cada factor del Factor de Ambiente (**Tabla 5**).

Los factores de complejidad determinan la complejidad del proceso y los factores de ambiente son las habilidades y entrenamiento de los involucrados en el proceso, es decir los auditores. Cada factor tiene asignado un peso que indica la importancia que tiene para el proceso, el valor es cuantificado de acuerdo al aporte o la influencia que tiene el factor en el proceso. El valor va desde 0-5, donde:

| Valor | Influencia    |
|-------|---------------|
| 1     | incidental    |
| 2     | moderada      |
| 3     | media         |
| 4     | significativa |
| 5     | fuerte        |

**Tabla 4. Influencia**

| Factor | Descripción   | Peso | Valor | Comentario |
|--------|---|------|-------|------------|
|        | Conocimiento técnico y de ingeniería del modelo de proyecto utilizado | 1.5  |       |            |
|        | Experiencia del personal  | 1.5  |       |            |
|        | Experiencia en Revisiones del mismo tipo que la actual                | 0.5  |       |            |
|        | Calificación del Personal   | 1    |       |            |
|        | Motivación  | 1    |       |            |

|                             |                                   |     |  |  |
|-----------------------------|-----------------------------------|-----|--|--|
|                             | Participación del personal        | -1  |  |  |
|                             | Continuidad en el trabajo.        | 1   |  |  |
|                             | Comunicación del personal revisor | 0.5 |  |  |
| <b>CAR=∑ Pesoi * Valori</b> |                                   |     |  |  |

**Tabla 5. Factores de Ambiente**

**Nota:** En los comentarios se debe poner la justificación de porque se da ese valor.

Estos valores deben de estar oscilando para los casos máximos (donde todos los valores sen igual a 5, influencia fuerte) un valor de CAR= 30 y para los casos mínimos, considerando estos casos para valores iguales a 1, es decir, que posean influencia incidental; CAR=6.

El valor de la sumatoria de los factores de ambiente, se multiplica por 0.01 para convertir a CAR en un valor decimal.

### 1.3 Métrica: Tiempo Estimado (TESTIM)

Permite conocer cuanto debe durar el proceso de revisiones, lo que se refiere al tiempo estimado que se dedicará a la revisión de la documentación. Depende de algunos factores de complejidad técnica y de ambiente que influyen en el tiempo que demora revisar la documentación. Además existen otros factores que influyen en el cálculo del tiempo como la cantidad de documentación.

Fórmula:

$$\text{TESTIM} = (\text{MGDOC} * \text{A} + \text{EFZRD} * \text{B})$$

Donde:

**MGDOC:** Magnitud de la documentación.

**EFZRD:** Esfuerzo para revisar la documentación.

**A:** Multiplicador de la magnitud de la documentación para el tiempo.

**B:** Multiplicador de esfuerzo para el tiempo.

Los valores de A y B, son valores que dependen del valor de la magnitud de la documentación y del esfuerzo para revisar la misma respectivamente en el cálculo del tiempo.

El valor que se le asigna al valor de la magnitud de la documentación en la tabla 7 es el mismo que se obtiene de la tabla 5.

| Valor de MAGDOC | BAJA  | MEDIA | ALTA  |
|-----------------|-------|-------|-------|
| Valor de A      | 0,050 | 0,051 | 0.052 |

Tabla 7. Valor de A para el tiempo dependiendo de valor MAGDOC.

El valor que obtiene B, es del valor que posea el esfuerzo que se necesita para revisar la documentación (EFZRD).

|                | BAJA   | MEDIO       | ALTO   |
|----------------|--------|-------------|--------|
| Valor de EFZRD | > 1.75 | 1.75 – 3.25 | 3.25 < |
| Valor de B     | 0.71   | 0.70        | 0.70   |

Tabla 8. Valor de B para el tiempo dependiendo del valor de EFZRD.

### Tiempo Proceso Completo.

El tiempo que se destinará a la auditoría completa, contempla el tiempo que se estimó para la revisión de la documentación así como actividades asociadas.

Fórmula:

$$\text{TmpRevComp} = \text{TESTIM} + \text{TAOA}$$

Donde:

**TmpRevComp:** Tiempo total dedicado a la auditoría.

**TAOA:** Tiempo dedicado a otras actividades de la auditoría.

El tiempo dedicado a otras actividades del proceso de revisión se puede encontrar en la siguiente tabla (Tabla 10).

| Actividades                                      | Tiempo Requerido (horas) | Tiempo Real (horas) |
|--|--------------------------|---------------------|
| Reunión de inicio                                | 1                        |                     |
| Reunión de preparación de la reunión de apertura | 1                        |                     |
| Reunión de apertura                              | 1                        |                     |
| Reunión de preparación de las conclusiones       | 4                        |                     |
| Reunión de pre-cierre                            | 1                        |                     |
| Preparar documentación de cierre                 | 2                        |                     |
| Reunión de cierre                                | 2                        |                     |
| Reunión de cierre                                | 2                        |                     |
| Total  | 11 ½                     |                     |

Tabla 10. Tiempo dedicado a otras actividades.

#### 1.4 Métrica: Cantidad de Personas (CANTPERS)

Esta métrica permite conocer la cantidad de personas necesarias para llevar a cabo el proceso de auditoría. La cantidad de personas depende del esfuerzo o capacidad de trabajo requerido y del tiempo estimado para hacer la revisión, es decir, que la cantidad de personas, el tiempo estimado y el esfuerzo necesario para realizar las tareas del proceso de revisión están relacionados de la siguiente forma:

**Cantidad de Personas = Tiempo Estimado de Duración del Proceso/ Esfuerzo Necesario**

Aquí el tiempo estimado y el esfuerzo necesario para realizar la revisión son medidas que se pueden tomar en este caso como medidas directas ya que su valor aquí ya es conocido porque fue calculado en algún momento anterior.

Fórmula:

$$\text{CANTPERS} = \text{TESTIM} / \text{EFZRD}$$

Donde:

**TESTIM:** Tiempo Estimado

**EFZRD:** Esfuerzo

Esta métrica puede confundir y conllevar a conclusiones erróneas como la de pensar que si aumentamos la cantidad de personas disminuye el tiempo de ejecución. Esto puede no ser así, debido a que la inclusión de nuevas personas puede implicar mayor tiempo ya que se necesita tiempo para preparar al personal nuevo y tiempo en las comunicaciones entre los miembros del equipo.

Para añadir personal al equipo de auditores, es preciso hacer la concesión de que la persona que se va a añadir posee las mismas características que las que están trabajando en la revisión de la documentación hasta ese momento.

Es necesario contar con un algoritmo que sea capaz de establecer la relación de las horas estimadas con las que debe realizar individualmente en una hora. Para eso obtendremos el por ciento de revisiones que debe desarrollar un auditor en una hora:

Fórmula:

$$\text{PorCientoByHora} = 100 / (\text{TESTIM} * \text{CANTPERS})$$

Donde:

**PorCientoByHora:** Obtiene el por ciento de trabajo realizado por un auditor para ese tiempo estimado y el esfuerzo constante.

Una vez que tengamos el por ciento de horas trabajadas, para un mismo esfuerzo, buscamos para la cantidad de personas que queramos el tiempo que debe demorarse la revisión de la documentación.

$$\text{Tiempo\_Obtenido} = 100 / (\text{PorCientoByHora} * \text{Cant\_Pers\_Rev})$$

Donde:

**Tiempo\_Obtenido:** Es el tiempo que se obtendrá al agregar o eliminar personal revisor.

Hasta este momento se tienen métricas dedicadas a estimar atributos básicos en el proceso de revisión. En este otro grupo que se muestra a continuación se enmarcan las métricas dedicadas a medir la eficacia del proceso.

### **Métricas para estimar la eficacia del proceso de estimación.**

Las métricas que se expresaron en el segundo grupo están destinadas a estimar la eficacia con que se está desarrollando el proceso.

#### **1.5- Métrica: Cumplimiento de los objetivos (CUMPOBJT)**

Esta métrica describe el por ciento de objetivos evaluados según los previstos.

Fórmula

$$\text{CUMPOBJT} = (\text{OBJTREALES} / \text{OBJTESTIM}) * 100$$

Donde:

**OBJTREALES:** es la cantidad de objetivos que se cumplieron.

**OBJTESTIM:** es la cantidad total de objetivos.

Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

#### **1.6- Métrica: Cumplimiento de los pasos del Proceso (CUMPPAPR)**

Esta métrica mide el cumplimiento del personal con los pasos establecidos para llevar a cabo el proceso de revisiones.

Fórmula

$$\text{CUMPPAPRO} = (\text{PasosCumplidos} / \text{PasosEstimados}) * 100$$

Donde:

**Pasos Cumplidos:** son los pasos que se realizaron.

**Pasos Estimados:** son los pasos que se planificaron realizar.

#### Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

### 1.7- **Métrica:** Eficiencia del personal (EFICPERS)

Mide la eficiencia del trabajo del personal relacionado con el proceso de revisiones (Desempeño del Revisor Jefe y Revisores)

#### Fórmula.

**EFICPERS = (Cantidad de evaluados de Adecuado o Superior / Cantidad de evaluados)\*100**

#### Donde:

**Cantidad de evaluados de Adecuado o Superior:** Cantidad de miembros del equipo de revisores evaluados de Adecuado o Superior.

**Cantidad de evaluados:** Total de personas evaluadas.

#### Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

### 1.8- **Métrica:** Ajuste con el Tiempo Planificado (AJTMPLAN)

Mide el ajuste con la planificación temporal, es decir se mide si la ejecución de las etapas y actividades del proceso se han realizado en el tiempo previsto. Los valores mayores o iguales a un 100% significan que han realizado las tareas haciendo un uso eficiente del tiempo.

#### Fórmula.

**AJTMPLAN = (TiempoEstimado / TiempoReal)\*100**

#### Donde:

**TiempoEstimado:** Tiempo estimado para realizar las actividades dentro de la etapas del Proceso.

**TiempoReal:** Tiempo real empleado en la realización de las actividades.

#### Análisis cualitativo

Los valores mayores o iguales que un 100% significan que han realizado las tareas haciendo un uso eficiente del tiempo.

### 1.9- **Métrica:** Resultado de la evaluación al proyecto (REVALPROY)



Mide la proporción de las evaluaciones Buenas o Malas hechas al proyecto con respecto al total de evaluaciones hechas.

Fórmula.

**REVALPROY= (Evaluaciones Deficientes o Malas / Total de Evaluaciones)\*100**

**REVALPROY= (Evaluaciones Aceptables o Satisfactorias / Total de Evaluaciones)\*100**

Donde:

**Evaluaciones Aceptables o Satisfactorias:** cantidad de evaluaciones Buenas.

**Evaluaciones Deficientes o Malas:** Cantidad de evaluaciones Malas.

**Total de Evaluaciones:** Total de evaluaciones hechas (Buenas + Malas)

Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

### **1.10- Métrica: Número de no conformidades por criterios de Evaluación (CNCXCEVAL)**

Esta métrica mide el por ciento de la cantidad de no conformidades encontradas en los criterios de evaluación.

Fórmula.

