



UNIVERSIDAD DE CHILE
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN

**MÉTRICAS PARA LOS PROCESOS DE GESTIÓN E INGENIERÍA
DE PROYECTOS DE DESARROLLO DE SOFTWARE
PARA UNA PYME**

**TESIS PARA OPTAR AL GRADO DE
MAGISTER EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**

RENÉ LUIS VIDAL LARA

**PROFESORA GUÍA:
MARÍA CECILIA BASTARRICA PIÑEYRO**

**MIEMBROS DE LA COMISION:
JOSÉ BENGURIA DONOSO
ROMAIN ROBBES
YADRAN ETEROVIC SOLANO**

**SANTIAGO DE CHILE
ABRIL 2013**

i. Resumen

El objetivo general del presente trabajo de tesis de grado es diseñar un conjunto de métricas para una Pyme (Amisoft) con el objetivo de permitir controlar de forma integral los aspectos relevantes de los proyectos y procesos de desarrollo de software.

Amisoft es una empresa de tecnologías de la información con 15 años en el mercado que actualmente cuenta con más de 40 profesionales dedicados a proyectos de desarrollo y mantenimiento de software, y que siguen procesos formales de desarrollo.

Desde hace un par de años Amisoft se vio en la necesidad de formalizar sus procesos tanto de desarrollo como de gestión de proyectos de software, motivado por el crecimiento alcanzado, así como también por las exigencias del mercado en el cual participa.

Sin embargo una vez institucionalizados los procesos, se evidenció la necesidad de contar con información de sus procesos y de cuál es el desempeño de los proyectos de tal modo de permitir mejorar la toma de decisiones y acceder realmente a la mejora continua que se ha planteado.

Debido a esta necesidad existente, se apreció la oportunidad de implementar un área de proceso de medidas y análisis que permitiera entregar información sobre el avance de los proyectos, la calidad del producto y el rendimiento del proceso. Esta información ayudaría a establecer líneas bases de calidad y desempeño que permitirían plantear objetivos de mejora que estuvieran alineados con los objetivos estratégicos establecidos por Amisoft.

Por lo tanto el principal reto fue diseñar un conjunto de métricas que dieran respuesta a las necesidades de información de la empresa. Esto implicó definir procesos para la definición, recolección, almacenamiento y análisis de las métricas. Se estudiaron algunas métricas que han sido probadas empíricamente y publicadas en la literatura científica. Se adaptaron e incorporaron las metodologías GQM (Goal Question Metric) y PSM (Practical Software Measurement) como referencia para el proyecto.

El proyecto de tesis involucró la ejecución de tres proyectos pilotos que permitieron probar las métricas en la práctica, ajustarlas, y poder realizar las conclusiones para el presente trabajo. Como complemento a este trabajo de tesis se describen cuáles deberían ser los trabajos futuros para continuar mejorando el área de medidas y análisis.

Se concluye que el trabajo realizado permitió identificar los principales problemas que tenían los procesos y los proyectos. Dichos problemas hacían que los proyectos se volvieran lentos, costosos y con una calidad subsanada vía constantes re trabajos. Esto generaba en la empresa pérdida de competitividad, ingresos y deterioro de la reputación. La mejora en los problemas identificados permitirá revertir esta situación y colocar a Amisoft en una nueva posición competitiva dentro de la industria de TI.

ii. Agradecimientos

Les dedico este esfuerzo a mi esposa e hijas quienes han sido mi gran fuente de motivación para seguir desafiándome a alcanzar nuevas metas en la vida. Gracias por acompañarme en estas aventuras y asumir los costos emocionales y de tiempo que estos esfuerzos requieren para la familia.

A mi profesora guía María Cecilia Bastarrica por su apoyo profesional, tiempo y dedicación, así como también por su delicadeza y experiencia para saber inyectar la dosis justa de adrenalina en cada momento que fue necesario y que hizo posible la culminación de este proyecto.

A cada miembro de la comisión por su tiempo y aportes que permitieron mejorar este trabajo tesis.

A Christian Bridevaux por su motivación y apoyo que permitió conocer e ingresar a un programa de Magister de la calidad académica y constante innovación que entrega esta prestigiosa casa de estudios.

A la coordinación del magíster por su trato cordial, excelente coordinación y su afán de siempre colaborar y solucionar nuestros problemas administrativos.

iii. Glosario de Siglas y Abreviaturas

hh : horas hombre

EVM : earned value management

PV : valor planeado

EV : valor ganado

AC : esfuerzo o costo real del trabajo realizado al momento del análisis

BAC : línea bases de presupuesto

WBS : work break structure

TS : área de proceso de solución técnica

PI : área de proceso de integración de producto

RD : área de proceso de desarrollo de requerimientos

REQM : área de proceso de gestión de requerimientos

PMC : área de proceso de monitoreo y control de proyectos

PP : área de proceso de planificación de proyectos

VAL : área de proceso de validación

VER : área de proceso de verificación

TABLA DE CONTENIDO

i.	Resumen	i
ii.	Agradecimientos	ii
iii.	Glosario de Siglas y Abreviaturas	iii
iv.	Índice de figuras.....	vii
1	Contexto y Antecedentes Generales	1
1.1	Métodos Formales vs Métodos Ágiles.....	2
1.2	Problema a Resolver	3
1.3	Justificación de la Solución.....	4
1.4	Objetivos de la Tesis.....	5
1.5	Resultados Esperados.....	5
2	Metodología de la Solución.....	7
2.1	Introducción.....	7
2.2	GQM (Goal Question Metrics)	7
2.3	Implementación de GQM.....	8
2.3.1	Plantilla de Definición de Objetivos.....	9
2.3.2	Ejemplo GQM.....	10
2.4	PSM (Practical Software Measurement)	11
3	Desarrollo Plan de Gestión del Cambio	13
3.1	Compromiso Gerencia y Visión Compartida	13
3.2	Difusión	13
3.3	Formación y Capacitación	14
3.4	Detección de Liderazgos y Motivación	14
4	Definición de Métricas Utilizando GQM	15
4.1	Objetivo GQM O1	15
4.1.1	Logro del Objetivo GQM O1.....	16
4.1.2	Métrica Propuesta: Adherencia al Proceso	17
4.2	Objetivo GQM O2	17
4.2.1	Logro del Objetivo GQM O2.....	18
4.2.2	Método del Valor Ganado EVM	18
4.2.3	Puntos de Control.....	20
4.2.4	Índice TCPI.....	22
4.2.5	Métrica Propuesta: Valor Ganado.....	23
4.3	Objetivo GQM O3	25
4.3.1	Logro del Objetivo GQM O3.....	26
4.3.2	Métrica Propuesta: Pruebas Funcionales.....	26
4.4	Objetivo GQM O4	27
4.4.1	Logro del Objetivo GQM O4.....	28
4.4.2	Métrica Propuesta: Volatilidad de los Requerimientos	28
5	Medición utilizando modelo PSM	30
5.1	Introducción.....	30
5.2	Planificar la medición	30
5.3	Ejecutar la medición.....	30
5.4	Evaluar la medición.....	30
5.5	Establecer y mantener compromisos	31

6	Implementación de las Métricas	32
6.1	Introducción.....	32
6.2	Estrategia de Implementación	32
6.3	Experimento Piloto N°1	32
6.4	Análisis del Valor Ganado	33
6.4.1	Variables de Análisis de EVM.....	34
6.4.2	Variación de Cronograma SV	34
6.4.3	Variación de Costo CV	35
6.4.4	Índice de Desempeño CPI y SPI	36
6.4.5	Análisis de Proyecciones	36
6.4.6	Análisis del Desempeño de la Iteración.....	37
6.4.7	Descripción del Grafico de las Áreas de Proceso	38
6.4.8	Solución Técnica	38
6.4.9	Desarrollo de Requerimientos.....	39
6.4.10	Prueba	39
6.4.11	Integración de Producto	40
6.4.12	Otros	41
6.5	Volatilidad de Requerimientos	41
6.6	Adherencia al Proceso.....	42
6.7	Experimento Piloto N°2.....	42
6.8	Análisis del Valor Ganado	43
6.8.1	Variables de Análisis de EVM.....	44
6.8.2	Variación de Cronograma SV	45
6.8.3	Variación de Costo CV	45
6.8.4	Índice de Desempeño CPI y SPI	46
6.8.5	Análisis de Proyecciones	46
6.9	Análisis del Desempeño de la Iteración	47
6.9.1	Descripción del Gráfico de las Áreas de Proceso	48
6.9.2	Solución Técnica	48
6.9.3	Desarrollo de Requerimientos.....	48
6.9.4	Prueba	49
6.9.5	Integración de Producto	49
6.9.6	Gestión de Requerimientos.....	50
6.9.7	Monitoreo y Control de Proyecto	51
6.10	Volatilidad de Requerimientos	51
6.11	Adherencia al Proceso.....	51
6.12	Comparación de los experimentos pilotos.....	52
6.13	Comparación de los Índices de Desempeño.....	54
6.13.1	Índice de Desempeño en Costo CPI	54
6.13.2	Índice de Desempeño en Cronograma SPI	55
6.14	Comparación del Uso del Presupuesto	56
7	Impacto Económico y Financiero del Proyecto	58
7.1	Retorno sobre la Inversión.....	58
7.1.1	Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITCO.....	58
7.1.2	Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITCORTE	59
7.1.3	Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITLA.....	59
7.1.4	Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITSUP	59
7.1.5	Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITFA.....	60
7.2	Análisis Consolidado del Uso del Presupuesto	60
7.3	Costos del Área de Medidas y Análisis	60
7.4	Análisis Costo-Beneficio	62

7.5	Conclusión análisis Económico Financiero del Proyecto	63
8	Conclusiones y Trabajo Futuro	64
8.1	Aspectos Destacables del Proyecto	64
8.2	Los Principales Inconvenientes de este Trabajo	64
8.3	Trabajo Futuro	65
8.3.1	Establecimiento del Área de Proceso de Medidas y Análisis	65
8.3.2	Herramientas de Apoyo a la Medición	66
8.3.3	Control Estadístico de Procesos	66
9	Bibliografía y Referencias	67
	Anexo A Planilla de Evaluación de Estado	68
	Anexo B Process Framework Project (EPF), 1.5.1.2 Release	68

iv. Índice de figuras

Figura N° 1: APF (Amisoft Process Framework).....	2
Figura N° 2: Descripción de los 6 pasos del proceso GQM [2]	8
Figura N° 3: Fases del proceso GQM	9
Figura N° 4: Plantilla de definición de objetivos GQM (Basili)	9
Figura N° 5: Ejemplo uso plantilla de definición de objetivos GQM	10
Figura N° 6: Modelo de procesos de medición de PSM [4]	11
Figura N° 7: Plantilla objetivo GQM O1.....	15
Figura N° 8: Tabla de productos de trabajo mínimos	16
Figura N° 9: Tabla de métrica adherencia al proceso.....	17
Figura N° 10: Plantilla objetivo GQM O2.....	18
Figura N° 11: Preguntas/Respuestas Valor Ganado	19
Figura N° 12: Información de Entrada para EVM	19
Figura N° 13: Variables de EVM	21
Figura N° 14 : Ejemplo índice TCPI	23
Figura N° 15: Tabla métrica valor ganado	25
Figura N° 16: Plantilla objetivo GQM O3.....	26
Figura N° 17: Tabla métrica pruebas funcionales	27
Figura N° 18: Plantilla objetivo GQM O4.....	27
Figura N° 19: Tabla métrica volatilidad de los requerimientos	29
Figura N° 20: Ficha sistema piloto	33
Figura N° 21: Grafica curva S del valor ganado	33
Figura N° 22: Tabla resumen variables EVM.....	34
Figura N° 23: Tabla variación de cronograma	35
Figura N° 24: Tabla variación de costo	35
Figura N° 25: Grafica curva CPI-SPI.....	36
Figura N° 26: Tabla de proyecciones.....	37
Figura N° 27: Distribución de las horas planificadas por área de proceso.....	38
Figura N° 28: Gráfico valor ganado área TS.....	38

Figura N° 29: Gráfico valor ganado área RD	39
Figura N° 30: Gráfico valor ganado área prueba (VAL).....	39
Figura N° 31: Gráfico valor ganado área prueba (VER)	40
Figura N° 32: Gráfico valor ganado área PI.....	40
Figura N° 33: Gráfico valor ganado área Otros	41
Figura N° 34: Tabla métrica volatilidad de requerimientos	41
Figura N° 35: Tabla métrica adherencia al proceso.....	42
Figura N° 36: Gráfico adherencia al proceso.....	42
Figura N° 37: Ficha sistema piloto N°2	43
Figura N° 38: Gráfica curva S del valor ganado	43
Figura N° 39: Tabla resumen variables EVM.....	44
Figura N° 40: Tabla variación de cronograma	45
Figura N° 41: Tabla variación de costo	45
Figura N° 42: Gráfica curva CPI-SPI.....	46
Figura N° 43: Tabla de proyecciones.....	47
Figura N° 44: Distribución de las horas planificadas por área de proceso.....	47
Figura N° 45: Gráfico valor ganado área TS.....	48
Figura N° 46: Gráfico valor ganado área RD	48
Figura N° 47: Gráfico valor ganado área prueba (VAL).....	49
Figura N° 48: Gráfico valor ganado área prueba (VER)	49
Figura N° 49: Gráfico valor ganado área PI.....	50
Figura N° 50: Gráfico valor ganado área REQM	50
Figura N° 51: Gráfico valor ganado área PMC	51
Figura N° 52: Tabla métrica volatilidad de requerimientos	51
Figura N° 53: Tabla métrica adherencia al proceso.....	52
Figura N° 54: Gráfico adherencia al proceso.....	52
Figura N° 55: Comparación de la distribución del tiempo en los proyectos piloto	53
Figura N° 56: Comparación de índice de rendimiento en costo	54
Figura N° 57: Comparación de índice de rendimiento en cronograma	55

Figura N° 58: Ejemplo de Diagrama de control para índice CPI	56
Figura N° 59: Totales de horas piloto SITFA	56
Figura N° 60: Totales de horas piloto SITLA.....	57
Figura N° 61: Resumen uso de hh proyecto SITCO.....	58
Figura N° 62: Resumen uso de hh proyecto SITCORTE.....	59
Figura N° 63: Resumen uso de hh proyecto SITLA.....	59
Figura N° 64: Resumen uso hh proyecto SITSUP	60
Figura N° 65: Resumen uso hh proyecto SITFA.....	60
Figura N° 66: Resumen consolidado proyectos en hh.....	60
Figura N° 67: Resumen consolidado proyectos en porcentajes.....	60
Figura N° 68: Análisis de costos analista métricas en hh	61
Figura N° 69 : Análisis por proyecto de costos obtención de métrica en hh	61
Figura N° 70: Tabla ingresos y costos	61
Figura N° 71: Cálculo del ROI	62

1 Contexto y Antecedentes Generales

Esta propuesta de tesis se enmarca en el contexto laboral de la empresa Amisoft Ingeniería Ltda., empresa especializada en tecnologías de la información con más de 14 años en el mercado y que actualmente cuenta con 40 profesionales dedicados en gran parte a proyectos de mantenimiento de software y que siguen procesos formales de desarrollo.

