

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE VALPARAÍSO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

**MODELO DE PROCESO PARA EL USO DE MÉTRICAS DE
CALIDAD EN PROYECTOS INFORMÁTICOS
UTILIZANDO EL MODELO CMM NIVEL 2 Y EL
ESTÁNDAR ISO 9001**

JORGE SANTIAGO CÉSPEDES STEVENSON

TESIS DE GRADO
MAGÍSTER EN INGENIERÍA INFORMÁTICA

(MARZO 2009)

Pontificia Universidad Católica de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Informática

**MODELO DE PROCESO PARA EL USO DE MÉTRICAS DE
CALIDAD EN PROYECTOS INFORMÁTICOS
UTILIZANDO EL MODELO CMM NIVEL 2 Y EL
ESTÁNDAR ISO 9001**

JORGE SANTIAGO CÉSPEDES STEVENSON

Profesor Guía: **Broderick Crawford Labrín**

Programa: **Magíster en Ingeniería Informática**

(MARZO 2009)



RESUMEN

Debido a la necesidad actual de las diferentes empresas de poder mejorar sus procesos para así ofrecer servicios de calidad, está la necesidad de adoptar modelos para la mejora continua de procesos, como es el Modelo de Madurez de Capacidades (en inglés: Capability Maturity Model, CMM) en la industria del Software, o estándares de calidad para la dirección de sistemas o proyectos en general, como ISO (en inglés: International Organization for Standardization) 9001:2000.

A continuación, este documento presenta una investigación y nuevas propuestas sobre el tema de las mejoras de métricas de calidad, proponiendo un modelo de proceso para las métricas, enfocadas principalmente en la evaluación de los procesos del desarrollo del Software, en conjunto con el estándar ISO 9001 y el modelo CMM nivel 2.

Palabras Claves: mejorar, procesos, CMM, ISO 9001, métricas, modelo, evaluaciones, Software.

ABSTRACT

Due to the current need of different companies of improve their processes to provide quality services, is the need to adopt models for continuous improvement of processes, such as Capability Maturity Model (CMM) in software industry, or quality standards for management systems or projects in general, as ISO (International Organization for Standardization) 9001:2000.

Following in this document there will be an investigation and new proposals on the topic of improvements in quality metrics, proposing a model process for metrics, focused mainly on the evaluation of process software development, in conjunction with ISO 9001 standard and model CMM level 2.

Key Words: improve, processes, CMM, ISO 9001 metric, model, evaluations, Software.



INDICE DE CONTENIDOS

1. INTRODUCCIÓN	4
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS DE OBJETIVOS.....	7
2.1. <i>Objetivo General</i>	8
2.2. <i>Objetivos Específicos.....</i>	8
2.3. <i>Metodología de trabajo</i>	8
2.4. <i>Plan De Trabajo.....</i>	13
2.5. <i>Formulación de Hipótesis.....</i>	13
3. MARCO TEÓRICO	15
3.1. <i>Medida, medición y métricas.....</i>	17
3.2. <i>Modelo de Madurez de Capacidades (CMM).....</i>	19
3.2.1. <i>Áreas Claves de Procesos</i>	23
3.3. <i>ISO 9001.....</i>	25
3.4. <i>ISO 9000-3.....</i>	27
3.4.1. <i>Características generales del ISO 9000-3</i>	27
3.4.2. <i>Cláusulas específicas del ISO 9000-3.....</i>	28
3.4.3. <i>Relación con otros estándares IEEE</i>	31
3.4.4. <i>Revisión de la ISO 9000-3:</i>	32
4. MODELO DE PROCESO PARA MÉTRICAS DE CALIDAD DE SW EN CMM NIVEL 2 E ISO 9001:2000.....	33
4.1.1. <i>Estudio del Mapeo entre actividades de ISO 9001:2000 y CMM.....</i>	34
4.2. <i>Comparativa de ISO 9001 vs. CMM.....</i>	36
4.2.1. <i>El modelo CMM: Pretensiones, objetivos y alcance.</i>	36
4.2.2. <i>Implantación en la organización.....</i>	37
4.2.3. <i>Estructura y aplicación</i>	37
4.3. <i>Relación de ISO 9001 con CMM.....</i>	38
4.3.1. <i>Mapeos específicos.....</i>	39
4.3.2. <i>Tabla comparativa de relaciones cláusulas de ISO 9001 con CMM nivel 2.....</i>	53
4.4. <i>Modelo de Proceso para Métricas de Proceso del Software.....</i>	55
4.4.1. <i>Proceso de Métrica de Proceso de Software</i>	56
4.4.2. <i>Colección de datos y análisis de la métrica</i>	61
4.5. <i>Propuestas de Métricas de Calidad.....</i>	64
4.5.1. <i>Términos y Abreviaciones.....</i>	64
4.5.2. <i>Métricas.....</i>	64



4.5.2.1.	Métricas de Estimación	67
4.5.2.2.	Métricas de Control y Seguimiento	69
4.5.2.3.	Indicadores de Control y Seguimiento	72
5.	APLICACIÓN DE MODELO DE PROCESO PARA MÉTRICAS DE PROCESO DEL SOFTWARE RELACIONADO CON CMM NIVEL 2 E ISO 9001:2000.....	75
5.1.	Procesos y métricas a aplicar.....	76
5.2.	Resultados de aplicación de métricas	90
5.3.	Discusión de resultados	92
6.	CONCLUSIONES	93
7.	REFERENCIAS.....	97
8.	ANEXOS.....	100
8.1.	<i>Sistema de gestión de Calidad de ISO 9001:2000.....</i>	<i>100</i>
8.2.	<i>Formato de base de datos de metricas y resultados asociados a proyectos y clientes.....</i>	<i>110</i>



1. INTRODUCCIÓN

Debido al hecho de la preparación que debe llevar a cabo una organización o empresa como paso previo a la adopción del Modelo de Madurez de Capacidades (en inglés: Capability Maturity Model, CMM), o su certificación en algunos de sus niveles, el cual es un proceso largo, costoso, o la implementación de los procesos de calidad gestionados por ISO (en inglés: International Organization For Standardization) 9001, requiere de recursos humanos altamente capacitados, normalmente, las organizaciones llevan a cabo una evaluación interna como parte del proceso de preparación, abarcando todos los niveles jerárquicos de ella.

La ISO (International Organization for Standardization) 9001 es una norma que se define como “Sistema de Gestión para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad” (Sistema de Gestión de la Calidad, como acrónimo: SGC) [1], mientras que el Modelo de Madurez de Capacidades (en inglés: Capability Maturity Model, CMM), es un modelo para la mejora del proceso, o más bien un modelo de procesos para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software, diseñado sobre los criterios:

- La calidad de un producto o sistema es consecuencia directa de los procesos empleados en su desarrollo.
- Las organizaciones que desarrollan software presentan un atributo denominado madurez, cuya medida es proporcional a los niveles de capacidad e institucionalización de los procesos que emplean en su trabajo.

Si una organización que ha logrado incorporar ISO y desea mejorar los procesos continuamente, CMM puede ser un candidato fuerte porque mantiene un mapeo más detallado de la mejora de los procesos dentro de una organización [2].

Es por eso que al tomar como base al estándar ISO 9001, es decir como norma, es suficiente para llegar a institucionalizar la mejora continua de los procesos, sin embargo, contar con un modelo o guía de buenas prácticas en desarrollo de software, como lo es CMM ayuda a mejorar los procesos de producción de software [3].

En estos últimos años, uno de los problemas de la industria del software fue el bajo nivel de calidad y de productividad; y los altos costos [4]. Entonces, afirmar que la calidad proporcionará la solución puede parecer incorrecto, ya que solamente se ataca a uno de los problemas. Esta problemática representa cantidad de esfuerzo perdido en el desarrollo continuo en donde los productos, a menudo, son entregados con errores significativos que producen costes y posibles problemas y/o inconvenientes.

Los principales problemas en el área de software son:

- Calidad insuficiente del producto final.



- Estimaciones de duración de proyectos y asignación de recursos inexactos.
- Retrasos para entregar los productos terminados.
- Costos de desarrollo y mantenimiento de productos fuera de control.
- Escasez de personal calificado en un mercado laboral de alta demanda.
- Tendencia de crecimiento del volumen y complejidad de los productos.

Otras de las grandes dificultades que se abordan al momento del desarrollo de software es la elección del Modelo o Estándar de Calidad del Software, ya que con esto pueden variar drásticamente los resultados esperados evitando una mala administración de recursos, tiempos y costos [5]. Este problema se puede presentar en empresas de software que tengan como finalidad lograr una certificación de calidad que les permita mejorar sus procesos organizacionales, aumentar su competitividad y acceder a nuevos mercados. Hay factores que afectan estas decisiones, tantos económicos como empresarial que puede influir en la determinación del Modelo o Estándar de Calidad del Software apropiado.

A pesar del indiscutible valor de los avances logrados por investigaciones en la definición de métricas, a la hora de aplicar dicha información en el ámbito de Ingeniería de Software, nos encontramos con algunos de los siguientes problemas [6]:

- No se cuenta con un catálogo suficientemente completo y estructurado con información clasificada relacionada a métricas e indicadores que sirva como base para la selección de las mismas y como apoyo al diseño del proceso de medición o evaluación.
- La información disponible sobre métricas, indicadores y modelos de evaluación no está basada en criterios comunes, y en muchos casos está definida para dominios específicos, dificultando su aplicación a procesos de evaluación genéricos y su re-utilización en distintos proyectos de evaluación y/o medición.

Es por eso que esta la necesidad de medir, evaluar y mejorar los proyectos informáticos, en este caso específico dentro del nivel 2 de CMM y el estándar de calidad ISO 9001:2000, trabajando los dos como complementos para la mejora de los procesos en el desarrollo de algún proyecto, y así lograr un mejor desarrollo a través de procesos con mayor calidad, el cual tendrá como resultado un producto de calidad con un valioso valor agregado. Todo esto complementado con un modelo de métricas de proceso de software, en la cual se regulariza y se maneja un control en la forma de exponer y ejecutar las métricas, por el hecho de ser tan subjetivas la forma en que se emplean y se interpretan los resultados.

Vale decir que el contexto de la realización de este estudio es específicamente dentro del modelo CMM nivel 2 e ISO 9001:2000, ya que se realizó para una empresa informática específica, la cual cuenta con estas certificaciones internacionales y está interesada en poder regularizar sus procesos en el desarrollo de los proyectos informáticos realizado por ellos. Esta empresa es del rubro de la ingeniería informática,



específicamente en la realización de proyectos y sistemas a la medida de acuerdo a la problemática que demandan los clientes y el mercado. Al poner en práctica estos estudios y madurar la propuesta de un modelo de procesos de métricas que ayude en la mejora y el desarrollo de métricas, se pueden ir incorporando las diferentes evoluciones de los niveles del modelo CMM o llegar al punto de pasar completamente al modelo CMMI. Vale decir que no sería un cambio radical, ya que CMM es la base de lo que se conoce por CMMI, la gran diferencia es que CMM está enfocada netamente a empresas informáticas y CMMI se incorpora a cualquier tipo de empresa que desea realizar una madurez en sus procesos. Lo común es que las empresas con certificaciones CMM, al momento de avanzar en sus niveles, se pasen a CMMI.



2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y ANÁLISIS DE OBJETIVOS

Se puede decir que el estándar ISO 9001 es poco concreta, o mejor dicho muy general, ya que su concepción fue pensada para abarcar cualquier tipo de empresa de cualquier sector, y aunque cuenta con el apoyo y guía proporcionado por la norma ISO 9000-3, no es, y con mucha diferencia, tan minuciosa y elaborada como CMM. El modelo CMM, nació enfocado hacia el desarrollo concreto de productos software y proporciona mecanismos y ejemplos, a muy bajo nivel, tocando los más específicos rincones del proceso de producción de software, lo que permite conocer y depurar éste de forma muy minuciosa.

La norma internacional ISO 9001, tan solo indica las áreas a considerar y aspectos que son necesarios de cubrir; CMM por el contrario, sin enfatizar en el hecho estructural de la organización, precisa cómo deben ocurrir las cosas para lograr mejorar y alcanzar un sistema maduro.

El modelo CMM y su espíritu incremental mueven el sistema de calidad en una dirección de mejora continua, motiva a la organización en el progreso y en la mejora. Mientras que el estándar ISO 9001, pese a que también proporciona mecanismos de mejora, lo hace mas débilmente (y con diferencia); tanto es así que la realidad empresarial demuestra que el único reto es mantener la certificación.

Contextualizando, de acuerdo a la necesidad actual del mercado, podemos apreciar la realidad que se encuentra las organizaciones en la región en Latinoamérica:

- Brasil:
 - 25 empresas certificadas ISO 9001 (1997).
 - 39 evaluaciones CMMI (septiembre 2006).

- México
 - Menos de 10 evaluaciones CMMI (septiembre 2006).

- Argentina:
 - 15 evaluaciones CMMI (septiembre 2006).

- Chile
 - Menos de 10 evaluaciones CMMI (septiembre 2006)
 - 12 empresas están iniciando su proceso de certificación internacional ISO 9001:2000 y CMM nivel 2. Proceso impulsado por el gobierno para las organizaciones emprendedoras.
 - **Proyecto Asociativo de Fomento CORFO.**



El caso particular es en Chile, en que el gobierno realizó impulsos para poder realizar estos procesos de certificación internacional, para poder competir en los mercados internacionales y regularizar sus procesos dentro de las empresas. Es por eso que actualmente, específicamente en la empresa “Grupo DISC Ingeniería de Software”, que incorporó el modelo de CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001, que tiene una “Estrategia de Implementación” particular, la cual es la unión de CMM con ISO 9001. Esta empresa incorpora este proyecto impulsado por CORFO, en la cual impulsa a las empresas a certificarse con el estándar ISO 9001 en conjunto con CMM nivel 2. He ahí la necesidad realizar mejoras a las métricas de calidad, proponiendo un modelo de proceso para las métrica, enfocadas principalmente en la evaluación de los procesos del desarrollo del Software, en conjunto con el estándar ISO 9001 y el modelo CMM nivel 2, y así lograr un mejor desarrollo a través de procesos con mayor calidad, el cual tendrá como resultado un producto de calidad con un valioso valor agregado

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo principal de este trabajo de tesis es la realización de un modelo para la ejecución de métricas, que puedan medir la calidad de los procesos dentro de las organizaciones y así lograr una mejora en ellos, enfocada a proyectos informáticos, utilizando las relaciones entre el modelo CMM nivel 2 y el estándar de calidad ISO 9001:2000 para lograr la identificación de estas métricas, y así brindar la posibilidad de efectuar evaluaciones internas en las empresas.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar mapeo entre las Áreas Claves de Proceso de CMM nivel 2 e ISO 9001:2000.
- b. Proponer métricas de calidad para mapeos propuestos entre CMM nivel 2 e ISO 9001:2000.
- c. Propuesta de modelo de proceso para las métricas de calidad de procesos de software.
- d. Aplicación de métricas en modelo de procesos propuesto.

2.3. METODOLOGÍA DE TRABAJO

La realización de propuestas de nuevas métricas para medir la calidad en los proyectos a realizar puede ayudar a que las organizaciones a tomen mejores decisiones al momento de implantar el Modelo o Estándar de Calidad que sea más conveniente, el cual les permitirá mejorar sus procesos de negocio, su posición en el mercado y obtener ganancias.



Por todo ello, y por la importancia que se le da al hecho de medir y evaluar, para hacer del desarrollo de software una verdadera ingeniería, es que vemos la necesidad de contar con métodos de medición y evaluaciones robustas, y con la información de métricas e indicadores, necesaria para que las mediciones resulten más objetivas, precisas, repetibles, reproducibles y significativas, todo esto dentro de un contexto definido y específico en cual es el modelo CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001.

Vale decir que estas propuestas están dentro de un marco de trabajo, con el propósito de que sirva como guía para el aseguramiento de calidad apoyado fundamentalmente con nuevas métricas que puedan medir la calidad enfocada a proyectos informáticos y con sus respectivos planes de acciones para poder mitigar las falencias que puedan acontecer. Estas métricas que ayuden a medir y mejorar estos procesos, los cuales son las relaciones entre las Áreas Claves de Procesos (KPA) y las cláusulas de la ISO 9001.

La forma en que se identificaran estas métricas será de acuerdo al las 6 Áreas Claves de Procesos (KPA) de CMM nivel 2, ya que éstas se encuentran bien definidas, y satisfacen un conjunto de objetivos genéricos y específicos considerados importantes para la mejora del área. La problemática con el modelo CMM es su complejidad, y aunque el modelo muestra el “que hacer”, no muestra el “como hacerlo”, es por eso que es necesaria una estrategia que permita llegar a la adopción completa del modelo, es ahí donde entra ISO 9001, y en conjunto con CMM, se presenta o se realizará un mapeo entre las practicas de ISO 9001 y los KPA’s de CMM nivel 2, logrando así una identificación de métricas que logren satisfacer a ambos, logrando una estrategia sobre cómo llegar a una implementación de CMM a través del estándar ISO 9001, que permita llegar al objetivo de cumplir con la mejora continua de los procesos a través de CMM y todo esto con la ayuda de un modelo de proceso que nos permita plantear una arquitectura de como ejecutar y mantener estas métricas, para poder utilizarlo extensamente y mejorar métricas de proceso del software, y empezar a promover los niveles maduro de proceso que deben empezar a implantarse en las organizaciones que desean regularizar sus procesos gracias a certificaciones internacionales.

Para la realización de estas nuevas propuestas se toma como base un modelo de proceso para las métricas de proceso de software, las cuales tiene como propósito definir roles, actividades e instrumentos de apoyo para la puesta en marcha de estas métricas. Con esto se busca dar énfasis en la descripción de las metas, tareas y los métodos para la recolección, validación y análisis del proceso de los datos [24].

Además para poder realizar todas estas mediciones se ocupan herramientas de apoyo, las cuales son bases de datos para el registro de estas métricas y hacer las comparaciones a través de iteraciones dentro de un proyecto, y así poder tomar decisiones y cambios para mejoras de los procesos a corto plazo. Posteriormente, al tener el registro de todas estas métricas de los diferentes proyectos, se pueden hacer comparaciones entre los proyectos realizados y tomar medidas correctivas a nivel más organizacional de cómo poder enfrentar los próximos



proyectos y mejorar los procesos a largo plazo. Se realizan entrevistas a los encargados de los proyectos de la contraparte (clientes) para poder registrar los niveles de satisfacción que hay y se percibe de los niveles de los KPA de CMM en conjunto con las normas de ISO 9001.

Dado que ISO 9001 es un estándar para gestión de la calidad que busca una mejora continua de los procesos, CMM se convierte en un candidato fuerte especialmente en los procesos de la ingeniería de software, permitiéndole acoplarse en el modelo ISO 9001 como un “motor” de cambio [3], procesos definidos bajo la norma de ISO 9001, y a CMM, como se ha indicado anteriormente, como modelo de mejora. Es por esto que esta la importancia de buscar e identificar estas relaciones entre las áreas de CMM y las cláusulas de ISO 9001, para poder identificar los procesos específicos que quien medir y poder realizar mejoras en ellos.

Al incorporar estas nuevas formas de medir los distintos nuevos sistemas que se incorporan en los mercados, ayudará a evitar que se produzcan costos financieros de repeticiones de trabajo, entre los cuales tenemos: costes de corrección de errores antes y después de instalar el software en producción, pérdidas de productividad debido a la falta de calidad del software y gastos innecesarios de mantenimiento y no lograr satisfacer al usuario [6]. La idea que tempranamente se puedan regularizar estos procesos en la ejecución de los proyectos y se busque más productividad en ellos, lo cual conlleva un beneficio para la empresa realizadora del proyecto informático y los clientes interesados que contratan el servicio.

La organización que se dedica a la producción y comercialización de software debe considerar la calidad, hoy con más razón, donde existe un mercado en el cual el cliente es cada vez más exigente, no sólo en lo que se refiere al precio, sino sobre todo, en cuanto a los servicios y a la confiabilidad que brindan los productos de software. La calidad desempeña un rol determinante para la competitividad de la empresa. Gracias a la calidad que se incorpora, se logran hacer las diferencias entre las empresas del área, ya que se tienen factores a favor al momento de competir en el mercado informático los cuales hacen realmente la diferencia entre ellas.

Es por eso que se propuso como metodología la realización de una investigación y proposición como llegar a formular nuevas métricas dentro de procesos definidos que se quieren medir (proceso que son el resultado del mapeo entre las cláusulas de ISO 9001 y las áreas claves de CMM nivel 2), las cuales se pueden definir para ayudar a medir los proyectos en sus distintas etapas, pero todo esto dentro de un marco de trabajo definido el cual es el modelo de proceso que me indica la forma en que debo realizar estas métricas dentro de la ejecución de los procesos de un proyecto informático. Las métricas son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo software y los proyectos de mantenimiento. Pero más que definir nuevas métricas para evaluaciones, se realizará un estudio de cómo proponer nuevas métricas, basados en un modelo de proceso, el cual tiene definidos sus pasos de acción.



En general, estas mediciones persiguen tres objetivos fundamentales:

- Entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento.
- Controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos.
- Mejorar nuestros procesos y nuestros productos.

Las métricas pueden ser utilizadas para que los profesionales e investigadores puedan tomar las mejores decisiones y como medio para asegurar la calidad en los productos, procesos y proyectos software.

Si se usan de manera adecuada, las métricas de ingeniería del software deben permitir:

- Definir cuantitativamente el grado de éxito y/o fracaso para un producto, un proceso o las tareas realizadas por una persona.
- Identificar y cuantificar las mejoras, su ausencia o la degradación del producto, del proceso o de las tareas realizadas por las personas.
- Hacer entendibles y útiles las decisiones técnicas y las de gestión.
- Identificar tendencias.
- Realizar estimaciones cuantificables y con sentido.

La métrica proporciona al gestor una visión más profunda. Y además le llevará a una toma de decisiones más fundamentada [7].

Es por eso que actualmente, específicamente en la empresa “DISC Ingeniería de Software”, que incorporó el modelo de CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001, tiene una “Estrategia de Implementación” particular, la cual es la unión de CMM con ISO 9001.

La figura 1 tiene como finalidad mostrar como se comporta el modelos CMM y el estándar ISO 9001, en la cual se puede apreciar dos dimensiones, una de ellas es “Áreas en la Organización” la cual representa las diferentes áreas o departamentos de la organización, las cuales están directamente relacionadas con las áreas claves de procesos que propone CMM y sus KPA. La otra dimensión “Profundidad y Detalle de las Exigencias” tiene como finalidad representar las exigencias necesarias que hay dentro de una organización, como por ejemplo satisfacción de expectativas del cliente, cumplimiento de las metas de las KPA de CMM en este caso, entre otros. Esta dimensión representa la totalidad de las exigencias dentro de la organización.

Es por eso que se puede observar que ISO 9001 está en la parte superior de la figura 1, el cual abarca todas las Áreas de la Organización, principalmente enfocada a los procesos, es por eso que abarca cierta parte de las exigencias necesarias. En cambio la sección de CMM, se puede apreciar que esta dividida de acuerdo a sus niveles definidos, las cuales abarca diferentes secciones de la organización, o sea en conjunto, la evolución en sus



niveles llegaría a interactuar con todas las áreas de la organización, por lo mismo que estos niveles tienen gran nivel de profundidad en las exigencias de la organización.

El estándar ISO 12207 tiene como propósito presentar un modelo de procesos de referencia del ciclo de vida del software que son fundamentales para una buena ingeniería de software y cubre las mejores prácticas. Los procesos son descritos en términos de lograr los propósitos y resultados. Además precisa las actividades y tareas requeridas para implementar a alto nivel los procesos para alcanzar las capacidades deseadas para los adquirientes, proveedores, desarrolladores, responsables de mantenimiento y operadores del sistema que contiene el software. Este estándar es también usado para proveer una base común para diferentes modelos y métodos asegurando que la evaluación sea realizada en un contexto común [8].

El propósito de trabajo en conjunto CMM, con sus diferentes niveles, e ISO 9001 es la de llegar a una mejora en los procesos de los diferentes áreas de la organización llegando a tener un nivel de satisfacción en las exigencias tan necesaria en el mercado competitivo.

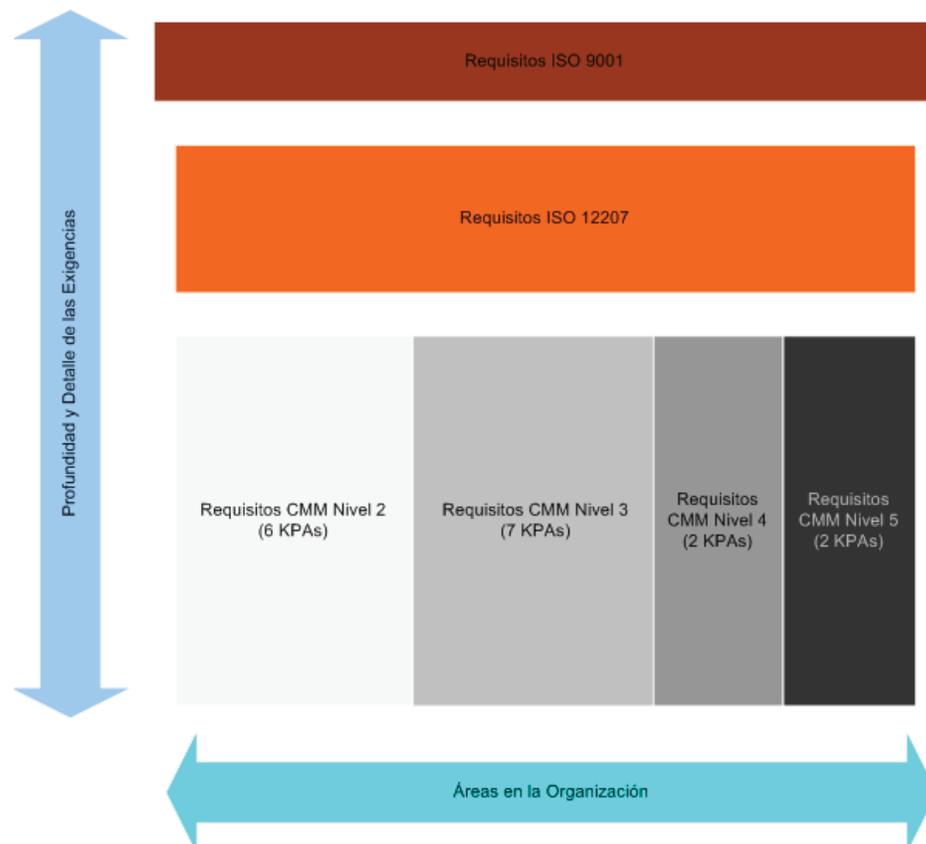


Figura 1: Metodología Bajo Dos Modelos



2.4. PLAN DE TRABAJO

En las primeras fases de trabajo, se enfocó en la investigación a fondo de los temas involucrados en la realización de esta tesis, estudio del estado del arte, enfocado a los marcos teóricos que tiene relación con la calidad de software, aseguramiento de la calidad, métricas de calidad, ventajas y desventajas, CMM, ISO, entre otros.

Continuando con la aplicación de técnicas de medición de métricas en casos prácticos, comprobando en la práctica la forma de aplicar algunas técnicas de evaluación. En este periodo se realizó el estudio de las relaciones entre las áreas claves de CMM con las normas de ISO 9001.

Posteriormente se realizó propuestas preliminares de evaluaciones, realizando una primera aproximación a las propuestas de métricas. Se continuó con un refinamiento de las relaciones de mapeo que se propusieron anteriormente entre modelo CMM y el estándar ISO 9001.

Luego se realizó una proposición de una metodología de evaluación de métricas de sistemas de software, en base a la mejora de la propuesta preliminar, y a la integración y adaptación de las técnicas existentes y aportes propios. Esta metodología estará apoyada por la definición y propuesta de un modelo de proceso de métricas de proceso de software, la cual regulariza la forma en cómo poder realizar estas métricas en los procesos.

Por último se aplican las nuevas métricas de calidad creadas a un proyecto específico y se realiza una evaluación de los resultados obtenidos en dicha aplicación, este proyecto en el cual se realizan estas mediciones fue realizado con dentro de CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001:2000, ya que la empresa cuenta con estas certificaciones.