**CNCXCEVAL= (Cantidad de no conformidades/ Total de criterios de evaluación) \*100**

Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

### **1.11- Métrica: Resultado de la Evaluación de las No Conformidades (RENCONF)**

Mide el por ciento de las clasificaciones de las no conformidades con respecto al total de no conformidades. Se realizan los cálculos por cada tipo de clasificación (para las clasificadas de A, para los clasificados de M y para los clasificados de B).

Fórmula.

**RENCONF= (Cantidad de no conformidades Clasificadas de (Alta A, Media M, Baja B)/ Total) \*100**

Donde:

**Cantidad de no conformidades Clasificadas:** Son las no conformidades clasificadas.

**Total:** es el total de no conformidades.

#### Análisis cualitativo

Mientras más cercano a 100 es mejor.

### **2.4- Factores de Ajuste dentro del proceso de Auditoría**

Los factores de ajuste, mencionados también en el capítulo anterior, son de gran influencia en las métricas propuestas en este capítulo. Estos factores son muy difíciles de determinar ya que son muchos los que influyen, y no todos en la misma escala sobre un mismo objetivo.

Los factores de ajuste son una de las razones que determinan que las estimaciones sean complejas a la hora de aplicarlas. Uno de estas razones que influye es la objetividad, ya que un factor puede ser complejo para un revisor **A**, puede no serlo para uno **B**; siendo así la objetividad un factor de riesgo potencial.

Otra razón es la correlación. Si se realiza un cambio sobre un factor de ajuste **A**, puede influir sobre los otros factores de ajuste. Es muy difícil determinar la independencia de los factores y esto sin duda es muy complicado a la hora de las mediciones. Otras razones son la cuantificación, la relación y la calibración.

Los factores de ajuste que se tienen en el proceso de auditoría se dividieron en dos grupos: los de complejidad técnica, y los factores de ambiente.

Los primeros se refieren a las causas que pueden influir en la cantidad de la documentación que puede ser revisada, el volumen de trabajo que debe tenerse para dar cumplimiento a la auditoría. Los factores de ambiente vienen relacionados con el personal que se encargará de hacer la auditoría en general. Dentro de estos podemos encontrar características de las personas como experiencia, motivación y otras más que se muestran en la siguiente tabla.

| Factores de ajuste complejidad técnica                    | Factores de ajuste de ambiente  |
|---|---|
| Tipo o Modelo de Proyecto                                 | Conocimiento técnico y de ingeniería del modelo de proyecto utilizado |
| Complejidad del proyecto                                  | Experiencia del personal  |
| Cantidad de Casos de Uso                                  | Experiencia en Revisiones del mismo tipo que la actual                |
| Complejidad de los Casos de Uso                           | Calificación del Personal   |
| Dependencia de la fase en la que se encuentre el proyecto | Motivación  |
|   | Participación del personal  |
|   | Comunicación entre el equipo de auditores                             |
|   | Continuidad en el trabajo.  |

Tabla 5. Factores de ajuste.

#### 2.4.1- Descripción de los factores

**1- Conocimiento técnico y de ingeniería del modelo de proyecto utilizado:** El personal posee conocimiento técnico y de ingeniería de software del proyecto que va auditar, es decir, conoce aspectos técnicos sobre el desarrollo del proyecto, así como de las prácticas ingenieriles que encierra el desarrollo de modelo de proyecto escogido por los auditados. No tiene por que haber participado en auditoría o revisiones de calidad.

**2- Experiencia del personal:** Se refiere a la experiencia que posee el personal de acuerdo a la cantidad de auditorías en las que han participado. Si tienen más de 10 auditorías es alta, si tiene entre 4 y 9 es media y si tiene 3 o menos es baja.

**3- Participación en auditorías del mismo tipo que la actual:** El personal ha participado en auditorías del mismo tipo que la actual, es decir si ya conoce como se desarrolla este tipo de auditoría. Si ha participado en mas de 5 es alta, si ha participado entre 2 y 4, es media, si ha participado en 2 o menos es baja, si no ha participado en ninguna es nula.

**4- Calificación del personal:** El personal está calificado de acuerdo a la categoría científica que haya alcanzado. La mayor calificación es experto.

**5- Motivación:** El personal está motivado para realizar auditorías. Se conoce si está motivado por las evaluaciones obtenidas en auditorías anteriores. Si todas las evaluaciones son buenas entonces está muy motivado.

**6- Participación del personal:** Se refiere al tiempo de trabajo que está vinculado el personal a la realización de las actividades de auditoría, es decir si está a tiempo completo trabajando en las actividades de la auditoría o si comparte su tiempo de trabajo entre las actividades de la auditoría y otras actividades. Para el primer caso la calificación es de muy buena y para el segundo es normal y mala en dependencia del tiempo que le dedique a la auditoría (mientras menos tiempo le dedique es mas mala la calificación).

**7- Continuidad en el trabajo:** Se refiere al tiempo que lleva el personal desvinculado de las actividades de auditoría. Si lleva mas de 1 año desvinculado la calificación es de mala, si lleva entre 5 y un año la calificación es media y si lleva menos de 5 meses desvinculado la calificación es alta.

**8- Comunicación entre el equipo de auditores:** Se refiere a la comunicación que debe existir entre los auditores, es decir, que debe existir una claridad y un entendimiento entre los miembros del equipo. La calificación de la comunicación está dada por las evaluaciones obtenidas en auditorías anteriores y por el conocimiento técnico y de ingeniería adquirido por los auditores en auditorías anteriores. Para una mejor evaluación y un mayor conocimiento la calificación de la comunicación será de Buena.

## **2.5 - Procedimiento para la recolección de datos. Estimación Inicial.**

Una vez visto las métricas que se aplicarán cabe hacerse la pregunta: ¿Cómo se lleva a cabo el proceso de aplicación de las métricas propuestas y como se recogerán estos datos?

“La recolección de datos es también parte del proceso” [Humprey 1995]. Para dar cumplimiento a esto se ha elaborado un procedimiento de recolección de datos que establezca como se deben de recoger los datos durante la estimación [**Anexo 6**].

El procedimiento recolección tiene como objetivo establecer una línea base de recolección de datos para las métricas del proceso de auditoría y describir la forma específica de como llevar a cabo las actividades de recolección de datos para realizar la estimación través de las métricas.

La estimación utiliza los datos recolectados para predecir el esfuerzo necesario y el tiempo que demorará realizar las actividades y tareas del proceso de revisión, con el fin hacer una eficiente asignación de los recursos.

### **2.5.1- Confirmación de los Recursos y la información necesaria (Información de Entrada).**

La primera actividad que se lleva a cabo para desarrollar la recolección de los datos que servirán de entrada al método de estimación, es la solicitud, al proyecto auditado de una serie de datos, que son básicos para el desarrollo del método de estimación; entre estos podemos encontrar: Fase de desarrollo en que se encuentra el proyecto, la cantidad de casos de usos y la descripción de los mismos.

### **2.5.2- Definir los métodos y técnicas a utilizar**

Para recopilar información se definen técnicas o métodos a utilizar, tales como: entrevistas, observación de actividades y revisión de documentos.

Una vez definida la técnica y recolectados los datos (información de entrada), se puede comenzar a calcular métricas previstas para el método de estimación.

### **2.5.3- Estimación de la Magnitud de la Documentación.**

Esta es la primera métrica que debe calcularse ya que sirve de base para el cálculo de las otras métricas. El estimador utiliza la información de entrada para recoger los datos útiles para el cálculo de esta métrica. De esta información de entrada se obtiene datos como: la cantidad de documentos que se generan por fase, la cantidad de casos de uso que tiene el proyecto (Los CU del Modelo de Negocio + los CU del Modelo de CU Sistema) y la complejidad de dichos casos de uso.

Conociendo el valor de los datos, se procede al cálculo de la métrica. La forma de obtener los datos anteriormente mencionados esta especificada en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro De Métricas Para El Proceso De Auditorías.

### **2.5.4- Estimación del Esfuerzo**

El esfuerzo se define como la el tiempo que dedicarán los Revisores a la realización de las actividades de auditoría.

Partiendo de que ya se conoce la Magnitud de la Documentación a revisar, el estimador calcula el valor de algunos factores técnicos y de ambiente que influyen en el esfuerzo y se procede al cálculo del esfuerzo necesario para revisar dicha documentación.

### **2.5.5- Estimación del Tiempo**

El tiempo y el esfuerzo están muy relacionados, pero son dos magnitudes diferentes, ya que el tiempo de duración de la revisión incluye el tiempo de revisión de los documentos mas el tiempo de realización de otras actividades relacionadas con el Proceso de Revisión. Por tanto, el estimador que ya conoce la magnitud de la documentación y el esfuerzo para revisarla, utiliza estos dos datos y calcula el valor de algunos factores técnicos y otros de ambiente que influyen en el tiempo de demora de la revisión y para calcular el tiempo que debe demorarse la realización de las tareas y actividades de la revisión.

### **2.5.6- Estimación del Personal**

El estimador necesita conocer la cantidad de personas que va a asignar para la realización de las actividades de la revisión. Para ello cuenta con el valor del esfuerzo necesario y con el valor del tiempo que son los dos factores que más influyen en la estimación del personal. Se procede al cálculo de esta métrica.

Estas estimaciones que se desarrollan hasta este momento (Magnitud de la documentación, esfuerzo, tiempo y personal) se van a hacer antes de comenzar la auditoría a los proyectos. Esto garantizará hacer una planificación del proceso que posibilite poder contar con los recursos necesarios para hacer una auditoría lo mas eficiente posible.

Existen otro grupo de métricas, las que están orientadas a la eficacia con que se desarrolla la auditoría; estas métricas no se harán junto con las otras.

### **2.5- Estimación final.**

Esta estimación se realiza después de haber concluido la auditoría. Aquí se utilizan las métricas del segundo grupo, conformado por las métricas para medir la eficacia del Proceso de Auditorías y para guardar información que sirva como datos históricos a las futuras estimaciones y las mismas se encuentran en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías. Los resultados de estas métricas se guardan en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

### **2.5.1- Confirmación de los Recursos y la información necesaria (Información de Entrada).**

El estimador solicita a los auditores la siguiente información:

- ✓ **Objetivos de la auditoría propuestos y Objetivos de la auditoría cumplidos.**
- ✓ **La cantidad de pasos propuestos en el Proceso de Revisiones y la cantidad real de pasos cumplidos.**
- ✓ **Tiempo real empleado para realizar las actividades.**
- ✓ **El Registro de Métricas para el proceso de Auditorías.**
- ✓ **El estimador solicita además los documentos que se generan al finalizar la revisión como:**

- **La plantilla de Evaluación del Desempeño (Evaluación de desempeño de los revisores).**
- **Plantilla de Hallazgos (Muestra los Hallazgos encontrados en la revisión).**

### **2.5.2 - Definir los métodos y técnicas a utilizar**

Para recopilar información se definen técnicas o métodos a utilizar, tales como: entrevistas, observación de actividades y revisión de documentos.

Las métricas para la eficacia del proceso se pueden utilizar en cualquier momento de la auditoría. Se utilizan para conocer en todo momento como se va efectuando el proceso de auditoría. Los resultados obtenidos se usarán para la toma de acciones para mejorar el Proceso de Auditorías, además, los datos obtenidos de estas métricas se deben registrar en el Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías, para utilizarlos en futuras estimaciones.