Amisoft ha tenido la oportunidad de desarrollar e implementar diferentes sistemas a gran escala tanto en forma participativa (asociado con otras empresas) como en forma independiente. Esto le ha permitido alcanzar a lo largo del tiempo la experiencia y know how necesarios para poder asumir con gran responsabilidad el desafío de entregar servicios de calidad a sus clientes. Actualmente Amisoft se especializa en la asesoría, creación y puesta en marcha de sistemas que utilicen tecnologías emergentes, y que ofrezcan un alto valor agregado a sus clientes.

Desde hace un par de años Amisoft se vio en la necesidad de formalizar sus procesos tanto de desarrollo de software como de gestión de proyectos, motivado por el crecimiento alcanzado, así como también por las exigencias del mercado en el cual participa. Para esto Amisoft se involucró en un proyecto para definir un sistema de gestión de calidad (SGC). Este tenía como finalidad hacer un levantamiento de los actuales procesos de la empresa que existían hasta ese momento sólo de manera informal y en las mentes de los empleados que trabajaban en la empresa, con el fin de poder definirlos, documentarlos y controlarlos, todo ello para que un futuro próximo la empresa pueda alcanzar en una primera etapa una certificación ISO 9000 y en una segunda etapa una evaluación CMMI nivel 2.

El resultado del proyecto SGC fue el diseño e implementación de una serie de procesos para el desarrollo y mantención de software llamado APF (Amisoft Process Framework) el cual tomó como referencia las mejores prácticas de los modelos CMMI, ISO 9001 y RUP.

APF logra en términos generales agilidad en el desarrollo de software y permite administrar un proyecto en forma efectiva, lo cual garantiza proyectos ejecutados bajo un sistema de gestión de calidad con todos los beneficios que esto implica.

El APF se divide en 3 procesos de:

- **Proceso de Gestión:** Se encuentra enfocado directamente sobre el proyecto, cubriendo las necesidades relacionadas con la planificación, seguimiento y control del mismo. En esta categoría se encuentran las siguientes áreas de proceso: Planificación de Proyectos (PP), Monitoreo y Control de Proyecto (PMC) y Administración de Requerimientos (REQM).
- **Proceso de Ingeniería:** Da soporte al ciclo de vida de desarrollo del producto; abarca desde la toma de requerimientos hasta cuando el producto se encuentra totalmente operativo en el cliente. En esta categoría se encuentran las siguientes áreas de proceso: Desarrollo de Requerimientos (RD), y Solución Técnica (TS).
- **Soporte:** se proporcionan los procesos esenciales para soportar el desarrollo y mantenimiento del producto. Son transversales a todas las áreas de proceso definidas anteriormente, ya que éstas ocupan los resultados obtenidos por estos procesos. En esta categoría se encuentran las siguientes áreas de proceso: Administración de la Configuración (CM), Aseguramiento de Calidad de Procesos y Productos (PPQA) y el área de proceso a desarrollar de Medición y Análisis (M&A).

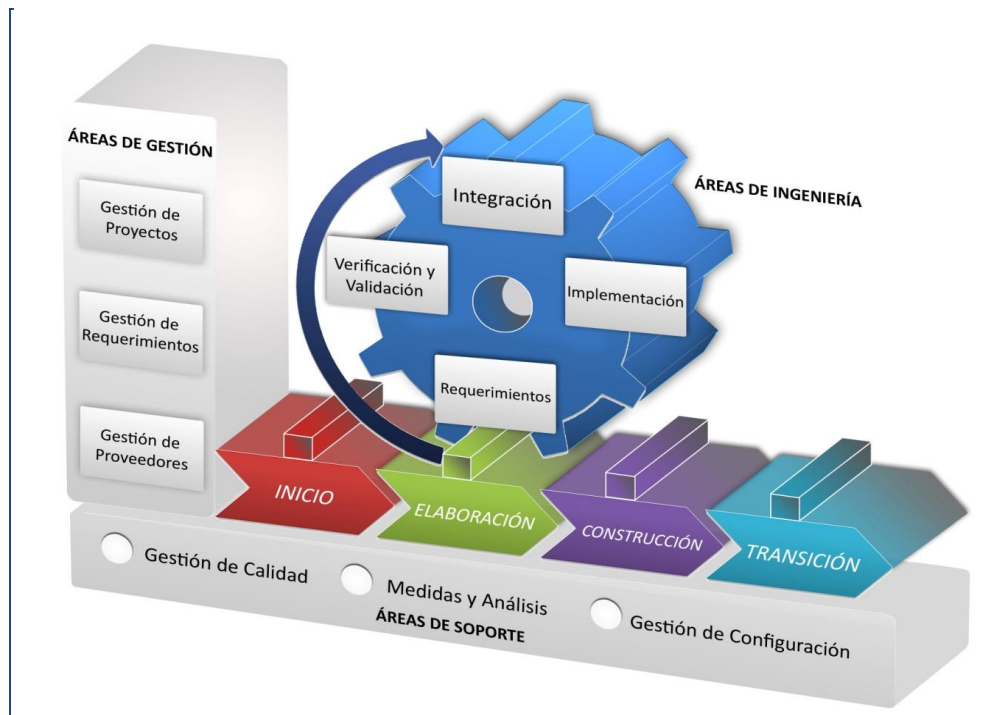


Figura Nº 1: APF (Amisoft Process Framework)

1.1 Métodos Formales vs Métodos Ágiles

Al momento de plantear el mejor camino a seguir, la empresa analizó el implementar las metodologías tradicionales (referidas peyorativamente como metodologías pesadas) versus las metodologías ágiles. Sin embargo al estudiar en detalle la idoneidad de la empresa, los clientes y tipos de proyectos en los cuales participa se concluyó que la mejor alternativa para el momento en que se encontraba la empresa era instaurar procesos formales.

Por otro lado la empresa estaba saliendo del abuso del “modelo heroico”, donde primaba más la motivación de los equipos que la organización para alcanzar los objetivos del proyecto, muchas veces con un alto precio del sobreesfuerzo personal que asumían los miembros del equipo, a veces voluntaria y a veces impuesta. Esto sumado a la orientación de los objetivos del negocio, determinó el comenzar un proyecto de mejora para la definición e institucionalización de mejores prácticas formales y procesos en la empresa.

Para llevar a cabo todo este proceso fue fundamental el compromiso de la dirección con la mejora, ya que cuando se requiere cambiar roles, introducir actividades que no se realizaban antes o perseguir malas prácticas, si la dirección no define y defiende el camino a seguir y gestiona la resistencia al cambio que trae consigo esto, el proyecto de mejora fracasará parcial o totalmente.

Por lo tanto se definieron las siguientes directrices que guiarían este proyecto de mejora para la definición e institucionalización de los procesos de la empresa:

- Compromiso de la dirección con la mejora
- Mejorar los procesos de desarrollo y mantenimiento de software para mejorar la calidad de los productos generados y hacer a la empresa más competitiva.

- Erradicar el mito de que las metodologías tradicionales son pesadas y suponen obligatoriamente un proceso pesado.
- Definir procesos formales pero livianos, evitando la sobrecarga innecesaria del proceso.
- Convencer a los empleados de que trabajar de una mejor manera generará un ambiente de trabajo más valorado lo cual permitirá captar mejores profesionales y convertir la empresa en un lugar deseado.
- Convencer a los empleados de que no hay varitas mágicas para conseguir mejorar la calidad y rendimiento de los equipos de manera radical sin cambiar profundamente la manera de trabajar.

1.2 Problema a Resolver

Actualmente el APF se encuentra en etapa de institucionalización, y por lo tanto está siendo utilizado por todos los empleados de la empresa involucrados en el desarrollo y mantenimiento de software. Sin embargo una vez que el proceso comenzó a ser utilizado por la empresa se detectó la necesidad de contar con información que permitiera a la organización tener una visibilidad del comportamiento del proceso con el objetivo de mejorarlo, así como también información que permitiera tomar decisiones y gestionar el desempeño de las personas que trabajan en los proyectos de la organización.

Por otro lado dada la situación de que el proceso se encuentra en sus primeras etapas de ejecución, la gerencia sospecha que podrían no estar ejecutándose de acuerdo a lo definido e incluso quitando agilidad a la operación diaria debido a la poca experiencia de los empleados en la ejecución del proceso o simplemente a fallas en la definición del proceso formal de la empresa.

También se sospecha que la distribución del tiempo planificado en las distintas áreas de proceso no es homogénea y que cada uno de los proyectos determina diferentes proporciones de tiempo para cada área de proceso. A su vez se producen diferentes gap entre lo planificado y lo ganado para cada uno de los proyectos de mantención que comparten características similares de desarrollo y gestión.

Aquí aparece uno de los grandes temores de la empresa y es que efectivamente el proceso esté agregando actividades que se planifican pero que finalmente no se realizan, lo cual hace que se incrementen los costos y los plazos haciendo con esto que la empresa sea menos productiva y eficiente.

Por lo tanto, no se tiene claridad si el proceso, y con ello cada una de las actividades que se planifican, se realizan efectivamente y si estas están agregando valor a los proyectos. Para ello se hace necesario poder controlar el uso del tiempo y determinar si efectivamente es reflejado en las actividades y artefactos del proceso definido por la empresa. Antes de realizar este trabajo el tiempo planificado era solo un gran bolsón de horas de programación y hoy son horas de actividades y artefactos a los que se les puede seguir la traza de si se realizan o no.

No existía control de cuál era la volatilidad de los requerimientos en los proyectos de mantención debido a que el cliente es quien asume el costo del re trabajo. Se sospechaba que existía una alta volatilidad de los requerimientos y que gran parte de los desarrollos se desechaba debido a los constantes cambios, que además se hacen cuando ya los desarrollos se encuentran avanzados.

Finalmente esta iniciativa de la empresa de definir e institucionalizar los procesos fue concebida principalmente para aumentar la calidad y satisfacción de sus clientes. Por lo tanto una de las principales áreas de proceso definidas para este efecto fue el área de prueba, pero se sospechaba que cuando los proyectos de la empresa se atrasaban y el tiempo comenzaba a escasear, los proyectos tendían a sacrificar las pruebas y con ello la calidad del producto y por ende la satisfacción del cliente.

La gerencia de la empresa no cuenta con información de sus procesos y de cuál es el desempeño de los proyectos que le permitan mejorar su toma de decisiones y acceder realmente a la mejora continua que se ha planteado.

La empresa tiene actualmente una serie de proyectos de desarrollo y mantención siendo ejecutados por el actual proceso (APF). Sin embargo la falta de métricas tanto en el área de gestión como en el área de ingeniería produce ciertas falencias a la organización tales como:

- No existe claridad por parte de la gerencia de cuál es el nivel de adherencia a los procesos de gestión e ingeniería definidos por la empresa.
- No existe evidencia de cuánto valor agrega el proceso al resultado de la gestión de los proyectos, el resultado del producto final y la satisfacción del cliente.
- No existen métricas que permitan realizar una gestión del desempeño de los proyectos ni de cada uno de los roles que lo componen.
- No existe una métrica que permita conocer cuál es la volatilidad de los requerimientos en los proyectos.
- Hoy no es posible detectar dónde están las mayores debilidades en el proceso a fin de poder corregirlas o apoyarlas para su mejor desempeño.
- No existe claridad en el uso del tiempo planificado en los proyectos, cuál es el gap con lo planificado vs ganado, y si efectivamente el tiempo es ocupado en las actividades planificadas por los jefes de proyecto.
- No existe evidencia que indique que el proceso de prueba está contribuyendo a mejorar la calidad de los productos ni tampoco cuál es el porcentaje de re trabajo producto de los errores encontrados.
- El no contar con información limita las posibilidades de mejorar el proceso y con ello ayudar a mejorar la competitividad de la empresa.
- Se desaprovecha la oportunidad de recopilar información histórica de los proyectos que permita hacer inferencias sobre el comportamiento de los futuros proyectos que la empresa desee evaluar.
- No existe el hábito ni la disciplina para la generación, recolección y análisis de métricas.
- No existe un procedimiento para la recolección, análisis y almacenamiento de las métricas históricas de proceso de la organización.

1.3 Justificación de la Solución

Actualmente la empresa no posee un proceso de definición, recolección y análisis de métricas que le permita mejorar el desempeño de sus procesos, proyectos y el de sus empleados. Por otro lado esto le impide acceder a la mejora continua y entregar información que permita mejorar la toma de decisiones de la empresa.

El no contar con métricas ni un proceso de medición al interior de la empresa genera pérdida de competitividad al no tener una retroalimentación de la forma en la que se están ejecutando los diferentes proyectos ni del comportamiento de los procesos. Por lo tanto se hace imposible a su vez imponer metas que permitan mejorar la eficiencia y con ello la rentabilidad de la empresa. Como consecuencia de lo anterior ocurre:

- **Pérdida de competitividad**, al no tener una retroalimentación del proceso ni de la ejecución de sus proyectos a fin de mejorar la eficiencia de las operaciones de la empresa. Actualmente se percibe que los proyectos tienden a inflar los plazos debido al mal uso del

tiempo generando como consecuencia el aumento de los costos de los proyectos y con ello la pérdida de competitividad de la empresa.