2.5. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

Al implementar un modelo de proceso definido dentro de una organización, a “largo plazo” permitirá tener mejores niveles de calidad dentro de los procesos que manejan en la realización de los proyectos informáticos dentro de la organizaciones, ya que se podrá controlar las actividades por medio de métricas de calidad enfocadas a los procesos dentro de un marco definido que es el modelo CMM nivel 2, específicamente, y el estándar de calidad ISO 9001. Estas mejoras también involucran a los clientes, ya que al tener un mejor desarrollo a través de procesos con mayor calidad, se tendrá como resultado un producto con un valioso valor agregado, el cual es traspasado al cliente a modo de producto desarrollado en los proyectos.



A “corto plazo” se podrá mejorar procesos medidos a nivel de realización de proyectos, como pueden ser las horas distribuidas en el proyecto o, asignaciones de carga laboral, por ejemplo, ya que al tener como resultado las mediciones que se realiza en estas iteraciones permiten ajustar estos procesos más específicos. Estas modificaciones permiten poder realizar ajusten dentro de la ejecución del proyecto informático dentro de la marcha del mismo y ayudar a cumplir las objetivo del proyecto informático.



3. MARCO TEÓRICO

La Ingeniería de Software, al igual que otras ingenierías, necesita de métricas e indicadores para poder especificar, predecir, evaluar y analizar distintos atributos y características de los entes (productos, procesos, etc.) que participan en el desarrollo y mantenimiento del software.

La Ingeniería de Software, tal como fue definido en el estándar IEEE 610.12 [4], es “La aplicación de un enfoque sistemático, disciplinado y cuantificable hacia el desarrollo, operación y mantenimiento del software, es decir la aplicación de ingeniería al software”. La aplicación de un enfoque cuantificable al desarrollo, operación y mantenimiento del software es una tarea compleja que requiere disciplina, estudio y conocimiento de las métricas e indicadores adecuados para los distintos objetivos de medición y evaluación, con el fin de garantizar la calidad.

En los últimos años varios trabajos de investigación han realizado importantes aportes en la definición de métricas y en la proposición de metodologías y modelos a ser aplicados en la Ingeniería de Software.

Dentro de los diversos estudios y trabajos realizados, se pueden apreciar diversos temas que se pueden abordar, enfocados a las métricas de calidad, CMM, ISO, en proyectos de software. Respecto a trabajos de definición de métricas de software podemos citar algunos ejemplos como ser: las métricas de complejidad, métricas de longitud de código fuente, métricas de punto de función, métricas para productos web, entre otros.

Existen diversos trabajos que tratan de definir modelos y criterios de calidad para productos software. Algunos de ellos han dado lugar a estándares internacionales de calidad de software. Cabe destacar entre ellos: ISO 9126[26], IEEE1061[27], ISO/IEC 14598-5[28], ISO9001 y 9000-3, CMM e ISO15504. Cada uno de estos modelos establece características que han de ser modeladas en sub características y atributos, para de esta forma poder obtener valores que nos permitan establecer el rango de calidad del producto medido [29].

Algunos organismos y empresas privadas, han realizado trabajos de selección de métricas para software, para dominios de aplicación específicos. El objetivo principal de estos catálogos es brindar documentación que ayude a ingenieros y usuarios en el soporte de medición y evaluación del software. En algunos casos, inclusive, se provee de las herramientas necesarias que aplican dichas métricas y/o dan soporte al proceso de análisis [6].

Se puede apreciar algunos ejemplos de algunas empresas u organismos que han realizado trabajos donde se documentan métricas de software que pueden ser usados durante distintas fases del ciclo de vida del software, si bien no toda la información de métricas se ha organizado de la misma manera y no todas las empresas brindan los mismos servicios de información.



Por ejemplo en el Laboratorio de Medición de Software de la Universidad de Magdeburg, Alemania, brinda extensa información de métricas y herramientas. Los miembros del equipo de trabajo de SMLab han concentrado las actividades de distintas comunidades relacionadas a métricas de software, que van desde foros, conferencias y workshops, a artículos y aplicaciones de herramientas de métricas. Presentan un amplio rango de herramientas y temas relacionados a métricas y han creado una gran comunidad de participantes que incluye miembros de todo el mundo [6].

Aún cuando los servicios de información brindada por este laboratorio pueden ser de mucha utilidad en los proyectos de medición de software, la información proporcionada no está catalogada en forma estructurada y uniforme, dificultando su reutilización. El ingeniero de software debe realizar una difícil labor de búsqueda y análisis de la información contenida en las publicaciones ofrecidas antes de poder aplicar sus resultados.

Es muy importante destacar también el trabajo realizado por el Organismo Internacional de Estandarización (ISO), que ha definido estándares para la administración de calidad del software y procesos de medición. Pero este organismo no ha definido ni recomendado aún qué conjunto de métricas e indicadores usar en los distintos casos de evaluación de software.

Dentro de la historia de CMM, también se puede apreciar la evolución que ha tenido, de CMM a CMMI. A mediados de la década del 90, el SEI decide unificar los modelos de ingeniería de software (SW-CMM, también conocido como CMM), de ingeniería de sistemas (SE-CMM) y de desarrollo integrado de productos (IPD-CMM), embarcándose en un esfuerzo que culmina en el año 2002 dando origen a una nueva generación llamada CMMI (Integración del Modelo de Madurez de Capacidad, en inglés Capability Maturity Model Integration) [30].

El nuevo modelo CMMI brinda un marco con una estructura común para todas las disciplinas (ingeniería de software, ingeniería de sistemas, desarrollo integrado de productos, adquisición de productos) y agrega una nueva forma de representación además de la conocida representación por niveles. La nueva forma de representación se llama Continua y está orientada a medir la mejora en los procesos de manera individual en vez de hacerlo de manera conjunta como la representación por niveles [31]. Dentro de esta nueva generación de modelos, el sucesor directo del CMM original es el denominado CMMI-SW [32]. Este modelo presenta una mayor cobertura con respecto a las áreas de proceso, y agrega el concepto de representación continua.

Por otro lado hay publicaciones enfocadas a investigación de calidad, como es el caso de “Desde ISO 9001:2000 Hacia CMMI, Pasos Para La Mejora De Los Procesos Y Métricas” [5]. En este artículo se muestra la experiencia sobre la implementación de los procesos de calidad gestionados por ISO 9001:2000 y de la mejora continua de los mismos a través del modelo CMMI. En base a las referencias de estándares, mejores prácticas,



experiencia de la organización y las especificaciones del modelo CMMI, se esta llevando a cabo la mejora continua de los procesos a través de las versiones generadas y sus respectivas métricas, específicamente se muestra la propuesta sobre el proceso de gestión de requerimientos. El tema principal de este artículo es de cómo se puede complementar el modelo de CMMI de mejora de procesos en desarrollo de software con la norma ISO 9001:2000. Sin embargo uno de los grandes desafíos es llegar a encontrar una estrategia que permita realizar este tipo de integración de forma “natural” en alguna organización [5].

3.1. MEDIDA, MEDICIÓN Y MÉTRICAS

Las métricas se pueden definir como una metodología de planificación, desarrollo y mantenimiento de sistemas de información. Las métricas son un buen medio para entender, monitorizar, controlar, predecir y probar el desarrollo software y los proyectos de mantenimiento [11].

En general, estas mediciones persiguen tres objetivos fundamentales:

- Entender qué ocurre durante el desarrollo y el mantenimiento.
- Controlar qué es lo que ocurre en nuestros proyectos.
- Mejorar nuestros procesos y nuestros productos.

Las métricas pueden ser utilizadas para que los profesionales e investigadores puedan tomar las mejores decisiones y como medio para asegurar la calidad en los productos/procesos/ proyectos software [11].

Las métricas de ingeniería del software se usan para caracterizar [9] :

- Productos de ingeniería del software; por ejemplo, diseños, código fuente, casos de prueba, entre otras
- Procesos de ingeniería del software; por ejemplo, actividades del análisis, diseño, codificación, etc.
- Tareas realizadas por personas; por ejemplo, la eficiencia de una persona que realiza las pruebas, o la productividad de un diseñador individual.

Dado que los términos medida, medición y métricas se utilizan a menudo indistintamente, es importante destacar las diferencias sutiles entre ellos. Como los términos medida y medición se pueden utilizar como un nombre o como un verbo, las definiciones de estos términos se pueden confundir. Dentro del contexto de la ingeniería del software, una medida proporciona una indicación cuantitativa de la extensión, cantidad, dimensiones, capacidad o tamaño de algunos atributos de un proceso o producto. La medición es el acto de determinar una medida. El Standard Glossary Of Software Engineering Terms define métrica como “una medida cuantitativa del grado en que un sistema, componente o proceso posee un atributo dado”. Cuando, simplemente,



se ha recopilado un solo aspecto de los datos (por ejemplo: el número de errores descubiertos en la revisión de un módulo), se ha establecido una medida. La medición aparece como resultado de la recopilación de uno o varios aspectos de los datos (por ejemplo: se investiga un número de revisiones de módulos para recopilar medidas del número de errores encontrados durante cada revisión). Una métrica del software relata de alguna forma las medidas individuales sobre algún aspecto (por ejemplo: el número medio de errores encontrados por revisión o el número medio de errores encontrados por persona y hora en revisiones’).

Un ingeniero del software recopila medidas y desarrolla métricas para obtener indicadores. Un indicador es una métrica o una combinación de métricas que proporcionan una visión profunda del proceso del software, del proyecto de software o del producto en sí. Un indicador proporciona una visión profunda que permite al gestor de proyectos o a los ingenieros de software ajustar el producto, el proyecto o el proceso para que las cosas salgan mejor. Por ejemplo, cuatro equipos de software están trabajando en un proyecto grande de software. Cada equipo debe conducir revisiones del diseño, pero puede seleccionar el tipo de revisión que realice. Sobre el examen de la métrica, de errores encontrados por persona-hora consumidas, el gestor del proyecto notifica que dos equipos que utilizan métodos de revisión más formales presentan un 40 por 100 más de errores encontrados por persona-hora consumidas que otros equipos. Suponiendo que todos los parámetros son iguales, esto proporciona al gestor del proyecto un indicador en el que los métodos de revisión más formales pueden proporcionar un ahorro mayor en inversión de tiempo que otras revisiones con un enfoque menos formal. Esto puede sugerir que todos los equipos utilicen el enfoque más formal. La métrica proporciona al gestor una visión más profunda. Y además le llevará a una toma de decisiones más fundamentada.

Las métricas de calidad aportan una indicación de cómo se ajusta el software a los requisitos implícitos y explícitos del cliente. A veces, cuando se intentan obtener medidas precisas de la calidad del software se acaba frustrado por la naturaleza subjetiva de esta actividad. Para resolver este problema, se buscan medidas cuantitativas de la calidad del software, para poder llevar a cabo un análisis objetivo. Pero no es posible medir la calidad del software de forma exacta, ya que cada medida es parcialmente imperfecta. Las medidas de calidad siempre son indirectas, ya que no se mide directamente la calidad sino algunas de sus manifestaciones. El factor que lo complica es la relación precisa entre la variable que es medida y la calidad del software [9].

En la figura 2, muestra la importancia de las métricas para conseguir una mejora en la calidad del software. En ella se puede apreciar el enfoque que se da a las métricas dentro de las organizaciones y la relación que tiene con la calidad y la obtención de estas. Se describe cual es el enfoque de las métricas del software dentro de los negocios u organizaciones, en la cual para este proceso se debe tener conocimiento de los objetivos del negocio, los cuales nos dan claridad de lo que se quiere lograr y ayuda a identificar que procesos son los realmente que se quiere medir. Luego continuando con las “Metas para aumentar la calidad”, no dan las directrices de cómo podremos mantener y aumentar la calidad dentro del negocio. Al tener estos 2 procesos, es necesario realizar los



procesos de obtención de métricas, identificando que se quiere medir, y como se va a medir, y por ultimo realizando un identificación de acciones para la mejorar el proceso de de desarrollo.

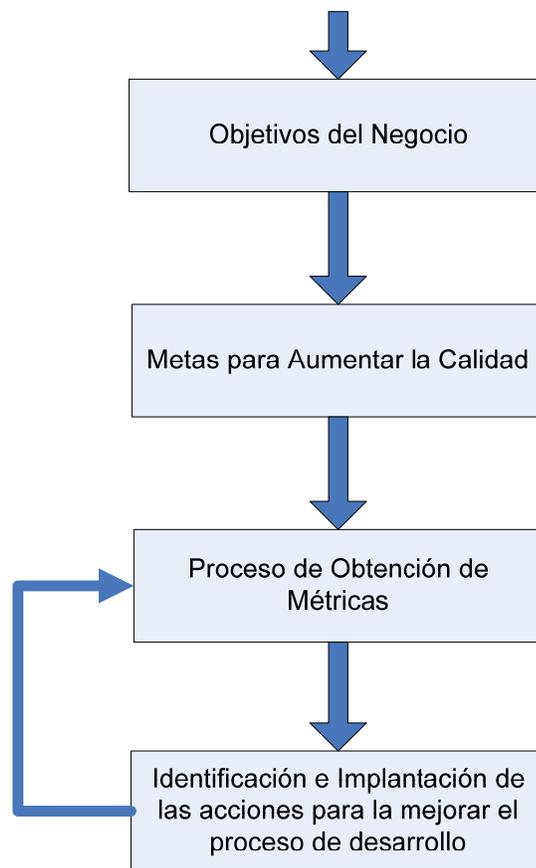


Figura 2: Enfoque de las métricas del software [10]

3.2. MODELO DE MADUREZ DE CAPACIDADES (CMM)

El Modelo de Madurez de Capacidades (en inglés: *Capability Maturity Model*, CMM) es un modelo de procesos para el desarrollo y mantenimiento de sistemas de software, diseñado sobre los siguientes criterios:

- La calidad de un producto o sistema es consecuencia directa de los procesos empleados en su desarrollo.
- Las organizaciones que desarrollan software presentan un atributo denominado madurez, cuya medida es proporcional a los niveles de capacidad e institucionalización de los procesos que emplean en su trabajo.

CMM es un modelo de madurez de proceso que permite a una organización definir y desenvolver su proceso del software. Es una premisa en ingeniería de software, ya que hay una relación íntima entre la calidad del producto del software entregado y la calidad y madurez del proceso del software subyacente. Por consiguiente, es



importante para una organización del software consagrar la atención al software y así realizar procesos como la producción. CMM es un framework por el cual una organización puede madurar sus procesos del software [11].

En su origen fue diseñado a finales de los ochenta por Software Engineering Institute (SEI) a instancias del Congreso Norteamericano, como medio para evaluar a las empresas suministradoras de software para el Departamento de Defensa Norteamericano.

En su evolución, tras su creación en 1984, SEI comenzó la investigación para desarrollar un marco de mejora y evaluación de la previsibilidad y calidad de las empresas y el resultado se denominó "Capability Maturity Model for Software" SW-CMM o abreviadamente CMM, cuya versión 1.0 se publicó en Agosto de 1991. Posteriormente se publicaron las revisiones 1.1 en 1993 y 1.2 en 1997. Hoy es un modelo obsoleto, que SEI ya no mantiene desde que en 2000 fue relevado e integrado en el nuevo CMMI.

CMM es un modelo escalonado sobre el concepto de madurez, que define 5 niveles o escalones para calificar la madurez de una organización. El "escalonado" CMM define 5 niveles posibles de madurez para las organizaciones que desarrollan y mantienen software.

CMM define 5 niveles de madurez para las organizaciones, en función de cuáles son los procesos que emplean en el desarrollo y mantenimiento de software y los grados de capacidad e institucionalización de cada uno; y puede emplearse con dos finalidades:

- Criterio para la evaluación de la madurez de la organización.
- Guía para la mejora de sus procesos.

En la siguiente figura se puede apreciar de forma gráfica los 5 niveles de CMM relacionados con las áreas claves de proceso (KPA), dentro de un marco de trabajo específico con actividades y tareas. Los niveles de CMM tienen un marco asociado de trabajo con sus actividades correspondientes, donde cada una contiene sus tareas, hitos y puntos que son necesarios en la implantación de este modelo de calidad.

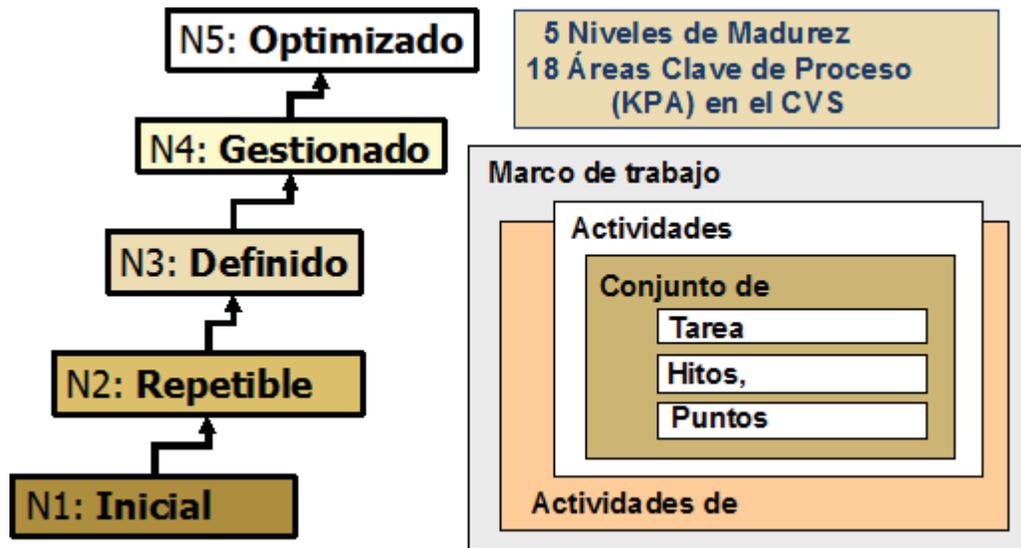


Figura 3: Modelo CMM y sus diferentes niveles

A continuación se expone una breve descripción de los 5 niveles de CMM, en la cuales se destacan sus características más representativas.

- **Nivel 1: Inicial**

Los resultados de calidad obtenidos son consecuencia de las personas y de las herramientas que emplean. No de los procesos, porque o no los hay o no se emplean.

- **Nivel 2: Repetible**

Se considera un nivel 2 de madurez cuando se llevan a cabo prácticas básicas de gestión de proyectos, de gestión de requisitos, control de versiones y de los trabajos realizados por subcontratistas. Los equipos de los proyectos pueden aprovechar las prácticas realizadas para aplicarlas en nuevos proyectos.

- **Nivel 3: Definido**

Los procesos comunes para desarrollo y mantenimiento del software están documentados de manera suficiente en una biblioteca accesible a los equipos de desarrollo. Las personas han recibido la formación necesaria para comprender los procesos.



- **Nivel 4: Gestionado**

La organización mide la calidad del producto y del proceso de forma cuantitativa en base a métricas establecidas. La capacidad de los procesos empleados es previsible, y el sistema de medición permite detectar si las variaciones de capacidad exceden los rangos aceptables para adoptar medidas correctivas.

- **Nivel 5: Optimizado**

La mejora continua de los procesos afecta a toda la organización, que cuenta con medios para identificar las debilidades y reforzar la prevención de defectos. Se analizan de forma sistemática datos relativos a la eficacia de los procesos de software para analizar el coste y el beneficio de las adaptaciones y las mejoras.

Se analizan los defectos de los proyectos para determinar las causas, y su mapeado sobre los procesos.

A continuación se puede apreciar los componentes de CMM y la interacción que hay entre ellos. Se observa los niveles de madurez que tiene relación directa con las áreas claves de proceso (KPA) y sus diferentes características asociadas entre ellos.

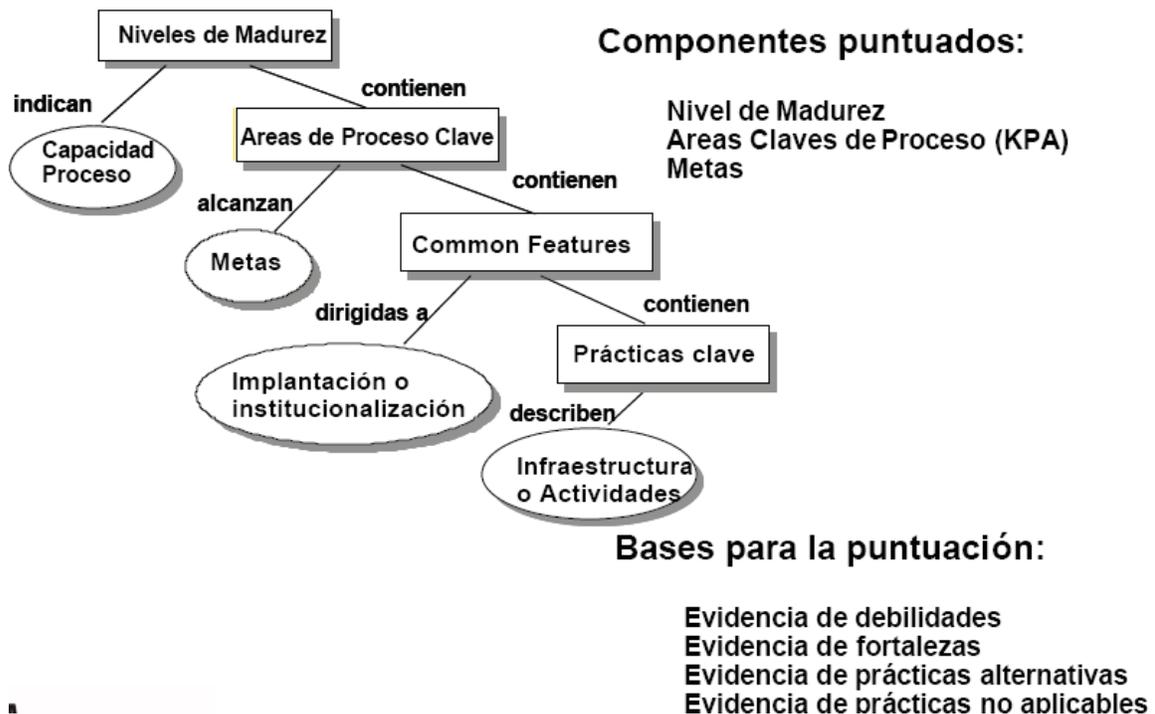


Figura 4: Componentes de CMM



3.2.1. Áreas Claves de Procesos

Para cada nivel, CMM especifica algunas Áreas Claves de Procesos (en inglés: Key Process Areas, KPA), qué representan las áreas en que una organización debe enfocar si quiere moverse en algún nivel particular de CMM. Cada KPA, tiene asociado unas metas que representan los requisitos que deben ser satisfechos por el proceso para ese KPA. El KPA para CMM son diferentes por nivel, y pueden usarse para evaluar la capacidad del proceso existente así como por identificar las áreas que necesitan ser fortalecidas para mover el cambio de nivel del proceso de un nivel más bajo a un nivel más alto de madurez [11].

Los KPA para el nivel 2 de CMM [14] son las siguientes:

- **Administración de Requisitos**

El propósito de la administración de requisitos es establecer un entendimiento común entre el cliente y el proyecto de software, acerca de los requisitos del cliente que serán abordados por el proyecto de software.

- **Planificación del Proyecto de Software**

El propósito de la Planificación del Proyecto de Software es establecer planes razonables para realizar las tareas de ingeniería de software y administración del proyecto de software. La Planificación del Proyecto de Software involucra desarrollar estimaciones para el trabajo a ejecutar, establecer los acuerdos necesarios, y definir el plan para desarrollar el trabajo.

- **Seguimiento y Control del Proyecto de Software**

El propósito del Seguimiento y Control del Proyecto de Software es proporcionar una adecuada visión del avance real del proyecto de forma que los administradores puedan tomar acciones efectivas cuando el rendimiento del proyecto de software se desvía significativamente del plan de software. El Seguimiento y Control del Proyecto de Software involucra seguir y revisar los logros y resultados en contraste a las estimaciones, compromisos y planes documentados, y ajustar el plan de acuerdo a los logros y resultados reales.

- **Administración de Subcontratos**

El propósito de la Administración de Subcontratos es seleccionar subcontratistas de software calificados y administrarlos efectivamente. Involucra la selección del subcontratista, establecer compromisos con el subcontratista, y el seguimiento y revisión del desempeño y resultados del subcontratista. Esas prácticas cubren la administración de un subcontrato de software (solamente), así como también la administración de una componente de software de un subcontrato que incluye software, hardware y posiblemente otras componentes de sistema.



- **Garantía de Calidad de Software**

El propósito de Garantía de Calidad de Software es dar a la administración una visibilidad adecuada del proceso que está siendo usado y los productos que están siendo construidos. Garantía de Calidad de Software involucra revisar y auditar los productos y actividades de software a fin de asegurar que ellos cumplan con los estándares y procedimientos aplicables, proveyendo al proyecto de software y otros administradores apropiados de los resultados de esas revisiones y auditorías.

- **Administración de Configuración de Software**

El propósito de la administración de configuración de software es establecer y mantener la integridad de los productos de software del proyecto a través del ciclo de vida del proyecto de software. La administración de configuración de software involucra identificar la configuración del software (es decir, una selección de productos de trabajo de software y sus descripciones) en puntos dados del tiempo, controlando sistemáticamente los cambios a la configuración, y manteniendo la integridad y trazabilidad de la configuración a través del ciclo de vida del software. Los productos de trabajo puestos bajo administración de configuración de software incluyen los productos que son entregados al cliente (por ejemplo, el documento de requerimientos de software y el código) Y los ítem identificados con, o requeridos para crear esos productos de software. (por ejemplo, el compilador).

Por ejemplo, el nivel 2 de CMM está enfocado principalmente a la “planeación” del trabajo, pasa así poder manejar de forma más óptima y controlada las actividades realizadas en este nivel. En la figura 5 se representa el nivel 2 de CMM, donde el “proceso” ya está establecido en la organización, y se empiezan a incorporar las actividades de “plantación” y “evaluación” relacionadas directamente con los procesos que se están ejecutando en ese mismo momento.



Figura 5: CMM Nivel 2, “planear el trabajo”



3.3. ISO 9001

La adopción de un “Sistema de Gestión de la Calidad” (como acrónimo: SGC) debería ser una decisión estratégica de la organización. El diseño y la implementación del SGC de una organización están influenciados por diferentes necesidades, objetivos particulares, productos suministrados, procesos empleados y tamaño y estructura de la organización. No es el propósito de esta Norma Internacional proporcionar uniformidad en la estructura de los SGC o en la documentación.

Esta Norma Internacional pueden utilizarla partes internas y externas, incluyendo organismos de certificación, para evaluar la capacidad de la organización para cumplir los requisitos del cliente, los reglamentarios y los propios de la organización. En el desarrollo de esta Norma Internacional se han tenido en cuenta los principios de gestión de la calidad enunciados en las Normas ISO 9000 e ISO 9004 [1].

ISO 9001 promueve la adopción de un enfoque basado en procesos cuando se desarrolla, implementa y mejora la eficacia de un SGC, para aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos. Para que una organización funcione de manera eficaz, tiene que identificar y gestionar numerosas actividades relacionadas entre sí. Una actividad que utiliza recursos, y que se gestiona con el fin de permitir que los elementos de entrada se transformen en resultados, se puede considerar como un proceso.

Frecuentemente el resultado de un proceso constituye directamente el elemento de entrada del siguiente proceso. La aplicación de un sistema de procesos dentro de la organización, junto con la identificación e interacciones de estos procesos, así como su gestión, puede denominarse como "enfoque basado en procesos". Una ventaja de este enfoque es el control continuo que proporciona sobre los vínculos entre los procesos individuales dentro del sistema de procesos, así como sobre su combinación e interacción.

Un enfoque que se utiliza dentro de un SGC enfatiza la importancia de:

- La comprensión y el cumplimiento de los requisitos,
- La necesidad de considerar los procesos en términos que aporten valor,
- La obtención de resultados del desempeño y eficacia del proceso, y
- La mejora continua de los procesos con base en mediciones objetivas.

Los capítulos de la ISO 9001 son:

1. Objeto y campo de aplicación,
2. Referencias normativas,
3. Términos y definiciones,
4. Sistema de Gestión de la Calidad,



5. Responsabilidad de la Dirección,
6. Gestión de los Recursos,
7. Realización del Producto y
8. Medición, Análisis y Mejora.