### **2.5.3- Estimación del cumplimiento de los objetivos**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- **Objetivos de la auditoría propuestos y Objetivos de la auditoría cumplidos.**

Estos valores se introducen en el documento Métricas para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

### **2.5.4- Cumplimiento de los Pasos del Proceso**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- **La cantidad de pasos propuestos en el Proceso de Revisiones y la cantidad real de pasos cumplidos.**

Estos valores se introducen en el documento Métricas para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

### **2.5.5- Ajuste con el Tiempo Planificado**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- **Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías**
- **Tiempo real empleado para realizar las actividades.**

Estos valores se introducen en el documento Métricas para El Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

Estas métricas descritas a continuación también se utilizan para medir la eficacia del Proceso de Revisiones. Y solo se utilizan al finalizar la revisión.

### **2.5.6- Eficiencia del Personal**

El estimador utiliza la plantilla de Evaluación del Desempeño para obtener los datos de la evaluación del personal. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías.

Estos valores se introducen en el documento Métricas para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

### **2.5.7- Resultado de la Evaluación del Proyecto**

El estimador utiliza la plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías.



Estos valores se introducen en el documento Métricas para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

#### **2.5.8- Número de No Conformidades Por Criterios de Evaluación.**

El estimador utiliza la plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías.

Estos valores se introducen en el documento Métricas para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

#### **2.5.9- Resultado de la Evaluación de las No Conformidades**

El estimador utiliza la plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditorías.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para el Proceso de Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditorías.

### **2.6- Vinculación con el Modelo de Capacidad y Madurez Integrado (CMMI)**

En el epígrafe 1.5.1 anteriormente desarrollado se menciona el modelo de capacidad y madurez (CMMI) como uno de los modelos de calidad más ampliamente difundido y utilizado en el mundo, y en específico su área de Medición y Análisis. Una de las áreas que define CMMI para el nivel 2 es Medición y Análisis, cuyo objetivo es realizar mediciones que respondan a las necesidades de información de la empresa y proporcionen datos que puedan tenerse en cuenta para la toma de decisiones. Precisamente las métricas propuestas además del Procedimiento de recolección de datos, cumplen con este propósito, ayudando a identificar y resolver problemas, y además, contribuyendo a desarrollar una planificación y estimación objetiva durante el proceso de auditoría.

El área antes mencionada le confiere gran importancia a la recogida, almacenamiento y análisis de los datos que ayuden a comparar el rendimiento actual con el rendimiento esperado en el plan, y proporcionen una base para añadir métricas futuras.

Las métricas también están relacionadas con el área de *Planificación de Proyectos*, que incluye estimación de tareas, recursos necesarios, calendario, e identificación y análisis de los posibles riesgos que pueda tener el proceso de revisión, en este sentido juegan un papel importante las métricas: probabilidad de que ocurran riesgos de un mismo tipo.

Como ha sido mencionado a lo largo de este trabajo las métricas contribuyen al mejoramiento de la calidad del proceso, debido a que los datos que proporcionan son utilizados para trabajar en base a la mejora continua, por tal motivo pudiera decirse que también están relacionadas con el área de proceso *Aseguramiento de la calidad*.

## **2.7- Conclusiones**

Este capítulo ha mostrado, de forma descriptiva, las métricas propuestas para estimar el proceso de Auditoría. Las mismas han sido concebidas cumpliendo con las necesidades de la Infraestructura Productiva, además de cumplir con características mencionadas por expertos y métodos, todos avalados en el tema a nivel internacional. La propuesta permite:

- ✓ Contar con un método de estimación que prediga como se está desarrollando la auditoría.
- ✓ Control de los recursos y el desarrollo del proceso

## **CAPÍTULO 3: VALIDACIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.**

Si no se mide lo que se hace, no se puede controlar y si no se puede controlar, no se puede dirigir y si no se puede dirigir no se puede mejorar.

**Gonzalo Pérez.**

### **3.0- Introducción**

El objetivo de la validación es demostrar que una medida proporciona realmente una información útil para evaluar una característica.

Este capítulo aporta elementos que permiten validar la propuesta de métricas planteadas en la investigación. Los elementos que se usan en la validación son datos reales de una muestra de proyectos que han sido auditados por el proceso de auditoría de calidad.

### **3.1- Validación de las métricas**

Según el concepto de **Fenton** y **Pfleeger 1997**, la medición es el proceso por el cual se le asignan números o símbolos a atributos o entidades del mundo real. De esta manera se disminuye cierto grado de subjetividad en el proceso de medición, lográndose esto con la aplicación de métricas que satisfagan el objetivo propuesto.

Para que las métricas satisfagan la necesidad de información sobre la cual trabajan, es necesario que estas métricas sean válidas; que midan lo que deben medir, ya que se necesita que los atributos que cuantifiquen estén medidos con precisión y que el resultado que arrojen esté de acuerdo a la realidad.

En la literatura se reconocen dos tipos de validación: la interna y la externa, comúnmente referida como teórica y empírica respectivamente

La validación interna es un ejercicio teórico que asegura que la métrica tiene una caracterización numérica apropiada de la propiedad que pretende medir. Esto es por supuesto un pre-requisito para demostrar la utilidad de dicha métrica (*validación empírica*).

La validación externa se lleva a cabo para demostrar con evidencia real que una métrica es útil en el sentido de que está asociada con alguna característica externa.

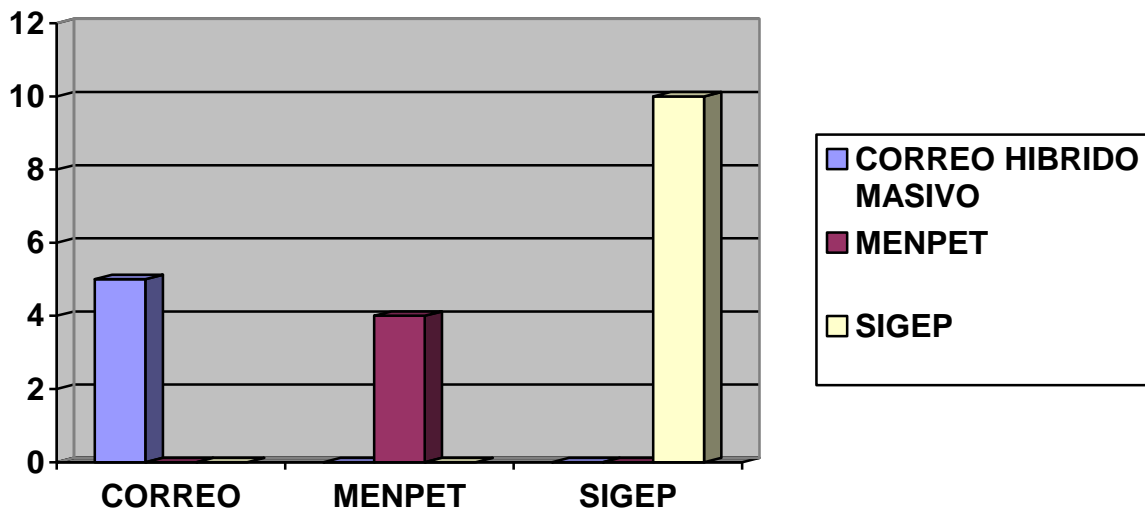
Se propone validar la propuesta atendiendo a esta información. Demostrar que la propuesta es realmente útil y que matemáticamente se puede obtener un valor con el que se pueda obtener información.

**3.1.1- Obtención de la información real obtenida mediante entrevistas**

Para la obtención de información, se realizaron entrevistas a varios auditores que han participado en la realización de auditorías planificadas por la Dirección de Calidad de Software, con el objetivo de obtener información general sobre como se desarrollaron las auditorías. Las entrevistas están compuestas por una serie de preguntas con una estructura y una sesión de preguntas libres [Anexo 7].

Las respuestas obtenidas tienen un formato abierto, es decir, que permiten al entrevistado dar la respuesta que le parezca apropiada. Las entrevistas se desarrollaron en un ambiente de conversación y con la seriedad y vestimenta adecuada. De la información obtenida en cada una de las entrevistas, se extrajeron datos útiles que contribuyeron con la definición de las métricas.

Las entrevistas pusieron de manifiesto que la revisión de la documentación, en los casos de los entrevistados, nunca pasó del tiempo planificado, (el cual es de 12 horas, repartidas 4 horas durante 3 días) aunque nunca midieron en realidad el tiempo exacto, si arrojaron que en algunos caso, como el de la revisión realizada al Correo Híbrido Masivo, se demoraron la mitad del tiempo.



**Fig. 3.1 Tiempo demorado en la revisión de la documentación de los proyectos auditados según la entrevista.**

### **3.1.2- Análisis y obtención de información a partir del método propuesto en proyectos pilotos.**

Para aplicar las métricas propuestas se escogieron algunos de los proyectos que ya han sido auditados para establecer una comparación del resultado real con el obtenido a través del método.

Primeramente se propone un estudio atendiendo a los revisores que llevarán a cabo la auditoría. En el capítulo anterior, se mostraba en la tabla 5, los factores que influían en la auditoría por parte de los revisores involucrados: Complejidad Asociada a Revisores (CAR).

Los proyectos auditados, han contado con 3 revisores; los cuales se han encargado de revisar la documentación ofrecida por los proyectos. Realizando un estudio a los diferentes casos, atendiendo a las variadas posibilidades que puedan existir en el equipo revisor.

Para esto se analizará los posibles valores que puede tomar el valor de CAR, para los casos extremos de los auditores.

#### Validación para el proyecto SIGEP

Para la revisión al proyecto SIGEP, se contó con los siguientes datos:

Proyecto: **SIGEP**

Facultad **4**

Fase de desarrollo: **Transición**

Cantidad de casos de Uso: **310**

Complejidad Alta: **30**

Complejidad Media: **122**

Complejidad Baja: **156**

Para calcular la magnitud de la documentación que se genera a partir de la fase, la cantidad y complejidad de los casos de uso.

$$\mathbf{MAGDOC = MDF * (FCUS + S * FCCantCU)}$$

$$\mathbf{FCUS = ((3 * 30 + 2 * 122 + 156)) / 308}$$

$$\mathbf{FCUS = (90 + 244 + 156) / 308}$$

$$\mathbf{FCUS = 490 / 308}$$

$$\mathbf{FCUS = 1.59}$$

MDF es el valor correspondiente a la fase en que se encuentra el proyecto. (MDF = 31)

FCCantCU, es un valor correspondiente a la cantidad de CU con que cuenta el proyecto, para este proyecto que posee más de 100 CU el valor es de 0.01.

$$\text{MAGDOC} = \text{MDF} * (\text{FCUS} + \text{S} * \text{FCCantCU})$$

$$\text{MAGDOC} = 31 * (1.59 + 308 * 0.01)$$

$$\text{MAGDOC} = 31 * (4.67)$$

$$\text{MAGDOC} = 144.77$$

Para calcular el esfuerzo que se necesita para revisar un proyecto con una magnitud de 144.77 se tienen varios factores en cuenta, estos factores son descritos en la siguiente tabla.