- **Disminución de los ingresos**, debido a la disminución de los clientes por los malos desempeños en los proyectos y por los proyectos que no pueden ser abordados por los altos costos que generan nuestro desempeño. Actualmente existe evidencia de proyectos que no han terminado en tiempo y forma de acuerdo a lo planificado lo cual ha provocado que la empresa no pueda participar en proyectos donde los tiempos son más ajustados y se requiere ser más eficiente y productivo.
- **Clientes insatisfechos**. La falta de información de gestión genera una pobre reacción ante las necesidades de los clientes, lo cual podría reducir su nivel de satisfacción, que a su vez se traduce en una pérdida de imagen y de mercado por parte de la empresa. Hoy no se cuenta con información que permita saber cuál es la calidad del producto que se está construyendo y con ello cómo está afectando la satisfacción del cliente.
- **Baja capacidad de reacción ante las necesidades del mercado**. Aunque la empresa debe ser rápida y eficiente en la generación de nuevos proyectos que den solución a las necesidades del mercado, la falta de monitoreo y control hace que la organización reaccione en forma demasiado lenta debido a la escasa información que generan los procesos y proyectos para apoyar la toma de decisiones de la empresa.

1.4 Objetivos de la Tesis

El objetivo general de esta tesis es desarrollar el área de Medición y Análisis en la empresa Amisoft para permitir sustentar una capacidad de medición que responda a las necesidades de información que esta vaya requiriendo. Para ello se pretende definir y establecer un conjunto de métricas para el proceso de ingeniería y gestión de desarrollo de software que se utiliza actualmente, con el objetivo de que la empresa pueda mejorar el desempeño de sus procesos, proyectos y empleados en forma continua basándose en un entendimiento cuantitativo de sus procesos.

Para cumplir con esto se han definido los siguientes objetivos específicos:

- Definir métricas para el proceso de ingeniería y gestión de proyectos de la empresa.
- Diseñar procesos para la definición, recolección y análisis de métricas.
- Crear el hábito y la disciplina en la empresa para la recolección de los datos por medio de la institucionalización de un proceso.
- Plantear un procedimiento que permita el almacenamiento de los datos históricos de métricas con el fin de que éstos puedan ser recuperados y estén accesibles para usos futuros.
- Instalar y usar las métricas en al menos 2 proyectos representativos y de corto tiempo de ejecución, que permita validar el modelo de métricas definido. El resultado de este plan piloto permitirá realizar ajustes a los procesos y probar la validez de la metodología.
- Preparar a la organización para implementar un equipo a cargo de la recolección, análisis y uso de las métricas de la organización.
- Desarrollar un plan de gestión del cambio para apoyar el proceso de definición y recolección de métricas.

1.5 Resultados Esperados

Los beneficios esperados a partir del desarrollo de este trabajo de tesis, son los siguientes:

- Diseñar una metodología que permita sustentar una capacidad de medición para dar soporte a las necesidades de información de la gerencia.
- Establecer una mejora continua en la ejecución de los procesos, proyectos y empleados de la empresa.
- Gestionar los proyectos de desarrollo de software a través de un proceso que es controlado en forma cuantitativa y con ello facilitar la evaluación del progreso de acuerdo a los planes establecidos.
- Determinar si los procesos se adecuan a las necesidades cambiantes de la empresa.
- Mejorar el desempeño y productividad de los proyectos y empleados con el fin de mejorar la competitividad de la empresa.
- Contar con información histórica para facilitar la evaluación de proyectos.
- Aumentar la calidad de los productos terminados y con ello la satisfacción del cliente.
- Aumentar la rentabilidad de la empresa debido a la ejecución controlada de los proyectos a partir de métricas de gestión, que permitan aumentar la probabilidad de terminar los proyectos en tiempo y forma.

2 Metodología de la Solución

2.1 Introducción

Durante el desarrollo de este trabajo se hizo necesario ir integrando diversas metodologías a la empresa a fin de resolver la problemática de definir los procesos para la elaboración, recolección y análisis de métricas. Por lo tanto se adoptaron las metodologías de PSM (Practical Software Measurement) y GQM (Goal Question Metric) que en conjunto fueron la base para formalizar el proceso de definición de métricas y estandarizar el proceso de recolección, análisis y almacenamiento de las métricas de la empresa.

Para el proceso de definición de las métricas se utilizó la metodología GQM. Esta es una metodología orientada por objetivos. Para la implementación del proceso de medición, recolección y análisis de las métricas definidas se adoptó el Modelo de Proceso de Medición de PSM.

Por otro lado estas metodologías ayudaron a la empresa a fomentar la disciplina de definir métricas, medir y analizar los resultados para dar respuesta a las cambiantes necesidades de información que requiere la empresa para los diferentes aspectos de los procesos y proyectos que maneja.

2.2 GQM (Goal Question Metrics)

Dado el nivel madurez de los procesos de la empresa (reciente institucionalización) y las necesidades de información, se considera apropiada esta metodología ya que permite diseñar las métricas teniendo en cuenta las metas y objetivos perseguidos por la empresa y por lo tanto se considera que puede ser efectiva y agregar valor a la organización.

GQM (Goal-Question-Metric) es un paradigma para desarrollar y mantener un programa de métricas que ayudan a:

- Alinear las métricas con los objetivos de negocios de la organización y las metas técnicas
- Mejorar el proceso del desarrollo de software
- Mejorar la calidad del producto

Este método fue originariamente definido por Basili y Weiss (1984) y extendido posteriormente por Rombach (1990) como resultado de muchos años de experiencia práctica e investigación académica. El principio básico que subyace tras el método GQM es que la medición debe ser realizada, siempre, orientada a un objetivo [1].

GQM define un objetivo, refina este objetivo en preguntas y define métricas que intentan dar información para responder a estas preguntas. Las preguntas ayudarán a medir si se está alcanzando el objetivo definido, y por lo tanto se considerarán preguntas que sean potencialmente medibles [1].

GQM sigue un proceso de seis pasos donde, los tres primeros tratan de identificar las métricas a partir de las metas del negocio y los tres últimos se basan en la recopilación de los datos de las medidas y su utilización eficaz en la toma de decisiones [2]. La figura 2 muestra un esquema general de GQM.

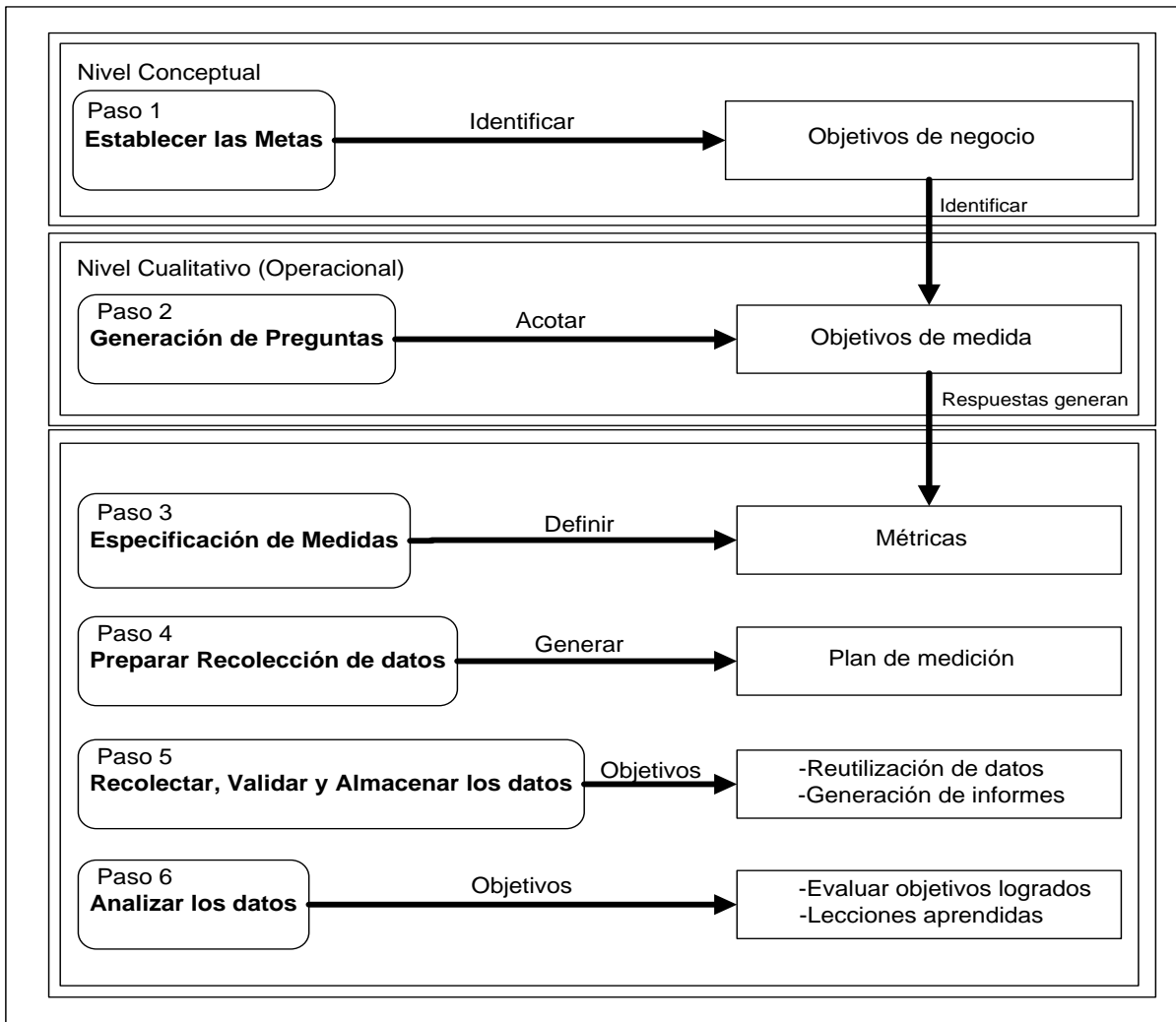


Figura N° 2: Descripción de los 6 pasos del proceso GQM [2]

2.3 Implementación de GQM

Describir GQM en términos de un proceso de seis pasos tiende a convertir a este en un proceso secuencial estricto, pero ese no es el caso de cómo es actualmente implementado [3].

Van Solinger y otros autores (1995, 1999) sostienen que la implementación de GQM debe verse en términos de FASES que están integradas con la planificación y gestión del proyecto [3] tal como se muestra en la figura 3.

Aunque estas fases contienen el proceso GQM de Basili, su foco está en la planificación e implementación de los detalles necesarios para hacer de GQM una realidad dentro de una organización [3].

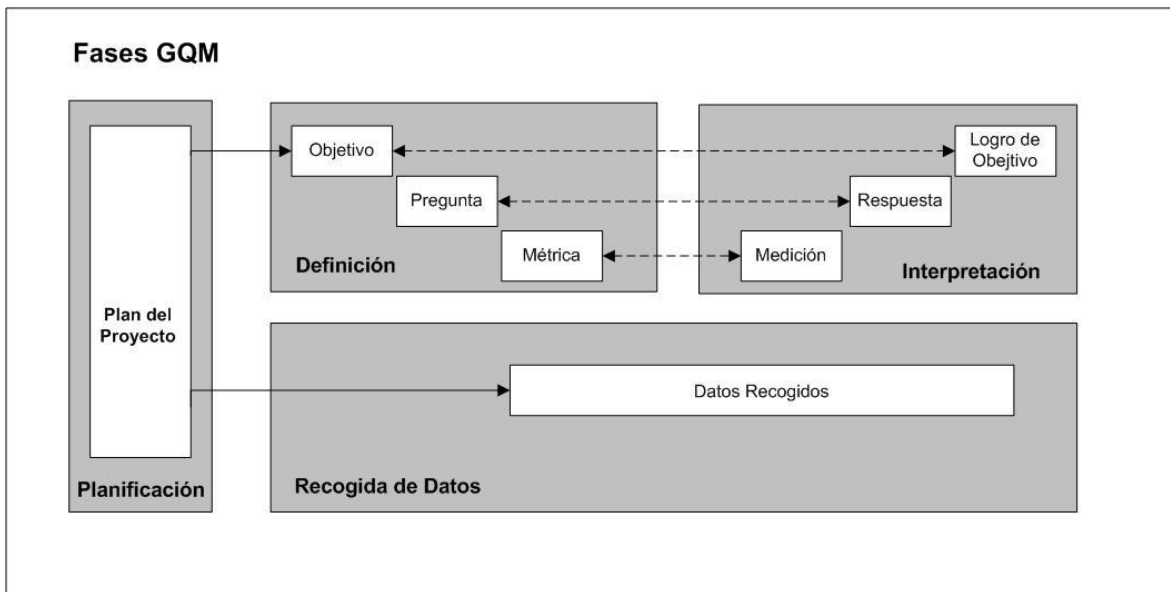


Figura N° 3: Fases del proceso GQM

- **Planificación**
 - Se selecciona, define, caracteriza y planifica un proyecto para la aplicación de la medición, obteniéndose como resultado un plan de proyecto.
 - Esta fase comprende los cinco primeros pasos del proceso de Basili.
- **Definición**
 - Se define y documenta el programa de medición (objetivos, preguntas, métricas, hipótesis).
 - Esta comprende los tres primeros pasos del proceso de Basili.
- **Recopilación de Datos**
 - Se recogen los datos reales de la medición.
 - Esta fase comprende los pasos 4 y 5 del proceso de Basili.
- **Interpretación**
 - Se procesan los datos recopilados para obtener respuestas a las preguntas definidas, a partir de las cuales se puede evaluar el logro de los objetivos planteados.
 - Esta fase comprende los pasos 5 y 6 del proceso de Basili.

2.3.1 Plantilla de Definición de Objetivos

La implementación de Basili utiliza un esquema en formato de tabla para la definición de los objetivos y es la que se adoptará para establecer los objetivos que serán el punto de entrada para especificar las métricas relevantes para la empresa y que serán objeto de este trabajo de tesis. La figura 4 expone la plantilla a utilizar:

Analizar	el objeto de estudio bajo medición
Con el propósito de	entender, controlar, o mejorar el objeto
Con respecto a	el enfoque de calidad del objeto en el que se centra la medición
Desde el punto de vista de	o perspectiva de las personas que miden el objeto
En el contexto de	el entorno en el que la medición tiene lugar

Figura N° 4: Plantilla de definición de objetivos GQM (Basili)

2.3.2 Ejemplo GQM

A continuación se presenta un ejemplo para ilustrar el uso de la metodología GQM para la obtención de las métricas. La figura 5 ilustra el uso del esquema de tabla para la declaración de un objetivo de GQM.