En la figura 6 muestra que los clientes juegan un papel significativo para definir los requisitos como elementos de entrada. El seguimiento de la satisfacción del cliente requiere la evaluación de la información relativa a la percepción del cliente acerca de si la organización ha cumplido sus requisitos. El modelo mostrado cubre todos los requisitos de esta Norma Internacional, pero no refleja los procesos de una forma detallada.

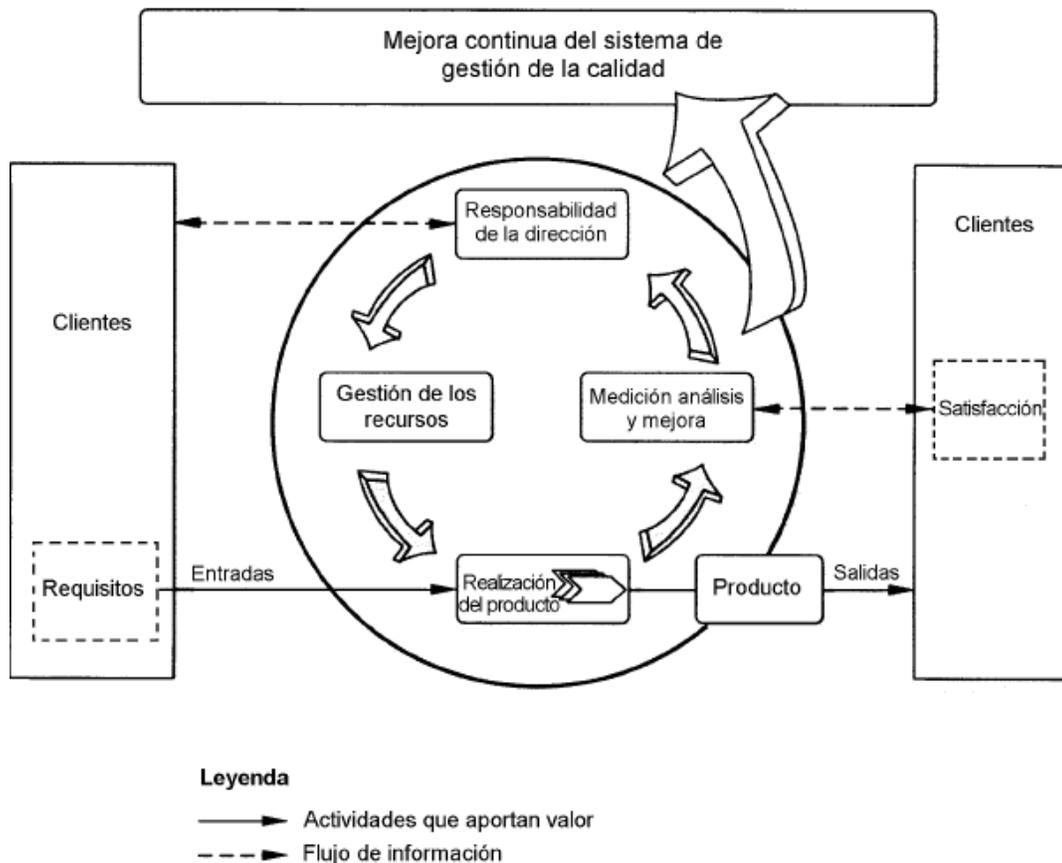


Figura 6: Modelo del enfoque basado en los procesos [1]

En la figura 6 se puede apreciar el papel importante que juegan las mediciones a través del estándar ISO 9001, donde las métricas aparecen para poder realizar dichas tareas y ayudar a las mejoras de los procesos.



Aunque la norma ISO 9001 ha sido aceptada de manera generalizada por una gran diversidad de industrias, fue sólo hasta hace poco tiempo que un número importante de organizaciones dedicadas a la elaboración de software empezaron a investigar los requisitos y beneficios de la norma ISO 9001. Bien sea que su inspiración provenga de las necesidades de sus clientes, de la presión competitiva o del deseo de mejorar su calidad y eficiencia, muchas de estas organizaciones se interesan por estudiar los requisitos de la norma ISO 9001 con el propósito de institucionalizar los métodos de Ingeniería de Software y para someterse a evaluaciones internas y externas de sus sistemas.

Los puntos principales de este estándar se expondrán en la sección final de este documento como anexo.

3.4. ISO 9000-3

La Organización de Estandarización Internacional (ISO), ha definido una serie de estándares que son generalmente aplicables a todos los procesos de producción. El ISO 9000 proporciona un conjunto de estándares para la gestión de la calidad en cualquier actividad relacionada con el proceso de producción. Cada vez mas las empresas están a favor de crear sistema de calidad para supervisar todas las fases de sus procesos de producción.

Un sistema de calidad define los requerimientos para el desarrollo de los procesos de una organización, algunas de las actividades llevadas a cabo por dicho sistema son:

- Auditoria de los proyectos para asegurar que los controles de calidad son respetados.
- Comprobar que ha mejorado la calidad del sistema.

Proporcionar al grupo de desarrollo una serie de guías como pueden ser nuevas notaciones, procedimientos y estándares. También se generaran documentos destinados a la dirección del grupo de desarrollo.

La ISO 9000 se ha especializado en todo lo referente a la solución del software en la ISO 9000-3, puesto que esta disciplina tiene características propias diferentes como para distinguirse del proceso de producción en general.

3.4.1. Características generales del ISO 9000-3

Las ideas básicas que se nos propone para el estándar ISO 9000-3, según [21], son las siguientes:



- El control de calidad debe ser aplicado a todas las fases de la producción de software, incluido el mantenimiento y tareas posteriores a su implantación.
- Debe existir una estricta colaboración entre la organización que adquiere el software y el proveedor del mismo.
- El proveedor del software debe definir su sistema de calidad y asegurarse que toda la organización ponga en práctica este sistema.

Es importante resaltar que en la ISO 9000-3 trata el concepto de ciclo de vida, pero en ningún momento desea imponer la utilización de un determinado ciclo como puede ser el ciclo en espiral. Pero a parte del ciclo de vida que elijamos, el ISO 9000-3 introduce otras actividades que tienen lugar de forma independiente a las fases del ciclo y que son las actividades referentes a la configuración y distingue entre la verificación y validación.

Además el ISO 9000-3 puede ser utilizado en relaciones contractuales cuando comprador y proveedor establecen que algunos elementos de calidad deben formar parte del sistema de calidad que proporciona el proveedor y que este se compromete a seguir los principios de calidad definidos en el estándar como propone [21].

3.4.2. Cláusulas específicas del ISO 9000-3

Como ya hemos comentado la ISO 9000-3 es una guía que esta formada por una serie de cláusulas que indican como aplicar esta guía. Cada cláusula esta identificada con un número como describe [22]. Las cláusulas que componen la ISO 9000-3 se reflejan en la siguiente tabla:

NUMERO	CLAUSULA
4.1	Administración de la Responsabilidad
4.2	Sistema de Calidad
4.3	Auditorias Internas del Sistema de Calidad
4.4	Acción Correctora
5.1	General
5.2	Revisión del Contrato
5.3	Especificación de los requerimientos de la Organización
5.4	Planificación del desarrollo
5.5	Planificación de la Calidad
5.6	Diseño e Implementación



5.7	Testeo y Validación
5.8	Aceptación
5.9	Generación, Entrega e Instalación
5.10	Mantenimiento
6.1	Administración de la Configuración
6.2	Documentos de Control
6.3	Calidad de los Archivos
6.4	Medidas
6.5	Reglas y Convenciones
6.6	Herramientas y Técnicas
6.7	Compra
6.8	Productos de software incluidos
6.9	Formación

A continuación pasamos a comentar las cláusulas más importantes:

- **Administración de la Responsabilidad:** Esta cláusula permite organizar la estructura del sistema de calidad, abordando la estrategia y organización como requerimientos para verificar y revisar la calidad. La ISO 10013 proporciona una orientación complementaria.
- **Sistema de Calidad:** Requiere una planificación y documentación del sistema de calidad, requisito conocido como “**Plan de Garantía de Calidad del Software**” o *SQAP* utilizado en el estándar IEEE 730.
- **Acción correctora:** No existe una receta para el proceso de acciones correctoras, pero el estándar IEEE 1044 nos puede ser útil, para clasificar los tipos de anomalías que pueden ser encontradas en un sistema semejante al que estamos tratando.
- **Revisión del contrato:** Esta cláusula, aunque aparentemente parece obvia, insiste en la necesidad de que el proveedor examine los contratos referidos al sistema de calidad.
- **Especificación de los requerimientos de la Organización:** Se establece la premisa de la mutua colaboración entre el proveedor y la organización que adquiere el producto software.
- **Planificación del desarrollo:** Esta cláusula sitúa los requerimientos en un plan de desarrollo. Particularmente la cláusula 5.4.2.1 exige la definición de un **proceso disciplinado o metodología** que



incluye: fases de desarrollo, entradas, salidas y procesos de verificación. El estándar IEEE 1074, Procesos del Ciclo de Vida del Desarrollo de Software, podría resultarnos particularmente útil para satisfacer estos requerimientos.

- **Planificación de la Calidad:** La metodología de medidas de Calidad descrita en el estándar IEEE 1061 puede sernos útil para establecer los objetivos de calidad.
- **Diseño e Implementación / Testeo y Validación:** Estas dos cláusulas se centran en las actividades centrales del proceso de desarrollo de software.
- **Aceptación:** Estas pruebas son más bien generales, dado que en los estándares del IEEE no hay definido un homólogo.
- **Generación, Entrega e Instalación:** Los requerimientos de pruebas y medios de control existentes en el IEEE 730, pueden ser de utilidad pero no son suficientes, para abordar los contenidos de esta cláusula.
- **Mantenimiento:** Esta cláusula proporciona una extensa lista de requerimientos de calidad, para la fase de mantenimiento del ciclo de vida. El estándar IEEE 1219 proporciona unos requerimientos detallados e importantes para llevar a cabo un proceso de mantenimiento adecuado.

Las cláusulas restantes proporcionan requerimientos para las *actividades de soporte*, es decir aquellas que no son específicas de ninguna fase en concreto, del ciclo de vida.

- **Administración de la Configuración/ Documentos de Control:** Las actividades que detallan estos requerimientos se encuentran en los llamados Planes de Gestión de la Configuración del Software, los cuales quedan descritos en el estándar IEEE 828.
- **Medidas / Reglas y Convenciones / Herramientas y Técnicas:** Estas cláusulas nos hablan del uso de procedimientos y herramientas apropiados para implementar el sistema de calidad. Nos podemos encontrar con algunos ejemplos en el IEEE 730.
- **Compra / Productos de software incluidos:** Los requerimientos que rigen las compras del proveedor de los vendedores se encuentran en estas dos cláusulas.
- **Formación:** La única mención que se realiza en los estándares del IEEE, se encuentra en el estándar IEEE 730.



3.4.3. Relación con otros estándares IEEE

Este estándar se encuentra dentro de la familia ISO 9000 de estándares para Sistemas de Calidad, debido a que las actividades llevadas a cabo en estos sistemas son comparables y perfectamente aplicables para el desarrollo de Software de alta calidad.

Se puede considerar que las relaciones más significativas y directas que mantiene el estándar ISO 9000-3, son las que lo relacionan con el ISO 9001 y con el IEEE 730.

El primero proporciona normativas de requerimientos para garantizar la calidad de los Sistemas y es uno de los estándares de calidad más relevantes para la Ingeniería del Software, ya que aunque está orientado a la fabricación, incluye todos los procesos de desarrollo para dar cobertura a todo el ciclo de vida. El ISO 9000-3 nos proporciona una guía específica, para aplicar las necesidades del ISO 9001 al software. La estrategia seguida por el 9000-3 es ampliar la parte de diseño de ISO 9001, mientras que dejará sin tocar las otras partes.

El estándar IEEE 730 establece el puente entre la gestión de la calidad y la Ingeniería del Software, el cual recomienda unos requerimientos para llevar a cabo un Plan de Garantía de Calidad asociado a un Proyecto de Software. Cabe señalar, que mientras que el ISO 9000-3 está pensado para ser aplicado en toda una organización, el IEEE 730 es aplicado a un único proyecto dentro de esa organización.

A su vez el IEEE 730 tiene relación con otros estándares como el IEEE 828 o el 1219, que son de utilidad para aplicar las necesidades expuestas en el IEEE 730.

Otros estándares de menor importancia y que tienen una cierta relación con el ISO 9000-3 son: el ISO 10013, que nos sirve de guía para preparar el manual de calidad de la organización, el ISO 10005 que trata el desarrollo de un plan de calidad para un proyecto específico y el ISO 10007, que proporciona una orientación para aspectos relacionados con la gestión de la calidad de la administración de la configuración.

En la figura 7 queda representada la relación del ISO 9000-3 con otros estándares:

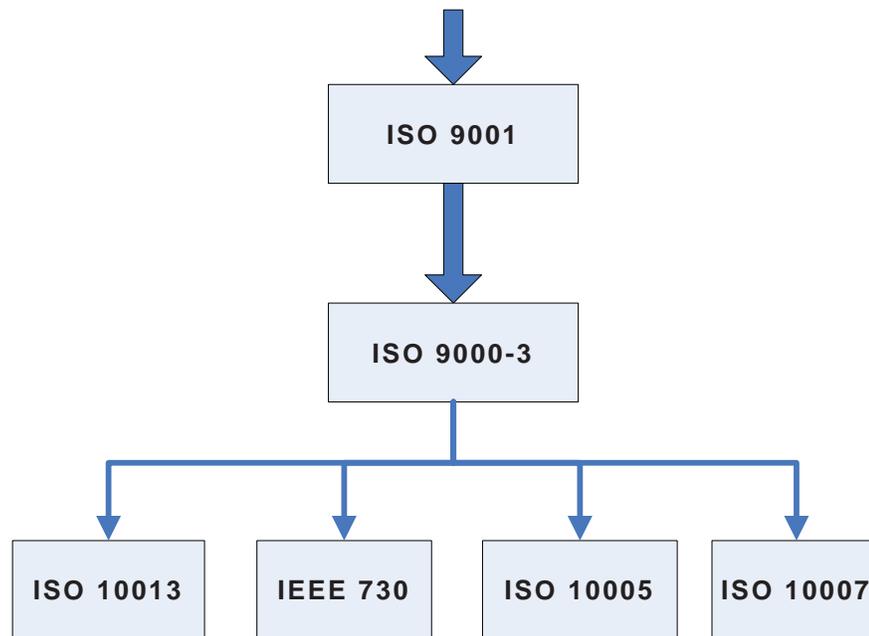


Figura 7: Relación de ISO 9000-3 con otros estándares

3.4.4. Revisión de la ISO 9000-3:

La revisión de la ISO 9000-3 ha sido promovida por la comunidad de Ingenieros de Software, debido a que encuentran en la relación entre la ISO 9001 y la 9000-3 resulta a veces complicada y oscura. Las tablas que las relacionan tienen algunas entradas que ocasionan que se sigan las directrices de la ISO 9000-3 de forma obligatoria.

En respuesta a la falta de claridad, recientemente la ISO TC176 ha intentado reestructurar la ISO 9000-3 para hacer corresponder el estándar la 9001 de una forma más clara y natural.

Otro cambio importante es que se ha relacionado cada cláusula del ISO 9000-1 con un punto del estándar que habla del proceso de ciclo de vida, el ISO /IEC 12207. Este estándar juega el ahora el papel que desempeñaba antes el IEEE 730 y se considera más apropiado y se ajusta mejor a los procesos de calidad de la empresa.

La nueva ISO 9000-3 todavía se encuentra en un proceso de cambio. Podemos señalar que, por ejemplo, ahora los números de cláusulas y sus títulos coinciden exactamente con los de la 9001. En definitiva lo que se ha conseguido es simplificar la relación entre la ISO 9001 y los procesos existentes en la Ingeniería del software.



4. MODELO DE PROCESO PARA MÉTRICAS DE CALIDAD DE SW EN CMM NIVEL 2 E ISO 9001:2000

Debido a la problemática, identificada anteriormente en la introducción del presente documento, se encuentra con la necesidad de poder medir, evaluar y mejorar los procesos de las empresas en la realización y ejecución de los proyectos informáticos, para lo cual se busca las mejoras en la calidad en los procesos dentro de los desarrollos, más aun dentro de un contexto particular que es caso específico dentro del nivel 2 de CMM y el estándar de calidad ISO 9001:2000, trabajando los dos como complementos para la mejora de los procesos en el desarrollo de algún proyecto, y así lograr un mejor desarrollo a través de procesos con mayor calidad, el cual tendrá como resultado un producto con un valioso valor agregado.

En la actualidad en las empresas del área informática, hay factores que afectan las decisiones, tanto económicos como empresarial que puede influir en la determinación del Modelo o Estándar de Calidad del Software apropiado. Una de grandes dificultades que se abordan al momento del desarrollo de software es la necesidad de realizar una elección de algún Modelo o Estándar de Calidad del Software, ya que con esto pueden variar drásticamente los resultados esperados evitando una mala administración de recursos, tiempos y costos [5]. Este problema se puede presentar en empresas de software que tengan como finalidad lograr una certificación de calidad que les permita mejorar sus procesos organizacionales, aumentar su competitividad y acceder a nuevos mercados.

Es por lo comentado anteriormente que esta la necesidad de proponer un modelo que se adecue para la ejecución de estas métricas de calidad. Podemos identificar en este estudio una serie de pasos, los cuales nos ayudan a la búsqueda de este propósito, con lo cual se pueda regularizar procesos dentro de un contexto específico, que es el modelo CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001. En primer lugar se identificará las relaciones que hay entre las áreas claves de CMM específicamente en el nivel 2 y las normas de ISO 9001, logrando con esto un mapeo de actividades entre este modelo y este estándar de calidad. Ya teniendo claro cuáles son estas relaciones de actividades se debe continuar con la identificación y propuestas de métricas de calidad que se adecuen a estas relaciones de procesos anteriormente descritas, para así poder medir y regularizar estas actividades. Como tercer paso se debe complementar con un modelo de métricas de proceso de software, en la cual se regulariza y se maneja un control en la forma de exponer y ejecutar las métricas, por el hecho de ser tan subjetivas la forma en que se emplean y se interpretan los resultados.

A continuación, en la figura 8, se puede apreciar la forma en que interactúan esta serie de pasos descritas para poder lograr la ejecución de este modelo de calidad para métricas de software enfocadas a procesos dentro de el modelo CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001.

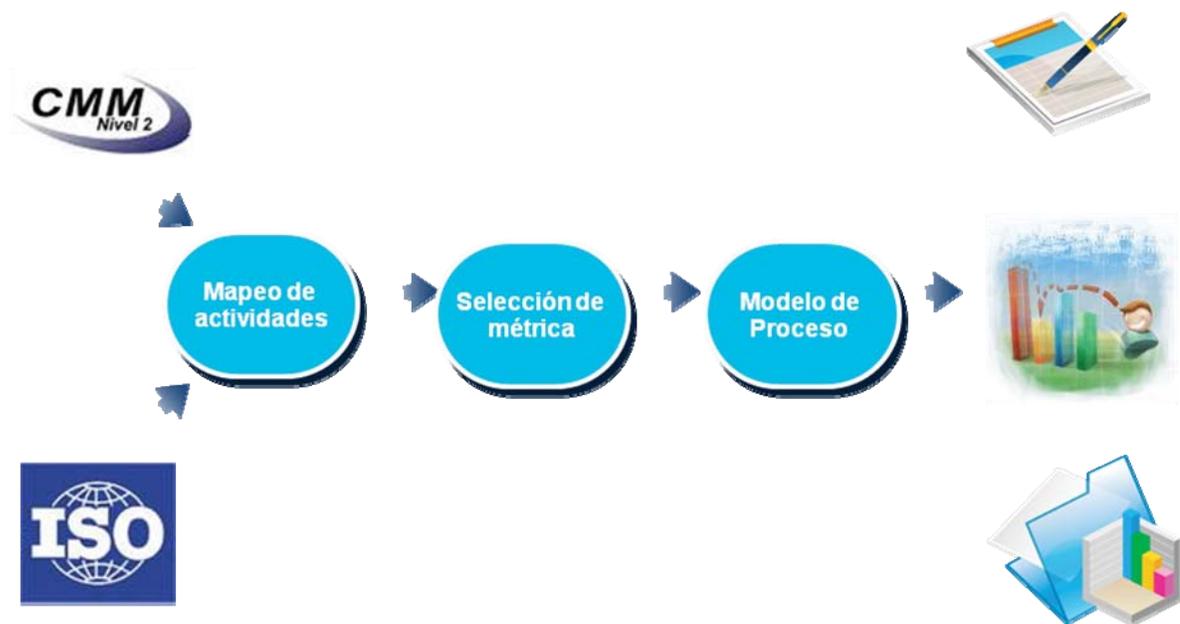


Figura 8: Relación de mapeo de actividades, selección de métricas y modelo de proceso en CMM e ISO 9001

4.1.1. ESTUDIO DEL MAPEO ENTRE ACTIVIDADES DE ISO 9001:2000 Y CMM

Existen variados estudios de cómo poder realizar una comparación o relación entre el modelo CMM y el estándar ISO 9001:2000. La complejidad radica en el hecho de poder mapear las practicas de ISO 9001:2000 con las actividades de las diferentes áreas claves de CMM.

Existen experiencias previas en las cuales se trataron de determinar las similitudes y diferencias entre ISO 9001:2000 y CMM / CMMI, una de ella el trabajo realizado en [15], en el cual se presenta un mapeo entre las practicas de ISO 9001:2000 y los KPA (Key Process Area) de las prácticas CMMI; se asignan grados de correspondencia como S (Strong: fuerte) M (Medio) y W (Weak: débil) entre procesos a través de un mapeo NN (muchos a muchos). Este estudio trata de cómo se puede tratar la complejidad para poder determinar la granularidad apropiada entre el mapeo de los ambos modelos.



Es por esto que al dar una definición formal de CMM (que es la base del actual CMMI) se puede apreciar que: “El CMM es un modelo que describe cómo las prácticas de la ingeniería del software de una organización evolucionan bajo ciertas condiciones:

1. El trabajo es organizado y visto como un proceso.
2. La evolución del proceso es gestionada sistemáticamente.” [16]

El CMM guarda cierta relación con los estándares de calidad como ISO 9001 donde, “este estándar es efectivo para proporcionar una base de una buena práctica por debajo de la cual una organización no debería descender” [16]. Por el contrario, el CMM es un estándar progresivo con una dimensión dinámica que conduce a una organización a mejorar continuamente sus prácticas actuales de software. Según los estudios realizados por el SEI una organización que se encuentre en un nivel de madurez 3 podría obtener sin problemas la certificación ISO 9001. Pero una organización que posea una certificación ISO 9001:2000 podría quedar ubicada en un nivel de madurez 2 o 3, dependiendo del caso [17].

El modelo CMM y el estándar ISO modelan áreas en común relacionadas con la calidad en los procesos y con la calidad de los sistemas, pero CMM se enfoca principalmente en la mejora del proceso de formas continua [18]. Es en esta instancia en donde se complementan estos dos modelos buscando el mapeo de las actividades de los procesos. Por el hecho de estar más masificado, ISO 9001:2000 resulta ser más genérico dentro de las organizaciones ya que no se enfoca solo a empresas de índole informática. Las metas de estos proyectos de investigación son dirigir un estudio de las experiencias industriales con CMM, al igual de investigar y enseñar las prácticas de CMM para la mejora de proceso de software, y dar una recomendación como una parte de diseño [19].

En cuanto a comparativas y mapeos entre áreas clave entre ISO 9001 y CMM, destaca la sinergia entre ambos, y cada vez más compañías consideren el uso conjunto de CMM/CMMI e ISO 9000 para aumentar la eficacia del proceso de mejora. Vale decir que se puede hablar de CMMI para una comparativa, ya que CMM es la base de él [20].

A modo de resumen, presentamos un cuadro comparativo con las principales características de cada modelo:

	ISO 9001	CMM / CMMI
Ámbito de aplicación	Genérico	Software y Sistemas
En su favor	El más extendido y sencillo	El de mayor prestigio
En su contra	Simple, general, no guía paso a paso	Difícil de entender, mayor



		inversión, prescriptivo
Procesos	Estructura propia	Estructura propia
Validación	Encuestas satisfacción	Encuestas satisfacción y casos de estudio
Objetivo	Cumplimiento de requisitos de calidad por procesos	Mejora del proceso, determinación capacidad contratista
Representación	Plana	Continua y por etapas
Técnicas análisis	Guías y listas de comprobación	Cuestionarios de evaluación
Método para mejora de procesos	Ninguno, guía estándar ISO 9004	Modelos IDEAL, mapa guiado

4.2. COMPARATIVA DE ISO 9001 vs. CMM

4.2.1. El modelo CMM: Pretensiones, objetivos y alcance.

La norma ISO 9001 se centra en la relación entre el cliente y el suministrador, con objeto de reducir el riesgo en la contratación de proveedores de software. Por su parte CMM, aunque presenta el enfoque necesario para evaluar la capacidad del proceso software de otras empresas, se centra principalmente en la determinación de la capacidad del propio proceso de la empresa, así como en evaluar la capacidad de este proceso.

El estándar ISO 9001 cubre diversos aspectos como hardware, software, materiales, servicios, entre otros, indicando varios puntos que no pertenecen al proceso de producción de software propiamente tal, como por ejemplo el control de la documentación o la atención al cliente en el servicio postventa. CMM tan solo implica en el proceso al cliente de forma clara en la fase de especificación de requisitos, pero no proporciona aclaraciones sobre el control de los productos no conformes, el servicio postventa, o el almacenamiento y distribución del software. En este sentido la norma ISO 9001, contempla un escenario más amplio de los elementos que intervienen en una organización productora de software y presenta una gran atención hacia el cliente, mientras que CMM se restringe al proceso de producción de forma más específica y también, por tanto más eficaz.



4.2.2. Implantación en la organización.

Una empresa que ha adoptado la norma ISO 9001, tan solo constata que ciertos hábitos básicos de calidad están establecidos en la organización, lo que asegura que esa empresa es capaz de satisfacer aquello que oferta, pues su sistema y procesos están tan bien encauzados, que sus desarrollos se repiten exitosamente. Una empresa que ha adoptado el modelo CMM como sistema de calidad, indica que no solo implanta los cimientos básicos del aseguramiento de la calidad, si no que está continuamente construyendo sobre estos cimientos.

Si una empresa con certificado de calidad ISO 9001, abriera una nueva línea de producción, deberá, para certificar la calidad de este nuevo proceso, repetir los mismos pasos que realizó para implantar el sistema de calidad ISO 9001, en los procesos anteriores. Es más, una organización, con diversidad de producción, puede certificar algunos procesos y productos a través de la ISO 9001, sin certificar los restantes. Una empresa con un sistema de calidad basado en el modelo CMM, es mucho más flexible, a la hora de integrar un nuevo proceso; eso sí, siempre y cuando ese nuevo proceso sea de producción de software, si fuera por ejemplo, ensamblaje de elementos hardware, de nada serviría CMM, mientras que ISO 9001 sí sería útil.

CMM permite a la empresa cierta independencia, a la hora de ser implantado; es cómodo y flexible, y está pensado para su uso dentro de la organización, es muy cómoda para la autoevaluación. La norma ISO 9001, por el contrario, precisa de consultores externos, conocedores de la norma, la cual es muy complicado para la autogestión; no es flexible (aunque sí adaptable), es inamovible respecto a su definición. Para estar seguros de haber implantado correctamente la norma, necesitamos que una institución certificada a tal efecto, constate la adecuación del sistema, y nos registre como empresa certificada ISO 9001.

4.2.3. Estructura y aplicación.

La norma ISO 9001, tiene un carácter estático, mientras que el modelo CMM presenta una personalidad más dinámica. Este hecho genera dos factores muy importantes que diferencian ambas propuestas. La naturaleza estática de ISO 9001, puede entenderse como si se hiciera en un momento dado una fotografía del sistema de madurez de la empresa, que se obtendría gracias a la documentación y registros generados por la norma. El pequeño matiz de dinamismo se logra comparando resultados sucesivos con la intención de repetir procesos exitosos. Pero esta característica ya es contemplada por el modelo CMM en sus fases iniciales, y tras ello va mucho más allá. CMM debe su dinamismo a la arquitectura de niveles y al flujo piramidal de mejora continua que abarca este modelo.