| Factor   | Descripción   | Peso        | Valor | Comentario   |
|--|---|-------------|-------|--|
| F1   | Conocimiento técnico y de ingeniería del modelo de proyecto utilizado | 1.5         | 4     | Los auditores poseen, conocimiento de la Ing. Software, y han trabajado en proyectos                                   |
| F2   | Experiencia del personal  | 1.5         | 2     | Ninguno lleva más de 6 meses trabajando como auditores.  |
| F3   | Experiencia en Revisiones del mismo tipo que la actual                | 0.5         | 3     | Han participado en revisiones anteriores.  |
| F4   | Calificación del Personal   | 1           | 2     | Los auditores no son especialistas en el tema.   |
| F5   | Motivación  | 1           | 2     | No se encuentran muy motivados por el trabajo ya que no son liberados de sus actividades docentes para esta actividad. |
| F6   | Participación del personal  | -1          | 2     | No todos están a tiempo completo.  |
| F7   | Continuidad en el trabajo.  | 1           | 4     | Las revisiones las han realizado de manera continua.   |
| F8   | Comunicación del personal revisor                                     | 0.5         | 4     | La comunicación es bastante Buena.   |
| CAR=( $\sum \text{Peso}_i * \text{valor}_i$ )*0.01 |   | <b>0.19</b> |       |  |

La ecuación que describe el esfuerzo que realizan los auditores para revisar un proyecto con una magnitud de documentación de 144.77 es la siguiente:

$$\text{EFZRD} = (\text{MAGDOC} * \text{CAR} * 0.16)$$

$$\text{EFZRD} = (144.77 * 0.19 * 0.16)$$

$$\text{EFZRD} = 4.40 \text{ horas/hombres}$$

Para calcular el tiempo que se necesita se procede con la fórmula.

$$\text{TESTIM} = (\text{MGDOC} * \text{A} + \text{EFZRD} * \text{B})$$

El valor de **A** está relacionado con un valor de la magnitud asociado a la fase para el tiempo. Para este caso es  $A = 0.052$

El valor de **B** está relacionado con un valor del esfuerzo para el tiempo. Para este caso es  $A = 0.70$

$$\text{TESTIM} = (144.77 * 0.052 + 4.40 * 0.70)$$

$$\text{TESTIM} = (7.52 + 3.08)$$

$$\text{TESTIM} = 10.60 \rightarrow 11 \text{ horas}$$

Para obtener la cantidad de personas necesarias para revisar una documentación, que posee una magnitud de 144.77 con un esfuerzo de 4.40 horas/hombres en un tiempo estimado de 10.60 (11h) se establece la siguiente relación.

$$\text{CANTPERS} = \text{TESTIM} / \text{EFZRD}$$

$$\text{CANTPERS} = 10.60 / 4.40$$

$$\text{CANTPERS} = 2.41 \rightarrow 3 \text{ personas}$$

#### Validación para Correo Híbrido Masivo

En los cálculos y análisis realizado al proyecto **Correo Híbrido Masivo** se obtuvieron los siguientes resultados:

Proyecto: **Correo Híbrido Masivo**

Facultad **1**

Fase de desarrollo: **Transición**

Cantidad de casos de Uso: **42**

Complejidad Alta: **8**

Complejidad Media: **15**

Complejidad Baja: **19**

Para el cálculo de la magnitud de la documentación, se procede de la siguiente manera:

$$\text{MAGDOC} = \text{MDF} * (\text{FCUS} + \text{S} * \text{FCCantCU})$$

Para obtener el valor de FCUS:

$$\text{FCUS} = ((3 * 8 + 2 * 15 + 19)) / 42$$

$$\text{FCUS} = (24 + 30 + 19) / 42$$

$$\text{FCUS} = 73 / 42$$

$$\text{FCUS} = 1.72$$

MDF es el valor correspondiente a la fase en que se encuentra el proyecto. (MDF = 31)

FCCantCU, es un valor correspondiente a la cantidad de CU con que cuenta el proyecto, para este proyecto que posee más de 100 CU el valor es de 0.012.

$$\text{MAGDOC} = \text{MDF} * (\text{FCUS} + \text{S} * \text{FCCantCU})$$

$$\text{MAGDOC} = 31 * (1.72 + 42 * 0.012)$$

$$\text{MAGDOC} = 31 * (2.22)$$

$$\text{MAGDOC} = 68.94$$

Para el cálculo del esfuerzo de este proyecto se tuvieron en cuenta los siguientes factores asociados al personal auditor.

| Factor                     | Descripción   | Peso | Valor       | Comentario   |
|----------------------------|---|------|-------------|--|
| F1                         | Conocimiento técnico y de ingeniería del modelo de proyecto utilizado | 1.5  | 4           | Los auditores poseen, conocimiento de la Ing. Software, y han trabajado en proyectos                                   |
| F2                         | Experiencia del personal  | 1.5  | 2           | Ninguno lleva más de 6 meses trabajando como auditores.  |
| F3                         | Experiencia en Revisiones del mismo tipo que la actual                | 0.5  | 3           | Han participado en revisiones anteriores.  |
| F4                         | Calificación del Personal   | 1    | 2           | Los auditores no son especialistas en el tema.   |
| F5                         | Motivación  | 1    | 1           | No se encuentran muy motivados por el trabajo ya que no son liberados de sus actividades docentes para esta actividad. |
| F6                         | Participación del personal  | -1   | 2           | No todos están a tiempo completo.  |
| F7                         | Continuidad en el trabajo.  | 1    | 4           | Las revisiones las han realizado de manera continua.   |
| F8                         | Comunicación del personal revisor                                     | 0.5  | 4           | La comunicación es bastante Buena.   |
| CAR=(∑ Pesi * valori)*0.01 |   |      | <b>0.18</b> |  |



$$\mathbf{EFZRD = (MGDOC * CAR * 0.16)}$$

$$\mathbf{EFZRD = (68.94 * 0.19 * 0.16)}$$

$$\mathbf{EFZRD = 2.10 \text{ horas/hombres}}$$

Para obtener el tiempo:

$$\mathbf{TESTIM = (MGDOC * A + EFZRD * B)}$$

El valor de A está relacionado con un valor de la magnitud para el tiempo. Para este caso es de **A = 0.050**

El valor de B está relacionado con un valor del esfuerzo para el tiempo. Para este caso es de **B = 0.70**

$$\mathbf{TESTIM = (68.94 * 0.05 + 2.10 * 0.70)}$$

$$\mathbf{TESTIM = (3.45 + 1.47)}$$

$$\mathbf{TESTIM = 4.92 \rightarrow 5 \text{ horas}}$$

Para obtener la cantidad de personas necesarias para revisar una documentación, que posee una magnitud de 68.94 con un esfuerzo de 2.10 horas/hombre en un tiempo estimado de 4.92 (5h)

Se establece la siguiente relación.

$$\mathbf{CANTPERS = TESTIM / EFZRD}$$

$$\mathbf{CANTPERS = 4.92 / 2.10}$$

$$\mathbf{CANTPERS = 2.24 \rightarrow 3 \text{ personas}}$$

### **Validación para proyecto MENPET**

Proyecto: **Portal Institucional del MENPET**

Facultad 10

Fase de desarrollo: **Construcción**

Cantidad de casos de Uso: **23**

CU Complejidad Alta: **2**  
 CU Complejidad Media: **8**  
 CU Complejidad Baja: **13**

El cálculo de la magnitud de la documentación asociado a este proyecto es:

$$\mathbf{MAGDOC = MDF * (FCUS + S * FCCantCU)}$$

$$\mathbf{FCUS = ((3 * 2 + 2 * 8 + 13)) / 23}$$

$$\mathbf{FCUS = (6 + 16 + 13) / 23}$$

$$\mathbf{FCUS = 35 / 23}$$

$$\mathbf{FCUS = 1.52}$$

MDF es el valor correspondiente a la fase en que se encuentra el proyecto. (MDF = 24)

FCCantCU, es un valor correspondiente a la cantidad de CU con que cuenta el proyecto, para este proyecto que posee menos de 40 CU el valor es de 0.015.

$$\mathbf{MAGDOC = MDF * (FCUS + S * FCCantCU)}$$

$$\mathbf{MAGDOC = 24 * (1.52 + 23 * 0.015)}$$

$$\mathbf{MAGDOC = 24 * (1.87)}$$

$$\mathbf{MAGDOC = 44.76}$$

Para calcular el esfuerzo que se necesita para revisar un proyecto con una magnitud de 44.76 se tienen varios factores en cuenta:

$$\mathbf{EFZRD = (MAGDOC * CAR * 0.16)}$$

$$\mathbf{EFZRD = (44.76 * 0.19 * 0.16)}$$

$$\mathbf{EFZRD = 1.36 \text{ horas/hombres}}$$

Para calcular el tiempo que se necesita se procede con la fórmula.

$$\mathbf{TESTIM = (MAGDOC * A + EFZRD * B)}$$

El valor de A está relacionado con un valor de la magnitud para el tiempo. Para este caso es de **A = 0.051**

El valor de B está relacionado con un valor del esfuerzo para el tiempo. Para este caso es de **B = 0.71**

$$\text{TESTIM} = (44.76 * 0.051 + 1.36 * 0.71)$$

$$\text{TESTIM} = (2.28 + 0.97)$$

$$\text{TESTIM} = 3.25 \rightarrow 4 \text{ horas}$$

Para obtener la cantidad de personas necesarias para revisar una documentación, que posee una magnitud de 44.76 con un esfuerzo de 1.36 horas/hombre en un tiempo estimado de 3.25 (4h) Se establece la siguiente relación.

$$\text{CANTPERS} = \text{TESTIM} / \text{EFZRD}$$

$$\text{CANTPERS} = 3.25 / 1.36$$

$$\text{CANTPERS} = 2.39 \rightarrow 3 \text{ personas}$$

### 3.2- Análisis comparativo de los resultados.

La investigación se trazó como objetivo, lograr un método de estimación que fuese capaz de mejorar la toma de decisiones con respecto al proceso de auditoría.

Para el proyecto SIGEP, se obtuvo mediante la entrevista, que se demoró un tiempo menor al previsto de 12 horas, donde participaron 3 revisores.