Analizar (El objeto de estudio bajo medición)	La efectividad de las pruebas
Con el propósito de (Entender, controlar, o mejorar el objeto)	Entender
Con respecto a (El enfoque de calidad del objeto en el que se centra la medición)	La detección de fallas
Desde el punto de vista de (Perspectiva de las personas que miden el objeto)	El equipo del proyecto
En el contexto de (El entorno en el cual las medidas fueron tomadas)	El proyecto X

Figura N° 5: Ejemplo uso plantilla de definición de objetivos GQM

Una vez que se ha descrito el objetivo GQM se generan preguntas relacionadas a ese objetivo para poder refinarlo.

Preguntas

Pregunta 1. ¿Se realizan todas las pruebas planificadas o se sacrifica el tiempo asignado al proceso de prueba en función del atraso del proyecto?

Pregunta 2. ¿Cuál es el porcentaje de defectos que se encuentran al ejecutar las pruebas?

A partir de las preguntas planteadas se definen las métricas que proporcionen la información cuantitativa que permita responder estas preguntas de una forma satisfactoria. Por lo tanto las métricas son el refinamiento de las preguntas en mediciones de los productos o procesos.

Métricas

- **Pregunta 1**

- NP: número de casos de prueba
- NCE: número de casos de prueba ejecutados
- %Pruebas = NCE / NP

- **Pregunta 2**

- NCE: número de casos de prueba ejecutados
- NF : número de defectos
- %Defectos = NF / NCE

2.4 PSM (Practical Software Measurement)

Para poder formalizar y estandarizar el proceso de registro, recolección y análisis de datos se utilizó el Modelo de Proceso de Medición PSM. PSM ayudó a establecer un marco de trabajo para implementar la medición a nivel de los proyectos seleccionados para esta tesis. También permitió establecer un marco de trabajo a nivel organizacional permitiendo que las actividades de medición se realizaran de una forma estándar para cada uno de los proyectos de la empresa.

Practical Software Measurement (PSM) es un proyecto impulsado por el Departamento de Defensa y el Ejército norteamericano para desarrollar una guía de medición, basada en la experiencia de un grupo de trabajo que representa al gobierno, la industria y las universidades. PSM define un proceso de medición práctico, orientado a la información, junto con unos conceptos de medición consecuentes. Está basado en la norma ISO/IEC 15939, Software Engineering - Software Measurement Process, que define un proceso de medición para el desarrollo de software e ingeniería de sistemas [2].

PSM tiene dos componentes principales: un modelo de proceso de medición y un modelo de información. El modelo de proceso incluye las actividades y tareas del proceso de medición. El modelo de información describe las relaciones entre los conceptos de medición y la terminología común [2].

El proceso de PSM, descrito en la figura 6, proporciona una base para la medición en muchas disciplinas de IT, incluyendo ingeniería de software, ingeniería de sistemas y medición de la mejora de procesos. El mismo proceso de medición básico puede soportar una amplia variedad de necesidades de información diferentes en cada una de estas áreas [2].

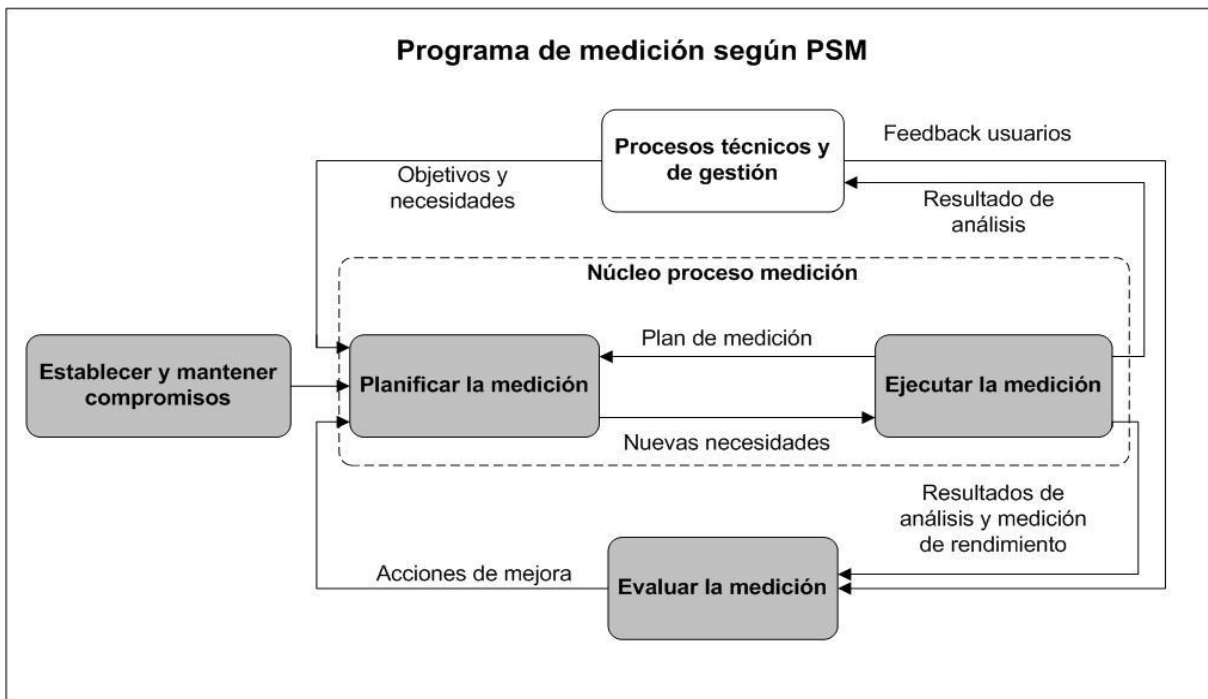


Figura Nº 6: Modelo de procesos de medición de PSM [4]

La medición es un proceso iterativo: las medidas son refinadas a medida que cambian las necesidades de información y la organización implementa acciones de mejora. El proceso de PSM describe cuatro actividades que son parte de un programa de medición exitoso [2]:

Planificar la medición: en esta actividad se definen las métricas relevantes que proporcionen la visibilidad en los proyectos necesarias para satisfacer las necesidades de información. Esta actividad incluye identificar lo que los responsables de la toma de decisiones necesitan saber, relacionando estas necesidades de información con aquellas entidades que pueden ser medidas, para después seleccionar e identificar posibles medidas basadas en procesos del proyecto y de la organización [1].

Ejecutar la medición: esta actividad implica la recogida de los datos, el análisis de estas mediciones y la presentación de los resultados para que la información se pueda utilizar para tomar decisiones [1].

Evaluar la medición: tanto el proceso de medición como las medidas específicas deben ser evaluadas y mejoradas periódicamente. Normalmente, la primera implementación de un programa de medición no responde a todas las necesidades de información de los gerentes. Con el tiempo, la organización va descubriendo mejores medidas y refina los procesos. A medida que una organización va madurando, cambian las necesidades de información. La medición es un proceso iterativo y debe ser refinado para lograr una efectividad continua [2].

Establecer y mantener compromisos: esta actividad implica proporcionar los recursos, formación y herramientas para implementar un programa de medición efectivo y asegurar que la dirección se compromete a utilizar la información. La mayor parte de esta actividad ocurre en la fase de planificación de la medición. El compromiso de la organización debe ser reforzado de forma continua [2].

3 Desarrollo Plan de Gestión del Cambio

Toda la literatura sobre procesos reconoce la resistencia al cambio como un potencial problema a la hora de introducir cambios en las organizaciones. Por lo tanto se consideró relevante para este trabajo el desarrollar un plan de gestión del cambio para apoyar el proceso de definición y recolección de métricas con el objetivo de hacer frente a las problemáticas de resistencia al cambio que pudieran surgir durante la ejecución del proyecto.

Los objetivos que persiguió el plan de gestión del cambio fueron:

- Conseguir el cambio cultural asociado a la nueva forma de trabajo que impone los procesos y la recolección y análisis de métricas.
- Conseguir involucramiento, compromiso y participación de todos los empleados de la empresa involucrados en el proceso de desarrollo y mantenimiento de software.
- Detección de apoyos y barreras al proyecto y establecimiento de mecanismos para superarlas de tal manera de conseguir que el cambio sea aceptado en forma natural.

La estrategia de gestión del cambio se basó principalmente en el acompañamiento y comunicación de las actividades que se ejecutaron durante el desarrollo del proyecto. Esta estrategia incluyó las siguientes tareas:

- Definición y acuerdo con la gerencia y empleados de la visión futura que se desea para la organización y cómo este proyecto ayuda a acercarse a ella.
- Creación de canales de comunicación y comunicar a la empresa las actividades del proyecto y los avances logrados.
- Detección de liderazgo y alineación con el cambio, ya que se requiere de referentes internos de la empresa que guíen y generen confianza en los involucrados que participan en los cambios que provoca este proyecto.
- Estructuración del equipo que llevará y administrará la gestión del cambio.

3.1 Compromiso Gerencia y Visión Compartida

En esta actividad se realizó un diagnóstico de la situación que enfrentaría el proyecto y a partir de la información recolectada se acordaron los compromisos con la gerencia. Se revisó la planificación estratégica de la empresa para definir de qué manera este proyecto se deberá alinear con la misión, visión y objetivos de la empresa.

Las principales salidas que tuvo esta actividad fueron:

- Compromiso formal de la gerencia con el proyecto en cuanto a presupuesto, alcances, recursos y cronograma de actividades.
- Comunicación (Kick-off) del proyecto a toda la empresa.

3.2 Difusión

En esta actividad se definió el plan de comunicaciones del proyecto ya que el obstáculo mayor fue a veces la falta de información más que la oposición real al cambio. Se establecieron los canales, tareas y responsables de la comunicación del proyecto. Las principales salidas que tuvo esta actividad fueron:

- Creación de un boletín periódico con información relevante del proyecto (importancia, avances, tareas y cronograma) que se publicó en la intranet y se envió por correo a todos los empleados de la empresa.
- Creación de una cuenta en el sistema interno de la empresa para recibir las solicitudes de mejoras, errores y comentarios por parte de los empleados de la empresa.
- Calendarización de reuniones con los jefes de proyecto con el fin alinear los proyectos y solicitar el apoyo en la implementación de las métricas que fueran emergiendo conforme avanzará el proyecto.

3.3 Formación y Capacitación

Para la formación de los hábitos y capacitación necesarios para la implementación de las métricas se consideró la realización de diferentes manuales y talleres de capacitación a los empleados. Entre los manuales y talleres realizados destacan:

- Manual y taller de la Metodología del Valor Ganado.
- Taller sobre metodología PSM y GQM.
- Capacitación sobre el proceso de Medidas y Análisis de Métricas definido e implementado como salida de este proyecto.
- Charla a todos los empleados sobre la importancia de la mejora continua en la empresa y cómo las métricas deberían ayudar en este proceso.
- Manual del proceso de Medidas y Análisis.

3.4 Detección de Liderazgos y Motivación

En estos procesos siempre existen empleados que apoyan estas iniciativas y quieren participar activamente y otros que se resisten y se transforman en barreras a la ejecución e implementación de las actividades del proyecto. Por lo tanto se identificaron a partir de las reuniones preliminares con los jefes de proyectos estos agentes de cambio y se incorporaron al proyecto a fin de reunir una masa crítica de apoyo a la implementación de estos cambios. Entre las actividades principales que desarrollaron estos agentes de cambio están:

- Participación activa en la definición de las métricas y su implementación
- Liderar los proyectos pilotos
- Actuar de referentes ante los demás empleados de la empresa
- Motivar y difundir los beneficios de la implementación de las métricas.
- Alinear y comprometer a los demás empleados con el proyecto

4 Definición de Métricas Utilizando GQM

En este capítulo se desarrollan las métricas a ser propuestas para este trabajo a partir de la metodología GQM. Los pasos que se siguieron fueron definir los objetivos GQM y luego definir una serie de preguntas que permitieron refinar este objetivo y generar una métrica que ayudó a responder estas preguntas.

Como complemento al trabajo de responder las preguntas que ayudaban a establecer si se estaba logrando los objetivos planteados, se analizaron las métricas que han sido probadas empíricamente y publicadas en la literatura científica para la evaluación y mejora continua de procesos, a fin de utilizarlas o adaptarlas cuando algunas de ellas permitiera resolver el objetivo.

Esta implementación se realizó siguiendo un plan de trabajo que consistió en la realización de una serie de reuniones en las cuales participaron los principales interesados e involucrados relevantes para definir las métricas de la empresa. Este equipo estuvo constituido por representantes de la gerencia, jefes de proyectos, analistas y el analista de métricas que en este caso es quien dirige este proyecto.

A continuación se detallan las actividades más importantes del proceso que derivó en la definición de las métricas utilizando la metodología GQM.

4.1 Objetivo GQM O1

Actualmente el APF se encuentra en etapa de institucionalización, por lo tanto está siendo usado por todos los empleados de la empresa involucrados en el desarrollo y mantenimiento de software. Por otro lado el objetivo de la empresa es contar con una certificación ISO 9001 y una evaluación CMMI nivel 2 en el corto plazo. Se hace necesario entonces poder controlar la adherencia a los procesos de tal manera de ayudar a detectar oportunidades de mejora y fortalecer la adherencia a los procesos definidos por la empresa. La figura 7 muestra la plantilla del objetivo GQM de adherencia.

Objetivo GQM O1 : Adherencia	
Analizar	los procesos de ingeniería y gestión
Con el propósito de	controlar
Con respecto a	el nivel de adherencia
Desde el punto de vista de	los usuarios del proceso
En el contexto de	Desarrollo y mantenimiento de software
Preguntas Asociadas a la Adherencia	
P1	¿Cómo influye la adherencia al proceso en la mejora continua y en la calidad del producto?
P2	¿Cuál es el nivel de adherencia a los procesos de gestión e ingeniería de la empresa?
P3	¿Cómo controlar la adherencia a los procesos?
P4	¿Qué es lo mínimo que se debería controlar para poder hacer un seguimiento de la adherencia a los procesos?
P5	¿Cada cuanto tiempo se debería controlar la adherencia al proceso?