Pero este hecho que la implantación de CMM necesita de varios años para poder incorporarlo; se ha constatado que puede llevar alrededor de dos a tres años de estar en el nivel 1 para poder subir al nivel 2, y de uno a dos años pasar a niveles sucesivos. Mientras que la naturaleza más estática de la norma ISO 9001, que permite ser plasmada casi de un vistazo (esto ha de entenderse metafóricamente, pero da una idea clara del concepto que se pretende exponer), hace que ésta se pueda implantar en unos meses; estadísticamente una empresa “media” tarda menos de un año en certificarse, sin dedicar una persona a tiempo completo para tal tarea, lográndose incluso, la certificación en menos de seis meses disponiendo una persona por completo dedicada a ello. Pudiera este último hecho resumirse diciendo que CMM proporciona un marco jerárquico que permite un progreso continuo e incremental, mientras que ISO 9001 presenta una estructura plana donde todo está al mismo nivel.

Al igual que en la implantación, en la aplicación, CMM permite llevar a cabo autoevaluaciones, gestionadas por la propia empresa, mientras que la norma ISO 9001 necesita de auditorías externas periódicas, para comprobar la continuidad y adecuación de la norma, mediante las cuales la empresa conserva la certificación.

Ambos modelos presentan un buen método de evaluación y determinación de la capacidad de los sistemas y procesos a terceros. La única diferencia es que CMM se basa en la evaluación de la capacidad y madurez del proceso, mientras que la ISO 9001, chequea la organización en base a la comparación con unos estándares predefinidos.

4.3. RELACIÓN DE ISO 9001 CON CMM

Las organizaciones a menudo se cuestionan de cómo la certificación de la ISO 9001 se pueda complementar con el Modelo de Madurez de Capacidades de una forma lógica y simple. Para esto se pueden observar 20 cláusulas en el estándar ISO 9001 y compararlas de forma más específica con las prácticas en el CMM. Vale decir que esta comparativa abarca los niveles principales de CMM, pasando por las 20 cláusulas de ISO 9001.

El Modelo de Madurez de Capacidades para el software, desarrollado por el instituto de la tecnología de dotación lógica, y la ISO 9000 series de estándares, tienen la preocupación común de la calidad y de la gerencia de proceso. Los dos son conducidos por ediciones similares e intuitivo relacionados, pero diferencian en sus filosofías internas: La ISO 9001, el estándar en las series 9000 que pertenece al desarrollo y al mantenimiento del software, identifica los requisitos mínimos para un sistema de calidad, mientras que CMM da la necesidad de la mejora continua de proceso.



La acción correctiva, por ejemplo, se puede interpretar como una mejora continua. No obstante, CMM tiende a trabajar con la aplicación de la mejora de proceso continua más explícitamente que ISO 9001. A continuación se puede observar cómo los modelos se relacionan mediante el mapeo de las cláusulas de ISO 9001 con las prácticas CMM. El mapeo se basa en un análisis de ISO 9001 e ISO 9000-3.

Al momento de realizar un análisis de esos modelos, se busca contestar a algunas preguntas que con frecuencia son realizadas:

- ¿En qué nivel de CMM estaría una organización que incorporó ISO 9001?
- ¿Puede un nivel 2 (ó 3) de CMM en una organización estar relacionado o incorporar directamente ISO 9001?
- ¿Deberían los esfuerzos de la administración de calidad de software y la mejora de proceso basarse en ISO 9001 o en el CMM?

4.3.1. Mapeos específicos

El análisis desarrollado tiene relación con el mapeo de las cláusulas de la ISO 9001 con CMM, con sus prácticas dominantes en un nivel de análisis más detallado, en la cual se puede interpretar ISO 9001 y CMM diferentemente (de hecho, la interpretación y los tributos confiables son constantes desafíos comunes para las valoraciones basadas en CMM y la certificación de la ISO 9001, al estar directamente relacionados) pero hay bastante objetividad para hacer el análisis de los ajustes de la certificación de la ISO 9001 en una estrategia continua de la mejora de calidad.

Vale decir que estos mapeos son a grandes rasgos, ya que no se entró en mucho detalle entre ellos. Se mantuvo la numeración original de las cláusulas de la ISO 9001 para su mejor comparación y comprensión.

4.3.1.1. Cláusulas de sistema de gestión de la calidad: ISO 9001:2000 relacionadas con las KPA de CMM

Cláusula 4.1: Requisitos generales

La ISO 9001 requiere que la organización deba realizar:

- Identificar los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad y su aplicación a través de la organización.



- Determinar la secuencia e interacción de estos procesos.
- Determinar los criterios y métodos necesarios para asegurarse de que tanto la operación como el control de estos procesos sean eficaces.
- Asegurarse de la disponibilidad de recursos e información necesarios para apoyar la operación y el seguimiento de estos procesos.
- Realizar el seguimiento, la medición y el análisis de estos procesos.
- Implementar las acciones necesarias para alcanzar los resultados planificados y la mejora continua de estos procesos.

Un encargado señala que se asegura de que el programa de la calidad está puesto en ejecución y es mantenido. La responsabilidad de las direcciones que establece CMM relacionada con “*Garantía de Calidad de Software y Administración de Subcontratos*” en el nivel 2. Esto incluye que la *Garantía de Calidad de Software* involucra revisar y auditar los productos y actividades de software a fin de asegurar que ellos cumplan con los estándares y procedimientos aplicables, proveyendo al proyecto de software y otros administradores apropiados de los resultados de esas revisiones y auditorias.

Como prácticas dentro de características comunes, CMM identifica la responsabilidad de la gerencia en los niveles mayores de la organización y de la gerencia de proyecto de supervisar el proyecto del software, de apoyar las intervenciones de SQA, de proporcionar la dirección, de establecer las estructuras de organización para apoyar la tecnología y de asignar recursos. También directamente relacionado con el propósito de la “*Administración de Subcontratos*”, el cual tiene como propósito de seleccionar subcontratistas de software calificados y administrarlos efectivamente y así disponer de recursos necesarios para el proyecto.

Cláusula 4.2: Requisitos de la documentación

En este punto, lo principal que se busca es, dentro de la documentación del sistema de gestión de la calidad, debe incluir:

- Declaraciones documentadas de una política de la calidad y de objetivos de la calidad.
- Un manual de la calidad.
- Los procedimientos documentados requeridos en esta Norma Internacional.
- Los documentos necesitados por la organización para asegurarse de la eficaz planificación, operación y control de sus procesos.
- Los registros requeridos por esta Norma Internacional



Por lo tanto la relación que maneja con la “Planificación del Proyecto de Software” es bastante, ya que esta busca que las estimaciones de software sean documentadas para ser usadas en la planificación y seguimiento del proyecto de software. Además, las actividades y los compromisos del proyecto de software son planificados y documentados. Los grupos y personas involucradas aprueban sus compromisos relacionados al proyecto de software.

Además la “Garantía de Calidad de Software” busca satisfacer ciertas metas que tiene relación con este punto, la cuales son verificar objetivamente si los productos y actividades satisfacen los requisitos y estándares aplicables y los grupos y personas afectadas son informadas sobre las actividades de garantía de calidad y de los resultados obtenidos, entre otros.

5 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN

Cláusula 5.1: Compromiso de la dirección

La alta dirección debe proporcionar evidencia de su compromiso con el desarrollo e implementación del sistema de gestión de la calidad, así como con la mejora continua de su eficacia:

- Comunicando a la organización la importancia de satisfacer tanto los requisitos del cliente como los legales y reglamentarios.
- Estableciendo la política de la calidad.
- Asegurando que se establecen los objetivos de la calidad.
- Llevando a cabo las revisiones por la dirección.
- Asegurando la disponibilidad de recursos.

El propósito de la Planificación del Proyecto de Software es establecer planes razonables para realizar las tareas de ingeniería de software y administración del proyecto de software. La Planificación del Proyecto de Software involucra desarrollar estimaciones para el trabajo a ejecutar, establecer los acuerdos necesarios, y definir el plan para desarrollar el trabajo. Realizando con esto una relación de planificación y políticas de calidad.

La relación con Administración de Subcontratos esta relacionada con los clientes y los recursos, ya que las actividades de planificación de software, seguimiento, y control para el trabajo subcontratado son ejecutadas por el subcontratista. El contratante asegura que esas actividades de planificación, seguimiento y control son ejecutadas apropiadamente y que los productos de software entregados por el subcontratista satisfacen sus criterios de aceptación.



Cláusula 5.2: Enfoque al cliente

La alta dirección debe asegurarse de que los requisitos del cliente se determinan y se cumplen con el propósito de aumentar la satisfacción del cliente. Logrando un compromiso de realización de calidad con ello.

Buscando la relación de Planificación, se designa un administrador del proyecto de software para ser responsable por la negociación de compromisos y ejecutar el plan de desarrollo del proyecto de software y que el proyecto siga una política organizacional de planificación del proyecto de software.

Es también necesario destacar el propósito del Seguimiento y Control del Proyecto de Software es proporcionar una adecuada visión del avance real del proyecto de forma que los administradores puedan tomar acciones efectivas cuando el rendimiento del proyecto de software se desvía significativamente del plan de software.

Cláusula 5.3: Política de la calidad

La alta dirección debe asegurarse de que la política de la calidad:

- Es adecuada al propósito de la organización.
- Incluye un compromiso de cumplir con los requisitos y de mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.
- Proporciona un marco de referencia para establecer y revisar los objetivos de la calidad.
- Es comunicada y entendida dentro de la organización.
- Es revisada para su continua adecuación.

En conjunto con Garantía de Calidad de Software y Planificación del Proyecto de Software, que esta bastante relacionadas con las políticas de calidad, se busca tener una mejor armonía al momento de llegar a este punto, como por ejemplo, al participar en establecer los planes, estándares y procedimientos, el grupo de garantía de calidad de software ayuda a asegurar que ellos se ajustan a las necesidades del proyecto y verifica que ellos serán usables para efectuar revisiones y auditorías a través del ciclo de vida del software. El grupo de garantía de calidad de software revisa las actividades del proyecto y audita los productos de trabajo de software a través del ciclo de vida y provee a la administración de visibilidad sobre la adherencia del proyecto de software a sus planes, estándares y procedimientos establecidos. Todo esto relacionado con la planificación, se expone un



proceso mucho mas robusto.

Cláusula 5.4: Planificación

La alta dirección debe asegurarse de que los objetivos de la calidad, incluyendo aquéllos necesarios para cumplir los requisitos para el producto, se establecen en las funciones y niveles pertinentes dentro de la organización. Los objetivos de la calidad deben ser medibles y coherentes con la política de la calidad. La alta dirección debe asegurarse de que:

- La planificación del sistema de gestión de la calidad se realiza con el fin de cumplir los requisitos citados en 4.1, así como los objetivos de la calidad, y
- Se mantiene la integridad del sistema de gestión de la calidad cuando se planifican e implementan cambios en éste.

Interactuando con el Seguimiento y Control del Proyecto de Software y Planificación del Proyecto de Software, se logra realizar esta cláusula, ya que se documenta y aprueba un plan de desarrollo de software para el proyecto. Además especifica en la Planificación de Proyectos que los requisitos de sistema asignados al software deben ser usados como las bases para la planificación del proyecto de software.

Cláusula 5.5: Responsabilidad, autoridad y comunicación

La alta dirección debe asegurarse de que las responsabilidades y autoridades están definidas y son comunicadas dentro de la organización. La alta dirección debe designar un miembro de la dirección quien, con independencia de otras responsabilidades, debe tener la responsabilidad y autoridad que incluya:

- Asegurarse de que se establecen, implementan y mantienen los procesos necesarios para el sistema de gestión de la calidad.
- Informar a la alta dirección sobre el desempeño del sistema de gestión de la calidad y de cualquier necesidad de mejora.
- Asegurarse de que se promueva la toma de conciencia de los requisitos del cliente en todos los niveles de la organización.

Es por eso, que la relación con Planificación del Proyecto de Software tiene que ver con el plan que



proporciona las bases para ejecutar y administrar las actividades del proyecto y considera los acuerdos con el cliente del proyecto de software de acuerdo a los recursos, restricciones, y capacidades del proyecto de software. Se designa un administrador del proyecto de software para ser responsable por la negociación de compromisos y ejecutar el plan de desarrollo del proyecto de software. Además proveen los recursos y fondos necesarios para la realización de las actividades de Garantía de Calidad de Software.

Cláusula 5.6 Revisión por la dirección

La alta dirección debe, a intervalos planificados, revisar el sistema de gestión de la calidad de la organización, para asegurarse de su conveniencia, adecuación y eficacia continuas. La revisión debe incluir la evaluación de las oportunidades de mejora y la necesidad de efectuar cambios en el sistema de gestión de la calidad, incluyendo la política de la calidad y los objetivos de la calidad.

En relación con las prácticas de CMM, la Planificación del Proyecto apoya bastante, ya que en este proceso se asignan responsabilidades para desarrollar el plan de proyecto. El administrador del proyecto de software, directamente o por delegación, coordina la planificación del proyecto. Las responsabilidades por los productos de trabajo y las actividades de software son divididas y asignadas a los administradores del software de manera justificable.

Por otro lado, el proceso de El Seguimiento y Control del Proyecto de Software involucra seguir y revisar los logros y resultados en contraste a las estimaciones, compromisos y planes documentados, y ajustar el plan de acuerdo a los logros y resultados reales.

6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS

Cláusula 6.1: Provisión de recursos

La organización debe determinar y proporcionar los recursos necesarios para:

- Implementar y mantener el sistema de gestión de la calidad y mejorar continuamente su eficacia
- Aumentar la satisfacción del cliente mediante el cumplimiento de sus requisitos.

En relación con CMM, se proveen los recursos y fondos necesarios para la realización de las actividades de Garantía de Calidad de Software. Se asigna específicamente un administrador responsable por las actividades de Garantía de Calidad de Software y la Planificación de Proyecto.



Cláusula 6.2: Recursos humanos

El personal que realice trabajos que afecten a la calidad del producto debe ser competente con base en la educación, formación, habilidades y experiencia apropiadas. La organización debe:

- Determinar la competencia necesaria para el personal que realiza trabajos que afectan a la calidad del producto,
- Proporcionar formación o tomar otras acciones para satisfacer dichas necesidades,
- Evaluar la eficacia de las acciones tomadas,
- Asegurarse de que su personal es consciente de la pertinencia e importancia de sus actividades y de cómo contribuyen al logro de los objetivos de la calidad.
- Mantener los registros apropiados de la educación, formación, habilidades y experiencia.

Es por esto que el proceso de Garantía de Calidad de Software también vela por estas actividades, su comunicación se hace más expedita al contar con gente calificada que pueda identificar distintos problemas y coordinar a la gente de los proyectos.

Cláusula 6.3: Infraestructura

La organización debe determinar, proporcionar y mantener la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto. La infraestructura incluye, cuando sea aplicable:

- Edificios, espacio de trabajo y servicios asociados,
- Equipo para los procesos, (tanto hardware como software), y
- Servicios de apoyo tales (como transporte o comunicación).

En la Planificación de Proyectos hay bastantes actividades asociadas, como por ejemplo existe un documento aprobado de orden de trabajo para el proyecto de software, el cual tiene como uno de los varios:

- Estándares impuestos,
- Responsabilidades asignadas,
- Metas, restricciones de costos y programación,
- Dependencias entre el proyecto de software y otras organizaciones,



Cláusula 6.4: Ambiente de trabajo

La organización debe determinar y gestionar el ambiente de trabajo necesario para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

En relación con CMM, la Planificación del Proyecto de Software y Garantía de Calidad de Software es de poder gestionar en los equipos de trabajo, gente que realmente pueda trabajar en equipos y coordinados, ya que el plan de desarrollo de software del proyecto es administrado y controlado.

7 REALIZACIÓN DEL PRODUCTO

Cláusula 7.1: Planificación de la realización del producto

La organización debe planificar y desarrollar los procesos necesarios para la realización del producto. La planificación de la realización del producto debe ser coherente con los requisitos de los otros procesos del sistema de gestión de la calidad.

Durante la planificación de la realización del producto, la organización debe determinar, cuando sea apropiado, lo siguiente:

- Los objetivos de la calidad y los requisitos para el producto
- La necesidad de establecer procesos, documentos y de proporcionar recursos específicos para el producto.
- Las actividades requeridas de verificación, validación, seguimiento, inspección y ensayo/prueba específicas.
- Para el producto así como los criterios para la aceptación del mismo;
- Los registros que sean necesarios para proporcionar evidencia de que los procesos de realización y el producto resultante cumplen los requisitos

Vale decir que estas actividades y objetivos son muy similares a los realizados por CMM en Planificación de Proyectos de Software, como por ejemplos lograr que las estimaciones de software sean documentadas para ser usadas en la planificación y seguimiento del proyecto de software. Las actividades y los compromisos del proyecto de software sean planificados y documentados. Los grupos y personas involucradas aprueban sus compromisos relacionados al proyecto de software.



Por otro lado Las actividades del grupo de Garantía de Calidad de Software se realizan de acuerdo con el plan de Garantía de Calidad de Software (GCS). El plan cubre:

- Responsabilidades y autoridad del grupo de GCS,
- Requisitos de recursos para el grupo de GCS,
- Programación y financiamiento para las actividades del grupo de GCS del proyecto.
- La participación del grupo de GCS en la definición del plan de desarrollo de software, estándares y procedimientos del proyecto
- Evaluaciones a ser realizadas por el grupo de garantía de calidad

Cláusula 7.2: Procesos relacionados con el cliente

La organización debe determinar:

- Los requisitos especificados por el cliente, incluyendo los requisitos para las actividades de entrega y las posteriores a la misma.
- Los requisitos no establecidos por el cliente pero necesarios para el uso especificado o para el uso previsto, cuando sea conocido.
- Los requisitos legales y reglamentarios relacionados con el producto cualquier requisito adicional determinado por la organización.

Esto temas tiene relación con Administración de Requisitos, Planificación del Proyecto de Software y Administración de Subcontratos, ya que como tiene que ver con temas relacionados directamente con el cliente, como se ha visto anteriormente, las 3 actividades influyen en él, como es en los requisitos, ya que la administración de requisitos involucra establecer y mantener un acuerdo con el cliente sobre los requisitos para el proyecto de software. Este acuerdo es llamado como "los requisitos de sistema asignados al software". El "cliente" puede ser interpretado como el grupo de ingeniería de sistemas, el grupo de marketing, otra organización interna, o un cliente externo. Como también influyen la distribución y acuerdo de los recursos a ocupar.

Cláusula 7.3: Diseño y desarrollo

La organización debe planificar y controlar el diseño y desarrollo del producto. Durante la planificación



del diseño y desarrollo la organización debe determinar:

- las etapas del diseño y desarrollo,
- la revisión, verificación y validación, apropiadas para cada etapa del diseño y desarrollo, y
- las responsabilidades y autoridades para el diseño y desarrollo.

La ISO 9000-3 elabora esta cláusula con la especificación de requisitos del comprador, el planeamiento del desarrollo, el planeamiento de la calidad, diseño y la puesta en práctica, prueba y la validación, y la gerencia de la configuración. El CMM describe las actividades del ciclo de vida de análisis de requisitos, del diseño, del código, y de la prueba en el nivel 3. El nivel 2 trata el planeamiento y seguir de todas las actividades del proyecto, incluyendo éstos, como la gerencia de la configuración de los productos del trabajo del software.

La ISO 9001 requiere revisiones de diseño. La ISO 9000-3 indica que deben realizar revisiones para asegurarse de que los requisitos están resueltos y los métodos de diseño están realizados correctamente. Sin embargo, aunque se requieren las revisiones de diseño, las organizaciones tienen una gama de las opciones para satisfacer esta cláusula, de revisiones técnicas a las inspecciones. Es por esto mismo que juegan un papel importante la Planificación del Proyecto de Software y Garantía de Calidad de Software

Cláusula 7.4: Compras

La organización debe asegurarse de que el producto adquirido cumple los requisitos de compra especificados. El tipo y alcance del control aplicado al proveedor y al producto adquirido debe depender del impacto del producto adquirido en la posterior realización del producto o sobre el producto final.

La información de las compras debe describir el producto a comprar, incluyendo, cuando sea apropiado:

- requisitos para la aprobación del producto, procedimientos, procesos y equipos,
- requisitos para la calificación del personal, y
- requisitos del sistema de gestión de la calidad.

La organización debe asegurarse de la adecuación de los requisitos de compra especificados antes de comunicárselos al proveedor. La organización debe establecer e implementar la inspección u otras actividades necesarias para asegurarse de que el producto comprado cumple los requisitos de compra especificados.

Es por esto que el proceso de Administración de Subcontratos tiene relación, ya que el proyecto sigue una



política organizacional escrita para la administración del subcontrato de software. Esta política, típicamente, especifica:

- Se usan estándares y procedimientos documentados para la selección y la administración de los subcontratistas de software.
- Los acuerdos contractuales son la base para administrar el subcontrato.
- Los cambios en el subcontrato son hechos con la participación y acuerdo del contratante y el subcontratista.

La ISO 9001 requiere organizaciones para que aseguren de que los productos comprados se conformen con requisitos especificados. Esto incluye subcontratistas potenciales de evaluación y verificar productos comprados. El desarrollo del software de encargo de las direcciones CMM en el nivel 2, incluyendo la evaluación de subcontratistas y de la prueba de aceptación del software subcontratado.

Cláusula 7.5: Producción y prestación del servicio

La organización debe planificar y llevar a cabo la producción y la prestación del servicio bajo condiciones controladas. Las condiciones controladas deben incluir, cuando sea aplicable:

- La disponibilidad de información que describa las características del producto,
- La disponibilidad de instrucciones de trabajo, cuando sea necesario,
- El uso del equipo apropiado,
- La disponibilidad y uso de dispositivos de seguimiento y medición,
- La implementación del seguimiento y de la medición, y
- La implementación de actividades de liberación, entrega y posteriores a la entrega.

La Planificación del Proyecto de Software involucra desarrollar estimaciones para el trabajo a ejecutar, establecer los acuerdos necesarios, y definir el plan para desarrollar el trabajo. Por otro lado Garantía de Calidad de Software involucra revisar y auditar los productos y actividades de software a fin de asegurar que ellos cumplan con los estándares y procedimientos aplicables, proveyendo al proyecto de software y otros administradores apropiados de los resultados de esas revisiones y auditorias. Y como el propósito de la administración de configuración de software es establecer y mantener la integridad de los productos de software del proyecto a través del ciclo de vida del proyecto de software, es importante la relación que maneja con la prestación de servicios.



8 MEDIDA, ANÁLISIS Y MEJORA

Cláusula 8.1: Generalidades

La organización debe planificar e implementar los procesos de seguimiento, medición, análisis y mejora necesarios para:

- Demostrar la conformidad del producto,
- Asegurarse de la conformidad del sistema de gestión de la calidad, y
- Mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad.

Esto debe comprender la determinación de los métodos aplicables, incluyendo las técnicas estadísticas, y el alcance de su utilización.

Y en la relación con CMM, el propósito de la administración de configuración de software es establecer y mantener la integridad de los productos de software del proyecto a través del ciclo de vida del proyecto de software, lo cual está directamente relacionado con el producto que se quiere medir y analizar por parte de ISO.

Cláusula 8.2: Seguimiento y medición

Como una de las medidas del desempeño del sistema de gestión de la calidad, la organización debe realizar el seguimiento de la información relativa a la percepción del cliente con respecto al cumplimiento de sus requisitos por parte de la organización. Deben determinarse los métodos para obtener y utilizar dicha información.

Se debe planificar un programa de auditorías tomando en consideración el estado y la importancia de los procesos y las áreas a auditar, así como los resultados de auditorías previas. Se deben definir los criterios de auditoría, el alcance de la misma, su frecuencia y metodología. La selección de los auditores y la realización de las auditorías deben asegurar la objetividad e imparcialidad del proceso de auditoría. Los auditores no deben auditar su propio trabajo.

En CMM, el grupo de Garantía de Calidad de Software trabaja con el proyecto de software durante sus etapas tempranas para definir los planes, estándares y procedimientos que agregaran valor al proyecto de software y satisfarán las restricciones del proyecto y las políticas de la organización.



Cláusula 8.3: Control del producto no conforme

La organización debe asegurarse de que el producto que no sea conforme con los requisitos, se identifica y controla para prevenir su uso o entrega no intencional. Los controles, las responsabilidades y autoridades relacionadas con el tratamiento del producto no conforme deben estar definidos en un procedimiento documentado.

La organización debe tratar los productos no conformes mediante una o más de las siguientes maneras:

- Tomando acciones para eliminar la no conformidad detectada.
- Autorizando su uso, liberación o aceptación bajo concesión por una autoridad pertinente y, cuando sea aplicable, por el cliente.
- Tomando acciones para impedir su uso o aplicación originalmente previsto.

Se deben mantener registros de la naturaleza de las no conformidades y de cualquier acción tomada posteriormente, incluyendo las concesiones que se hayan obtenido.

Como el área clave de Administración de configuración del cubre las practicas para ejecutar la función de administración de configuración de software. Las prácticas que identifican ítemes/unidades de configuración específicas están contenidas en las áreas clave de proceso que describen el desarrollo y manutención de cada ítem/unidad de configuración. Por lo tanto al identificar los productos no conformes se pueden controlar y medir de acuerdo a estos procesos de ISO y CMM.

Cláusula 8.4: Análisis de datos

La organización debe determinar, recopilar y analizar los datos apropiados para demostrar la idoneidad y la eficacia del sistema de gestión de la calidad y para evaluar dónde puede realizarse la mejora continua de la eficacia del sistema de gestión de la calidad. Esto debe incluir los datos generados del resultado del seguimiento y medición y de cualesquiera otras fuentes pertinentes.

El análisis de datos debe proporcionar información sobre:

- Satisfacción del cliente.
- Conformidad con los requisitos del producto.
- Características y tendencias de los procesos y de los productos, incluyendo las oportunidades para llevar



a cabo acciones preventivas

- Los proveedores.

Es por eso que el compromiso para desarrollar en Administración de Configuración de Software es que el proyecto sigue una política organizacional escrita para la implementación de administración de configuración de software (ACS).

Esta política, típicamente, indica que:

- La responsabilidad por ACS en cada proyecto es explícitamente asignada
- ACS es implementada a través de todo el ciclo de vida del proyecto
- ACS es implementada para productos entregables externamente. Algunos productos internos seleccionados y algunas herramientas de apoyo designadas usadas en el proyecto (ejemplo. compiladores)
- Los proyectos establecen o tienen acceso a un repositorio para almacenar las unidades de configuración y los registros de ACS asociados.

Al poder manejar repositorios o poder manejar los datos, el análisis de ellos de acuerdo a la prácticas de ISO y CMM debiera ser de mejor armonía que al manejarlos de manera aisladas.

Cláusula 8.5: Mejora

La organización debe mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de la calidad mediante el uso de la política de la calidad, los objetivos de la calidad, los resultados de las auditorías, el análisis de datos, las acciones correctivas y preventivas y la revisión por la dirección.

Mediante la Administración de Configuración de Software, la mejora se puede ver reflejada mediante cambios en el proyecto mismo, se revisan las actividades de ACS con la administración superior en forma periódica.



4.3.2. Tabla comparativa de relaciones cláusulas de ISO 9001 con CMM nivel 2

A continuación se puede apreciar de “*forma más representativa*” el mapeo de las cláusulas de ISO 9001 con las KPA’s de CMM nivel 2 a través de un cuadro comparativo donde se convergen las diferentes áreas de los modelos.