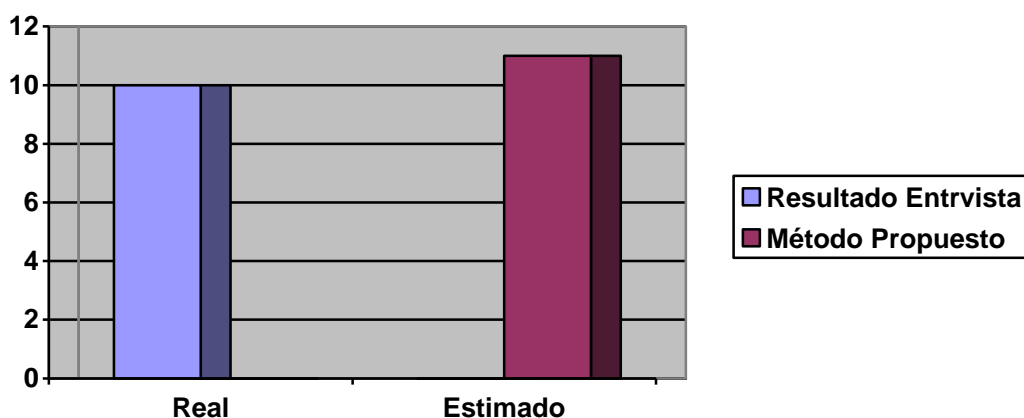
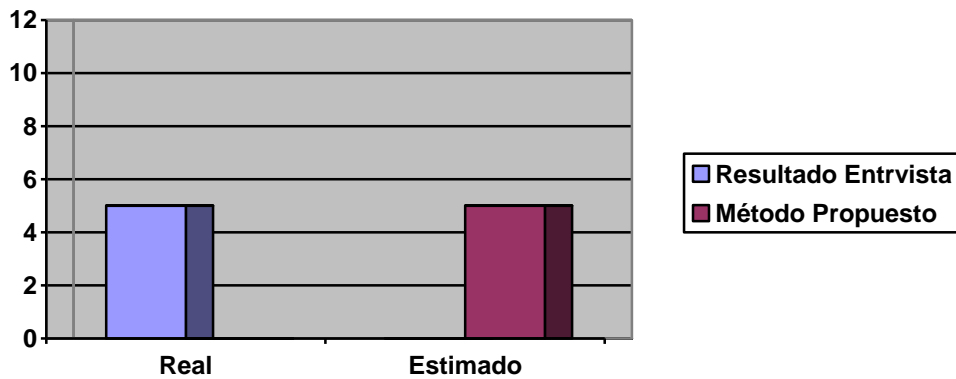


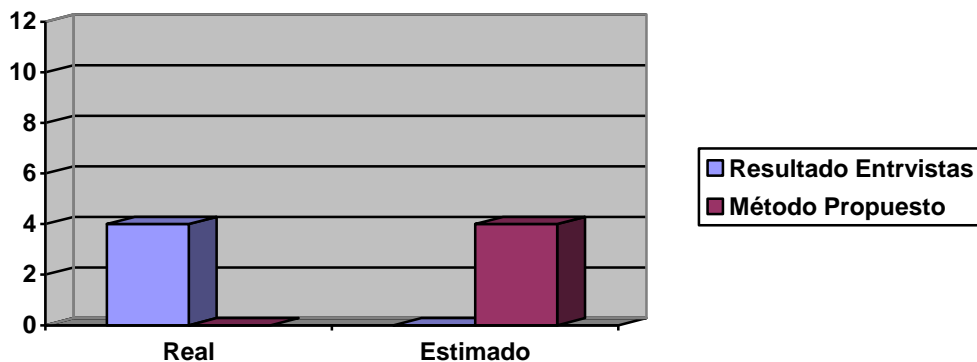
Fig. 3.2 Comparación tiempo de revisión de la documentación proyecto SIGEP

Para el caso de proyecto del Correo Híbrido Masivo, donde los auditores (3 revisores) dijeron haberse demorado menos de la mitad del tiempo previsto mostró:



**Fig. 3.3 Comparación tiempo de revisión de la documentación del proyecto Correo Híbrido**

Para el proyecto MENPET se muestra que:



**Fig. 3.4 Comparación tiempo de revisión de la documentación proyecto MENPET.**

En el caso de los proyectos vistos, los valores que se obtienen se asemejan a la realidad, son correspondientes que el objetivo que se persigue con este método.

**¿Cómo influyen estos resultados obtenidos en el tiempo que demora la auditoría?**

El proceso de auditoría, no solo se centra en la revisión de la documentación de los proyectos, además de esto, se llevan a cabo otras actividades como:

- ✓ reunión de inicio

- ✓ reunión de preparación de la reunión de apertura
- ✓ reunión de apertura
- ✓ entrevistas y revisiones de evidencia con el equipo de proyecto
- ✓ reunión de preparación de las conclusiones
- ✓ reunión de pre-cierre y preparación de la documentación
- ✓ reunión de cierre

Considerándose que en la auditoría se realizan estas actividades, se puede ajustar la planificación del tiempo de duración de la auditoría teniendo en cuenta:

- ✓ Se escoge un día para llevar a cabo cada reunión, excepto el caso de la reunión de preparación de la reunión de apertura y la reunión de apertura que se desarrollan el mismo día.
- ✓ Las reuniones están planificadas para durar de una a cuatro horas; lo que puede variar atendiendo a la experiencia y participación del personal en auditorías anteriores.
- ✓ Las entrevistas y revisiones de las evidencias están planificadas para realizarse 2 horas diarias durante tres días.

Del estudio realizado, se pudo obtener que el tiempo de duración de reuniones oscila entre:

- ✓ un 50 y un 60% del tiempo planificado actualmente si el personal posee alta experiencia y participación en auditorías anteriores.
- ✓ un 60 y un 75% del tiempo planificado actualmente si el personal posee experiencia media y muy poca participación en auditorías.
- ✓ más de un 75% del tiempo planificado actualmente si el personal no posee experiencia y ni participación previa en auditorías.

Además para las entrevistas y revisiones de la evidencia influyen la eficiencia del personal del proyecto, es decir que el personal se encuentre en el local previsto y con los recursos necesarios para realizar dicha actividad. Si el personal es eficiente esta actividad puede desarrollarse en menos días del planificado.

Por ejemplo para el proyecto Correo Híbrido Masivo, el tiempo de revisión de la documentación atendiendo a la solución propuesta es de 6 horas, que repartidas en 4 horas diarias dedicadas a revisar la documentación se utilizan 2 días y no 3 como fue descrito en la planificación de dicha auditoría.

Si se consideran 5 días dedicados a desarrollar las reuniones, 2 días para la revisión de la documentación y 2 días para las entrevistas y revisiones de evidencias se obtienen 9 días.

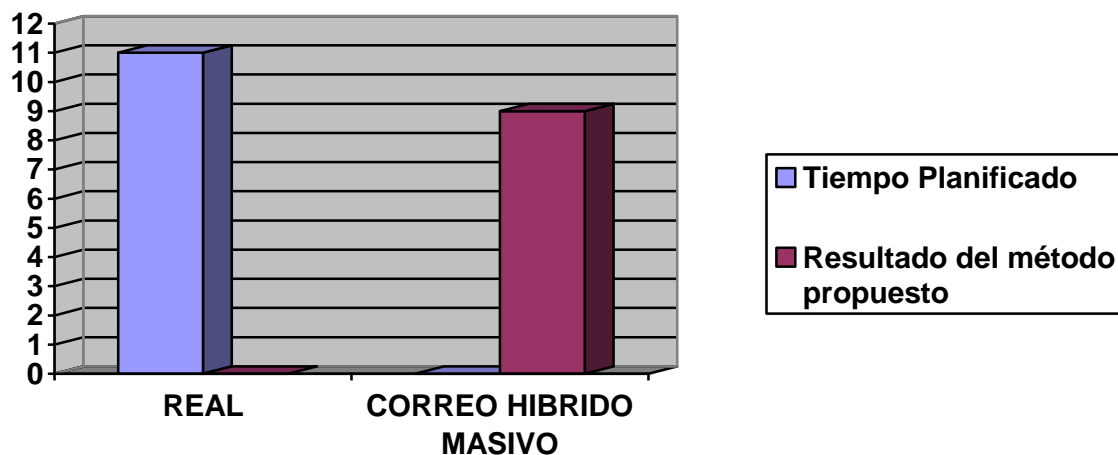


Fig. 3.4 Análisis del tiempo de demora de la auditoría para el ejemplo Correo Híbrido Masivo.

### 3.3- Análisis de los riesgos.

Cabe mencionar que el valor referido con el tiempo, puede verse afectado por la materialización de algunos riesgos como la competencia con otras actividades de la docencia, enfermedades, inasistencia a las actividades de revisión de la documentación o actividades propias del proceso de auditoría.

El personal que trabaja en las revisiones de la documentación, es un personal que está comenzando, junto con el proceso de auditoría, en todos estos temas de auditoría, por lo que irá adquiriendo experiencia y madurez a lo largo de las revisiones

### 3.4- Conclusiones.

Se realizó la evaluación técnica del método, empírica y teórica, en proyectos auditados donde los resultados obtenidos se relacionan con la realidad.

El método además fue evaluado por el experto en el tema de métricas, Ing. José M. Santos Alonso, quien es Especialista General de la Dirección de Regulaciones y Normas del MIC, quien la calificó de alto nivel científico y de representar un alto impacto en el área para la cual esta destinada. Como en el área, donde va a ser aplicada la propuesta, no se cuenta con personal experto, el método fue revisado por especialistas en el tema de métricas de dicha área.

## **CONCLUSIONES GENERALES.**

El siguiente trabajo ha permitido arribar a las siguientes conclusiones, de manera que se le ha dado cumplimiento a los objetivos propuestos en la investigación.

- Se realizaron estudios que permitieron llegar a la obtención de resultados de importancia para la investigación.
- Se obtuvo un método a partir de un análisis y estudio de métodos, el cual fue valorado por expertos en el tema.
- Las métricas propuestas están encaminadas al control, seguimiento y mejora del proceso de auditoría.
- Se tuvieron en cuenta factores de importancia y los resultados se acercan a la realidad y necesidades de la Universidad.
- Tiene posibilidades de aplicación. Y debe representar un apreciable impacto en el área para la cual está destinado.

## **RECOMENDACIONES**

- Se comience con la aplicación de la propuesta
- Sean capacitados los coordinadores de auditoría para llevar a cabo las planificaciones futuras.
- Desarrollar un sistema automatizado que facilite la aplicación de las métricas propuestas y ayude a llevar un histórico de las mismas.



## **BIBLIOGRAFÍA**

### **Referencias Bibliográficas**

**Capuchino 1998.** Moreno Sánchez – Capuchino Ana María, 1998.

“Estimación de Proyectos Software”. Máster en Ingeniería del Software e Ingeniería del Conocimiento, Parte A Módulo I, Unidad IV

**De Marco 1982,** Tom 1982 Controlling Software Projects. Yourdon Press, Prentice-Hall. Englewood Cliffs, New Jersey

**ESCORIAL 2006.** ESCORIAL, J. S. “*Calidad de Software: Medidas del Proceso*”, 2006.

**Fenton y Pfleeger 1997.** Fenton, N. E. y Pfleeger, S.L., Software metrics. A rigorous and practical approach, PWS Pub., 1997.

**Goldenson 2003.** Goldenson, D., J. Jarzombek, and T. Rout, *Measurement and analysis in capability maturity model integration models and software process improvement*. CROSSTALK The Journal of Defense Software Engineering, 2003. 6(7): p. 20-24.

**Garcia 2004.** Garcia, F. 2004 Ontología de la medición del software. Universidad Castilla-La Mancha, España.

**HUMPREY 1995.** Humphrey, W., A Discipline for Software Engineering, Addison-Wesley, 1995.

**Kitchenham 1996.** Kitchenham, B., Software Metrics: Measurement for Software Process Improvement. 1996, Oxford: NCC Blackwell.

**Larry Putnam 1978,** Putnam Larry , Nro 4 Julio 1978 “A General Empirical Solution To The Macro Software Sizing And Estimating Problem”, IEEE Transaction On Software Engineering, vol 4.

**MEHTA 2006.** MEHTA, D. La Industria de la Tecnología de Información en la India 2006. [Disponible en:

<http://www.gobernabilidad.cl/modules.php?name=News&file=print&sid=1066>

**Oktaba 2006.** Dra. Hanna Oktaba, (2006) Entrevista Dra. Hanna Oktaba, presidenta de la Asociación Mexicana para la Calidad en Ingeniería de Software (AMCIS).