Figura N° 7: Plantilla objetivo GQM O1

4.1.1 Logro del Objetivo GQM O1

Para controlar y asegurar la adherencia al proceso, se verificará que cada proyecto construya o modifique los productos de trabajo relacionados a las actividades del proceso planificadas en su carta Gantt (actividades que tengan que ver con los procesos de gestión e ingeniería). Además se revisará semanalmente que contengan los productos de trabajo obligatorios, descritos a continuación:

- Minuta de reunión de equipo
- Evaluación de estado del proyecto
- Carta Gantt
- Registro de horas

Al término de cada fase se realizará una auditoría completa a la actualización de los productos de trabajo para mantener su consistencia; por ejemplo, actualización del plan de proyecto o listado de riesgos.

La figura 8 muestra los productos de trabajo mínimos con los que debe contar cada proyecto en las fases del ciclo de vida según el proceso de desarrollo definido por la empresa. Es importante destacar que esta revisión de productos, se centra sólo en la existencia del artefacto y no en su contenido.

Fase	Artefactos a ser revisados
Inicio	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plan de proyecto 2. Lista de riesgos 3. Asignación de roles (para proyectos pequeños o de mantenimiento, la asignación de roles se encuentra incluida del plan de proyecto) 4. Carta Gantt de proyecto (para proyectos de desarrollo) 5. Carta Gantt de iteración 6. Especificación de ambiente 7. Glosario de proyecto 8. Presentación de lanzamiento de proyecto (kick off) (proyectos de desarrollo) 9. Planilla de tiempo, esfuerzo y costo 10. Visión del producto (proyectos de desarrollo)
Elaboración	<ol style="list-style-type: none"> 1. Descripción de arquitectura de software 2. Modelo de análisis y diseño (proyectos de desarrollo) 3. Modelo de casos de uso (proyectos de desarrollo) 4. Plan de pruebas 5. Casos de prueba 6. Plan de revisión 7. Especificación de requerimientos de software (proyectos de mantenimiento)
Construcción	<ol style="list-style-type: none"> 1. Actualización de modelos y especificación de requisitos. 2. Código fuente 3. Manuales de usuario asociado a los requisitos 4. Informes resumen de ejecución de pruebas
Transición	<ol style="list-style-type: none"> 1. Acta de entrega 2. Lecciones aprendidas 3. Encuesta de satisfacción de cliente 4. Presentación de cierre de proyecto (proyectos de desarrollo)

Figura Nº 8: Tabla de productos de trabajo mínimos

4.1.2 Métrica Propuesta: Adherencia al Proceso

La figura 9 presenta la tabla con la definición de las métricas que permitirán conocer cuál es el nivel de adherencia a los procesos de desarrollo y mantenimiento definidos por la empresa.

Identificador	Porcentaje de adherencia al proceso
Definición	La adherencia al proceso de acuerdo a las revisiones realizados por el PPQA.
Metas	Determinar la adherencia a las áreas de procesos donde se aplicarán las métricas. Para este proyecto de tesis, se pretende poder llegar a obtener a lo menos un 90% de adherencia.
Métricas	Ea : estado de los artefactos revisados: Completado, Incompleto, No existe y Persiste Incumplimiento. Ta : número de artefactos comprometidos para la revisión
Periodicidad	Semanalmente se revisan los artefactos obligatorios y aquellos generados de acuerdo a la planificación, al final de cada fase se realiza una auditoría completa de todos los artefactos a fin de mantener su consistencia.
Procedimiento Análisis	Calcular los % de completitud de los artefactos comprometidos por el proyecto, solo se consideran para efectos de la métrica de adherencia aquellos que están en estado completado: $\% = (Ea / Ta) * 100$
Forma de Presentación	Gráfico circular por proyecto y gráfico de barras para la comparación de los proyectos pilotos para la tesis.
Herramientas	Planilla de Verificación de proceso (PPQA)
Responsabilidades	Jefe de Proyectos, Analista de Métricas

Figura N° 9: Tabla de métrica adherencia al proceso

4.2 Objetivo GQM O2

Dentro de la gestión de proyectos contar con información objetiva que permita visualizar lo planeado, con el trabajo efectivamente realizado y los costos reales incurridos es fundamental para poder controlar la salud de los proyectos. El método del valor ganado ha demostrado ser una técnica fundamental para el seguimiento y control de proyectos [5], por lo tanto se considera útil el incorporar sus métricas para controlar el estado de los proyectos de la empresa. . La figura 10 muestra la plantilla del objetivo GQM del valor ganado.

Objetivo GQM O2 : Valor Ganado	
Analizar	El avance de los proyectos con respecto a lo planificado y cuál es el esfuerzo realizado para alcanzar ese avance.
Con el propósito de	Determinar los gap entre lo planificado y realizado medido en hh y contabilizar el esfuerzo en hh para lograr ese realizado.
Con respecto a	Detectar oportunidades de mejora en las actividades de las distintas áreas de proceso

Desde el punto de vista de	los usuarios del proceso
En el contexto de	Desarrollo y mantenimiento de software
Preguntas Asociadas a la Planificación y el Esfuerzo	
P1	¿Cuál es el gap entre lo planificado y realizado para las distintas actividades del proceso de ingeniería y gestión de proyectos?
P2	¿Cuáles son las actividades de los procesos en las cuales somos más eficientes y en cuales somos menos eficientes?
P3	¿Cuál es el esfuerzo requerido para lograr las actividades realizadas?
P4	¿Es homogénea la distribución del tiempo entre las distintas áreas de proceso para los proyectos de características similares?
P5	¿Existen actividades que se planifican pero que no se realizan?
P6	¿Se está utilizando el tiempo en forma eficiente durante el ciclo de vida de los proyectos?
P7	¿Cuánto es el tiempo que se utiliza en los proyectos en actividades que no están asociadas a ninguna área de proceso?

Figura N° 10: Plantilla objetivo QM O2

4.2.1 Logro del Objetivo QM O2

Inicialmente la empresa controlaba el avance de los proyectos por medio de un informe que elaboraban los jefes de proyecto semanalmente. En este informe se registraba el porcentaje de avance de las tareas del proyecto asignando un rango que variaba entre 0% (tarea sin comenzar) a 100% (tarea terminada) dependiendo del avance de la tarea. El problema que presentaba este reporte es que podía ser muy subjetivo y mostraba todas las semanas que el porcentaje de avance aumentaba. Sin embargo cuando se acercaba la fecha de término de algún hito del proyecto, algunas de ellas se estacionaban en el rango de 90% a 95% y de ahí podía pasar un tiempo considerable para terminar la tarea que no guardaba relación con el porcentaje de avance indicado.

Con este método no había certidumbre del avance del proyecto y muchas veces proyectos que siempre habían estado en estado verde (avanzando), una semana antes de un hito importante pasaban a un estado rojo (muchas tareas no terminadas) y con un porcentaje de avance alto.

Por otro lado, esta información si bien era útil en algunos casos, no permitía determinar en qué actividades específicas del proceso de desarrollo se estaban produciendo los mayores avances y en cuáles los mayores atrasos. Con este enfoque la empresa no tenía además cómo saber, dónde se era más productivo y dónde no. Para dar respuesta a esta necesidad de información se adaptó e incorporó el método del Valor Ganado, también a veces referida como Valor Adquirido o Valor Acumulado.

4.2.2 Método del Valor Ganado EVM

Según el PMBOK, el análisis de valor ganado es "un método objetivo para medir el desempeño del proyecto en lo referente al alcance, tiempo y costo" [5]. En el 2005 el PMI publicó el estándar del Método del Valor Ganado como práctica para la dirección de proyectos.

El análisis del valor ganado se realiza para medir el estado del proyecto por medio de la respuesta a las tres siguientes preguntas presentadas en la figura 11. Luego de obtener la respuesta a estas preguntas, las métricas del valor ganado pueden ser fácilmente calculadas.

Preguntas	Respuestas
-----------	------------

¿qué tanto trabajo se planifico?	Valor planeado
¿qué tanto trabajo actualmente se ha completado?	Valor ganado
¿qué tanto ha costado completar el trabajo actual?	Costo actual (esfuerzo)

Figura N° 11: Preguntas/Respuestas Valor Ganado

La medición del valor ganado usa las líneas base de costo y programación de actividades del proyecto. Por lo tanto el análisis del valor es una interrelación entre la línea base de costo, lo planeado, el trabajo efectivamente realizado y los costos reales incurridos para realizarlo. Las cuatro variables que interactúan en la medición del EVM se describen a continuación:

La línea base de costo (BAC) que representa la línea base del presupuesto asignado al proyecto. Esta línea muestra el gasto planificado.

El valor planeado (PV) que representa la línea base contra la cual se va a comparar el rendimiento real de los avances del proyecto. Una vez establecida sólo puede ser modificada debido a un cambio en el alcance del proyecto o del entregable. PV proviene de la integración de tres componentes del plan de proyecto: el WBS, el cronograma y el presupuesto.

El valor ganado (EV) que corresponde a una foto del rendimiento de los avances del trabajo en un punto preciso del tiempo. Este proviene de la medición física de lo que ya hemos hecho.

El costo actual (AC) o esfuerzo que corresponde a una indicación de los recursos que han sido efectivamente usados para lograr un cierto avance en una fecha específica de control.

El EVM se alimenta de la información que provee una estructura de desglose WBS, del cronograma y del presupuesto tal como se muestra en la figura 12. Por lo tanto es necesario planificar alcance, tiempo y costos y gestionar su integración en puntos específicos de control.

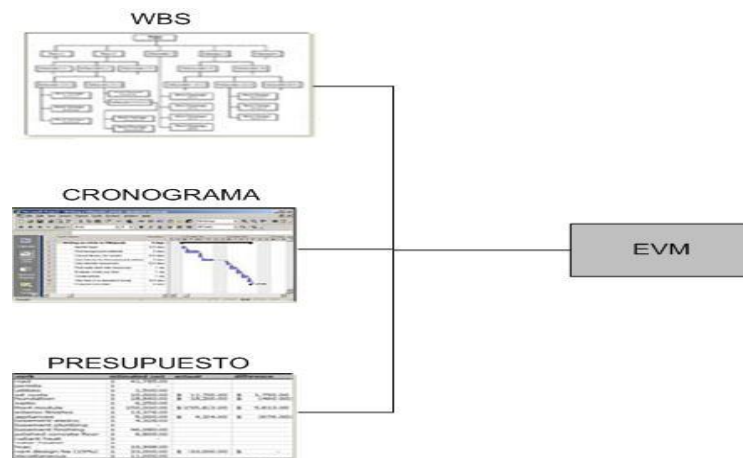


Figura N° 12: Información de Entrada para EVM

El WBS es una herramienta fundamental para la definición del alcance. Permite desglosar el proyecto en entregables o paquetes de trabajo que pueden ser perfectamente medibles y controlables. La suma de todos sus elementos constituye el total del proyecto.

El cronograma permite programar cuándo se realizarían los trabajos de los entregables. En él se definen las actividades, se preestablecen las secuencias de trabajo, se asignan los recursos y se estiman las duraciones para establecer la línea base del cronograma.

El presupuesto permite conocer cuáles son los recursos (hh) con los que cuenta el proyecto y cómo se distribuyen a medida que se va ejecutando el proyecto. Los cambios de alcance, fechas de entregas y aumentos y disminuciones de costos producirán cambios en la línea base del presupuesto.

4.2.3 Puntos de Control

Para gestionar el valor ganado se debió controlar los trabajos en diversos puntos específicos. En cada uno de estos puntos de control se midieron el valor ganado EV y el esfuerzo AC, comparándolos contra el valor planeado PV. El particionamiento de las tareas debió ajustarse en lo posible al ciclo contable (puntos de control) de tal manera de no generar indicaciones falsas de un costo excedido para tareas que abarcan más de un punto de control.

Los puntos de control se establecieron cada una semana debido a que los proyectos de mantención se estructuran en iteraciones que duran entre 4 a 6 semanas, generando al final de la iteración un entregable del sistema en el ambiente de producción del cliente. Para proyectos de desarrollo estos puntos de control dependerán del tamaño y complejidad de los proyectos.

Para poder acreditar las tareas completadas se utilizó la regla 0/100. Esta regla indica que cuando una comienza se le asigna un valor de 0% y cuando la tarea concluye en su totalidad se le asigna la totalidad del valor, es decir 100%.

Se diseñó una planilla (Evaluacion-Estado.xls Anexo A) en la cual se registran semanalmente las horas utilizadas en las distintas actividades del proyecto por cada uno de los participantes. Luego por medio de la regla 0/100 se revisan todas las actividades registrando en 0% las no terminadas y en 100% las terminadas. A partir de esta medición del trabajo se puede conocer el valor ganado y el esfuerzo para cada una de las semanas definidas como puntos de control.

Esta planilla además permite guiar a los usuarios a través del proceso de gestión y desarrollo de software, dejando registro de cada una de las actividades ejecutadas.

Es importante destacar que la finalidad de la planilla de registro de horas será conocer cuánto tiempo se dedica a cada una de las actividades y si efectivamente estas actividades están definidas en algún área de proceso.

4.2.3.1 Variables de Análisis del Valor Ganado

La medición del valor ganado define y relacionan las siguientes (medidas para este proyecto en hh):

PV : valor planificado

EV : valor ganado

AC : costo real del trabajo realizado

CV : variación en costo

SV : variación en programación

BAC : costo presupuestado al finalizar

EAC : estimado a la conclusión, es la proyección para terminar el proyecto según el rendimiento a la fecha de control

ETC : estimado para finalizar

VAC : variación a la terminación, que es la diferencia entre el presupuesto BAC y el nuevo estimado EAC.