ISO 9001:2000	Relaciones Fuertes	Relación Crítica
4 Sistema de gestión de la calidad		
4.1 Requisitos generales	<ul style="list-style-type: none"> Garantía de Calidad de Software Administración de Subcontratos 	
4.2 Requisitos de la documentación	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software Garantía de Calidad de Software 	
5 Responsabilidad de la dirección		
5.1 Compromiso de la dirección	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software 	<ul style="list-style-type: none"> Administración de Subcontratos
5.2 Enfoque al cliente	<ul style="list-style-type: none"> Administración de Requisitos Planificación del Proyecto de Software 	
5.3 Política de la calidad	<ul style="list-style-type: none"> Garantía de Calidad de Software Planificación del Proyecto de Software 	
5.4 Planificación	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento y Control del Proyecto de Software 	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software
5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software Seguimiento y Control del Proyecto de Software Garantía de Calidad de Software 	
5.6 Revisión por la dirección	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software 	<ul style="list-style-type: none"> Seguimiento y Control del Proyecto de Software
6 Gestión de los recursos		
6.1 Provisión de recursos	<ul style="list-style-type: none"> Garantía de Calidad de Software Planificación del Proyecto de Software 	
6.2 Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> Garantía de Calidad de Software 	
6.3 Infraestructura	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software Garantía de Calidad de Software 	
6.4 Ambiente de trabajo	<ul style="list-style-type: none"> Planificación del Proyecto de Software 	



	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía de Calidad de Software 	
7 Realización del producto		
7.1 Planificación de la realización del producto	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación del Proyecto de Software • Garantía de Calidad de Software 	
7.2 Procesos relacionados con el cliente	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Requisitos • Planificación del Proyecto de Software 	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Subcontratos
7.3 Diseño y desarrollo	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación del Proyecto de Software • Garantía de Calidad de Software 	
7.4 Compras	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Subcontratos 	
7.5 Producción y prestación del servicio	<ul style="list-style-type: none"> • Planificación del Proyecto de Software • Garantía de Calidad de Software • Administración de Configuración de Software 	
7.6 Control de los dispositivos de seguimiento y de medición		
8 Medida, análisis y mejora		
8.1 Generalidades	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Configuración de Software 	
8.2 Seguimiento y medición	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía de Calidad de Software 	
8.3 Control del producto no conforme	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Configuración de Software 	
8.4 Análisis de datos	<ul style="list-style-type: none"> • Administración de Configuración de Software 	
8.5 Mejora	<ul style="list-style-type: none"> • Garantía de Calidad de Software • Administración de Configuración de Software 	



4.4. MODELO DE PROCESO PARA MÉTRICAS DE PROCESO DEL SOFTWARE

A continuación se presenta una propuesta de un modelo para la ejecución de métricas, que puedan medir la calidad de los procesos dentro de las organizaciones y así lograr una mejora en ellos, enfocada a proyectos informáticos. Se propone roles, actividades y los instrumentos de apoyo relacionados y los métodos para la implementación de métrica de procesos de asociados al software, y dar un énfasis en la descripción de las metas, de las tareas y de los métodos para la actividad de la colección, de la validación y del análisis de proceso de datos [24]. En estos momentos, en todo desarrollo de proyecto de software, las métricas de proceso están desempeñando un papel importante en la contribución de la capacidad de proceso del software y en su gerencia misma.

Para las métricas que van hacia el camino de la mejora de proceso del software, CMM ha definido niveles de madurez, que van a partir del nivel 1 al nivel 5, en donde cada uno contiene Áreas Claves de Procesos (KPA), que son de mucha importancia para CMM, ya que describen las áreas que se deben tener en cuenta para las mejoras y el crecimiento de los procesos, y junto con los mapeos de relaciones anteriormente visto con el estándar ISO 9001 se busca un fuerte relación entre ellos y las métricas. Recogiendo y analizando los datos capturados de las actividades, de las experiencias diarias y de las lecciones aprendidas, las deficiencias que existen en cada KPA se pueden identificar y mejorar continuamente, y la madurez de la capacidad de proceso del software puede ser promovida gradualmente para su mejora.

Sin embargo, CMM no estipulan ni establecen explícitamente:

- Cómo se debe implementar una métrica de proceso de software.
- Cómo capturar y analizar datos de proceso del software.
- Qué herramientas y métodos deben ser utilizados para la implementación.

De acuerdo a estas afirmaciones, no hay estándares ni dirección operacionales para que todas las empresas pongan métrica de proceso de software, y usualmente hacen lo que ellas piensan que es correcto según su propia comprensión. Por lo tanto, para poder regularizar este tema que concierne a las evaluaciones y métricas de proceso, se presenta un modelo de proceso para la métrica del proceso de software. Se busca definir los roles, las actividades y los instrumentos de apoyo y los métodos de implementación de las métrica de proceso de software, y por consiguiente, se incorpora las metas, tareas y métodos de datos comúnmente usados en el proceso de software de recolectar, validar y analizar la información.



4.4.1. Proceso de Métrica de Proceso de Software

Las métricas de proceso son una serie de actividades realizadas por muchos roles asociadas a los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto de software, que según el plan de ejecución, están bajo ciertas condiciones de acuerdo a los procesos que se estén ejecutando en esos momentos. Por lo tanto una métrica de proceso por sí misma es un proceso, ya que tiene cierta forma de ejecución definida. Tomando como base a CMM/CMMI, se presenta un modelo de métricas de proceso de software, que se puede apreciar en la figura 9, en la cual se puede ver gráficamente cual es la entrada, la salida, las condiciones así como los instrumentos de apoyo necesarios y métodos de cada actividad de las métricas de proceso. Aquí la entrada de cada actividad viene de los datos de la actividad anterior y las entradas exteriores correspondientes de la actividad, permite al resultado del análisis de la métrica reflejar la situación de la ejecución de proceso en ese momento, y así alcanzar la meta del proceso, del control de proceso y de la mejora de proceso. A continuación se revisarán los roles principales que deben existir para la realización de este modelo al momento de realizar la ejecución de las métricas de proceso.

4.4.1.1. Roles en las métricas de proceso y de su responsabilidad

Los restricciones de las métricas del proceso del software se manifiestan en como los recursos se implementan en las métrica de proceso, entre ellos está el recurso humano, el cual es el recurso más importante. Por lo tanto, los roles dentro de las implantaciones de las métricas de calidad de procesos son de mucha importancia, ya que realizan tareas específicas, las cuales se detallan a continuación:

- **Jefe de Proyecto (PM):** El líder de proyecto es el responsable de organizar la recolección y la verificación de los datos del proceso del software, y analiza la eficacia de la ejecución del proceso del proyecto con el Administrador Senior, y la corrección de las métricas cuando sea necesario, y también es responsable de la entrada de los datos en los procesos del proyecto en general, que ha sido validada por el Grupo del Proceso de la Ingeniería de Software (Software Engineering Process Group - SEPG), dentro de la base de datos de proceso (process database - PDB), cuando cada fase concluya.
- **El Grupo de la Garantía de Calidad del Software (Software Quality Assurance Group - SQAG):** en el proyecto, son los responsables de revisar las métricas de proceso del proyecto y los datos de las métricas, y determinar su validez, y reportar las excepciones al Administrador de proyecto y al Administrador Senior.
- **El Grupo del Proceso de la Ingeniería de Software (Software Engineering Process Group - SEPG):** regularmente compila y analiza la situación de las métricas del software en el nivel de la



organización y es responsable de recolectar y publicar métrica de organización y sugiere mejoras en los procesos.

- **El Administrador Senior** (Senior Manager - SM) es responsable de proporcionar los recursos humanos para el grupo del proyecto para implementar las métricas de proceso en el proyecto, y proporciona las herramientas esenciales y el entrenamiento o las prácticas necesarias. Además es responsable de resumir los datos de todo el proyecto realizado mensualmente; analiza la eficacia de cada proyecto, examina y aprueba el informe de las métricas y el plan de métricas sometido por el Jefe de Proyecto, y da sugerencia de las correcciones cuando sea necesario.

4.4.1.2. Entradas y salidas para las métricas de proceso

Se puede apreciar a las métrica de proceso como objetos del software, por lo tanto son actividades de los procesos relacionados al software y productos del trabajo del desarrollo del proyecto, por lo tanto la entrada de las métricas del proceso del software son las “actividades diarias del equipo” y los “productos de cada fase” del proyecto.

Otro ítem de entrada para las métricas de proceso es el “Plan de la Métrica de Proceso” del software. El plan de proceso de la métrica es establecido por el grupo del proyecto basado en el ambiente real del proyecto en términos de modelo de métricas GQM (Goal-Question-Metrics, Meta-Pregunta-Métrica) según la organización y la meta del proyecto. El plan de la métrica contiene meta y el alcance de la métrica de la puesta en práctica, definiciones de los factores elegidos de la métrica, proceso de la métrica, las herramientas, los métodos y los recursos humanos, etc. Pues la métrica de proceso del software no puede aislar del proceso que mide, y las actividades de las métricas se integran generalmente en el proceso del software, así un plan de proceso de la métrica se mira generalmente como parte del plan del proyecto.

La meta de la métrica de proceso es determinar y mejorar el proceso que se encuentra midiendo, por lo tanto la salida de la métrica de proceso es el plan de acción instructivo de la actividad de proceso que se realizará en el paso siguiente, y este plan a menudo tiene disparadores (triggers) para nuevas métricas de proceso y empezar nuevamente el ciclo. Los productos del trabajo de las métricas incluyen un informe del proyecto; un reporte resumido del estado del proyecto, y un informe del impacto de la evolución de los procesos del proyecto.

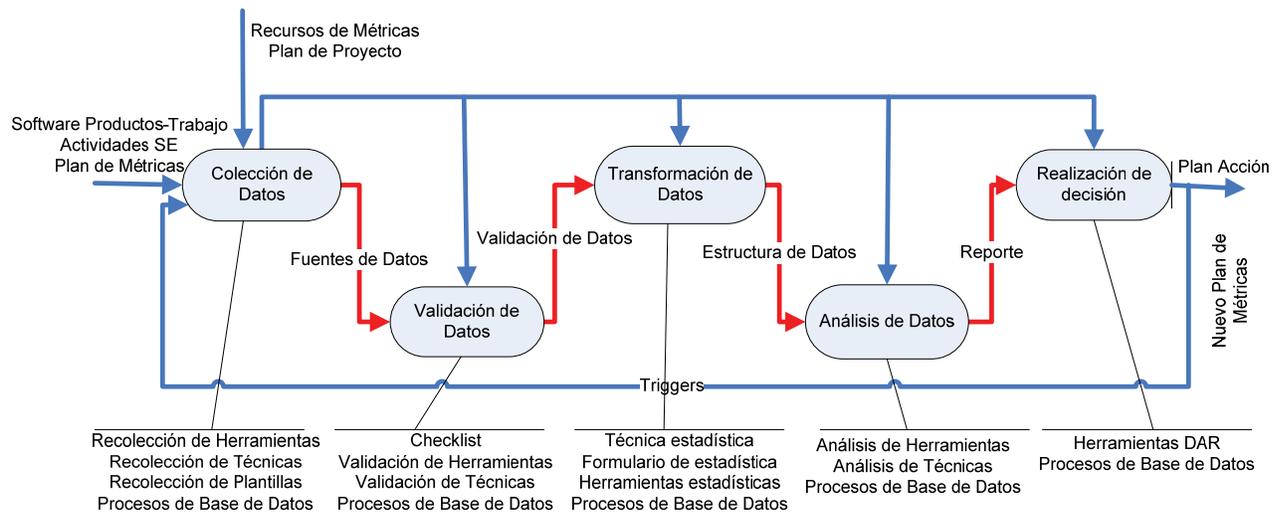


Figura 9: Modelo de Métricas de Proceso para Proceso del Software [24]

4.4.1.3. Actividades relevantes de las métricas de procesos

Según la figura 9, las métricas de proceso de software se componen de dos grandes actividades: “Captura de Datos” y de “Análisis de la Métrica”, los cuales tiene actividades asociadas. La captura de datos incluye dos actividades: colección de datos y la validación de datos. El análisis de la métrica incluye tres actividades: transformaciones de datos, análisis de datos y toma de decisión.

1. Captura de Datos:

- **Colección de datos:** es la creación de las métricas de proceso. Como la ejecución de los procesos son actividades complejas, la colección, o recolección, de datos puede conseguir ciertos datos inválidos. Para evitar esta situación y garantizar la validez, la uniformidad y la exactitud de datos, lo importante de la captura de datos es seleccionar la fuente de datos razonablemente, desarrollar varias formas de estandarización de los informe, y utilizar herramientas eficaces para la recolección de datos.
- **La validación de datos:** es examinar si el proceso de captura de datos se está ejecutando según plan y si las entradas y las salidas de cada actividad de las métricas están correctas y resuelven los requisitos establecidos para ellas. Además de la validación de la autenticidad de los datos, la



consistencia y la eficacia de los datos recogidos también necesitan ser garantizados. Los datos validados se almacenan en la base de datos de proceso.

2. Análisis de la Métrica:

- **La transformación de los datos:** es llevarlos a una escala de datos y establecer un mapeo de lo obtenido por la observación en el contexto de su valor y generar los datos estadísticos que pueden ser utilizados para resumir todos los datos anteriormente obtenidos, y se transforma los datos según cierto modelo de proceso de los datos que se tenga establecido. Los datos recogidos en etapa de recolección de datos son caóticos y deben ser procesados; no pueden ser utilizados en los análisis de las métricas hasta que hayan sido transformados correctamente.
- **El análisis de la métrica:** es comparar el resultado de la métrica que se ha transformado con los parámetro de evaluación anteriormente establecidos para realizar estas evaluaciones, con el mismo formato usado en las herramientas y los métodos, y en la evaluación se puede reflejar si se ha cumplido con el propósito de la métrica y descubrir problemas en el proceso que se está midiendo. Obviamente, el resultado del análisis de proceso es la base de la evaluación y de la mejora de proceso.
- **Toma de decisión:** después de que el encargado sepa los problemas que existen en los actuales proceso o los puntos que se debe mejorar claramente, se necesita resolver la meta y el contenido de las métricas de la fase próxima según el método de proceso de análisis de la decisión (Decision Analysis Processing, DAP), así un nuevo ciclo del proceso del software se inicia.

La captura real y eficaz de los datos de proceso es el origen de la implementación de las métricas de proceso, y diseñar un modelo de datos de métricas es la clave de la implementación de las métricas de proceso y lograr el objetivo propuesto, pronóstico y mejora proceso, con un correcto y apropiado análisis de la conclusión respecto a las métricas.

4.4.1.4. Infraestructura de las Métricas de Proceso

La infraestructura de la métrica del proceso incluye las regulaciones, métodos, guías, las plantillas que la métrica de proceso debe seguir (según lo visto anteriormente en el figura 9), así como un centro métrico y algunos instrumentos de apoyo. El centro métrico realiza las funciones del núcleo o central tales como la recolección de datos, el análisis de datos, el almacenaje de datos y la divulgación de los datos; las herramientas



proporcionan un proceso propio de ellas y datos de producción al centro de la métrica. La siguiente figura se puede apreciar la arquitectura simplificada del centro de las métricas de proceso.

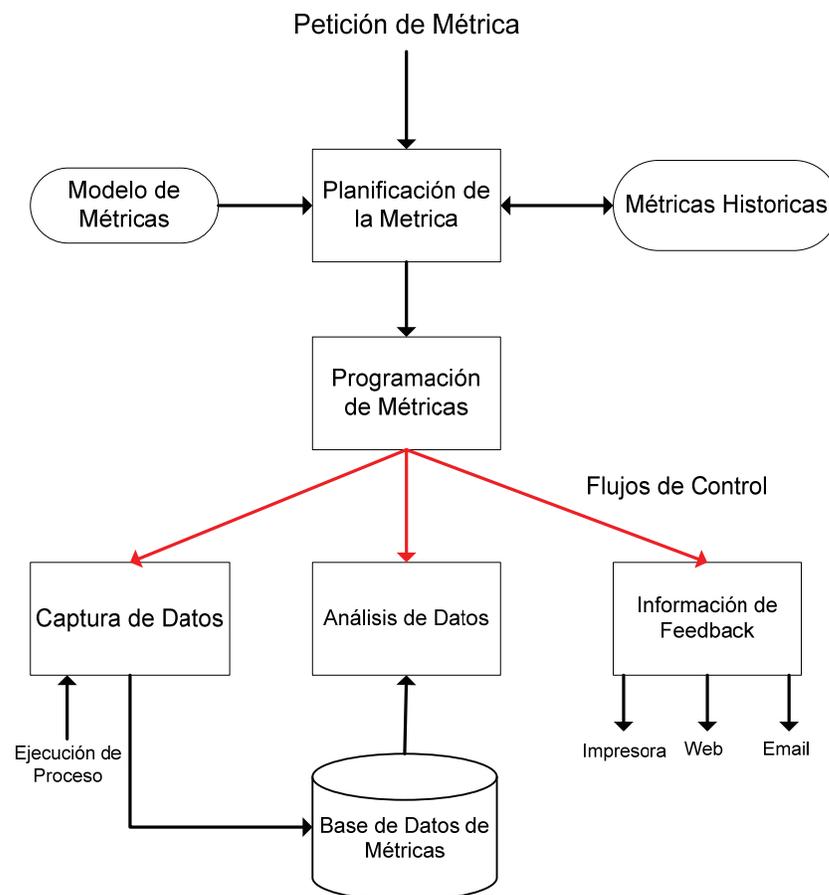


Figura 10: Arquitectura de las Métricas

De acuerdo a la Petición de Métrica, el centro Programación de las Métricas genera una programación de las métricas del actual proyecto en el término de la forma normal de GQM (Goal-Question-Metrics, Meta-Pregunta-Métrica), utilizando el modelo métrico sabido y ocupado anteriormente, refiriéndose a la experiencia de los proyectos anteriores.

El centro de análisis de los datos se encarga de la elaboración de productos de información. Según la programación de la información desde el centro de la programación de las cifras, lo cierto modelo de análisis de



uso en el tiempo adecuado, mecanizado de la base de datos métricos, crear productos de información y luego entregarlos al centro de feedback de información.

El centro de feedback de información se encarga de alimentar los productos de información de nuevo a los demandantes. Hay varias maneras para retroalimentación. Puede ser presentada por Web, impresora, email o otra manera.

Los datos métricos se almacenan en base de datos métrica. La base de datos histórica de las métricas se utiliza para almacenar productos métricos y la experiencia métrica en los últimos artículos. La base de datos del modelo de métrica se utiliza para almacenar la información detallada de todas las clases de modelo métrico, incluyendo el modelo del análisis que se ha utilizado, las condiciones adaptivas, métricas educables que son necesarias, dato de métrica básico, etc. Cuando se termina el proyecto, todos los datos de las métricas se almacenan en la base de datos histórica de la métrica de la organización.

4.4.2. Colección de datos y análisis de la métrica

Se debe identificar par la mejora de procesos de software la meta a lograr, y se elige el tamaño, esfuerzo, horario y costo, los cuales están en la atención para las organizaciones del software, como factores de la métrica. Aquí el tamaño es escalado por los puntos de la función, líneas del código, páginas del documento; el esfuerzo es expresado por las horas-hombre, jornada laboral, etc. El horario refleja la fecha real del principio y del extremo en cada uno y la fase entera del proyecto.

El defecto se cuenta por separado según el nivel, se produce o pasa a alguna fase y tipo de artículos incompetentes. Debido a todas las métricas mencionados tengan directa o indirectas relación con los esfuerzos, tomando la métrica de esfuerzos como el ejemplo para introducir la actividad de la métrica del proceso del software.

4.4.2.1. La captura de datos (el recoger y validación)

Los datos de los proceso reales se obtienen del informe de actividad o semanal de los miembros del equipo de proyecto diario (minuta de trabajo), de los datos del defecto y de la información del proyecto. Estos informes ayudan a poder conocer como es el tamaño, esfuerzo, horario, número de requisitos y sus cambios asociados, cartas del control y otras y revisión del producto e informes de prueba.



Los datos del esfuerzo se capturan por el equipo del personal diario. El equipo del personal diario registra el número de la ID del personal, el proyecto, la tarea y los expedientes del “llenar-en-tiempo”, el contenido de trabajo, el resultado del trabajo, el tipo del trabajo y la duración del trabajo para terminar cada tarea. Después de que el trabajo diario sea comprobado y confirmado por el encargado de proyecto o el jefe de proyecto, se almacenan en el sistema de recolección de datos de proceso (DCS).

Al usar DCS, el Jefe de Proyecto (PM) puede contar cuántos estuvieron pasados el tiempo del trabajo (horas) y los esfuerzos (horas-hombre) en cada tarea semanalmente si él necesita, el tiempo del trabajo y el esfuerzo total pasados en una fase específica del equipo de proyecto cuando esta fase concluye, así que cuando cada fase del proyecto concluye y cuando el proyecto concluye, el esfuerzo y su distribución de una tarea específica, una fase específica tan bien como el ciclo vital entero del proyecto puede ser resuelto.

Al usar DCS, se puede contar el trabajo diario del personal, con la ayuda de otras herramientas, además del tamaño, el horario y defectos de los productos del trabajo terminados por el personal. Aquí los datos incluyen defectos por la revisión estática (reuniones de inspección) y la revisión dinámica (unit test) del producto realizado. El líder de la revisión registra la descripción de los defectos encontrados, realizando e incorporando una categoría del defecto a la "lista de defectos", y los miembros de la prueba registran la descripción del defecto.

En el rol PM, debe ser el responsable de las estadísticas de las tarea ejecutas cada, incluyendo el esfuerzo real de cada tarea, coste, tamaño, datos del defecto así como esfuerzo de cerrar defecto, etc. Cuando cada fase del proyecto concluye, resume los datos de proceso en esta fase del proyecto con el formato "del informe resumido del proyecto", registra todos los datos de la métrica en esta fase del proyecto, incluyendo esfuerzo, tamaño, horario y datos reales de la estadística de la desviación del coste y del plan en esta fase. Cada semana y en cada hito importante del proyecto, el PM sigue la situación de cómo evoluciona cada defecto y asegura de que los datos asociados al proyecto entra en la base de datos de proceso después de que sean revisados y validados por SQA.

Según el modelo antedicho de los datos, compara el resultado de la métrica real del proceso del software con el parámetro de la línea de fondo de la organización, la disparidad entre el proceso medido y la base de la capacidad actual de la organización puede ser distinguida, y estar como la base y la meta de la mejora de proceso.

Los datos de un proyecto de desarrollo incluido los últimos temas se pueden apreciar a continuación:

- Estimación de esfuerzo y la duración para requisitos específicos de diseño, codificación y prueba.
- Estimación de esfuerzo para la gerencia de proyecto, garantía de calidad, revisiones del producto del trabajo, gerencia de la configuración.



- El número de identificación inicial y el número que se agregaron o cambiaron de los requisitos, durante el desarrollo
- Número de los defectos registrados durante y después del desarrollo, número de los defectos detectados durante requisitos, diseño, codificación, probando, y después de probar del sistema categorizada por fuente y severidad
- Tamaño estimado y real del proyecto en KLOC o puntos de la función, y número de revisiones

4.4.2.2. Análisis De proceso De la Métrica

El objetivo del análisis de las métricas es encontrar problemas existentes en los procesos del software, y define la meta de la mejora de proceso. La clave del análisis de proceso de la métrica es analizar el esfuerzo real, el horario, la desviación del costo y del plan, además de identificar los defectos que existen en la eliminación del proceso del proyecto. Se necesita en primer lugar capturar y contar los datos de proceso obtenidos según cierto modelo de los datos, que permite reflejar la meta de la métrica; entonces se compara con el parámetro base del mismo formato del proyecto.



4.5. PROPUESTAS DE MÉTRICAS DE CALIDAD

A continuación se definen métricas que deben ser recolectadas y administradas en cada proyecto de desarrollo de software, específicamente en la empresa Grupo DISC. También se ofrece al Jefe de Proyecto orientación respecto al valor que tiene cada métrica, la frecuencia con que debe ser recolectada y cómo pueden ser utilizadas en la gestión de los proyectos. La mayoría de estas métricas actualmente se ocupan en la empresa, la idea es poder relacionarlas con CMM e ISO.

La realización de estas métricas se hace a partir de algunas existentes en la organización, con el previo estudio de la relación que hay entre CMM e ISO 9001. La idea de estas propuestas de métricas es la de tomar las existentes, aplicar la propuesta de modelo de métricas de proceso para la regulación de ellas, y así trabajar con los procesos de una forma más sistemática y evaluada. Vale decir que estas se irán modificando a para ir acomodándose a la evolución del estudio de este trabajo.

Los Jefes de Proyecto deben tener muy claro este estándar ya que todas las métricas que están descritas deben ser mantenidas durante el proyecto.

4.5.1. Términos y Abreviaciones

A continuación se puede apreciar los términos y abreviaciones que serán ocupadas en la realización o mejoras de las métricas

- **EST:** Registro de Requerimientos y Estimaciones
- **HH:** Horas hombre ideales de trabajo.
- **Proxy:** elemento básico de tamaño (ej: clase, formulario, stored procedure, etc.) que se utiliza como base para estimar el tamaño de un proyecto.
- **RPS:** Registro de Planificación y Seguimiento
- **RPT:** Reporte de Estado de Avance
- **RSG:** Lista de Riesgos

4.5.2. Métricas

Actualmente existen variados grupos de métricas para diferentes fines. En estos momento se toman estas agrupaciones específicas por el hecho que se toman como base las métricas existente en la organización que se toma como base para los estudios y pruebas, la cual es Grupo DISC Ltda., la cual ya fue descrita y presentada en secciones anteriores de este informe.



Las métricas expuestas han sido clasificadas en tres grupos:

- **Métricas de Estimación:** métricas que deben ser registradas para estimar el proyecto o sus iteraciones.
- **Métricas de Control y Seguimiento:** métricas que deben ser recolectadas para asegurar contar con la información suficiente para el cálculo de los Indicadores de Control y Seguimiento.
- **Indicadores de Control y Seguimiento:** métricas generalmente derivadas que sirven para tomar acciones correctivas en los proyectos de desarrollo, ya sea a nivel de iteración o proyecto.

Cada métrica ha sido descrita en función de los siguientes atributos:

- **Id:** identificador de la métrica.
- **Nombre:** nombre de la métrica.
- **Tipo:** las métricas base son aquellas que se obtienen directamente por medición, y las métricas derivadas son aquellas que se calculan en base a dos o más métricas base.
- **Contexto:** describe el significado de la métrica en su contexto.
- **Fuente:** rol que tiene la responsabilidad de obtener, calcular o revisar la métrica.
- **Destino:** registro donde se almacena la métrica. Se utiliza el símbolo → para denotar la secuencia desde donde se registra la métrica en primera instancia hasta donde se presenta de manera consolidada.
- **Frecuencia:** periodicidad con que el encargado de la métrica debe recolectarla o revisarla.
- **Uso:** explicación del valor agregado que da el registrar la métrica y la gestión que puede realizarse en base a ella, particularmente si se trata de un indicador.

La figura N° 11 que se presenta en la página siguiente, ilustra la importancia que tienen los tres tipos de métricas definidas. Las *Métricas de Estimación* definen los parámetros iniciales para la estimación del proyecto y sus iteraciones mediante el *Modelo de Estimación* de la empresa. Las *Métricas de Control y Seguimiento* se recolectan tanto para calcular o derivar los *Indicadores de Control y Seguimiento* como para ajustar el Modelo de Estimación conforme a la realidad del proyecto. Los Indicadores de Control y Seguimiento permiten tomar decisiones respecto a la aplicación de acciones correctivas ante desviaciones, ya sea a nivel de iteración o de proyecto.

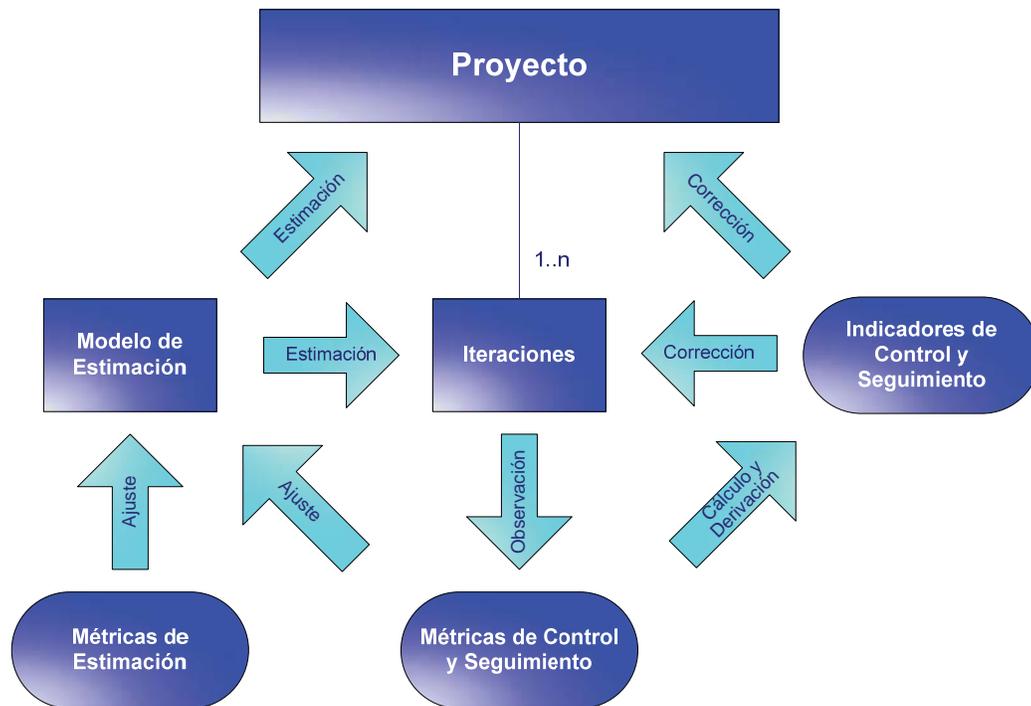


Figura 11: Función de las Métricas en la Gestión de Proyectos de Desarrollo

A continuación se presentan ejemplos de métricas identificadas para la medición de los proyectos, las cuales se dividen en 4 Métricas de Estimación, 8 Métricas de Control y Seguimiento y 10 Indicadores de Control y Seguimiento. Se presenta el detalle de ellas con sus identificadores para su mejor comprensión y propósito de ellas.