**Olsina 2003.** Dr. Luis Olsina, Departamento de Ciencias de la Computación Universidad de Chile, GIDIS, Facultad de Ingeniería, UNLPam, La Pampa – Argentina,  
[E-mail olsinal@ing.unlpam.edu.ar](mailto:olsinal@ing.unlpam.edu.ar)

**Pressman 2002,** Pressman, Roger S., “Ingeniería de software. Un enfoque práctico”. Quinta edición, Mc. Graw Hill 2002 (ISBN 84-481-3214-9)

**Park, Goethert y Florac 1996.** Park, R. E., W. B. Goethert y W. A. Florac, ***Goal Driven Software Measurement-A Guidebook***, CMU/SEI- 96-BH-002, Software Engineering Institute, Camegie Mellon University, Agosto 1996.

**R. Hernández León, S. Coello González 2002.** Rolando Alfredo Hernández León Sayda Coello González “El Paradigma Cuantitativo de la Investigación Científica”, Ciudad de la Habana, Noviembre del 2002.

**Schulmeyer y MacKenzie 2000.** Schulmeyer, G.G. y MacKenzie, G.R. Verification and Validation of Modern Software-Intensive Systems, Prentice Hall, 2000

**Salvetto 2004.** Salvetto, Pedro. Indicadores empiricos formales y muy tempranos de complejidad esencial de sistemas de gestion intensiva e datos: Un modelo conceptual. 1Laboratorio de Investigación en Sistemas de Información, Facultad de Ingeniería Universidad ORT Uruguay Cuareim 1451 CP 11100, Montevideo, Uruguay. Disponible en: <http://www.aenor.es>

**Vargas 2007.** Vargas J.M.T., “*Temas selectos de programación 2. CIMAT Métricas del proceso de software.*”

**Ventura Miranda 2006.** Ma. Teresa Ventura Miranda, M.P.B. (2006) “*MoProSoft: modelo de procesos de software hecho en México.*” **Volume1.**

**ZUSE 1995.** ZUSE, H. “*History of Software Measurement*”. 1995.

**Bibliografía Consultada**

**Boehm et al., 1978** Boehm, B.W., Kaspar, S.R., et al. Characteristics of Software Quality, TRW Series of Software Technology, 1978.

**Boehm 1981** .Boehm, B. W., Software engineering economics, Prentice-Hall, 1981.

**Carmen Pages, Luis de-Marcos, José-Javier Martínez, José-Antonio Gutiérrez, 2007.** Definición de Métricas de Calidades el proceso de parametrización.

**De Marco, 1982** De Marco, T., Controlling software projects, Yourdon Press Prentice-Hall.

**Fenton, N. and Pleeeger, 1997** S. Métricas software, PWS.

**Francisco J. Pino, 2007** CONTRIBUCIÓN DE LOS ESTÁNDARES INTERNACIONALES A LA GESTIÓN DE PROCESOS SOFTWARE. Revista AEMES.

**García 2007, Gracia Felix, UCLM-TSI.** Curso Doctorado PSGC. Parte 2c - *El Proceso de Medición* Software Departamento de Tecnologías y Sistemas de Información, Escuela Superior de Informática ,Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 2007

**García, M. B.** Estimación de costes de un proyecto informático, 2007].  
<http://cv.uoc.es>

**Gutiérrez José Ramón.** Construyendo un Modelo Abreviado de Métricas ITIL-COBIT. 5ª Conferencia: Métricas e Indicadores, estándares de mercado 2006. p.

**Heemstra 1992.** Heemstra, F.J. Software cost estimation, Information and Software Technology (34:10) 1992, pp 627-639.

**Lederer, A.L. and J. Prasad,** Causes of Inaccurate Software Development Cost Estimates. Journal of Systems and Software, 1995(31): p. 125-134. 20

**Luis Olsina**, 2003. Métricas e Indicadores: dos conceptos claves para medición y evaluación.

<http://gidis.ing.unlpam.edu.ar>

**Moløkken, K. and Jørgensen, M.** A Review of Surveys on Software Effort Estimation. IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering (ISESE 2003) 2003. September 30 - RPM-AEMES, VOL. 3, Nº 1, Abril 2006 ISSN: 1698-2029/22 October 1, Rome, Italy. Page 223-230. IEEE Computer Society. ISBN 0-7695-2002-2.

[http://www.ifi.uio.no/~isu/INCO/Papers/Review\\_final8.pdf](http://www.ifi.uio.no/~isu/INCO/Papers/Review_final8.pdf)

**Navarro Antonio**, 2003, "Ingeniería de Software." Retrieved 5 mayo, 2007.

<http://www.fdi.ucm.es/profesor/anavarro/>

The Standish Group, 1994 THE CHAOS REPORT

[http://www.standishgroup.com/quarterly\\_reports/](http://www.standishgroup.com/quarterly_reports/)

The Standish Group, 2004 THIRD QUARTER RESEARCH REPORT.

[http://www.standishgroup.com/quarterly\\_reports/](http://www.standishgroup.com/quarterly_reports/)

PRESSMAN, R. S., 1998. "Ingeniería del Software. Un Enfoque Práctico".

**Revista Procesos y Métricas**, abril 2007 Volumen 4, número 2

<http://www.aemes.org>

Vargas, E. "PLAN DE MÉTRICAS EN OCHO PASOS".

## ANEXOS

Anexo 1. Tabla publicada por Standish Group.

| Culminación Proyectos | 1994 | 1996 | 1998 | 2000 | 2002 | 2004 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|
| Exitosos              | 16%  | 27%  | 26%  | 28%  | 15%  | 29%  |
| Comprometidos         | 53%  | 33%  | 46%  | 49%  | 51%  | 53%  |
| Fallaron              | 31%  | 40%  | 28%  | 23%  | 34%  | 18%  |
| No exitosos           | 84%  | 73%  | 74%  | 72%  | 84%  | 71%  |

Tabla-Anexo 1. Fuentes Standish Group Inc.

Anexo 2. Área Clave de Procesos Medición y Análisis propuesto en CMMI.

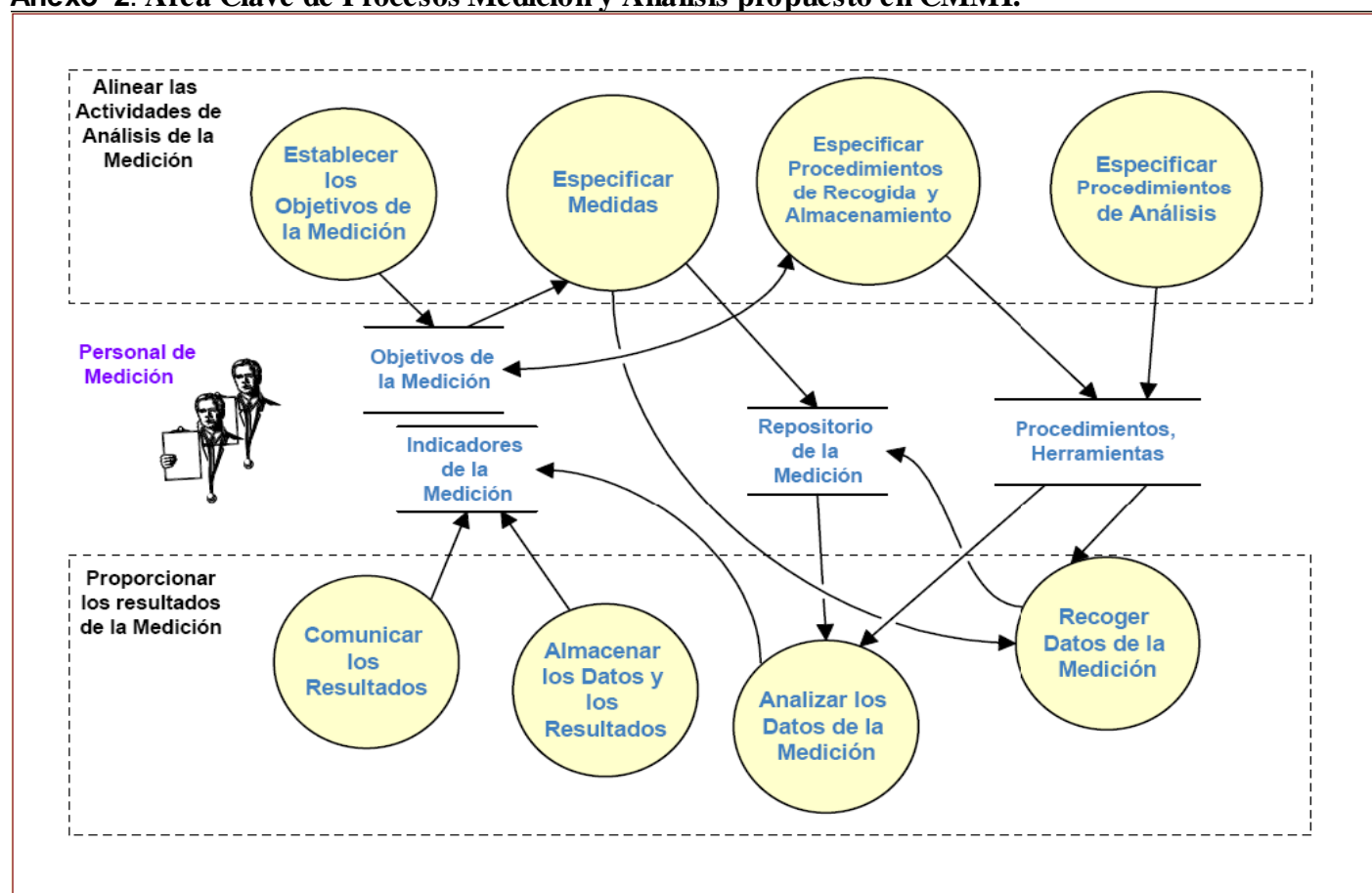


Tabla-Anexo 2. Especificación de las prácticas a realizar por cada objetivo específico contenido en el Área Clave "Medición y Análisis" del Nivel 2 de CMMI.