La variación en costo "CV" permite determinar si el proyecto está por encima o por debajo del valor planeado del presupuesto a la fecha de control y en qué cantidad. Valores negativos indican que el proyecto se está excediendo en el presupuesto. La fórmula de cálculo es:

$$CV = EV - AC$$

La variación en cronograma "SV" permite determinar si el proyecto está atrasado o adelantado de acuerdo al cronograma. SV compara el trabajo realizado EV con el valor planeado PV. Un valor negativo indica que el proyecto está atrasado y un valor positivo lo contrario. La fórmula de cálculo es:

$$SV = EV - PV$$

A partir de las variables de análisis del EVM se obtienen los índices CPI y SPI. El CPI es un índice de desempeño de presupuesto y su fórmula de cálculo es:

$$CPI = EV / AC$$

Por ejemplo un CPI de 0,7 indica que por cada unidad invertida obtenemos 0,7 de valor. El SPI es un índice de desempeño del cronograma y su fórmula de cálculo es:

$$SPI = EV / PV$$

Por ejemplo un SPI de 0,8 indica que se está en un 20% por debajo de lo planificado. La figura 13 ilustra cómo se relacionan las variables de análisis del EVM [5].

VARIABLES DE ANÁLISIS DE EVM

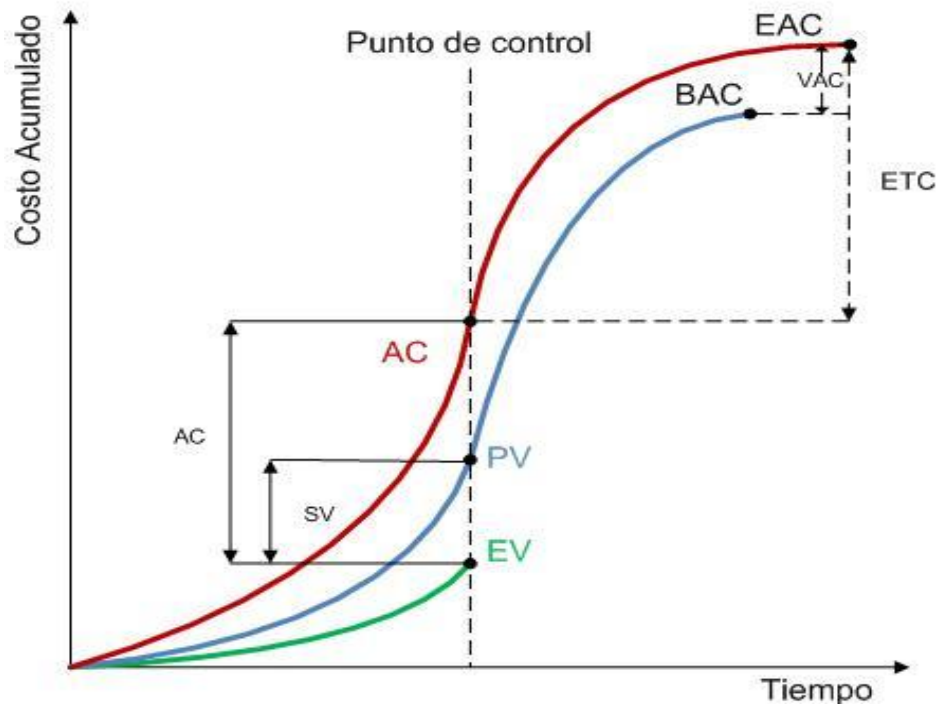


Figura N° 13: Variables de EVM

Podemos observar en este ejemplo que el costo (AC) supera ampliamente el presupuesto programado PV y que el valor ganado EV es inferior al valor planificado. El proyecto está atrasado, por lo tanto el presupuesto al final BAC puede haber cambiado. La proyección de la nueva línea base de costos BAC va a ser EAC la cual es igual a lo que ya hemos gastado más los fondos extras que necesitaremos para finalizar, a este valor le llamamos ETC.

Hay diversas formas de calcular el ETC, la forma más simple es calculando la diferencia entre el presupuesto base BAC y el valor ganado a la fecha de control.

- $ETC' = BAC - EV$

Sin embargo para nuestro trabajo dividiremos esta diferencia por el índice de desempeño de costo CPI, asumiendo que el proyecto se desempeñara de la misma manera que lo ha hecho hasta el último punto de control.

- $ETC'' = (BAC - EV) / CPI$

Podemos deducir de esta fórmula que si el CPI es igual a 1, entonces el ETC es simplemente el total del presupuesto menos el trabajo que ya hemos logrado terminar (BAC-EV).

Finalmente la proyección estimada para concluir el proyecto a la fecha de control será:

- $EAC = AC + ETC''$

La diferencia entre el presupuesto base BAC y el nuevo presupuesto estimado EAC es la variación de presupuesto para terminar VAC. VAC nos indica la proyección de cuanto nos hemos excedido en el presupuesto.

4.2.4 Índice TCPI

Este índice se denomina “índice de desempeño para concluir”. Nos indica cómo debe mejorar nuestro actual índice CPI para terminar como habíamos presupuestado al comienzo del proyecto. Sirve cuando estamos en una situación en que debemos terminar el proyecto dentro del presupuesto establecido y estamos con un índice CPI desfavorable. Este índice se calcula de la siguiente forma:

- $TCPI = (BAC - EV) / (EAC - AC)$

La figura 14 muestra un ejemplo en el que el CPI se ha ido moviendo en forma desfavorable hasta alcanzar un valor de 0,80 a la fecha de control. Luego este índice nos indica cómo deberá mejorar nuestro CPI para poder terminar el proyecto con el presupuesto inicialmente planificado. En este ejemplo el nuevo índice CPI (TCPI) debería mejorarse hasta 1,20.

	momento del análisis.
Periodicidad	Para proyectos de mantención el punto de control será semanalmente. Para proyectos de desarrollo se definirá de acuerdo al tamaño y complejidad del proyecto.
Procedimiento Análisis	<p>Variaciones</p> <p>Las variaciones nos muestran cuánto nos estamos desviando del cronograma y costos presupuestados para una fecha de control específica.</p> <p>Variación del costo CV</p> <p>Nos permite identificar si estamos por encima o por debajo del valor planeado en hh a la fecha de control y en qué cuantía. Un valor negativo indica que nos estamos excediendo en el presupuesto y un valor positivo indica lo contrario.</p> <p>$CV = EV - AC$</p> <p>Variación del Cronograma SV</p> <p>Nos indica qué tan adelantados o atrasados estamos en nuestro cronograma. SV compara el trabajo realizado EV con el valor planeado PV. Un valor negativo indica que estamos atrasados y un valor positivo indica lo contrario.</p> <p>$SV = EV - PV$</p> <p>CV y SV son valores absolutos y si bien indican condiciones favorables y desfavorables, no dan idea de magnitud. Las fórmulas siguientes indican el valor relativo de la situación:</p> <p>$SV\% = SV/PV$, este % indica cuánto atraso o adelanto llevamos con respecto al cronograma planteado.</p> <p>$CV\% = CV/EV$, este % nos indica cuán excedidos o por debajo de la línea de base del presupuesto estamos.</p> <p>Índices</p> <p>La medición del valor ganado define índices de rendimiento normalizado para que se pueda comparar valores en distintos tiempos en proyectos o valores para proyectos de tamaños distintos.</p> <p>Los índices muestran qué estamos logrando hacer con nuestros recursos para una fecha de control específica. Son útiles para poder comunicar una valoración objetiva del estado del proyecto. Los índices mayores a la unidad son favorables y los menores a la unidad son desfavorables.</p> <p>Índice de desempeño del Costo (presupuesto)</p> <p>Es una medida del valor ganado de un proyecto comparada a los costos reales incurridos. Si el índice es igual a 1, entonces el proyecto está de acuerdo al presupuesto planeado. Si el índice es mayor a 1 entonces el</p>

	<p>proyecto está por debajo del presupuesto planeado. Si el índice es menor a 1 el proyecto está por encima del presupuesto planeado.</p> <p>$CPI = EV/AC$</p> <p>Índice de desempeño del Cronograma Es una medida de progreso real del cronograma del proyecto. Si el índice es igual a 1, entonces el proyecto está en el cronograma. Si el índice es mayor que 1 entonces el proyecto está adelantado de acuerdo al cronograma. Si el índice es menor que 1 entonces el proyecto está atrasado de acuerdo al cronograma.</p> <p>$SPI = EV/PV$</p> <p>Proyecciones La proyección estimada para concluir el proyecto a la fecha de control será:</p> <p>$EAC = AC + ETC$, donde</p> <p>$ETC = (BAC-EV) / CPI$</p> <p>Índice TCPI El índice TCPI nos da una estimación de cuál debería ser nuestro índice de desempeño para terminar como presupuestamos originalmente.</p> <p>$TCPI = (BAC-EV)/(BAC-AC)$</p>																					
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2" rowspan="2" style="text-align: center;">Índice Costo-Cronograma CPI x SPI</th> <th colspan="3" style="text-align: center;">Cronograma</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">SPI > 1.0</th> <th style="text-align: center;">SPI = 1.0</th> <th style="text-align: center;">SPI < 1.0</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3" style="text-align: center; vertical-align: middle;">Esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">CPI > 1.0</td> <td style="text-align: center;">Adelantado en plazo y bajo el esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">En el plazo y bajo el esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">Atrasado en plazo y bajo el Esfuerzo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CPI = 1.0</td> <td style="text-align: center;">Adelantado en plazo y dentro del esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">En plazo y dentro del esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">Atrasado en plazo y dentro del esfuerzo</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">CPI < 1.0</td> <td style="text-align: center;">Adelantado en plazo y sobre el esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">En plazo y sobre el esfuerzo</td> <td style="text-align: center;">Atrasado en plazo y sobre el esfuerzo</td> </tr> </tbody> </table>	Índice Costo-Cronograma CPI x SPI		Cronograma			SPI > 1.0	SPI = 1.0	SPI < 1.0	Esfuerzo	CPI > 1.0	Adelantado en plazo y bajo el esfuerzo	En el plazo y bajo el esfuerzo	Atrasado en plazo y bajo el Esfuerzo	CPI = 1.0	Adelantado en plazo y dentro del esfuerzo	En plazo y dentro del esfuerzo	Atrasado en plazo y dentro del esfuerzo	CPI < 1.0	Adelantado en plazo y sobre el esfuerzo	En plazo y sobre el esfuerzo	Atrasado en plazo y sobre el esfuerzo
	Índice Costo-Cronograma CPI x SPI			Cronograma																		
			SPI > 1.0	SPI = 1.0	SPI < 1.0																	
	Esfuerzo	CPI > 1.0	Adelantado en plazo y bajo el esfuerzo	En el plazo y bajo el esfuerzo	Atrasado en plazo y bajo el Esfuerzo																	
CPI = 1.0		Adelantado en plazo y dentro del esfuerzo	En plazo y dentro del esfuerzo	Atrasado en plazo y dentro del esfuerzo																		
CPI < 1.0		Adelantado en plazo y sobre el esfuerzo	En plazo y sobre el esfuerzo	Atrasado en plazo y sobre el esfuerzo																		
Forma de presentación	Visualizar los resultados a nivel de cuadro resumen y gráficos de líneas.																					
Herramientas	Planilla de Métricas-Evaluación de Estados.xls.																					
Responsabilidades	Jefe de Proyecto, Analista de Métrica																					

Figura N° 15: Tabla métrica valor ganado

4.3 Objetivo GQM O3

Mejorar la calidad del producto implica entre otras cosas tener un proceso de pruebas robusto y que sea seguido de la forma en que se definió. Por otro lado es necesario controlar que no se sacrifiquen las pruebas cuando los tiempos empiezan a escasear debido a los atrasos de los proyectos.

Considerando entonces el impacto que tienen las pruebas en el resultado del producto final, se plantea el objetivo de controlar la calidad del producto por medio de la aplicación de métricas al proceso de pruebas. La figura 16 muestra la plantilla del objetivo GQM Calidad del Producto.

Objetivo GQM O3 : Calidad de Producto	
Analizar	Efectividad de las pruebas
Con el propósito de	Mejorar la calidad de los entregables finales
Con respecto a	la calidad de los productos de software
Desde el punto de vista de	los usuarios del proceso
En el contexto de	Desarrollo y mantenimiento de software
Preguntas Asociadas a la Calidad de Producto	
P1	¿Cuál es la efectividad de las pruebas en el aseguramiento de la calidad?
P2	¿Cuál es la calidad de los productos que se generan durante el desarrollo?
P3	¿Cuál es el porcentaje de defectos que se encuentran en las pruebas?
P4	¿Cuál es la efectividad de la eliminación de defectos?
P5	¿Cuál es el tiempo en re trabajo producto de los defectos encontrados en las pruebas?
P6	¿Se realizan todas las pruebas planificadas o se sacrifica el tiempo del proceso de prueba de acuerdo al atraso del proyecto?

Figura N° 16: Plantilla objetivo GQM O3

4.3.1 Logro del Objetivo GQM O3

En la mayoría de los casos cuando los proyectos se atrasan y el tiempo comienza a escasear las empresas tienden a sacrificar las pruebas y con ello la calidad del producto perjudicando en el largo plazo la imagen y rentabilidad de la empresa.

El propósito de esta métrica es seguir el progreso de las pruebas y compararlo con el plan para poder tomar acciones en el momento en que haya algún indicador de que las actividades de prueba no se están cumpliendo. Esto debido a que cuando hay riesgos de no cumplir los plazos del proyecto, se suelen sacrificar las pruebas a fin de recuperar estos atrasos. Luego al contar con una métrica formal del progreso de las pruebas, es más difícil que se ignore el problema.

Por otro lado se sabe que un adecuado proceso de pruebas puede ayudar a la rentabilidad de un negocio ahorrando tiempo (y con ello dinero) en el desarrollo del producto y contribuyendo a aumentar la satisfacción del cliente.

4.3.2 Métrica Propuesta: Pruebas Funcionales

La figura 17 presenta la tabla con la definición de las métricas que permitirán conocer cuál es el número de casos de prueba ejecutados y cuál es la tasa de defectos que son encontrados por cada ejecución de las pruebas.