4.5.2.1. Métricas de Estimación

Id.	Nombre	Tipo	Contexto	Fuente	Frecuencia	Relación CMM / ISO 9001	Uso
ME1	Cantidad de Proxys por Requerimiento	Base	Define la cantidad de un cierto tipo de Proxy para un requerimiento.	Encargado de Estimaciones	Durante Concepción y al final de cada iteración	ISO: 7.5 Producción y prestación del servicio CMM: Administración de Configuración de Software.	Permite estimar el tamaño del proyecto.
ME2	HH Actividades Adicionales	Base	Estima HH para actividades que no se relacionan directamente a los Proxys, sino que a tareas que son propias del proyecto (ej: migraciones, entrenamiento, investigación, etcétera).	Encargado de Estimaciones	Durante Concepción y al final de cada iteración	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software	Permite estimar esfuerzo adicional que no se deriva de los Proxys.
ME3	Cantidad de Profesionales en Equipo	Base	Define la cantidad de profesionales que participan durante una fase.	Encargado de Planificación	Durante Concepción y lo requiere el proyecto también en las	ISO: 5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación. CMM: Planificación	Permite asignar personal al proyecto para así estimar el tiempo del mismo.



					otras fases.	del Proyecto de Software.	
ME4	HH Estimadas	Base	<p>Es el total de HH que se han estimado en las iteraciones realizadas hasta el momento e incluye la estimación inicial realizada para todas las tareas registradas en el RPS.</p> <p>Se registran HH por tarea para la iteración actual.</p>	Encargado de Planificación	Estimación inicial de cada iteración.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software	El registro de HH Estimadas se puede contrastar con la suma de las HH Realizadas y HH Pendientes para medir la desviación de las estimaciones.



4.5.2.2. Métricas de Control y Seguimiento

Id.	Nombre	Tipo	Contexto	Responsable	Frecuencia	Relación CMM / ISO 9001	Uso
MB1	HH Realizadas	Base	Es el total de HH que se han utilizado para el cumplimiento de las tareas de las iteraciones planificadas hasta el momento. Se registran HH por tarea para la iteración actual.	Encargado de Control y Seguimiento	Tres veces a la semana o más.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software	Las HH Realizadas es una de las métricas más importantes ya que permite evaluar el gasto real del esfuerzo clasificado por disciplinas. Es esencial para calibrar el modelo de estimaciones.
MB2	HH Por Hacer	Base	Es el total de HH que faltan por realizar para el cumplimiento de las tareas de las iteraciones planificadas hasta el momento. Se registran HH por tarea para la iteración actual.	Encargado de Control y Seguimiento	Tres veces a la semana o más.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Las HH Por Hacer, junto con las HH Realizadas, permiten calcular objetivamente el porcentaje de progreso a nivel de tarea, requerimiento e iteración.
MB3	HH Pendientes	Base	Es el total de HH que se han dejado pendientes	Encargado de Control y	Durante una iteración,	ISO: 5.4 Planificación.	Las HH Pendientes se pueden contrastar con



Modelo de Proceso para Métricas de Calidad utilizando CMM nivel 2 e ISO 9001

			<p>para futuras iteraciones debido a la escasez de tiempo.</p> <p>Se marcan las tareas que se dejan pendientes para futuras iteraciones con una "X".</p>	Seguimiento	cuando se evalúa que no se podrán terminar todas las tareas fijadas para la iteración.	CMM: Planificación del Proyecto de Software.	las HH Realizadas para evaluar el nivel de cumplimiento de lo planificado en las iteraciones realizadas.
MB4	Cantidad de Proxys por Requerimiento	Base	Los Proxy por requerimiento deben ser actualizados durante el proyecto para reflejar el tamaño real del mismo.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.5 Producción y prestación del servicio CMM: Administración de Configuración de Software.	La actualización de los Proxy permite evaluar objetivamente el aumento de tamaño del proyecto dejando fuera el factor de productividad.
MB5	Ocurrencia de los Riesgos	Base	Corresponde al porcentaje de probabilidad de que un riesgo pase a ser un problema, según la situación actual del proyecto. Se actualiza por cada riesgo.	Encargado de Planificación	Constantemente , y al final de cada iteración.	ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar si los riesgos están siendo mitigados o no (su porcentaje debiera tender a disminuir).
MB6	Impacto de los Riesgos	Base	Corresponde al nivel de gravedad del riesgo (1 a 3). Se actualiza por cada riesgo.	Encargado de Planificación	Constantemente , y al final de cada iteración.	ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto	Permite evaluar la gravedad de los diferentes riesgos del proyecto.



						CMM: Planificación del Proyecto de Software.	
MB7	HH Realizadas por Requerimiento	Base	Corresponden a las HH trabajadas por cada disciplina de cada requerimiento.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite actualizar el modelo de estimación con la información real de las iteraciones.
MB8	HH Por Hacer por Requerimiento	Base	Corresponde a las HH de trabajo restante estimadas por cada disciplina de cada requerimiento.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite actualizar el modelo de estimación con una estimación más precisa del trabajo pendiente por cada requerimiento.



4.5.2.3. Indicadores de Control y Seguimiento

Id.	Nombre	Tipo	Contexto	Responsable	Frecuencia	Relación CMM / ISO 9001	Uso
MI1	Progreso Técnico Acumulado en Iteraciones	Derivada	Representa el % de cumplimiento del equipo de desarrollo respecto a lo planificado en todas las iteraciones realizadas hasta el momento (HH Realizadas / (HH Realizadas + HH Pendientes). Las HH Pendientes son aquellas que se han postergado para futuras iteraciones.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 5.4 Planificación. CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar la productividad del equipo de desarrollo conforme a lo planificado y tomar las acciones correctivas pertinentes.
MI2	Desviación Acumulada de la Estimación en las Iteraciones	Derivada	Representa el porcentaje de desviación de las HH Totales Reales de trabajo obtenidas en las iteraciones en relación a las HH Totales Estimadas. Las HH Totales Estimadas se definen al inicio de cada iteración para las tareas asignadas.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar la capacidad del equipo de desarrollo de estimar con precisión el trabajo en cada iteración y tomar las acciones correctivas pertinentes.
MI3	Aumento de Tamaño del Proyecto	Derivada	Representa el aumento porcentual del tamaño total del proyecto evaluado en Puntos de Complejidad.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar el cambio del tamaño del proyecto respecto a lo vendido para tomar las acciones correctivas



Modelo de Proceso para Métricas de Calidad utilizando CMM nivel 2 e ISO 9001

							pertinentes.
MI4	Aumento del Esfuerzo del Proyecto	Derivada	Representa el aumento porcentual del esfuerzo total requerido para el proyecto respecto a lo vendido ((HH Totales Estimadas – HH Totales Vendidas) / HH Totales Vendidas).	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar el cambio de esfuerzo total del proyecto, ya sea por cambio de tamaño, problemas de productividad, problemas técnicos u otros.
MI5	Disponibilidad de Recursos en Iteración	Base	Representa el porcentaje en que los recursos humanos asignados para una iteración estuvieron disponibles. Por ejemplo, si se estimaron cuatro recursos por tres semanas (sesenta días hombre), pero un recurso fue retirado por seis horas, la disponibilidad en este caso es de 90%.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación. CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar si el proyecto contó con los recursos humanos suficientes para lograr lo planificado para la iteración. Es indicador no es acumulativo, sino que particular a una iteración.
MI6	Riesgos	Derivada	Representa la magnitud del riesgo más amenazante del proyecto. Se obtiene multiplicando el Porcentaje de Ocurrencia con el Impacto del riesgo.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación	Permite evaluar el nivel de riesgo del proyecto y tomar acciones correctivas pertinentes.



Modelo de Proceso para Métricas de Calidad utilizando CMM nivel 2 e ISO 9001

						del Proyecto de Software.	
MI7	Aumento del Tiempo del Proyecto	Derivada	Representa el aumento porcentual del tiempo requerido para terminar el proyecto. Se obtiene dividiendo los días hábiles de retraso por los días hábiles en que se vendió el proyecto.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Permite evaluar el nivel de retraso del proyecto respecto a lo comprometido inicialmente y tomar las acciones correctivas pertinentes cuando hay retrasos.
MI8	Porcentaje de Progreso Planificado en Iteración	Derivada	Representa el porcentaje de avance que debiera haberse logrado al final del día actual en una iteración, según las fechas de inicio y término definidas.	Encargado de Control y Seguimiento	Tres veces a la semana o más.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de Software.	Entrega una referencia del porcentaje de avance planificado para compararlo con el real.
MI9	Porcentaje de Progreso Real en Iteración	Derivada	Representa el porcentaje de avance real logrado hasta el momento en una iteración de acuerdo a las horas realizadas y por hacer registradas.	Encargado de Control y Seguimiento	Tres veces a la semana o más.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de SW.	Permite evaluar si se está progresando según lo planificado en la iteración actual.
MI10	Puntos de Complejidad	Derivada	Obtiene un puntaje que mide el tamaño del proyecto, el cual se deriva de los Proxy cubcados.	Encargado de Control y Seguimiento	Al final de cada iteración.	ISO: 7.3 Diseño y desarrollo CMM: Planificación del Proyecto de SW	Permite monitorear el tamaño total del proyecto respecto a lo vendido o estimado en Concepción.



5. APLICACIÓN DE MODELO DE PROCESO PARA MÉTRICAS DE PROCESO DEL SOFTWARE RELACIONADO CON CMM NIVEL 2 E ISO 9001:2000

Luego de exponer los mapeos de actividades y procesos de CMM nivel 2 e ISO 9001, y de establecer un Modelo de Proceso para Métricas de Procesos, es necesario apreciar como realmente interactúan estos términos entre sí, para esto se toma como caso de estudio un sistema actualmente en desarrollo de la empresa *DISC Desarrollo de Software*, el cual tiene como nombre “**ID06**”. La descripción de este proyecto se realizará más avanzado este capítulo.

El propósito de la aplicación del modelo es de poder plasmar cómo poder aplicar las métricas de procesos para las diversas áreas que conlleva el hecho de trabajar bajo un modelo, como lo es CMM, y un estándar de calidad, como lo es ISO. La idea no es dar una lista de métricas detalladas para aplicar en todos los proyecto de desarrollo de software, el “real objetivo” que se busca es de dar una guía de cómo poder abordar la búsqueda de la calidad de los proceso y, al momento de identificar el proceso específico que se quiere medir gracias al mapeo de actividades anteriormente realizado, con las relaciones entre CMM nivel 2 en este caso e ISO 9001. El plus de poder identificar lo que realmente se quiere evaluar, avalado con los mapeos de CMM e ISO 9001, es bastante, ya que al implementar este modelo o el estándar, el esfuerzo es considerable, y que mejor que poder medir específicamente un proceso que se ve reflejado en ellos.

El Modelo de Proceso para las Métricas esta directamente relacionado con CMM, ya que se toma como base para la realización la entrada, la salida, las condiciones así como los instrumentos de apoyo necesarios y métodos de cada actividad de las métricas de proceso. Aquí la entrada de cada actividad viene de los datos de la actividad anterior para la realización del modelo, y las entradas exteriores correspondientes de la actividad, permite al resultado del análisis de la métrica reflejar la situación de la ejecución de proceso en ese momento, y así alcanzar la meta del proceso, del control de proceso y de la mejora de proceso.

Las métricas de proceso son una serie de actividades llevadas por muchos roles asociadas a los integrantes del equipo de desarrollo del proyecto de software, que según el plan de ejecución, estan bajo ciertas condiciones de acuerdo a los procesos que se estén ejecutando en esos momentos. Por lo tanto la métrica de proceso sí mismo es proceso también.

Al momento de identificar el proceso que se quiere medir se debe encontrar la métrica adecuada para poder realizar la medición. Se enfocará en ciertas áreas para poder analizar estos resultados. Se toma las “Métricas de Control y Seguimiento” anteriormente definidas para la aplicación y además nuevas métricas creadas o recolectadas a través de la realización de este documento.



Se toma como caso de estudio un sistema actualmente en desarrollo de la empresa DISC Desarrollo de Software, el nombre de este proyecto es “ID06” abocado a la generación y administración de tarjetas RFID (Radio Frequency Identification), para empresas constructoras suecas. Vale decir que es de importancia realizar estas prácticas, mas aun en un proyecto que está en desarrollo, ya que se pueden tomar medidas regulatorias antes que se termine por completo el desarrollo del proyecto en sí.

Para la puesta en práctica del modelo se tomará un proceso que se quiera medir, se identificará la métrica para el caso, y se reflejará en el modelo como es su desarrollo en ella. Los “responsables” de la métrica se enfocan en la persona que tiene la responsabilidad de obtener, calcular o revisar la métrica, no esta enfocado directamente con los roles de modelo. Puede ser el caso en que sea la misma persona, porque los roles del modelo tiene como objetivo la administración de recurso, interpretación, nuevas propuesta para los procesos, etc. y no la de obtener, calcular, entre otros, las métricas.

5.1. Procesos y métricas a aplicar.

Nombre	HH Realizadas.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Es el total de HH que se han utilizado para el cumplimiento de las tareas de las iteraciones planificadas hasta el momento.• Se registran HH por tarea para la iteración actual.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de minutas diarias de detalle de actividades realizadas por el desarrollador involucrado en proyecto.• Control a través de tareas e hitos de desarrollados.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a comparación de antiguas minutas de actividades y experiencia del involucrado
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de número de horas realizas por tarea.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Se almacenan los datos de acuerdo a tareas relacionas entre sí, con fines parecidos en ciertas etapas del proyecto.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación entre horas de desarrolladores, en tareas parecidas.• Comparación de tareas históricas desarrolladas por equipo de trabajo.• Evaluar el gasto real del esfuerzo clasificado por disciplinas.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificación de carga de trabajo por desarrollador para lograr mayor eficiencia en el desarrollo de las mismas.• Modificaciones de planificaciones de requerimientos.



Nombre	HH Por Hacer.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Es el total de HH que faltan por realizar para el cumplimiento de las tareas de las iteraciones planificadas hasta el momento.• Se registran HH por tarea para la iteración actual.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de minutas diarias de detalle de actividades realizadas por el desarrollador involucrado en proyecto.• Verificación de total de actividades no desarrolladas por parte de los integrantes del equipo de desarrollo.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a comparación de antiguas minutas de actividades y experiencia del involucrado, de acuerdo al avance que mantiene y tareas actuales que mantiene por requerimiento o tarea específica.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de número de horas faltantes por tarea
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Se almacenan los datos de acuerdo a tareas relacionadas entre sí, con fines parecidos en ciertas etapas del proyecto.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación entre horas de desarrolladores, en tareas parecidas.• Comparación de desviaciones en realización de las tareas históricas desarrolladas por equipo de trabajo.• Calcular objetivamente el porcentaje de progreso a nivel de tarea, requerimiento e iteración
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificación de carga de trabajo por desarrollador para lograr mayor eficiencia en el desarrollo de las mismas.• Modificaciones de planificaciones de requerimientos.



Nombre	HH Pendientes.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Es el total de HH que se han dejado pendientes para futuras iteraciones debido a la escasez de tiempo.• Se marcan las tareas que se dejan pendientes para futuras iteraciones con una "X".
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de minutas diarias de detalle de actividades realizadas por el desarrollador involucrado en proyecto.• Verificación de actividades pendientes por parte de los integrantes del equipo de desarrollo.• Registro de tareas pendientes con su HH correspondiente apoyado con documento (checklist) en el cual plasma las actividades.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a comparación de antiguas minutas de actividades y experiencia del involucrado, de acuerdo al avance que mantiene y tareas pendientes que mantiene por requerimiento o tarea específica.• Revisión de checklist por parte del Jefe de Proyecto en comparación con planificación y tareas realizadas.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de número de horas pendientes por tarea.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Se almacenan los datos de acuerdo a tarea específica.• Eliminación de datos de tareas pendientes redundantes.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación entre horas de desarrolladores, en tareas parecidas.• Comparación de desviaciones en realización de las tareas históricas desarrolladas por equipo de trabajo.• Las HH Pendientes se pueden contrastar con las HH Realizadas para evaluar el nivel de cumplimiento de lo planificado en las iteraciones realizadas
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificación de carga de trabajo por desarrollador para lograr mayor eficiencia en el desarrollo de las mismas.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones pendientes para reestructurar tareas pendientes.



Nombre	Cantidad de Proxys por Requerimiento
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.5 Producción y prestación del servicio• CMM: Administración de Configuración de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Los Proxy por requerimiento deben ser actualizados durante el proyecto para reflejar el tamaño real del mismo.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de reuniones semanales con las nuevas actualizaciones de las actividades a realizar o que se están realizando en el proyecto.• Verificación de actividades por parte de los integrantes del equipo de desarrollo.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a avance del proyecto, de acuerdo a fase en que se este realizando y tipo de requerimiento que se este implementando.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de número de Proxys por Requerimiento.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Agrupación de proxys de acuerdo al tipo que sean.• Clasificación de acuerdo a la fase en que se encuentra.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de número de proxys de acuerdo a fases en cual fue desarrollada.• Comparación de desviaciones en realización de las tareas históricas desarrolla por equipo de trabajo asociadas objetivamente a las realización de proxys.• La actualización de los Proxy permite evaluar objetivamente el aumento de tamaño del proyecto dejando fuera el factor de productividad.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Redistribución de proxys entre los desarrolladores e iteraciones.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones pendientes para reestructurar distribución de realización de proxys.



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Ocurrencia de los Riesgos
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Corresponde al porcentaje de probabilidad de que un riesgo pase a ser un problema, según la situación actual del proyecto.• Se actualiza por cada riesgo.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Feedback con equipo del proyecto a través de reuniones semanales en las cuales se da a conocer como va el avance del proyecto en general• Dar a conocer a todo el equipo como va al avance de cada uno, logrando identificar nuevos riesgos.• Verificación de propuestas de contingencias para posibles riesgos antes de que se transformen en problemas.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de riesgos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de riesgos actuales.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Porcentaje probabilidad de de Ocurrencia de Riesgos.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación específica de potenciales riesgos y su ocurrencia.• Clasificación de acuerdo a la tipo de riesgo.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de ocurrencias de riesgos de acuerdo a anteriores iteraciones.• Evaluar si los riesgos están siendo mitigados o no (su porcentaje debiera tender a disminuir).
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de plan de contingencia de riesgos.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a grado de repercusión de que pueda transformarse cierto riesgo en problema.



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Impacto de los Riesgos
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Corresponde al nivel de gravedad del riesgo (1 a 3).• Se actualiza por cada riesgo.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Feedback con equipo del proyecto a través de reuniones semanales en las cuales se da a conocer como va el avance del proyecto en general• Dar a conocer a todo el equipo como va al avance de cada uno, logrando identificar riesgo que serán potencialmente problemas.• Verificación de riesgos que se han transformado en problemas y identificación de impacto en el proyecto.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de riesgos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de riesgos actuales.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Escala de nivel de gravedad del riesgo (1 a 3).
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación específica de tipo de riesgos.• Clasificación de riesgo de acuerdo a nivel de gravedad.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de impacto de riesgos de acuerdo a anteriores iteraciones.• Evaluar la gravedad de los diferentes impactos de riesgos del proyecto.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de plan de contingencia de riesgos.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a grado de repercusión de que pueda tener estos riesgos en el proyecto.



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	HH Realizadas por Requerimiento
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación..• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Corresponden a las HH trabajadas por cada disciplina de cada requerimiento.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de minutas diarias de detalle de actividades realizadas por el desarrollador involucrado en proyecto.• Reuniones para revisar avance de requerimientos específicos.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a comparación de antiguas minutas de actividades y experiencia de requerimientos similares.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de HH realizadas por Requerimiento
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Agrupación de requerimientos similares.• Clasificación de requerimiento de acuerdo a numero de iteraciones asociadas.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de avances con requerimientos similares de distintos realizados anteriormente proyectos.• Actualizar el modelo de estimación con la información real de las iteraciones.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de número de iteraciones por requerimiento de acuerdo a su complejidad.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a grado de repercusión de que pueda tener en el desarrollo del proyecto.



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	HH Por Hacer por Requerimiento
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Corresponde a las HH de trabajo restante estimadas por cada disciplina de cada requerimiento.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Control y Seguimiento.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• A través de minutas diarias de detalle de actividades realizadas por el desarrollador involucrado en proyecto.• Reuniones para revisar avance de requerimientos específicos.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Validación de acuerdo a comparación de antiguas minutas de actividades y experiencia de requerimientos similares.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de HH realizadas por Requerimiento por hacer
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Agrupación de requerimientos similares.• Clasificación de requerimiento de acuerdo a número de iteraciones asociada pendientes.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de avances con requerimientos similares de distintos realizados anteriormente proyectos.• Actualizar el modelo de estimación con una estimación más precisa del trabajo pendiente por cada requerimiento.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de número de iteraciones por requerimiento de acuerdo a su complejidad.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a grado de repercusión de que pueda tener en el desarrollo del proyecto.



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Interpretación de Requerimientos
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.4 Planificación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Obtener el porcentaje de requerimientos que han sido igualmente interpretados por los revisores o analistas del proyecto.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Feedback con equipo del proyecto a través de reuniones semanales en las cuales se da a conocer la visión de los requerimientos del proyecto en general.• Documentos de requerimientos de los analistas del proyecto para interpretación por parte de JP.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de riesgos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de riesgos actuales.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Número de requerimientos de idéntica interpretación por todos / número total de requerimientos.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación específica de potenciales requerimientos mal interpretados y su ocurrencia.• Clasificación de acuerdo a la tipo de requerimiento.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de porcentaje de requerimientos mal interpretados.• Evaluar si los requerimientos están siendo bien interpretados o no (su porcentaje debiera tender a aumentar).
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de plan de especificación de requerimientos.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a importancia de requerimientos y de la repercusión de que pueda tener dentro del avance del proyecto



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Numero de requerimientos validados
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.3 Diseño y desarrollo• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Medición de requerimientos validados en el SRS (Especificación de requerimientos del SW).
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Feedback con equipo del proyecto a través de reuniones semanales en las cuales se da a conocer la visión de los requerimientos del proyecto en general.• Documentos de requerimientos de los analistas del proyecto para interpretación por parte de JP.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de requerimientos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de requerimientos actuales.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• $\text{Número de requerimientos correctos} / (\text{Total de requerimientos} * \text{requerimientos todavía no validados})$.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación específica avance en la identificación de requerimientos.• Clasificación de acuerdo a la tipo de requerimiento.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de porcentaje de requerimientos validados.• Evaluar si los requerimientos están siendo bien interpretados o no.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de plan de especificación de requerimientos.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a importancia de requerimientos y de la repercusión de que pueda tener dentro del avance del proyecto



Nombre	Numero de realización de requerimientos.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.3 Diseño y desarrollo• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Medición de requerimientos que realmente se implementaron en el proyecto.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Feedback con equipo del proyecto a través de reuniones semanales en las cuales se da a conocer los requerimientos del proyecto que se realizaron o faltan por realizar.• Documentos de requerimientos de los analistas del proyecto para interpretación por parte de JP.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de requerimientos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto en la realización de ellos.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de nuevos requerimientos.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Requerimientos implementados / Requerimientos totales
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación específica avance en la identificación de requerimientos.• Clasificación de acuerdo a la tipo de requerimiento.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de porcentaje de requerimientos realizados y los pendientes.• Evaluar si los requerimientos están siendo bien interpretados o no.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Reestructuración de plan de especificación de requerimientos.• Modificaciones de planificaciones de iteraciones de acuerdo a importancia de requerimientos y de la repercusión de que pueda tener dentro del avance del proyecto



Nombre	Tiempo medio para reparar un defecto.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.3 Diseño y desarrollo• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Medición del esfuerzo medido en tiempo que toma en reparar un defecto
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Reuniones periódicas con desarrolladores en la cuales se identifican los defectos y los tiempos asociados a repararlos.• Reuniones periódicas con desarrolladores en la cuales se identifican los defectos y los tiempos asociados que costó repararlos.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de requerimientos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto en la realización de ellos.• Comprobación de porcentajes de ocurrencias de defectos dentro de las distintas etapas del proyecto.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Promedio de reparación de defectos encontrados
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de defectos dentro de las etapas• Agrupación de defectos de acuerdo a tipo y fase que se encuentra.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de tiempos medios de reparación ya realizados y los pendientes.• Evaluar si los tiempos están siendo bien interpretados o no.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificaciones de asignación de recursos para la reparación de algún defectos que pueda estar dentro de alguna fase del proyecto



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Cantidad de Profesionales en Equipo.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 5.5 Responsabilidad, autoridad y comunicación.• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Define la cantidad de profesionales que participan durante las fases del proyecto.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Reuniones periódicas con analistas senior en la cuales puedan identificar a primera impresión la cantidad de recursos necesarios para conformar un equipo de proyecto• Reuniones con desarrolladores en la cuales se analizarán los cualidades que tiene para su incorporación.
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de requerimientos y posibles efectos de acuerdo a experiencias de equipo de proyecto en la realización de ellos.• Comparación de tipos requerimiento con perfiles asociados a profesionales aptos para el proyecto.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Total de profesionales aptos para equipo.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de perfiles necesarios.• De acuerdo a tipo de proyecto, generar factor de necesidad de profesionales necesarios.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comparación de cantidad de demanda de cierto tipo de perfil de profesional necesitado• Asignar personal al proyecto para así estimar el tiempo del mismo.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificaciones de asignación de recursos para la conformación de equipos de trabajo



Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

Nombre	Porcentaje de pruebas realizadas con éxito.
Procesos	<ul style="list-style-type: none">• ISO: 7.1 Planificación de la realización del producto 7.3 Diseño y desarrollo• CMM: Planificación del Proyecto de Software.
Significado	<ul style="list-style-type: none">• Define el porcentaje de pruebas que se realizan con éxito en un proyecto.
Responsable	<ul style="list-style-type: none">• Encargado de Planificación.
Colección de datos	<ul style="list-style-type: none">• Revisión con los profesionales de la realización de las pruebas realizadas al proyecto• Reuniones con los profesionales en la cuales se analizarán los pruebas realizadas en las distintas fases del proyecto
Validación de datos	<ul style="list-style-type: none">• Verificación de requerimientos, y la realización de sus pruebas asociadas.• Comparación de pruebas realizadas entre las distintas fases del proyecto.
Fórmula de Cálculo	<ul style="list-style-type: none">• Pruebas realizadas con éxito / Total de pruebas planificadas.
Transformación de los datos	<ul style="list-style-type: none">• Identificación de distintos tipos de pruebas.• Agrupación de pruebas exitosas.
Análisis de la métrica	<ul style="list-style-type: none">• Comprobación de cumplimiento de propósito deseado con la realización de pruebas.• Tendencia a identificar fases con mayos cantidad de pruebas exitosas.
Toma de decisión	<ul style="list-style-type: none">• Modificaciones de asignación de que no tengan buen porcentaje de éxito.