| OBJETIVO   | PRACTICA ESPECÍFICA                     | SUBPRACTICA  |
|--|---|--|
| Establecer y mantener los objetivos de la medición que se derivan de las necesidades de información y los objetivos identificados. | Establecer los objetivos de la medición | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Documentar las necesidades de información y objetivos.</li> <li>- Priorizar las necesidades de información y los objetivos</li> <li>- Documentar, revisar, y actualizar los objetivos de la medición.</li> <li>- Proporcionar la retroalimentación para la refinación y aclaración de los objetivos y las necesidades de información cuando sea necesario.</li> </ul> |
| Especificar medidas para dirigir los objetivos de la medición.   | Especificar medidas.                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Identificar las mediciones candidatas basadas en objetivos documentados de la medición.</li> <li>- Identificar las medidas existentes que ya abordan los objetivos de la medición.</li> <li>- Especificar las definiciones operacionales para las medidas.</li> <li>- Priorizar, repasar, y actualizar las medidas.</li> </ul>  |
| Obtener los datos especificados de la medición   | Recoger los datos de la medición        | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Obtener los datos para las medidas de base.</li> <li>- Generar los datos para las medidas derivadas.</li> <li>- Realizar los chequeos de la integridad de los datos tan cerca de la fuente de los datos como sea posible.</li> </ul>  |
| Analizar e interpretar los datos de la medición.   | Analizar los datos de la medición.      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conducir los análisis iniciales, interpretar los resultados, y esbozar las conclusiones preliminares</li> <li>- Conducir la medición adicional y el análisis cuando sea necesario, y preparar los resultados para la presentación</li> <li>- Repasar los resultados iniciales con las partes</li> </ul>   |

|  |   |  |
|--|---|--|
|  |   | interesadas relevantes.<br>- Refinar los criterios para los análisis futuros.  |
| Divulgar los resultados de las actividades de la medición y análisis a todos los involucrados relevantes.  | Comunicar resultados                                    | - Mantener a los involucrados relevantes informados de los resultados de la medición sobre una base oportuna.  |
| Monitorear y controlar el proceso de medición y análisis contra el plan de ejecución del proceso y adoptar la acción correctiva apropiada.   | Monitorear y Controlar el Proceso                       | -Calcular el porcentaje de proyectos que utilizan medidas de progreso y funcionamiento<br>Calcular el porcentaje del cumplimiento de los objetivos de medición tratados. |
| Recoger las medidas, los resultados de la medición y la información, del planeamiento de la mejora derivada al realizar el proceso de medición y análisis, para apoyar el uso de la mejora de los procesos futuros y de los procesos activos de la organización. | Recoger la información de las mejoras.                  |  |
| Establecer y mantener los objetivos cuantitativos para el proceso de medición y análisis que tratan la calidad y el funcionamiento del proceso basado en las necesidades del cliente y objetivos de negocio.   | Establecer los objetivos cuantitativos para el proceso. |  |
| Estabilizar el funcionamiento de unos o más subprocesos para determinar la capacidad del proceso de medición y análisis para alcanzar la calidad cuantitativa establecida y los objetivos de funcionamiento del proceso.   | Estabilizar funcionamiento del Subproceso.              |  |
| Asegurar la mejora continua del proceso de medición y análisis para satisfacer los objetivos de negocio relevantes de la organización  | Asegurar la mejora de proceso continua.                 |  |

**Anexo 3. Parte de la norma ISO 15504.**

| <b>Partes de la norma ISO/IEC 15504</b>  | <b>Contenido</b>   |
|--|--|
| 1. Conceptos y Vocabulario   | Proporciona una introducción general a los conceptos de la evaluación de los procesos y un glosario de términos relacionados   |
| 2. Realización de la Evaluación  | Establece los requisitos mínimos necesarios para realizar una evaluación que garanticen la consistencia y repetibilidad de las valoraciones. Los requisitos ayudan a asegurar que la valoración de salida es consistente y proporciona la evidencia necesaria para corroborar los resultados y verificar su conformidad con los requisitos.  |
| 1. Guía para la Realización de la Evaluación   | Proporciona una guía para interpretar los requisitos a la hora de realizar una evaluación.   |
| 4. Guía sobre el Uso para la Mejora del proceso y la Determinación de la Capacidad del Proceso | Identifica la Evaluación del proceso como una actividad que puede ser realizada como parte de una iniciativa de mejora de procesos o como parte de un enfoque de determinación de la capacidad. El propósito de la mejora de los procesos es mejorar de forma continua la eficiencia y efectividad de la organización. El objetivo de la determinación de la capacidad es identificar las fortalezas, debilidades y riesgos de los procesos seleccionados respecto a un requisito particular especificado a través de los procesos utilizados y de su alineamiento con las necesidades de negocio. |
| 5. Un Ejemplo de Modelo de Evaluación de Procesos (en preparación)                             | Contiene un ejemplo de un modelo para realizar la evaluación de los procesos basado en el modelo de referencia de procesos definido en el estándar ISO/IEC 12207 (Amd 1, Anexo F y Amd 2). Una evaluación es llevada a cabo utilizando un modelo de evaluación de procesos relacionado con uno o más modelos de referencia de procesos.  |

**Tabla-Anexo 3. Parte de la norma ISO 15504.**



**Anexo 4. Ventajas y desventajas de algunos modelos existentes.**

| Desventajas.   | Ventajas   |
|--|--|
| <b>ISO 9000</b>  |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es costoso</li> <li>• Muchas veces se hace por obligación.</li> <li>• Es cuestión de tiempo que deje de ser un factor competitivo</li> <li>• Hay diferencias de interpretación de las cláusulas del estándar</li> <li>• No es indicativa de la calidad de los productos, procesos o servicio.</li> <li>• Hay mucha publicidad engañosa</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Es un factor competitivo para las empresas</li> <li>• Proporciona confianza a los clientes</li> <li>• Ahorra tiempo y dinero, evitando recertificar la calidad según los estándares locales o particulares de una empresa.</li> <li>• Se ha adaptado a más de 90 países e implantado a todo tipo de organizaciones industriales y de servicios, tanto sector privado como público</li> <li>• Proporciona una cierta garantía de que las cosas se hacen tal como se han dicho que se han de hacer</li> </ul> |
| <b>CMM</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la productividad de la entidad</li> <li>• Mejor comunicación con los clientes y entre los profesionales de la entidad</li> <li>• Mayor satisfacción de las solicitudes de los clientes</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Su aplicación resulta compleja</li> <li>• Problemas con la certificación</li> <li>• Su implementación en las empresas demora tiempo</li> </ul>  |
| <b>SPICE</b>   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>• Evaluación de procesos.</li> <li>• Mejora de procesos.</li> <li>• Determinación de capacidad.</li> <li>• Alineado con el ISO/IEC 12207.</li> <li>• Intenta proporcionar un marco en el que armonizar los enfoques existentes.</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• No tiene como objetivo lograr una imagen competitiva en la empresa.</li> <li>• No especifica como se debe hacer las mejoras de los procesos, solo como se evalúan.</li> <li>• Muy adaptado a la Unión Europea.</li> </ul>   |

**Anexo 5. Modelo utilizado para la medición del Proceso de Auditoría.**

| <b>OBJETIVO</b>  | <b>PRÁCTICA</b>   |
|--|---|
| Establecer los objetivos de la medición que se derivan de las necesidades de información.  | Establecer los objetivos de la medición   |
| Definir el vocabulario   | Establecer los conceptos y términos del vocabulario que será utilizado durante el proceso de medición   |
| Especificar métricas, medidas e indicadores para cumplir con los objetivos de la medición. | Especificar las métricas, medidas e indicadores   |
| Recolectar los datos para la medición  | Recolectar los datos para la medición utilizando el procedimiento de recolección de datos.  |
| Obtener los resultados de la medición  | Realizar los cálculos y mediciones utilizando las métricas, medidas e indicadores especificados.  |
| Estimar los atributos básicos del proceso  | Utilizar los resultados de la medición para estimar los atributos básicos del proceso.  |
| Registrar los resultados reales de los atributos básicos del proceso                       | Registrar los valores reales de los atributos estimados.  |
| Analizar los datos obtenidos   | Hacer una valoración de los resultados obtenidos.<br>Hacer una comparación entre los resultados estimados y los reales  |
| Recoger los resultados para evaluar la eficacia de la ejecución del proceso                | Registrar los valores de los aspectos a medir para evaluar la eficacia de la ejecución del proceso  |
| Analizar los datos obtenidos al finalizar la ejecución del proceso.                        | Hacer una comparación entre los valores de los atributos planificados y valores reales<br>Encontrar deficiencias y errores del proceso                            |
| Definir acciones de mejora para el proceso   | Proponer acciones para la mejora del proceso basándose en el análisis realizado sobre los resultados de la estimación y de los datos de la ejecución del proceso. |

**Anexo 6. Procedimiento de Recolección de Datos para las métricas del Proceso de Auditorías.****1. Nombre del procedimiento**

Procedimiento de Recolección de Datos para las Métricas del Proceso de Auditorías.

**2. Objetivo**

Establecer un procedimiento de recolección de datos para las métricas del Proceso de Auditoría y describir la forma específica de como llevar a cabo las actividades de recolección de datos para realizar la estimación través de las métricas.

La estimación utiliza los datos recolectados para predecir el esfuerzo necesario y el tiempo que demorará realizar las actividades y tareas del Proceso de Auditoría, con el fin hacer una eficiente asignación de los recursos.

### 3. Alcance

Este procedimiento es aplicable a todas las actividades definidas en el Proceso Auditoría desarrollado por la Dirección de Calidad.

### 4. Responsables

**Ejecuta:** Especialistas de la Dirección de Calidad; personal designado para ejecutar la estimación.

**Responsable de su ejecución:** Jefe del Grupo de Auditoría y Revisiones de la Dirección de Calidad de la Infraestructura Productiva.

**Revisa y actualiza este procedimiento:** Dirección de Calidad.

**Fiscaliza su cumplimiento:** Dirección de Calidad.

### 5. Términos y Definiciones

**Auditoría:** Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría (ISO 19 011: 2002).

**Auditado:** Organización de la actividad productiva objeto de auditoría (Polo o proyecto).

**Auditor:** Persona con las competencias para llevar a cabo una auditoría (ISO 19 011: 2002).

**Equipo auditor:** Uno o más auditores que llevan a cabo una auditoría con el apoyo de expertos técnicos (ISO 19 011: 2002).

**Jefe de la actividad:** Especialista de la Dirección de Calidad de Software que tiene la responsabilidad de Coordinar las auditorías.

**Conclusiones de la auditoría:** Resultado de una auditoría que proporciona el equipo auditor (ISO 19 011: 2002).

**Procedimiento:** Forma específica de llevar a cabo una actividad. Definen la secuencia de los pasos para ejecutar una tarea.

**Proceso:** Conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforman elementos de entradas en elementos de salida.

**Registro de auditoría:** Documentos que se generan de la auditoría

**Estimación:** Proceso que proporciona un valor a un conjunto de variables para la realización de un trabajo, dentro de un rango aceptable de tolerancia Capuchino 1998

**Métrica:** El método de medición definido y la escala de medición [ISO 14598-1:1999].

**Medida:** Número o categoría asignada a un atributo de una entidad mediante una medición [ISO 14598- 1:1999]

**Indicador:** Un indicador es una métrica o una combinación de métricas que proporcionan una visión profunda del proceso y ayudan a la hora de tomar decisiones sobre los pasos a seguir.

## 6. Desarrollo del procedimiento

### Fase1: Inicio de la Estimación.

#### 6.1 Caracterizar de la estimación.

La estimación debe estar basada en objetivos, alcance, así como debe existir un responsable del cumplimiento de dichos objetivos.

El Jefe de Actividad es el máximo responsable del cumplimiento de las etapas que se mencionan a continuación:

### **6.1.1 Determinar objetivos de estimación:**

Los objetivos de la estimación definen que es lo que se va a lograr con la estimación. Deben estar en concordancia con el alcance de la estimación y deben brindar información útil para utilizarla en la futura planificación de las actividades del Proceso de Auditoría.

### **6.1.2 Definir alcance de la estimación**

El alcance de la estimación describe la extensión y los límites tales como la cantidad de documentación que se va a revisar, las actividades que van a ser estimadas.