Identificador	Pruebas Funcionales
Definición	Demostrar que el producto cumple con los requisitos de usuario al ejecutar los casos de pruebas planificados para el producto.
Metas	Alcanzar el 90% de éxito de las pruebas funcionales en los requisitos del

	producto a la primera iteración luego de realizado el paso al ambiente de <i>testing</i> .
Métricas	<ul style="list-style-type: none"> Número de casos de pruebas ejecutados Número de defectos reportados
Periodicidad	Cada vez que se realice un paso al ambiente de testing
Procedimiento Análisis	<p>Calcular el porcentaje de los casos de prueba ejecutados y que no tengan un defecto reportado.</p> <p>$\% PF = 100 - (Nd*100)/Ncpe$ donde Nd es el número de defectos reportados y Ncpe el número de casos de prueba ejecutados.</p> <p>PF: Porcentaje de pruebas funcionales.</p>
Forma presentación	Gráfico circular para la iteración y gráfico de barra cuando exista más de una iteración en el proyecto.
Herramientas	Planilla de Métricas, casos de prueba
Responsabilidades	Analista QA, Analista de Métricas

Figura N° 17: Tabla métrica pruebas funcionales

4.4 Objetivo GQM O4

Desarrollar y gestionar requisitos de forma efectiva es necesario para construir productos de calidad y que satisfagan al cliente. Ninguna otra parte del trabajo afecta más negativamente al sistema final si se realiza de manera incorrecta y es más difícil de rectificar después. Por lo tanto entregar productos a tiempo, dentro del presupuesto, con las funciones y características requeridas se plantea el objetivo de conocer y controlar la volatilidad de los requerimientos a fin de ayudar a detectar oportunidades de mejora en los procesos de desarrollo y gestión de requisitos. La figura 18 muestra la plantilla del objetivo GQM Volatilidad de los Requerimientos.

Objetivo GQM O4 : Volatilidad de los Requerimientos	
Analizar	Los cambios en los requerimientos
Con el propósito de	Conocer la volatilidad de los requerimientos
Con respecto a	Detectar oportunidades de mejora en las actividades de elicitación y gestión de requerimientos
Desde el punto de vista de	los usuarios del proceso
En el contexto de	Desarrollo y mantenimiento de software
Preguntas Asociadas a la Calidad de Producto	
P1	¿Cuál es la cantidad de cambios que sufren los requerimientos una vez aprobados por el cliente?
P2	¿Cuántos requerimientos llegan a producción tal como se concibieron?
P3	¿Cuál es el tiempo de re trabajo producto del cambio de los requerimientos?
P4	¿Es homogénea la volatilidad de los requerimientos en los proyectos similares de la empresa?

Figura N° 18: Plantilla objetivo GQM O4

4.4.1 Logro del Objetivo GQM O4

Actualmente existen en la empresa proyectos de mantención de software en los cuales el Jefe de Proyectos realiza el rol de Analista de Sistemas. En estos proyectos el costo por el re trabajo debido a los cambios en los requerimientos los asume el cliente. Se cree que algunos de los cambios en los requerimientos se producen debido a la no rigurosidad e involucramiento en la captura por parte de nuestros analistas. Se sospecha que existe una alta volatilidad en los requerimientos debido a que quizás no existe control de esta situación o el proceso no genera las condiciones para que esta situación no suceda.

Por otro lado el no contar con una métrica de este proceso hace que no sea posible comparar qué analistas tienen mejor desempeño en estos tipos de proyectos, y por sobre todo dado que cuando la empresa ocupa a uno de estos analistas para un proyecto de desarrollo, generalmente asumimos un riesgo muy grande dado que no estamos seguros de la calidad de analista y si está influenciado por las malas prácticas o hábitos aprendidos en los proyectos de mantención.

Se recolectará por medio de una planilla la información correspondiente al número de cambios que recibe un requerimiento y los motivos durante su ciclo de vida. Esto permitirá contar con una métrica de cuál es la volatilidad de los requerimientos y con ello poder ajustar el proceso para que esta situación pueda reducirse y de esta manera evitar el re trabajo, aumentar la productividad, mejorar los plazos y la calidad.

4.4.2 Métrica Propuesta: Volatilidad de los Requerimientos

La figura 19 presenta la tabla con la definición de las métricas que permitirán conocer la variabilidad de los requerimientos. Los estados a considerar como variabilidad de los requerimientos son: nuevos, modificados, cancelados y terminados.

Indicador	Volatilidad de los requerimientos
Definición	Medir la forma como han variado en porcentaje los requerimientos originalmente propuestos a los ejecutados en el proyecto.
Metas	Determinar la volatilidad de los requerimientos (Cambios de los requerimientos)
Métricas	TR : número total de requerimientos TN : número total de requerimientos nuevos TM : número total de requerimientos modificados TC : número total de requerimientos cancelados TT : número total de requerimientos terminados
Periodicidad	En proyectos de desarrollo se hará al término de la fase de elaboración de cada proyecto, para los proyectos de mantención se realizará al término de la iteración.
Procedimiento Análisis	Calcular el % de variabilidad de los requerimientos $\%RN = (TN/TR)*100$ indica el % de requerimientos nuevos $\%RM = (TM/TR)*100$ indica el % de requerimientos modificados $\%RC = (TC/TR)*100$ indica el % de requerimientos cancelados

	$\%TT = (TT/TR) * 100$ indica el % de requerimientos terminados
Forma de presentaci	Visualizar los resultados a nivel de gráfico circular y tabla.
Herramientas	Planilla Métricas-REQM.xls
Responsabilidades	Jefe de Proyecto, Analista de Métricas

Figura N° 19: Tabla métrica volatilidad de los requerimientos

5 Medición utilizando modelo PSM

5.1 Introducción

Una vez diseñadas las métricas, el siguiente paso fue adoptar el Modelo de Proceso de PSM el cual permitió establecer un marco de referencia para implementar la medición a nivel de proyectos.

A partir de este marco de referencia se elaboró el plan de medición de la empresa, el cual queda establecido en el artefacto PlanMedicion.doc y que a su vez pasa a ser el documento oficial que guía las actividades de recolección, medición y análisis de las áreas de proceso y proyectos de la empresa.

A continuación se resumen las principales etapas del ciclo de vida del modelo PSM desarrolladas para soportar las actividades y tareas propias de la medición y que quedan definidas en el plan de medición.

5.2 Planificar la medición

En esta etapa se elaboró el plan de medición para guiar la recolección de la información necesaria para obtener las métricas definidas y de esta forma cumplir los objetivos de medición establecidos en el presente trabajo y que son de absoluta relevancia para la empresa.

Se definieron los procedimientos para recolectar datos de forma de asegurar que se obtendrían apropiadamente. También se definieron los procedimientos de almacenamiento de los datos y cómo estos podrían ser recuperados para asegurar disponibilidad y accesibilidad para su uso futuro. Se establecieron los artefactos a utilizar en la medición y la periodicidad con la cual se registrarían los datos.

El documento PlanMedicion.doc contiene la siguiente información:

- **Objetivos de Medición:** Detalles y estado de las metas de la medición asociados a la empresa en términos de logros, progreso y calidad.
- **Métricas por Indicadores:** Se enumeran las métricas que serán reevaluadas cada cierto tiempo durante el desarrollo para así dar soporte a los objetivos planteados.
- **Procedimiento de Recolección y Almacenamiento de Datos:** Definición de los procedimientos para recolectar datos, para asegurar que están siendo obtenidos apropiadamente. También se definen los procedimientos de almacenamiento de los datos y cómo éstos podrían ser recuperados para asegurar que estén disponibles y accesibles para un uso futuro.
- **Identificación de actores relevantes:** Definición de los roles y actores relevantes que participarán del proceso de medición.

5.3 Ejecutar la medición

En esta etapa del proceso se implementó el plan de medición para producir la información requerida para obtener las métricas de la empresa y con ello satisfacer sus necesidades de información. Esta actividad implicó reunir los datos de las mediciones, procesarlos para producir las métricas, realizar el análisis y presentar los resultados al equipo definido por la empresa para la realización de este trabajo.

5.4 Evaluar la medición

Esta etapa del proceso tuvo como finalidad evaluar el resultado de las métricas y mejorarlas para poder aplicarlas a todos los proyectos de la empresa. Esta actividad permitió descubrir errores,

refinar y adaptar las métricas para su mejor recolección y uso. Con el tiempo la empresa debería ir adquiriendo la disciplina y el hábito que le permita generar mejores métricas. En función de que vaya madurando sus procesos también irán cambiando sus necesidades de información y por lo tanto requiriendo nuevas métricas.

En esta etapa las métricas fueron analizadas como se definió en el Plan de Mediciones. Los resultados iniciales fueron revisados con los involucrados relevantes para así obtener conclusiones preliminares. Posteriormente se almacenaron los datos de la medición y los resultados de los análisis para poder contar con datos históricos que podrán ser usados en futuros proyectos.

Esta actividad se realizó mediante reuniones en las cuales participaron jefes de proyectos, representantes de la gerencia y representante del equipo de procesos, a fin de conocer y discutir los resultados del proceso de medición. Se analizaron los inconvenientes del proceso y las posibles mejoras a llevar a cabo para poder agilizar la recolección de las métricas. También se discutieron las inconsistencias detectadas a partir de los resultados y se analizaron las posibles causas para que en la siguiente iteración no se volvieran a generar.

La información generada en esta etapa permitió mejorar las actividades de medición, detectar errores en el proceso, mejorar la adherencia al proceso y el entendimiento de los usuarios del proceso al recibir retroalimentación de sus actividades.

5.5 Establecer y mantener compromisos

Esta actividad permitió establecer los compromisos con la gerencia de la empresa a fin de proporcionar los recursos, formación y herramientas para poder mantener un programa de medición que permitiera generar una mejora continua en la empresa. También aquí se establecieron cuáles son las necesidades de información cuantificables de los proyectos que permitirán alinear los objetivos de calidad, mejora continua y negocio de la empresa.

En el tiempo esta actividad permitirá además informar a todos los interesados acerca de las definiciones de las mediciones y deberá ser ejecutada periódicamente para reforzar en forma continua los compromisos de la empresa con la utilización de la información que le permita ir en la dirección de la mejora continua.

6 Implementación de las Métricas

6.1 Introducción

En este capítulo se presenta la estrategia utilizada para implementar las mediciones y se muestran los resultados arrojados por cada uno de los experimentos realizados para implementar y validar las métricas.

6.2 Estrategia de Implementación

La estrategia de implementación de las métricas fue definir una serie de experimentos preliminares en un par de proyectos piloto con el fin de depurarlas y validar su efectividad para los objetivos definidos por la empresa y para este trabajo, además de poder utilizarlas posteriormente en todos los proyectos de la empresa.

El primer proyecto piloto fue un proyecto de mantención que siguió el proceso definido por la empresa y que estuvo estructurado en sucesivas iteraciones que duraron aproximadamente entre 4 a 6 semanas. Una vez terminada la primera iteración se analizaron los resultados y se corrigieron los errores encontrados en las diferentes entidades que interactúan en este proceso como son el usuario, el proceso, los artefactos, las métricas, etc.

Una vez que se aplicaron todas las mejoras tanto al proceso de medición como a las métricas mismas se volvió a probar por una segunda iteración en el mismo proyecto con el fin de validar las mejoras y volver a depurar los aspectos que no pudieran haber sido capturados en la primera iteración.

Nuevamente, una vez refinadas las métricas y aplicadas todas las mejoras, fueron aplicadas a 2 proyectos de similares características por un periodo de 2 iteraciones con el fin de analizar y comparar los resultados entre ellos para luego extraer la información que permitió concluir este trabajo de tesis.

6.3 Experimento Piloto N°1

El primer proyecto seleccionado para depurar y validar empíricamente las métricas fue el proyecto de mantención del Sistema Informático de Juzgados de Cobranza Laboral y Previsional (SITLA). Los Juzgados de Cobranza Laboral y Previsional tienen como finalidad velar por el cumplimiento efectivo de los derechos previsionales y laborales de los trabajadores.

Esta mantención consiste en la implementación de las nuevas funcionalidades que van siendo requeridas conforme los Tribunales de Cobranza Laboral y Previsional van requiriendo para un mejor y eficiente funcionamiento. Junto con la implementación de nuevas funcionalidades, la empresa también realiza el monitoreo y resolución de incidencias que el Sistema Informático va presentando en su operatoria diaria.

Por otro lado se realizan constantes mejoras del sistema con la finalidad de mantener los tiempos de respuestas, así como también está atento a las sugerencias de mejoras que van en beneficio de los usuarios que lo usan así como también de las personas que van a los Tribunales a solicitar sus servicios.

También este sistema cuenta con una interfaz que permite que las Instituciones tales como AFP e ISAPRES, entre otras, puedan hacer envíos de demandas en forma masiva y electrónica, evitando con esto tener que digitarlas en el juzgado y el manejo de papeles que este proceso manual conlleva. Además el sistema cuenta con las características necesarias para que los jueces puedan procesar en forma masivas las resoluciones que este ingreso masivo les exige.

La figura 20 detalla la ficha del proyecto piloto N°1:

FICHA SISTEMA	
Nombre del Cliente	Corporación Administrativa del Poder Judicial
Nombre del Proyecto	SITLA
Nombre Jefe Proyecto	Guillermo Sandoval
Descripción del proyecto	Mantenimiento Sistema Informáticos de los Tribunales de Cobranza Laboral y Previsional
Equipo Desarrollo	1 Jefe de Proyectos y 2 analistas desarrolladores
N° Usuarios	200 usuarios aprox. conectados en forma concurrente
Plataforma Tecnológica	Servidor de Aplicaciones WebSphere con motor de base de datos Oracle 10g
Principales Módulos	Ingreso de Causas, Gestión de Causas, Liquidación, Notificaciones, Custodia, Atención de Público, Remisiones, Diligencias, Ingreso de Demandas masivas, Cta. Cte. Reportes

Figura N° 20: Ficha sistema piloto

6.4 Análisis del Valor Ganado

A continuación se analiza la medición del valor ganado para la iteración N° 3 del proyecto SITLA. La figura 21 muestra la gráfica de la evolución del valor ganado EV y el esfuerzo AC real con respecto a lo planificado para cada uno de los puntos de control definidos para la iteración. Esta grafica suele llamarse curva s por su forma característica parecida a una letra s.