5.2. Resultados de aplicación de métricas

A continuación se puede apreciar como fue la aplicación de estas métricas a través de datos recolectados de manera específica y la ejecución de estas métricas. Ya se ha expuesto como se debe realizar la ejecución de una métrica en el punto anterior, es por esto que es necesario exponer como se realizan estas métricas para la toma de decisiones. Para esto se debe realizar un procedimiento formal en la cual se solicita la ejecución de alguna métrica específica. Luego se debe registrar estos resultados y realizar comparaciones con los resultados históricos que tiene la organización. Por último se deben almacenar estos resultados para que sirvan para posteriores comparaciones.

La forma de almacenar que se realiza en esta organización es a través de documentos Excel y base de datos Access. El formato de esta base de datos se anexa al final de este documento a modo formativo, en la cual se puede apreciar la estructura de las tablas y formularios de ingreso de datos. Al momento de tener esta información, se pueden generar informes que sirven para tener una visión del proyecto en sí gracias a las métricas realizadas.

Esta ejecución de métricas la realiza el equipo de QA del proyecto, el cual se coordina directamente con el Jefe de Proyecto. Estas solicitudes de medición deben quedar por escrito y reflejadas en documentos, es por eso que se propone un formato de email para esta comunicación. A continuación se puede apreciar el formato de este email:

Asunto: Solicitud de Revisión SQA

<<Encargado de Aseguramiento de Calidad>>,

Solicito realizar la revisión de aseguramiento de calidad del siguiente proyecto para revisión de métricas de proceso:

- **Nombre proyecto:** <<Nombre del proyecto>>
- **Nombre cliente:** <<Nombre del cliente>>
- **Iteración actual:** <<Código de la iteración actual>>
- **Fecha programada:** <<Fecha programada para realización de la revisión>>
- **Observaciones:** <<Observaciones aplicables>>
- **Ruta repositorio:** <<Ruta al repositorio de control de configuración del proyecto>>

Atte,

<<Jefe de Proyecto>>

REGISTRO - Solicitud de Revisión SQA

Código: <<Código de revisión>>

Revisión: 1

Fecha de Emisión: <<fecha emisión>>

Código: GTD-REG-066



Con este formato de solicitud de revisión, se puede tener claridad de la cantidad de revisiones que se realizan dentro de un proyecto. Estos datos sirven para poder realizar comparaciones dentro proyectos para toma de decisiones con datos históricos. Además ayudan a poder revisar cuales son las revisiones mas solicitadas y poner mas énfasis en sus revisiones.

Se toma como ejemplo solo 4 métricas para poder comparar las variaciones de sus datos al momento de ejecutarlas por primera vez con la ejecución de una 2ª iteración.

Nombre de Métrica	Iteración 1	Iteración 2	% Variación
HH Realizadas	20	25	25 (positivo)
HH Pendientes	30	40	33 (positivo)
Ocurrencia de los Riesgos	30	40	33 (positivo)
HH Realizadas por Requerimiento	15	25	67 (positivo)

A partir de estas 2 iteraciones de toma de métrica se puede apreciar las variaciones que hay entre una iteración y otra. Estas variaciones nos ayudan a tomar decisiones a corto plazo dentro del proyecto y saber donde hay que poner más ojo para tomar acciones correctivas y mejorar los procesos. Por ejemplo en la métrica de “HH Realizadas” nos muestra que en la “Iteración 1” se realizó 20 horas y en la “Iteración 2” realizas 25 horas. Esto tiene una variación de 25%. Esto lo podemos interpretar que hubo un aumento de horas por parte de un integrante del equipo, por lo cual hubo más horas de carga laboral para esta persona. Sobre esta premisa se puede tomar de decisiones de aumentar las horas o disminuirlas.

Por otro lado podemos apreciar los resultados en “Ocurrencia de los Riesgos”. En la “Iteración 1” se observa que hay un 30% de ocurrencias de riesgos y en la “Iteración 2” observa que hay un 40% de ocurrencias de riesgos. Esto tiene una variación de 25%. Esto lo podemos interpretar que hubo un aumento de las ocurrencias del riesgo en el proyecto. Esto se puede interpretar que hubo algún problema en la fases del proyecto o que algún riesgo identificado se realizo e impacto en la ejecución del proyecto.

La toma de decisiones especifica por métrica esta definida en la sección anterior, en la cual se explica cuales son los pasos a seguir en este momento. En la sección de anexos se incorpora la definición de ejemplo de informes que se realizan al momento de almacenar las métricas en la base de datos histórica.



Vale decir que estos informes son las primeras aproximaciones de la forma de exponer los resultados de las métricas, ya que tiene como propósito de exponer los resultados de estas métricas y ver de forma clara y consolidada estos resultados.

Al tener todas estas métricas ya almacenadas, por ejemplo en una base de datos, se puede tener un consolidado de métricas con resultados que ayudan a poder abordar de mejor forma la realización de nuevos proyectos en las empresas y tomar mejores decisiones a largo plazo en las organizaciones.

5.3. Discusión de resultados

Se puede apreciar a continuación los principales puntos para discusión sobre los resultados de esta investigación:

- El poder contar con métricas que ayudan a poder regularizar los procesos dentro de la ejecución de los proyectos informáticos, sirven para poder tomar decisiones a corto plazo dentro de los proyectos y poder ajustar estas ejecuciones en el mismo momento que se ejecuta estos proyectos.
- Al poder contar con estos resultados de métricas, relacionados directamente con procesos definidos dentro del modelo de CMM e ISO 9001, ayudan a la toma de decisiones a nivel organizacional, a modo de alto nivel de impacto dentro de las empresas.
- Un punto importante dentro de la gestión de calidad en el estándar ISO 9001, el control de los procesos de deben realizar a través de indicadores y métricas, en este caso el modelo CMM ayuda bastante, ya que al ir verificando cada uno de los objetivos generales y específicos a través del cumplimiento de las prácticas (KPA), por tanto en cada una de las actividades del proceso, dentro de las organizaciones y los proyectos, se han determinado un conjunto de indicadores que permiten ir registrando el estatus de cada actividad y tarea, a través de entrevistas de satisfacción de los clientes y la medición los proyectos.



6. CONCLUSIONES

En la actualidad, la importancia de los modelos de madurez y estándares de calidad está fuera de toda duda. En concreto, CMM se ha convertido en estos últimos años en un estándar que las organizaciones valoran y aplican con el propósito de realizar mejoras en sus procesos de software. Por otro lado, al ser ISO 9001:2000 un Sistema de Gestión que sirve para dirigir y controlar una organización con respecto a la calidad, ayuda bastante a que esta norma sea muy difundida en el mundo, especialmente en Europa ya que refleja un respaldo y confianza en los productos que estas organizaciones ofrecen en el mercado.

La conjunción de ambas prácticas se presenta como una garantía de éxito para el desarrollo en el marco de una mejora global del proceso software a nivel organizativo, ya que al poder medir estos procesos se puede tomar decisiones a nivel de corto y largo plazo (expuestas en las hipótesis de este trabajo), que quiere decir esto, al poder realizar e implementar estas métricas hay procesos que se pueden mejorar en el mismo instante (a corto plazo), como puede ser la distribución de horas, distribución de carga laboral, etc. A largo plazo ayudan al momento de plantear y definir un proyecto, las estimaciones y los procesos dentro de los proyectos de software son más realistas y se logran mejores resultados, los cuales se pueden ver reflejados a través de encuestas de procesos y áreas específicas a los encargados de los proyectos de la contraparte (clientes). Estas encuestas ayudan a poder corroborar el propósito de estas métricas y sus evaluaciones, y las futuras acciones correctivas que se quieran tomar de forma específica a un proceso definido.

Buscando la interacción entre estas 2 tendencias, CMM e ISO, trabajando en conjunto puede ser de gran ayuda en la búsqueda de calidad dentro de una empresa que quiere competir en el mercado actual dentro de la área informática, ya que la incorporación de respaldo de la calidad dentro de los procesos en la ejecución de los proyectos y con esto promover la maduración de los procesos dentro de las organizaciones.

El hecho de poder manejar prácticas que ayudan al aseguramiento de calidad da un gran respaldo a los diferentes proyectos que estas organizaciones quieran desarrollar. Tomando a ISO 9001:2000 como un estándar para la gestión de la calidad que busca una mejora continua de los procesos y a CMM como procesos de ingeniería de software que se acomodan a ISO como un “motor” de cambios, ya que como su nombre lo dice, es un modelo de mejoras ayuda a poder tener una claridad de los procesos que están involucrados dentro de una organización, y poder regularizarlos. Estas 2 tendencias, CMM e ISO, al trabajar en conjunto da un plus en la calidad de los procesos al momento de entregar los productos a los clientes.

Pero tal como lo establece ISO y CMM, es necesario poder evaluar los procesos, mediante mediciones continuas y sistemáticas, para así poder medir la evolución de las mejoras. Las métricas juegan un papel importante en este momento, ya que permiten definir cuantitativamente el grado de éxito y/o fracaso para un producto, un proceso o las tareas realizadas por una persona. Además de identificar y cuantificar las mejoras,



su ausencia o la degradación del producto, del proceso o de las tareas realizadas por las personas al ejecutar a través de iteraciones y tomar decisiones correctivas a través de estos resultados.

De acuerdo a lo propuesto en primera instancia es este trabajo, se ha ajustando detalles a través del desarrollo de este informe. En esta primera parte se ha realizado un estudio del estándar ISO 9001:2000 a grandes rasgos, conociendo los propósitos que busca este estándar y la forma en que trabaja. También se realizó un estudio de CMM, de forma más específica en su nivel 2, en sus diferentes áreas de procesos claves en las cuales se desenvuelven, específicamente nivel 2 ya que es para una empresa específica que cuenta con este nivel de certificación. La complejidad radica cómo complementarlos para así poder sacar le el máximo provecho de estas dos técnicas de mejora de los procesos en las organizaciones, para así poder aplicarles métricas de calidad a los procesos y poder realizar mejoras en ellos. En estas relaciones, se puede decir a modo de conclusión que existen variedad de modelos y estándares de calidad enfocadas a organizaciones, del ámbito informático o empresarial, es por eso que el esfuerzo de incorporarlos a las organizaciones es no menor, pero mas aun de mayor importancia es poder llegar a complementarlos. Una de estas forma puede ser la expuesta en este trabajo, en la cual se buscan las prácticas que tengan relaciones en sus áreas de ejecución, para así poder abarcarlas de forma mas completas y uniformes.

Luego al tener los mapeos, se propone un modelo de métricas de proceso, en la cual se regulariza el tema de propuestas de nuevas métricas de procesos. El valor a agregado está en que al tener una organización específica con certificación en CMM nivel 2 y el estándar ISO 9001 e identificar los procesos que están relacionados entre sí, se puede buscar medidas específicas que puedan satisfacer estos procesos al mismo tiempo. Por consiguiente, al tener identificadas las medidas que se quieren ejecutar, se controlan y regularizan por medio del modelo de métricas, para así tener un estudio mas acabado y completo de las mejoras de los proceso en el desarrollo de un proyecto de software.

Por otro lado, al presentar un modelo del proceso de la métrica del software, se han definido los papeles, el contenido, las actividades principales y los instrumentos de apoyo de la correlación y los métodos de la ejecución de las métrica de proceso del software y ha introducido las metas, las tareas y los métodos para la actividad de la recolección, de la validación y del análisis de proceso de datos. La arquitectura de una métrica de proceso da soporte al software en con la infraestructura de métricas de proceso [24]. Este estudio ayuda bastante para lograr una eficacia regular y mejorar las métricas de proceso del software, y promover el nivel maduro de la capacidad de proceso de la organización.

Al haber realizado un análisis de las relaciones entre los dos modelos de calidad, tratando de mapear las actividades principales de ISO 9001, ocupando ISO 9000-3 para la facilidad de encontrar las relaciones junto con sus estructura, claramente se observa que hay una correlación fuerte entre ISO 9001 y el CMM, aunque algunas cláusulas de ISO 9001 no se cubren en el CMM, y viceversa. Es por esto que este estudio permitió



determinar la correspondencia exacta, dada los diversos niveles de la abstracción. Por supuesto que existe una correlación fuerte entre ISO 9001 y el CMM, aunque hay partes de ISO 9001 no se cubren CMM, y viceversa.

La diferencia más grande entre los dos modelos es el énfasis de CMM en la mejora de proceso continua. La ISO 9001 trata solamente los criterios mínimos para un sistema de calidad aceptable. Otra diferencia es que los enfoques de CMM en software, mientras que la ISO 9001 tiene un alcance mucho más amplio que abarque el hardware, el software, los materiales procesados, y los servicios.

La semejanza más grande entre los dos modelos es su trasfondo: "opinión qué usted lo hace; haga lo que usted dice." La premisa fundamental de ISO 9001 es que las organizaciones deben documentar cada proceso importante y comprobar la calidad de cada entregable con una actividad de control de calidad. La ISO 9001 requiere la documentación que contiene instrucciones o la dirección en qué deben ser hechos o cómo debe ser hecho. CMM enfatiza en los procesos que se documentan y las prácticas según lo documentado.

Al tener este análisis se realizó las primeras aproximaciones de métricas de calidad para el desarrollo de un proyecto de software, vale decir que éstas, como se dijo anteriormente, son una primera instancia de las métricas, ya que el propósito no es exponer diferentes tipos de métricas, sino la de identificar los procesos y incorporar la métrica que mejor se acomode para ellos, todo esto gracias al modelo anteriormente expuesto.

El propósito de la aplicación del modelo es de poder plasmar como poder aplicar las métricas de procesos para las diversas áreas que conlleva el hecho de trabajar bajo un modelo, como lo es CMM, y un estándar de calidad, como lo es ISO. La idea no es dar una lista de métricas para aplicar en los proyecto de desarrollo de software, el "real objetivo" que se busca es la de dar una guía de cómo poder abordar la búsqueda de la calidad de los proceso, y al momento de identificar el proceso específico que se quiere medir, gracias al mapeo de actividades anteriormente realizado, con las relaciones entre CMM nivel 2 en este caso e ISO 9001. El plus de poder identificar lo que realmente se quiere evaluar, avalado con los mapeos de CMM e ISO 9001 es bastante significativo, ya que al implementar este modelo o el estándar, el esfuerzo es considerable, y que mejor que poder medir específicamente un proceso que se ve reflejado en ellos.

Por ultimo, los estudios realizados sobre los distintos estándares y modelos de calidad son de verdadera importancia para cualquier empresa o proyecto que se quiera poner en marcha. No es menor decir que cualquier proyecto que se quiera emprender debe tener un mínimo de calidad en su proceso, para lograr un mejor resultado dentro del mercado competitivo. Vale decir, en conjunto con el Modelo de Proceso para Métricas de Proceso del Software, el real objetivo se cumple, el cual era el de poder manejar una interacción entre el modelo CMM, el estándar ISO 9001:2000 y una forma de evaluar estos procesos a través de las métricas de proceso. El diseño de las métricas de proceso del software da una infraestructura aceptable para abordar los proyectos informáticos de variadas índoles, y así lograr un mayor control sobre ellos. La



viabilidad y la eficacia del nuevo método de proceso de la métrica en el uso práctico son confirmadas por pruebas realizadas en un proyecto específico en una empresa certificada nivel del software CMM nivel 2. La investigación es grandemente provechosa para con eficacia regular y mejorar métrica de proceso del software, y promover el nivel maduro de la capacidad de proceso de la organización. Por lo tanto, se planea en trabajos futuros presentar la evolución de ese modelo con sus relaciones pertinentes y así lograr un mejor producto que se ajuste a los tiempos actuales de la demanda del mercado. La idea es aplicar el modelos de forma más contante en los desarrollo de proyectos informáticos, para así logra un mayor feedback de información y lograr una mejora en los procesos de forma general.



7. REFERENCIAS

- [1] Consultores GlobQuality S.A., Curso “Introducción a la Norma Internacional ISO 9001”, Chile, 2004
- [2] Yoo, Yoon, Lee, Lee, Lee, Hyun, Wu, "An Integrated Model of ISO 9001:2000 and CMMI for ISO Registered Organizations," Proceeding of *apsec*, pp. 150-157, 11th Asia-Pacific Software Engineering Conference (APSEC'04), 2004.
- [3] Andrade, Gómez, Beobide, Gutierrez de Mesa, “Desde ISO 9001 Hacia CMMI, Pasos Para La Mejora De Los Procesos Y Métricas”, España, 2006.
- [4] Peralta, “Asistente para la evaluación de CMMI-SW”. Tesis de Maestría. ITBA. Buenos Aires, 2004.
- [5] Garavito, Solarte, “Desarrollo de un modelo de madurez para valorar la gestión de proyectos en las organizaciones”, *IX Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos*, AEIPRO Asociación Española de Ingeniería de Proyectos, Málaga, España, 2005.
- [6] Martín, “Sistema de Catalogación de Métricas e Indicadores con Potencia de Web Semántica”. Tesis de Maestría, UNLP, 2004
- [7] IEEE 610.12:1990 International Standard, Glossary of Software Engineering Terminology, 2000.
- [8] Pino, García, Ruiz, Piattini, “Adaptación de las normas ISO 12207:2002 e ISO 15504:2003 para la evaluación de la madurez de procesos software en países en desarrollo”, 2005.
- [9] González, de Cuadra García, “Calidad del software (II)”, procedentes de “Anales de Mecánica y Electricidad” pag. 20-29, España, 2001.
- [10] Möller, Paulish, “Software Metrics: IEEE Press y Champman & Hall”, 1993.
- [11] O'Regan, “A Practical Approach to Software Quality”, Springer, New York, 2002.
- [12] Heredia, Rojas, Chunga, “Estudio Aseguramiento de La Calidad del Software con el Soporte de un cuestionario Interactivo”, Perú, 2000.
- [13] Pressman , “Ingeniería del software, un enfoque práctico”, Cuarta edición, McGraw Hill, 2002.



- [14] “Key Practices of the Capability Maturity ModelSM, Version 1.1” Technical Report (CMU/SEI-93-TR-025), Pittsburgh, Software Engineering Institute, Carnegie Mellon University, 1993
- [15] Mutafelija, Stromberg, Mappings of ISO 9001:2000 and CMMI Version 1.1 <http://www.sei.cmu.edu/cmmi/adoption/isomapping.html>, 2003
- [16] Dymon, Kenneth. "Una Guia del CMM". Process Inc US. 1997.
- [17] Mark, “A Comparison of ISO 9001 and the Capability Maturity Model for Software,” Tech. Report CMU/SEI-94-TR-2, Software Eng. Inst., Pittsburgh, 1994.
- [18] Mark, "How ISO Compares with the CMM", 74-83 *Electronic Edition* (IEEE Computer Society DL) IEEE Software, 1995.
- [19] Biberoglu, Haddad, “A Survey of Industrial Experiences with CMM and the Teaching of CMM Practices”, CSIS Department, Kennesaw State University Kennesaw, 2002.
- [20] Villa, Ruiz, Ramos, “Modelos de Evaluación y Mejora de Procesos: Análisis Comparativo”, España, 2004.
- [21] Finkelstein, Fuggetta, Montangero, Derniame, *Software Process: Principals, Methodology and Technology, Cap 2*, Springer-Verlag, 1998.
- [22] Moore, Software Engineering Standards, *Cap 6*, IEEE Computer Society, 1998.
- [23] “Lloyd’s Register TickIT Auditors” Course, Issue 1.4, Lloyd’s Register, Mar. 1994.
- [24] Xu, Xue, Nie, Zhang, Li, “Research on CMMI-based Software Process Metrics”, Department of Computer Science and Engineering, Fudan University, School of Computer Engineering, Shandong University of Finance, Proceedings of the First International Multi-Symposiums on Computer and Computational Sciences, 2006.
- [25] Lee, Chang, “Applying TQM, CMM and ISO 9001 in Knowledge Management for software development process improvement”, *Int. J. Services and Standards, Vol. 2, No. 1, 2006*.
- [26] IEEE Standard for a Software Quality Metrics Methodology, IEEE Std 1061-1992.



[27] International Standard Software Engineering - Product Quality- Part 1: Quality model, ISO/IEC 9126-1: 2001, 2001,

[28] International Standard, Information technology -- Software product evaluation -- Part 5: Process for evaluators, ISO/IEC 14598-5, 1998.

[29] M. Macías. “Métricas de calidad centradas en accesibilidad para KAI”. Departamento de Informática. Escuela Politécnica, 10071 Cáceres, España, 1999.

[30] SEI, “Capability Maturity Model Integration”, 2002 (<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/cmmi.html>).

[31] Chrissis, Konrad, Shrum. “Guidelines for Process Integration and Product Improvement”. Editorial Addison-Wesley, 2003.

[32] SEI, “Software Engineering Capability Maturity Model Integration”, 2002 (<http://www.sei.cmu.edu/cmmi/models/models.html>).



8. ANEXOS

8.1. SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD DE ISO 9001:2000.

A continuación se expondrá los puntos principales de este estándar en tablas de forma de resúmenes:

4 SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD	
4.1 REQUISITOS GENERALES	Identificación, secuencia e interacción de los procesos. Definir métodos de control, seguimiento y medición de los procesos, fijar acciones para alcanzar los objetivos planificados. Debe asegurarse el control de los procesos subcontratados.
4.2 REQUISITOS DE LA DOCUMENTACIÓN	
4.2.1 Generalidades	La documentación debe incluir declaración de la política y objetivos de calidad, manual de calidad, procedimientos documentados, registros.
4.2.2 Manual de la Calidad	Contendrá descripción requisitos y ámbito del Sistema, procedimientos o referencia a los mismos, descripción de la interacción entre los procesos
4.2.3 Control de la documentación	Edición, Revisión, aprobación documentos y control documentos obsoletos
4.2.4 Control de los registros	Ubicación, archivo, tiempo de archivo, control acceso

5 RESPONSABILIDAD DE LA DIRECCIÓN	
5.1 COMPROMISO DE LA DIRECCIÓN	Comunicación a la organización, definir política y objetivos de calidad, revisiones sistema y disponibilidad de recursos. Establecer un sistema de gestión de calidad. Realizar análisis crítico de la gestión.
5.2 ENFOQUE AL CLIENTE	Identificar, definir y comprender las necesidades y requisitos del cliente
5.3 POLITICA DE CALIDAD	Coherente con objetivos, sometido a revisión. Compromiso de Mejora Continua. Provee un marco de trabajo para establecer y analizar los objetivos de la calidad. Es comunicada, comprendida e implementada en toda la organización. Revisada continuamente
5.4 PLANIFICACION	
5.4.1 Objetivos	Documentar objetivos (consecuentes con política y con mejora continua). Deben ser medibles.
5.4.2 Planificación de la Calidad	Deberá determinar las actividades necesarias para alcanzar los objetivos de calidad. Considerando:



- Designación de los recursos, responsabilidades y autoridad necesarios.
- Identificación y adquisición de los equipos, recursos y destrezas necesarios.
- Declaración de las normas de aceptabilidad para todos los requisitos, incluyendo los que contienen juicios subjetivos.
- Identificación de las actividades adecuadas de verificación.
- Necesidad y preparación de registros de calidad.
- Definir los procesos seleccionados y determinar las entradas y las salidas.

5.5 SISTEMAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

5.5.1 Generalidades	Establecer el sistema como un medio para asegurar que los productos y/o servicios estén en conformidad con los requisitos específicos.
5.5.2 Responsabilidad y autoridad	Definir y comunicar los roles, responsabilidades y las autoridades
5.5.3 Manual de la calidad	Es responsabilidad de la gestión. Deberá incluir: <ul style="list-style-type: none">• La política de calidad.• La definición del sistema de gestión de la calidad.• La presentación de la estructura organizacional.• La inclusión o referencia a los procedimientos del sistema a utilizar.
5.5.4 Procedimiento del sistema	Este, junto al manual, deben describir el sistema de gestión de calidad completo. La amplitud y el detalle de los procedimientos dependerán de la complejidad del trabajo, métodos empleados, destrezas y capacitación del personal
5.5.5 Representante de la dirección	Miembro del cuerpo directivo, con autoridad para: <ul style="list-style-type: none">• Asegurar que se implemente y mantenga el sistema de gestión de calidad.• Informar a la dirección respecto de la realización del sistema de gestión, incluyendo las necesidades de mejora.
5.5.6 Control de los documentos	La organización deberá establecer los procedimientos del sistema, asegurando que: <ul style="list-style-type: none">• Los documentos están aprobados para la adecuación.• Los documentos son analizados periódicamente y revisados según sea necesario.• Las versiones de los documentos están en todos los lugares donde se realizan las actividades, para el funcionamiento efectivo de los procesos.



	<ul style="list-style-type: none"> • Los documentos obsoletos están retirados de los puntos de emisión y uso. <p>La documentación debe ser legible, controlada, fácilmente identificable y mantenida en forma ordenada</p>
5.5.7 Control de los registros de la calidad	Deben estar disponibles. Se deberán controlar los registros de la calidad de los proveedores. Se deberá establecer y mantener procedimientos del sistema para registrar la identificación, la colección, el indexado, el acceso, el archivo, el almacenamiento y la disposición.
5.6 ANÁLISIS DE LA DIRECCIÓN	<p>Deberá analizar el sistema de gestión de la calidad para asegurar su adaptabilidad, adecuación y efectividad continua. Al menos se deberá comparar y evaluar las siguientes entradas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Informes de la auditoria. • Quejas y satisfacción de los clientes. • Informes del proceso y análisis de la conformidad del producto. • Nivel de acciones preventivas, correctivas y de mejora, comparado con la política y los objetivos de la calidad existentes. <p>Las salidas del análisis de la dirección deberán incluir, según corresponda, el nivel o la revisión de los planes de acción relativos a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El sistema de gestión de la calidad. • La política y los objetivos de la calidad. • Las necesidades de auditorias para los procesos o los productos. • La ubicación de los recursos. <p>Los resultados de los análisis de la dirección deberán ser registrados.</p>

6 GESTIÓN DE LOS RECURSOS	
6.1 GENERALIDADES	Se deben determinar y suministrar los recursos necesarios para establecer y mejorar el sistema de gestión de la calidad
6.2 RECURSOS HUMANOS	
6.2.1 Designación del personal	Definir y comunicar funciones y responsabilidad del personal, en base a la educación, la capacitación y la experiencia aplicables
6.2.2 Competencia, toma de conciencia y formación	<p>Determinar necesidades de formación, facilitar y evaluar eficacia de la formación. Mantener registros.</p> <p>Sensibilizar a toda la organización sobre importancia Política de Calidad, Impacto del trabajo en la calidad, mejora,</p>



	responsabilidades, consecuencias
6.3 OTROS RECURSOS	
6.3.1 Información	Se debe definir y mantener la información vigente necesaria para lograr la conformidad de los productos y/o servicios
6.3.2 Infraestructura	Espacio de trabajo, equipos, mantenimiento, servicios de apoyo
6.3.3 AMBIENTE DE TRABAJO	Salud e Higiene, Métodos de Trabajo, Ética, Condiciones Ambientales

7 GESTIÓN DE PROCESO

7.1 GENERALIDADES	Identificar y gestionar los procesos que afectan a la calidad de los productos y/o servicios. Se deben definir métodos control proceso, parámetros, normas, mediciones.
7.2 PROCESOS RELACIONADOS CON EL CLIENTE	
7.2.1 Determinación de los requisitos relacionados con el cliente	Identificar requisitos de cliente, el punto hasta el cual el cliente ha especificado los requisitos del producto y/o servicio, incluidos los legales.
7.2.2 Análisis de los requisitos relacionados con el cliente	Requisitos definidos y documentados, registro pedidos verbales, resolver diferencias
7.2.3 Análisis de la capacidad para cumplir con los requisitos	Cada compromiso para proveer un producto deberá ser analizado para asegurar que la organización tendrá la capacidad para cumplir con los requisitos, definidos para los productos y/o servicios
7.2.4 Comunicación con el cliente	Son los requisitos de la organización relativos a: la manipulación de consultas y pedidos, Información producto y/o servicio, voz del cliente, procesos de anulación
7.2.5 Propiedad del cliente	Se deben cuidar las propiedades del cliente, mientras las mismas se encuentran bajo la supervisión de la organización, o están siendo utilizadas por ella. Cualquier extravío será informado al cliente
7.3 DISEÑO Y DESARROLLO	
7.3.1 Planificación del diseño y desarrollo	Planes de diseño: etapas, equipo, revisión, responsabilidades, verificación y validación. Los planes y la documentación relacionada deberán: Encontrarse disponibles para el personal que los necesite para realizar su trabajo. Ser analizados y actualizados a medida que el diseño y desarrollo



	se desenvuelven.
7.3.2 Entradas al diseño y desarrollo	Requisitos de Cliente, legales y medioambientales. Experiencia previa
7.3.3 Salidas del diseño y desarrollo	Cumplir requisitos entrada, criterio de aceptación, características especiales para su uso seguro y apropiado y la aplicación del producto y/o servicio. Los documentos de salida de diseño y desarrollo deberán ser analizados y aprobados previo a su circulación
7.3.4 Revisión del diseño y desarrollo	Se deberá en las etapas adecuadas del proceso de diseño y desarrollo realizar revisiones formales, Identificar problemas, evaluar capacidad de cumplir con los requisitos. Se ha de mantener archivo
7.3.5 Verificación del diseño y desarrollo	Verificación en etapas planificadas, para asegurar que la salida del diseño cumple con los requisitos de entrada del mismo
7.3.6 Validación del diseño y desarrollo	Comprobación de que el producto y/o servicio cumple con los requisitos definidos.
7.3.7 Control de cambios del diseño y desarrollo	Antes de realizar el cambio se debe determinar el efecto en el resto del diseño, así como entre las partes del producto y/o servicio
7.4 COMPRAS	
7.4.1 Generalidades	Evaluación del proceso de compra, para asegurarse que el producto y/o servicio adquirido está en conformidad con los requisitos de la organización y selección de proveedores
7.4.2 Información de las compras	Requisitos del producto, descripción clara del producto, documentación de las compras para la adecuación de las especificaciones de los requisitos, previamente a su circulación.
7.4.3 Verificación de los productos y/o servicios comprados	Tomando e implementando las disposiciones necesarias. Cuando se quiera verificar al proveedor la organización deberá especificar las disposiciones y el método de la verificación requerida. Verificación de los productos y/o servicios.
7.5 PRODUCCIÓN Y DE PRESTACIÓN DEL SERVICIO	
7.5.1 Generalidades	La organización deberá controlar las operaciones de producción y servicios mediante: La disponibilidad de especificaciones de trabajo. El empleo y el mantenimiento del equipo adecuado para la producción, instalación y provisión de servicios. La disponibilidad de ambientes de trabajo apropiados.