## **Fase 2: Desarrollo de la estimación.**

### **6.2 Estimación inicial**

El estimador ya conoce las métricas que va a utilizar para determinar los valores de las medidas. Las métricas se encuentran en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría. Las métricas están organizadas en dos grupos. El primer grupo lo constituyen las métricas para realizar las estimaciones de los atributos básicos asociados a un proceso y el segundo grupo lo conforman las métricas para medir la eficacia del Proceso de Auditoría y para guardar información que sirva como datos históricos para las futuras estimaciones. Para realizar la estimación inicial se utilizan las métricas del primer grupo:

- **Magnitud de la Documentación**
- **Esfuerzo**
- **Tiempo**
- **Cantidad de personas**

Antes de comenzar la Auditoría, el estimador le pide al Auditado la siguiente información:

- La fase de desarrollo en que se encuentra el proyecto.
- La cantidad de casos de uso definidos en el proyecto (CU del Modelo de CU del Sistema)
- Complejidad de los casos de uso.

El estimador utiliza la información proporcionada por el auditado para estimar primeramente la métrica Magnitud de la Documentación que se va a revisar. Después realiza la estimación del Esfuerzo necesario para revisar dicha documentación. Por último realiza la estimación de la duración de la auditoría, así como la cantidad de

personas necesarias para realizar la auditoría. Los resultados obtenidos de esta primera estimación se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

### **6.3 Preparar actividades**

#### **6.3.1 Confirmación de los Recursos y la información necesaria (Información de Entrada).**

El estimador solicita al Auditado la información y los recursos necesarios para realizar las actividades de estimación como:

- Fase de desarrollo en que se encuentra el proyecto.
- La cantidad de casos de uso.
- La complejidad de los casos de uso.

#### **6.3.2 Definir los métodos y técnicas a utilizar**

Para recopilar información se definen técnicas o métodos a utilizar, tales como: entrevistas, observación de actividades y revisión de documentos.

### **6.4 Realizar Actividades**

#### **6.4.1 Estimación de la Magnitud de la Documentación.**

Esta es la primera métrica que debe calcularse ya que sirve de base para el cálculo de las otras métricas. El estimador utiliza la información de entrada para recoger los datos útiles para el cálculo de esta métrica. De esta información de entrada se obtiene datos como:

- La magnitud de la documentación de la fase en que se encuentra el proyecto.
- La cantidad de casos de uso
- El factor de complejidad promedio de los casos de uso

La forma de obtener los datos anteriormente mencionados esta especificada en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

#### **6.4.2 Estimación del Esfuerzo**

El esfuerzo se define como el tiempo que dedicarán los auditores a la realización de las actividades de Auditoría.

Partiendo de que ya se conoce la Magnitud de la Documentación a revisar, el estimador busca los datos:

- Valor de influencia que tienen algunos factores técnicos y de ambiente sobre el esfuerzo

La forma de obtener los datos anteriormente mencionados esta especificada en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

#### **6.4.3 Estimación del Tiempo de Revisión**

El tiempo estimado es el tiempo que debe durar la revisión de la documentación. Ya se conoce el valor de la Magnitud de la Documentación a revisar, el estimador busca los datos:

- Valor influencia que tienen algunos factores técnicos y de ambiente sobre el Tiempo de demora la revisión de la documentación.

La forma de obtener los datos anteriormente mencionados esta especificada en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

#### **6.4.4 Estimación del Personal**

El estimador necesita conocer la cantidad de personas que va a asignar para la realización de las actividades de Auditoría. Para ello cuenta con el valor del:

- **Esfuerzo**
- **Tiempo Estimado**

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditorías y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro De Métricas Para El Proceso De Auditorías.

#### **6.5 Estimación Final**

Esta estimación se realiza después de haber concluido la auditoría. Aquí se utilizan las métricas del segundo grupo, conformado por las métricas para medir la eficacia del Proceso de Auditoría y para guardar información que sirva como datos históricos a las futuras estimaciones y las mismas se encuentran en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría. Los resultados de estas métricas se guardan en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

Dentro del segundo grupo se encuentran las métricas:

- Cumplimiento de los objetivos
- Cumplimiento de los Pasos del Proceso
- Eficiencia del Personal
- Ajuste con el Tiempo Planificado
- Resultado de la Evaluación del Proyecto
- Número de No Conformidades Por Criterios de Evaluación.
- Resultado de la Evaluación de las No Conformidades.

#### **6.6 Preparar Actividades**

##### **6.6.1 Confirmación de los Recursos y la información necesaria (Información de Entrada).**

El estimador solicita a los auditores la siguiente información:



- Objetivos de la auditoría propuestos y Objetivos de la auditoría cumplidos
- La cantidad de pasos propuestos en el Proceso de Revisiones y la cantidad real de pasos cumplidos.
- Tiempo real empleado para realizar las actividades.
- El Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

El estimador solicita además los documentos que se generan al finalizar la auditoría como:

- La Plantilla de Evaluación del Desempeño (Evaluación de desempeño de los Revisores),
- Plantilla de Hallazgos (Muestra los Hallazgos encontrados en la Revisión).

#### **6.6.2 Definir los métodos y técnicas a utilizar**

Para recopilar información se definen técnicas o métodos a utilizar, tales como: entrevistas, observación de actividades y revisión de documentos

#### **6.7 Realización de las Actividades**

Las métricas descritas a continuación se utilizan después de haber concluido la auditoría. Los resultados obtenidos pueden llevar a la toma de acciones para mejorar el Proceso de Auditorías, además, los datos obtenidos de estas métricas se deben registrar en el Registro De Métricas Para El Proceso De Auditoría, para utilizarlos en futuras estimaciones.

##### **6.7.1 Estimación del cumplimiento de los objetivos**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- Objetivos de la auditoría propuestos y objetivos de la auditoría cumplidos

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

##### **6.7.2 Cumplimiento de los Pasos del Proceso**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- La cantidad de pasos propuestos en el Proceso de Auditoría y la cantidad real de pasos cumplidos.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

### **6.7.3 Ajuste con el Tiempo Planificado**

El estimador utiliza los datos de la información de entrada:

- Registro De Métricas Para El Proceso De Auditoría
- Tiempo real empleado para realizar las actividades.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

### **6.7.4 Eficiencia del Personal**

El estimador utiliza La Plantilla de Evaluación del Desempeño para obtener los datos de la evaluación del personal. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

### **6.7.5 Resultado de la Evaluación del Proyecto**

El estimador utiliza la Plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

#### **6.7.6 Número de No Conformidades Por Criterios de Evaluación.**

El estimador utiliza la Plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

#### **6.7.7 Resultado de la Evaluación de las No Conformidades**

El estimador utiliza la Plantilla de Hallazgos para obtener los datos de la evaluación del proyecto. Los datos necesarios para el cálculo de esta métrica aparecen especificados en el documento Definición de las Métricas para el Proceso de Auditoría.

Estos valores se introducen en el documento Métricas Para El Proceso De Auditoría y se obtienen los resultados. Los resultados obtenidos de esta métrica se registran en el documento Registro de Métricas para el Proceso de Auditoría.

### **Anexo 7. Diseño de la entrevista a los asesores de calidad y arquitectura de las diferentes facultades que fueron auditores líderes en varias auditoría.**

- ¿Tenía usted conocimiento sobre el tema de auditoría?
- ¿Fue muy difícil entender como llevar a cabo la auditoría?
- ¿En cuantas auditorías ha participado?
- ¿Cuántos miembros tenía el equipo de auditores?
- ¿Crees que deben agregarse mas personas al equipo?
- ¿Le alcanzó el tiempo planificado para realizar las actividades de la auditoría?
- ¿Qué fue lo que más influyó en el tiempo que demoró para la realización de las actividades de la auditoría?

## **GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

**Auditoría:** Proceso sistemático, independiente y documentado para obtener evidencias de la auditoría y evaluarlas de manera objetiva con el fin de determinar la extensión en que se cumplen los criterios de auditoría (ISO 19 011: 2002).

**Auditado:** Organización de la actividad productiva objeto de auditoría (Polo o proyecto).

**Auditor:** Persona con las competencias para llevar a cabo una auditoría (ISO 19 011: 2002).

**Acciones de mejora:** Documento que recoge las propuestas de mejoras para la entidad objeto de auditoría o revisión.

**Analogía:** Semejanza existente entre os objetos que se comparan.

**Atributo:** Propiedad medible, física o abstracta de una entidad.

**Criterios de auditoría:** Conjunto de políticas, procedimientos o requisitos (ISO 19 011: 2002). Los criterios de auditoría se utilizan como una referencia para evaluar los Polos y Proyectos.

**Experto:** Persona que aporta conocimientos o experiencia específica con respecto a una organización, proceso, actividad o materia que se vaya a auditar.

**Entidad:** Objeto que va a ser caracterizado mediante la medición de sus atributos.

**Equipo auditor:** Uno o más auditores que llevan a cabo una auditoría con el apoyo de expertos técnicos (ISO 19 011: 2002).

**Estimador:** Persona que realiza la estimación.

**Estimación:** Conjunto aproximado de valores para algo que ha de ser hecho.

**Guía Exploratoria:** guía que enuncia por objetivo las acciones a realizar al objeto de auditoría o revisión.

**Hallazgos de la auditoría:** Resultados de la evaluación de la evidencia de la auditoría recopilada frente a los criterios de la auditoría. Los hallazgos de la auditoría indican conformidades y no conformidad con los criterios de la auditoría, u oportunidades de mejora (ISO 19 011: 2002).

**IP:** Infraestructura Productiva.

**Indicadores:** Métrica o combinación de métricas que proporcionan una visión profunda del proceso, proyecto o del producto en si. [Pressman 1998]

**Jefe de la Actividad:** Especialista de la Dirección de Calidad de Software que tiene la responsabilidad de Coordinar las auditorías.

**Método heurístico:** Método o procedimiento mediante el cual se puede deducir o inducir la verdad.

**Modelo empírico:** Modelo de regresión que relaciona esfuerzo con tamaño o funcionalidad.

**Medición:** Proceso por el cual se le asignan números o símbolos a atributos de entidades del mundo real

**Medida:** Proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso o producto.

**Métrica** como una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado [IEEE].

**Procedimiento:** Forma específica de llevar a cabo una actividad. Definen la secuencia de los pasos para ejecutar una tarea.

**Proceso:** Conjunto de recursos y actividades interrelacionados que transforman elementos de entradas en elementos de salida.

**Proyecto:** Proceso único consistente en un conjunto de actividades coordinadas y controladas con fechas de inicio y de finalización, llevadas a cabo para lograr un objetivo conforme con requisitos específicos.

**Planificación:** Es la actividad que comprende la formulación de lo que hay que realizar para realizar una actividad

**Revisión:** Actividad emprendida para asegurar la idoneidad, la adecuación y eficacia de la materia objeto de la revisión, para alcanzar unos objetivos establecidos.

**Recurso:** Procedimiento o medio del que se dispone para satisfacer una necesidad, llevar a cabo una tarea o conseguir algo. Pueden ser personas o recursos materiales.

**Transacción:** Es una secuencia de actividades atómica, es decir, se efectúa la secuencia de actividades completamente, o no se efectúa ninguna de las actividades de la secuencia.

**UCI:** Universidad de las Ciencias Informática