	<p>La disponibilidad y el empleo de equipos de inspección, medición y ensayos adecuados.</p> <p>La implementación de actividades adecuadas de monitoreo, inspección o ensayo.</p> <p>Las medidas para la identificación del nivel del producto y/o servicio, respecto de las actividades requeridas de medición y verificación.</p> <p>Los métodos apropiados para la emisión y la entrega de los productos y /o servicios.</p>
7.5.2 Identificación y trazabilidad	<p>Identificación producto o servicio a través de métodos apropiados en la totalidad de todos los procesos de realización. La trazabilidad se implantará cuando sea un requisito especificado.</p>
7.5.3 Manipuleo, embalaje, almacenamiento, conservación y entrega	<p>La organización debe asegurarse que durante el procesamiento interno y la entrega final, la identificación, el embalaje, el almacenamiento, la conservación y el manipuleo no afectan negativamente la conformidad con los requisitos</p>
7.5.4 Validación del proceso	<p>La organización deberá determinar cualquier proceso de producción y/o servicio en el que la salida resultante no pueda ser fácil o económicamente verificada por monitoreo, inspección y ensayo, luego será validado. Las disposiciones para la validación tienen que tomar en cuenta por lo menos la necesidad que:</p> <p>Los procesos deben ser calificados previamente al uso.</p> <p>La calificación del equipo o del personal.</p> <p>El empleo de procedimientos o registros específicos.</p>
7.6 CONTROL DE LAS NO CONFORMIDADES	
7.6.1 Generalidades	<p>Para aquellos productos y/o servicios que no están en conformidad con los requisitos, y puedan ser controlados para prevenir su uso, aplicación o instalación no planificada. Se deberán definir las disposiciones para asegurar que el producto y/o servicio no conforme está controlado</p>



7.6.2 Análisis y disposición de las no conformidades	Se debe determinar que acción a seguir. Los productos y /o servicios fuera de las conformidades serán: Corregidos o ajustados para que cumplan con los requisitos. Aceptados bajo concesión, con o sin corrección. Reasignados para una aplicación alternativa válida. Rechazados como inadecuados. Se deberán definir las responsabilidades y la autoridad para el análisis y la solución de las no conformidades. Si es requerido por contrato se debe informar la acción a seguir al cliente. Registrar modificaciones
7.7 SERVICIOS POSTERIORES A LA ENTREGA	En caso de servicios de apoyo, posteriores a la entrega del producto, la provisión de dichos servicios debe estar sujeta a disposiciones planificadas. Dichas disposiciones deberán ser consistentes con los requisitos de 7.1 junto con otros requisitos de la cláusula 7, según corresponda

8 MEDIDA, ANALISIS Y MEJORA

8.1 GENERALIDADES

El proceso de análisis y medición debe demostrar la eficacia de la gestión y la mejora del sistema de gestión de calidad.
Periódicamente se evaluará la efectividad de las mediciones
Los resultados son una entrada a la Revisión por la Dirección

8.2 SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN

8.2.1 Medición del desempeño del sistema

Se deben establecer procesos para la medición del desempeño del sistema de gestión de calidad. Utilizando la satisfacción del cliente como una medida básica de la salida del sistema y auditoría interna, se evalúa la conformidad del sistema en marcha.

8.2.1.1 Satisfacción del cliente

Seguimiento Satisfacción o Insatisfacción Cliente, por medio de un proceso establecido. Definiendo los métodos y medidas para obtener información. Deberá demostrar el nivel de confianza del cliente en la entrega de productos y/o servicios. Evaluar periódicamente.

8.2.1.2 Auditorías internas

Con el propósito de:
Seguimiento del Sistema de calidad de la organización en



	<p>comparación con la norma internacional.</p> <p>Si el sistema de calidad ha sido correctamente implementado y mantenido.</p> <p>Basándose en el nivel y la importancia de las actividades, las áreas o ítem a ser evaluados y en los resultados de auditorias previas.</p> <p>Deberán incluir:</p> <p>La planificación y programación de las actividades, áreas o ítem específicos a ser auditados.</p> <p>La asignación del personal capacitado, independientemente del que realiza el trabajo que está siendo auditado.</p> <p>El aseguramiento de que está definida una base consistente para la realización de auditorias.</p> <p>Deberá registrar el resultado de las auditorias internas, incluyendo:</p> <p>Las actividades, las áreas y los procesos auditados.</p> <p>Las no conformidades o deficiencias halladas.</p> <p>El nivel de compromiso hechos como resultado de auditorias previas, tales como acciones correctivas o auditorias del producto.</p> <p>Las recomendaciones para la mejora.</p> <p>El resultado deberá ser comunicado al área auditada, el personal directivo de esa área emprenderá las acciones correctivas.</p>
8.2.2 Medición de los procesos	<p>Utilizando los métodos adecuados. Se deberán utilizar para monitorear la salida de los procesos que controlan la conformidad de los productos y/o servicios. Buscando la mejora interna</p>
8.2.3 Medición de los productos y/o servicios	<p>Se deberá registrar la evidencia de la inspección y las actividades de ensayo requeridas y los criterios de aceptación empleados. Se debe indicar la autoridad responsable. No se debe despachar productos y/o servicios hasta que se cumplan todas las actividades específicas y la documentación correspondiente se encuentre disponible y autorizada.</p>
8.2.4 Control de los equipos de medición, inspección y ensayo	<p>Se debe verificar el cumplimiento de los requisitos especificados para el producto y/o servicio. Deberá ser utilizado de manera tal de asegurar que la incertidumbre de la medición, incluyendo la exactitud y la precisión, es conocida y consistente con la capacidad de medición requerida. La organización deberá:</p> <ul style="list-style-type: none">• Calibrar y ajustar los equipos de medición, inspección y ensayo a intervalos establecidos o previamente al uso, contra



equipos traceables, contra patrones nacionales o internacionales.

- Identificar los equipos de medición, inspección y ensayo con un indicador adecuado o con un registro de identificación aprobado.
- Registrar el proceso de calibración de los equipos de medición, inspección y ensayo.
- Asegurar que las condiciones ambientales sean adecuadas para la calibración, etc.
- Resguardar los equipos de medición, etc., que pudieran invalidar la calibración.
- Verificar la validez de los resultados de inspecciones y ensayos realizados previamente cuando el equipo se encuentre fuera de calibración.
- Establecer las acciones a iniciar cuando los resultados de verificación de la calibración sean insatisfactorios.

8.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

Se deberá establecer como un medio para determinar donde pueden realizarse las mejoras del sistema de gestión de calidad. Se deben recolectar datos de las distintas fuentes, como resultados de auditorías internas, quejas de clientes, acciones correctivas y preventivas, etc. Los datos deben suministrar información sobre:

- La efectividad del sistema de gestión de la calidad.
- El curso de las operaciones del proceso.
- La satisfacción del cliente, y
- La conformidad con los requisitos del usuario.
- Se debe determinar las técnicas estadísticas para analizar los datos, las que deben ser monitoreadas y controladas

8.4 MEJORA

8.4.1 Acciones correctivas

La organización deberá establecer un proceso para eliminar las causas de no conformidades, mediante la prevención de su recurrencia, usando las quejas de los clientes, el sistema de gestión de calidad y sus registros como entradas para el proceso de acciones correctivas. Se deben establecer responsabilidades. Debe incluir:

- Identificación de no conformidades, en los productos, procesos, sistema de gestión de calidad y las quejas de los



8.4.2 Acciones preventivas

clientes.

- La investigación de las causas de las no conformidades y el registro de los resultados de dicha investigación.
- Determinación de las acciones correctivas necesarias.
- La implementación de las acciones correctivas.
- El seguimiento para asegurar la efectividad de las acciones.

Antes de la entrega o cuando lo tenga el cliente se debe implementar esta acción

Eliminar y Reducir causas potenciales de No Conformidad. Usando los registros del sistema de gestión de calidad y los resultados del análisis de los datos. Establecer responsabilidades.

Debe incluir:

- Identificación del producto y/o servicio y del proceso que generan no conformidades.
- Investigación de las causas potenciales no conformadas en el producto y/o servicio, en el proceso, sistema de gestión de calidad y registro de resultados.
- Determinación de las acciones preventivas.
- Implementación de las acciones preventivas.
- Seguimiento par ver que la acción preventiva tomada es efectiva.

8.4.3 Procesos de mejora continua

La organización deberá establecer procesos para la mejora continua del sistema de gestión de la calidad. Dichos procesos deberán incluir los métodos y acciones que resulten apropiados para los productos y/o servicios



8.2. FORMATO DE BASE DE DATOS DE METRICAS Y RESULTADOS ASOCIADOS A PROYECTOS Y CLIENTES.

A continuación se expone el formato de la base de datos de métricas ocupada para este proyecto. Esta dividida en 3 partes:

- Tablas de información.
- Formularios de ingreso de métricas.
- Informes generados de acuerdo a métricas.

Esta base de datos fue realizada en MS Access, la cual contiene los datos necesarios para almacenar la información relacionada con las métricas y los futuros feedback necesarios para los refinamientos y revisión de experiencias previas para futuras evaluaciones.

Cada tabla tiene un propósito específico, las cuales tienen asociadas unos formularios de ingreso de información. Vale decir que esta base de datos es una de los primeros prototipos que se ocupan. Además se exponen informes que sirven para poder interpretar estas métricas ingresadas y almacenadas, las cuales tienen como propósito la interpretación de las métricas y futuras decisiones a largo y corto plazo.

8.2.1. Tablas y formularios de información de métricas y artefactos asociados

- Tabla tbl_metricas y formulario asociado: Esta tabla tiene como propósito guardar la información de las métricas. En ella se guarda un identificador y sus valores asociados.

	id_metrica	fid_indicador	valor1	valor2	valor3	fecha
▶	2	2	3	5		01-09-2008
	4	1	2	7		01-10-2008
	5	1	2	8		01-12-2008
	6	1	4	9		01-01-2008
	7	1	3	10		01-02-2008
	8	1	2	12		01-03-2008
	9	2	8			01-01-2008
	10	2	7			01-02-2007
	11	2	9			01-03-2007
	12	1	5	15		01-04-2007
	13	1	7	15		01-05-2008
	14	1	10	15		01-06-2008
	15	1	5	18		01-07-2007
	16	1	2	18		01-08-2007
	17	1	3	20		01-10-2008
*	(Autonumérico)		0	0	0	

Registro: 1 de 15



Mantenedor de Métricas

Indicador: 2

Descripción del Indicador: No conformidades relativas al control de los registros

Código Proceso: GCL-PRC-002

Nombre Proceso: Control de los Registros

Cantidad : 3
: 5
:

Fecha: 01-09-2008

Registro: 1 de 15

- Tabla tbl_proceso y formulario asociado: tiene los procesos que son necesarios medir.

	id_proceso	codigo_proceso	nombre_proceso
+	1	GCL-PRC-001	Control de la Documentación
+	2	GCL-PRC-002	Control de los Registros
*	(Autonumérico)		

Registro: 1 de 2

Mantenedor de Procesos

Código del Proceso: GCL-PRC-001

Nombre del Proceso: Control de la Documentación

Registro: 1 de 2



- Tabla tbl_indicadores y formulario asociado: Esta tabla guarda la información relacionada con los indicadores del proyecto y los responsables asociados.

tbl_indicadores : Tabla

	id_indicador	fid_proceso	descripcion	periodicidad	meta	proxima_medid	fid_responsable	descripcion1	descripcion2
+	1	GCL-PRC-001	No conform	Mensual	0 No Conform	30-05-2004	Susana	No conformidades	Cantidad de documentos
▶	2	GCL-PRC-002	No conform	Mensual	0 No Conform	30-01-2004	Juan Carlos	Cantidad	
*	(Autonumérico)								

Registro: 2 de 2

Mantenedor de Indicadores de Desempeño

Mantenedor de Indicadores de Desempeño

Proceso:

Descripción:

Descripción Métrica 1:

Descripción Métrica 2:

Descripción Métrica 3:

Meta:

Periodicidad:

Fecha Próxima Medición:

Responsable:

Obsoleto

Registro: 1 de 2



- Tabla tbl_profesionales y formulario asociado: contiene los profesionales de la organización.

	id_profesional	nombre_profesi	apellido_profesi	e-mail
+	1	Francisco	Arancibia	farancibia@disc
+	2	Susana	Astudillo	sastudillo@disc
+	3	Juan Carlos	Ferrer	jferrer@disc.cl
+	4	Marisel	Bustos	mbustos@disc.
+	5	John	Cossio	jcossio@disc.c
+	6	Eliana	Fernández	efernandez@dis
+	7	Fernando	Gatica	fgatica@disc.cl
+	8	Leonardo	Guerrero	lguerrero@disc.
+	9	Sylvia	Hormazabal	shormazabal@
+	10	Tania	Novoa	tnovoa@disc.cl
+	11	Fredy	Reinoso	freinoso@disc.c
+	12	Karen	Rodríguez	krodriguez@dis
+	13	Karen	Rojas	krojas@disc.cl
+	14	David	Sánchez	dsanchez@disc
+	15	Sergio	Barros	sbarros@pjud.c
+	16	Javier	Carrasco	jcarrasco@disc
+	17	Elizabeth	Contreras	econtreras@pju
+	18	Patricia	Cristi	pcristi@disc.cl
+	19	Leonardo	García	lgarcia@disc.cl
+	20	Carlos	González	cgonza51@ban
+	21	Luis	Mella	lmella@pjud.cl
+	22	Rodrigo	Moreno	rmoreno@disc.
+	23	Manuel	Moya	mmoya@chilex
+	24	Adriana	Pacheco	apacheco@disc
+	25	Mauricio	Pizarro	mpizarro@disc.
+	26	Jennifer	Ortiz	jortiz@disc.cl
+	27	Ximena	Urra	xurra@disc.cl
+	28	René	Vilches	rvilches@disc.c
+	29	Pablo	Hernández	phernandez@di
+	30	César	Cornejo	ccornejo@disc.
+	31	Ricardo	Cornejo	rcornejo@disc.

Ingreso de Profesionales

Mantenedor de Profesionales

ID Profesional:

Nombre:

Apellido:

E-Mail:

Registro: de 56



8.2.2. Informes generados

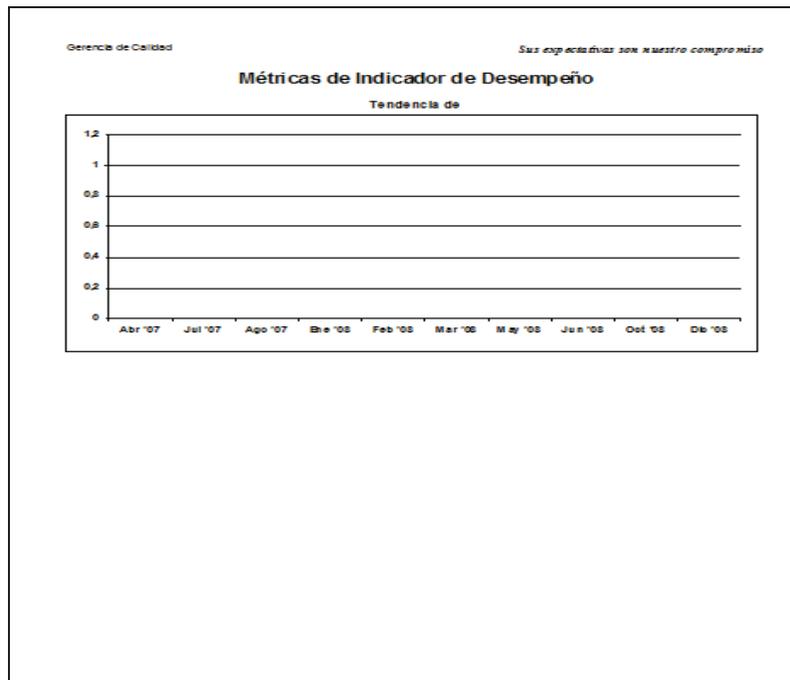
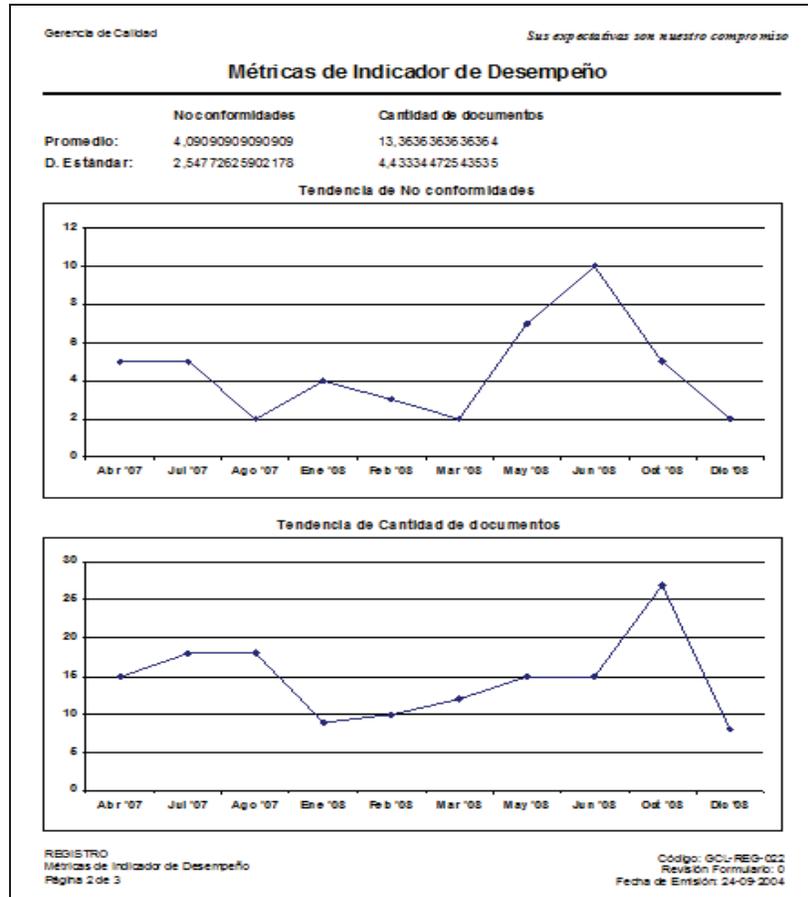
A continuación se expone algunos ejemplos de formatos de informes que se pueden generar con esta base de datos, las cuales tiene como finalidad de informar sobre las métricas almacenadas, indicadores y los programas de medición.

- Métricas de Indicadores de Desempeño: Este informe sirve para poder informar sobre el desempeño de algún proceso específico, el cual se identifica a través de un código único. Se puede apreciar que además tiene una periodicidad, la cual indica el tiempo en que se realizan estas mediciones y su responsable asociado. Con esto se puede almacenar la métricas en los distintos periodos y realizar comparaciones de ellas para ver como es su evolución, lo cual sirve para la toma de decisiones a corto y largo plazo.

Gerencia de Calidad		<i>Sus expectativas son nuestro compromiso</i>	
Métricas de Indicador de Desempeño			
ID: 1			
Descripción del indicador: No conformidades de documentación mensual			
Código Proceso: GCL-PRC-001		Nombre Proceso: Control de la Documentación	
Periodicidad: Mensual		Meta: 0 No Conformidades	
Responsable: Susana Astudillo			
#	Fecha	No conformidades	Cantidad de documentos
1	01-04-2007	5	15
2	01-07-2007	5	18
3	01-08-2007	2	18
4	01-01-2008	4	9
5	01-02-2008	3	10
6	01-03-2008	2	12
7	01-05-2008	7	15
8	01-06-2008	10	15
9	01-10-2008	3	20
10	01-10-2008	2	7
11	01-12-2008	2	8

REGISTRO
Métricas de Indicador de Desempeño
Página 1 de 3

Código: GCL-REG-022
Revisión Formulario: 0
Fecha de Emisión: 24-09-2004





Métricas de Calidad en conjunto con CMM nivel 2 e ISO 9001:2000

- Programa de medición de métricas: tiene como propósito exponer un programa de medición de datos, es decir, de acuerdo a un índice o proceso que se quiera medir (de acuerdo a alguna KPA específico, por ejemplo), identificar que métricas pueden ocupar para realizar estas mediciones. Estas mediciones se pueden realizar por varios medios, los cuales pueden ser a través de vía email, encuestas, entrevistas, dependiendo del propósito de la métrica que se está midiendo.

Sistema de Gestión de Calidad		<i>Sus expectativas son nuestro compromiso</i>									
Programa de Medición de Datos											
Fecha de actualización: 28-09-2008 11:39:38											
ID	Proceso	Indicador de Desempeño	Texto 1	Texto 2	Texto 3	Métrica 1	Métrica 2	Métrica 3	Meta	Periodicidad	Responsable
12	GTD-PRC-002	% No Conformidades KPA Gestión de Requerimientos	Cilente	Proyecto		% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades	<= 15%	Luego de cada revisión SQA	Ingeniero de Calidad
14	GTD-PRC-003	% No Conformidades KPA Gestión de la Configuración	Cilente	Proyecto		% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades	<= 15%	Luego de cada revisión SQA	Ingeniero de Calidad
15	GTD-PRC-005	% Aumento de HH Gastas vs HH Estimadas en Fase de Concepción	Cilente	Proyecto		% Desviación	HH Estimadas	HH Gastadas	<= 10%	Fin de cada proyecto	Jefe de Proyecto
9	GTD-PRC-006	% Cumplimiento Acumulado de las Iteraciones	Cilente	Proyecto		% Cumplimiento	# Iteraciones		>= 90%	Al final del proyecto	Ingeniero de Calidad
11	GTD-PRC-005	% No Conformidades KPA Planificación de Proyectos	Cilente	Proyecto		% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades	<= 15%	Luego de cada revisión SQA	Ingeniero de Calidad
13	GTD-PRC-008	% No Conformidades KPA Control y Seguimiento de Proyectos	Cilente	Proyecto		% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades	<= 15%	Luego de cada revisión SQA	Ingeniero de Calidad
18	NA	% Aumento de HH Gastadas vs HH Vendidas	Cilente	Proyecto		% Desviación	HH Gastadas	HH Vendidas	<= 15%	Fin de cada proyecto	Jefe de Proyecto
19	NA	% Desviación en Entrega de Proyecto	Cilente	Proyecto		% Desviación	Dias Atraso	Dias Proyecto	<= 15%	Fin de cada proyecto	Jefe de Proyecto

REGISTRO
Programa de Medición de Datos
Página 1 de 2

Código: GCL-REG-020
Revisión Formulario: 0
Fecha de Emisión: 24-08-2004



Sistema de Gestión de Calidad

Sus expectativas son nuestro compromiso

Programa de Medición de Datos

Fecha de actualización: 28-09-2006 11:39:38

ID	Proceso	Indicador de Desempeño	Texto 1	Texto 2	Texto 3	Métrica 1	Métrica 2	Métrica 3	Meta	Periodicidad	Responsable
4	NA	Calidad de Software Construido (Encuesta Satisfacción, pregunta 10)	Cilente	Proyecto	Encuestado	Nota	Metodología Dix-UP		>= 6,0	Semestral	Gerente Comercial
3	NA	Calidad del Diseño de Software (Encuesta Satisfacción, pregunta 10)	Cilente	Proyecto	Encuestado	Nota	Metodología Dix-UP		>= 5,5	Semestral	Gerente Comercial
5	NA	Calidad Documentación Generada (Encuesta Satisfacción, pregunta 10)	Cilente	Proyecto	Encuestado	Nota	Metodología Dix-UP		>= 6,0 ; d.e. <= 1,0	Semestral	Gerente Comercial
6	NA	Cumplimiento de Plazos Comprometidos (Encuesta Satisfacción, pregunta 10)	Cilente	Proyecto	Encuestado	Nota	Metodología Dix-UP		>= 6,0 ; d.e. <= 1,2	Semestral	Gerente Comercial
8	NA	Metodología DISC (Encuesta Satisfacción, pregunta 8)	Cilente	Proyecto	Encuestado	Respuesta (1-4)			>= 3 ; d.e. <= 1,3	Semestral	Gerente Comercial

REGISTRO
Programa de Medición de Datos
Página 2 de 2

Código: GCL-REG-020
Revisión Formulario: 0
Fecha de Emisión: 24-09-2004



- Informe de Métricas por Proyecto: este formato de informe sirve para poder registrar las prácticas que se pueden aplicar por proyecto. Estas métricas están enfocadas a las no conformidades (de ISO 9001) relacionadas con las KPA de CMM.

Sistema de Gestión de Calidad		<i>Sus expectativas son nuestro compromiso</i>	
Informe de Métricas por Proyecto			
Fecha de actualización: 28-09-2006 11:37:31 Métricas consideradas desde: 01-01-2006			
Cliente : Metro			
Proyecto : Administración Contratos Corporativos			
<u>% No Conformidades KPA Planificación de Proyectos</u>			
	% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades
11-01-2006	21	42	9
10-02-2006	18	38	7
Promedio:	19,5	40	8
D. Estándar:	2,12	2,83	1,41
# Métricas:	2		
<u>% No Conformidades KPA Gestión de Requerimientos</u>			
	% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades
11-01-2006	38	21	8
10-02-2006	70	20	14
Promedio:	54	20,5	11
D. Estándar:	22,6	0,71	4,24
# Métricas:	2		
<u>% No Conformidades KPA Control y Seguimiento de Proyectos</u>			
	% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades
11-01-2006	93	28	26
10-02-2006	89	28	25
Promedio:	91	28	25,5
D. Estándar:	2,83	0	0,71
# Métricas:	2		



% No Conformidades KPA Gestión de la Configuración

	% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades
11-01-2006	67	9	6
10-02-2006	54	13	7
Promedio:	60,5	11	6,5
D. Estándar:	9,19	2,83	0,71
# Métricas:	2		

Cliente : Metro
Proyecto : Contrato Marco

% Desviación en Entrega de Proyecto

	% Desviación	Días Atrazo	Días Proyecto
01-01-2006	0	0	0
01-04-2006	0	0	0
Promedio:	0	0	0
D. Estándar:	0	0	0
# Métricas:	2		

Cliente : CORFO
Proyecto : DFI_L2 / LexSoftWEBNet

% No Conformidades KPA Planificación de Proyectos

	% No Conformidades	# Preguntas	# No Conformidades
13-09-2006	50	22	11
Promedio:	50	22	11
D. Estándar:			
# Métricas:	1		