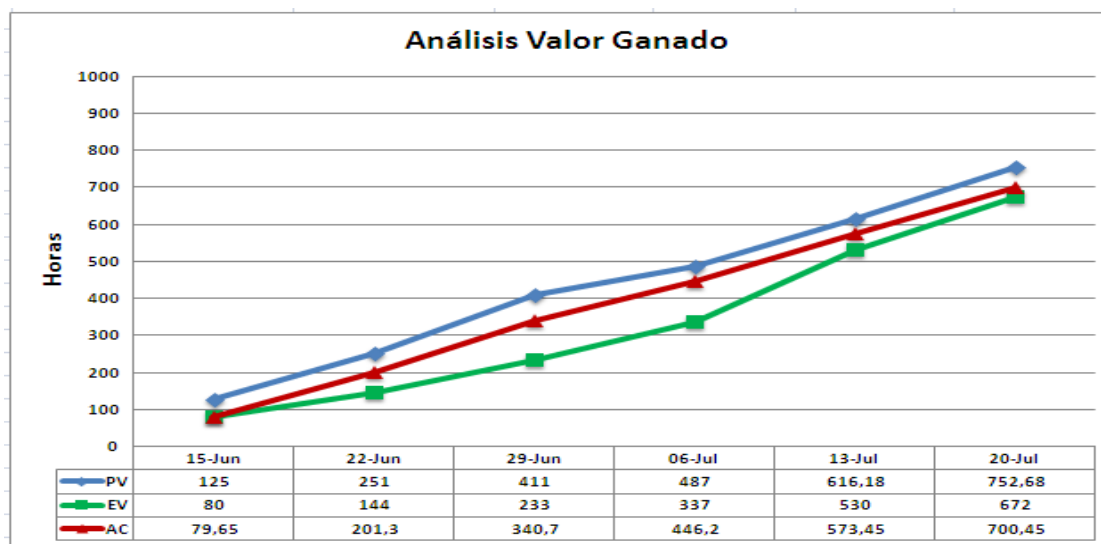


Figura N° 21: Grafica curva S del valor ganado

Observando la curva y la tabla podemos ver que para el primer punto de control 15-Jun el valor ganado es igual al esfuerzo realizado sin embargo el valor ganado estuvo por debajo del valor planificado para esa fecha de control. A partir del segundo punto de control 22-Jun vemos que la distancia entre el valor ganado y el valor planificado comienza a aumentar y solo a partir del penúltimo punto de control 13-Jul se tienden a atenuar y de allí hasta el final de la iteración. Observamos también que a partir del segundo punto de control el esfuerzo siempre fue superior al

valor ganado y se mantuvo así hasta el final de la iteración. A partir del punto de control 13-Jul el esfuerzo involucrado se tiende a igualar al valor ganado.

6.4.1 Variables de Análisis de EVM

La figura 22 nos muestra la evolución de todas las variables involucradas para el análisis del valor ganado para cada uno de los puntos de control que fueron realizados para esta iteración.

Resumen Variables EVM						
	Pto. de control 1	Pto. de control 2	Pto. de control 3	Pto. de control 4	Pto. de control 5	Pto. de control 6
	15-06-2012	22-06-2012	29-06-2012	06-07-2012	13-07-2012	20-07-2012
HH Reales BAC	85	127,5	127,5	127,5	127,5	127,5
HH Planificadas PV	125	126	160	76	129,18	136,5
HH Ganadas EV	80	64	89	104	193	142
HH Esfuerzo AC	79,65	121,65	139,4	105,5	127,25	127
HH Real BAC Acumulado	85,00	212,50	340,00	467,50	595,00	722,50
HH Plan. Acumulado PV	125,00	251,00	411,00	487,00	616,18	752,68
HH Gan. Acumulado EV	80,00	144,00	233,00	337,00	530,00	672,00
HH Esf. Acumulado AC	79,65	201,30	340,70	446,20	573,45	700,45
Variaciones						
SV	-45	-62	-71	28	63,82	5,5
SV%	-36%	-49%	-44%	37%	49%	4%
SV Acumulado	-45	-107	-178	-150	-86,18	-80,68
SV% Acumulado	-36%	-43%	-43%	-31%	-14%	-11%
CV						
CV	0,35	-57,65	-50,4	-1,5	65,75	15
CV%	0,4%	-90%	-57%	-1%	34%	11%
CV Acumulado	0,35	-57,3	-107,7	-109,2	-43,45	-28,45
CV% Acumulado	0,4%	-39,8%	-46,2%	-32,4%	-8,2%	-4,2%
Indices						
CPI	1,00	0,53	0,64	0,99	1,52	1,12
SPI	0,64	0,51	0,56	1,37	1,49	1,04
CPI Acumulado	1,00	0,72	0,68	0,76	0,92	0,96
SPI Acumulado	0,64	0,57	0,57	0,69	0,86	0,89
Proyecciones						
ETC	639,69	808,69	715,76	510,42	208,28	52,64
Costo mínimo EAC	719	1.010	1.056	957	782	753
Costo mínimo % EAC	-0,4%	39,8%	46,2%	32,4%	8,2%	4,2%
CPI Acumulado	1,00	0,72	0,68	0,76	0,92	0,96
TCPI	1,00	1,11	1,28	1,40	1,29	2,29

Figura N° 22: Tabla resumen variables EVM

6.4.2 Variación de Cronograma SV

A continuación se presentan las variaciones (figura 23) para cada uno de los puntos de control que tuvo la iteración. Las variaciones SV y SV% consideran para el cálculo sólo los valores planificado y ganado para cada uno de los puntos de control. En cambio el SV y SV% acumulado consideran los valores planificados y ganados acumulados a la fecha de control. Los SV no acumulados permiten saber si el jefe de proyecto intenta calzar el presupuesto con las tareas planificadas para cada uno

de los puntos de control en este caso una semana. Los SV acumulados permiten conocer la realidad del proyecto porque consideran los arrastres que se producen cuando se planifican tareas de más de una semana.

Variación de Cronograma						
SV = EV - PV	P1	P2	P3	P4	P5	P6
SV	-45	-62	-71	28	63,82	5,5
SV%	-36%	-49%	-44%	37%	49%	4%
SV Acumulado	-45	-107	-178	-150	-86,18	-80,68
SV% Acumulado	-36%	-43%	-43%	-31%	-14%	-11%

Figura N° 23: Tabla variación de cronograma

Analizando la variación del cronograma observamos que el proyecto tuvo variación en cronograma SV negativa hasta el punto de control P3, lo cual indica que durante ese tramo de la iteración se estuvo atrasado con respecto a lo planificado.

Sin embargo si consideramos la variación acumulada la iteración se mantuvo por debajo del cronograma hasta el final de la iteración en cuyo punto de control terminó con un tiempo acumulado de 80,68 horas menos de lo programado y un 11% en relación a la iteración completa.

Si observamos la variación en términos relativos (SV%) para los tres primeros puntos de control vemos que el atraso con respecto a la iteración fue de -36% en P1, -49% en P2 y -44% en P3. Ahora considerando el SV% acumulado vemos que estos valores tienden a disminuir levemente para el punto P2 43% y P3 43%; esto explica que hubo algunas tareas del cronograma que se planificaron para más de un punto de control (más de una semana).

6.4.3 Variación de Costo CV

Variación de Costo						
CV = EV - AC	P1	P2	P3	P4	P5	P6
CV	0,35	-57,65	-50,4	-1,5	65,75	15
CV%	0%	-90%	-57%	-1%	34%	11%
CV Acumulado	0,35	-57,3	-107,7	-109,2	-43,45	-28,45
CV% Acumulado	0%	-40%	-46%	-32%	-8%	-4%

Figura N° 24: Tabla variación de costo

Analizando la variación en costo ilustrada en la figura 24, observamos que para los puntos de control P2, P3 y P4 la iteración arrojó una varianza en costo negativa lo cual indica que se estuvo por encima del presupuesto planeado para cada una de estas fechas de control. Ahora si consideramos la variación acumulada vemos que esta se mantuvo negativa hasta el final de la iteración ya que nunca pudo ser recuperada, sólo se fue atenuando hasta terminar excedida en un costo de 28,45 hh con respecto al presupuesto.

Si observamos esta variación del costo medido en términos relativos CV% vemos que en los puntos de control P2 y P3 esta variación fue de 90% y 57% con respecto al presupuesto planificado. Destaca la alta variación en costo del punto de control P2 que es de un 90%; esto se explica porque el equipo terminó la mitad de las tareas planeadas y no porque trabajaran el doble de tiempo. En el punto de control P5 ocurre lo contrario, el costo fue un 34% menos de lo planificado lo cual podría estar indicando que el jefe de proyecto sobreestimó el tiempo para las actividades de esa semana. Finalmente la iteración concluyó con un 4% más de costo (SV% acumulado) con respecto al presupuesto base para la iteración.

6.4.4 Índice de Desempeño CPI y SPI

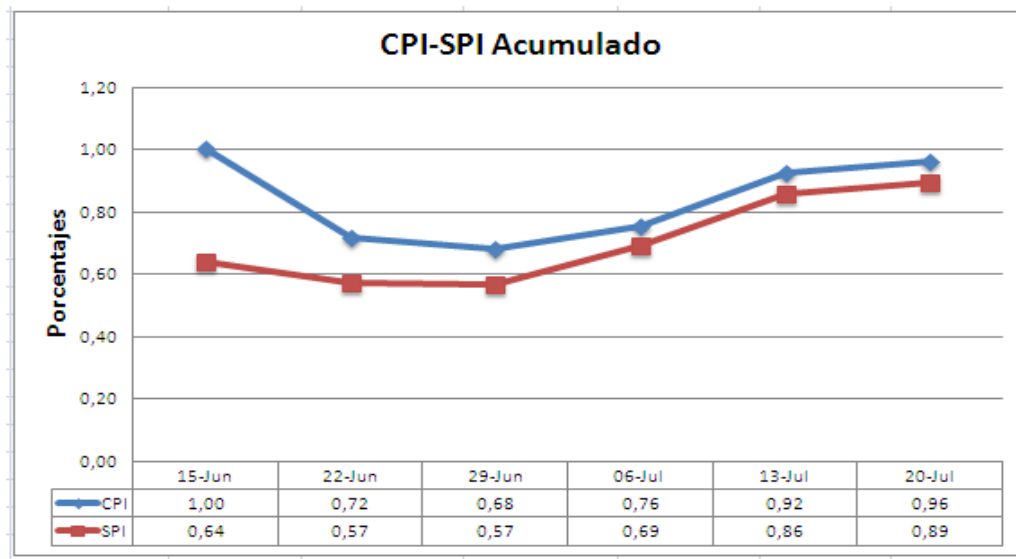


Figura N° 25: Grafica curva CPI-SPI

Analizando el índice de desempeño en costo podemos observar que para el primer punto de control 15-Jun está en 1 lo cual indica que el costo utilizado para obtener el valor ganado fue el mismo. Sin embargo para este mismo punto de control el índice de cronograma indica que se estuvo muy por debajo de lo planificado. Esto se explica porque para este punto de control el jefe de proyecto planificó por error más horas de las que tenía como presupuesto para esa semana.

Si analizamos el índice de desempeño en costo considerando toda la iteración podemos observar que siempre el proyecto estuvo por encima del presupuesto, es decir se utilizó mayor esfuerzo del planificado para obtener el valor planificado. Por ejemplo en el punto de control más bajo 29-Jun por cada hh invertida se obtenía solo 0,66 hh de valor. Sólo a partir del punto de control 6-Jul esta situación comienza a revertirse hasta llegar en el último punto de control casi en el óptimo 0,96, es decir el esfuerzo está igualando a lo ganado.

El índice de desempeño en cronograma estuvo siempre por debajo de 1 lo cual indica que siempre se estuvo por debajo de lo planificado. A partir del punto de control 13-Jul esta situación comienza a mejorar para terminar acercándose a un valor de 0,89 lo cual indica que se está un 11% por debajo de lo planificado en el último punto de control. Esta situación siempre es revertida trabajando tiempo extra al final de la iteración para recuperar el tiempo atrasado.

A partir de los índices de desempeño podemos observar que esta iteración siempre estuvo atrasada y sobre el esfuerzo presupuestado.

6.4.5 Análisis de Proyecciones

La figura 26 muestra cómo evolucionaron las proyecciones de cómo finalizaría la iteración para cada uno de los puntos de control. También muestra la evolución del índice TCPI que nos indica cómo debería haber sido el índice de desempeño en costo CPI para poder terminar en el presupuesto inicialmente proyectado.

Proyecciones						
	P1	P2	P3	P4	P5	P6
ETC	639,69	808,69	715,76	510,42	208,28	52,64
Costo mínimo EAC	719	1.010	1.056	957	782	753
Costo mínimo % EAC	-0,4%	39,8%	46,2%	32,4%	8,2%	4,2%
CPI Acumulado	1,00	0,72	0,68	0,76	0,92	0,96
TCPI	1,00	1,11	1,28	1,40	1,29	2,29

Figura N° 26: Tabla de proyecciones

Podemos observar que el punto de control 1 muestra que si se mantenía el rendimiento en costos CPI, la iteración terminaría con un presupuesto a favor de 4%. El índice TCPI =1 también indicaba que deberíamos mantener este rendimiento.

El segundo punto de control muestra que el costo para terminar la iteración con el rendimiento actual estará excedido en un 39,8% del costo presupuestado. Luego el índice TCPI para revertir esta situación debería mejorar a 1,11. Esto es consistente con el hecho de que el índice CPI decreció de 1 a 0,72.

En el tercer punto de control el costo para terminar la iteración aumentó a un 46,2% lo cual es consistente con el hecho de que el índice de desempeño en costo también decrecía de 0,72 a 0,68. Ahora para poder revertir esta situación el índice TCPI nos indica que nuestro CPI debería mejorar a 1,28 para poder terminar según el presupuesto inicial.

Si miramos el penúltimo punto de control P5 vemos que con el desempeño en costo a esa fecha (CPI=0,92) terminaríamos la iteración con un 8,2% sobre el presupuesto inicialmente acordado. Luego el índice de desempeño en costo debería mejorar a TCPI=1,29. Observamos que la iteración finalizó con un índice CPI=0,96 mayor en 0,4 con respecto al anterior. Sin embargo esto fue bajo el índice TPI proyectado por lo tanto vemos que terminó con un 4,2% sobre el presupuesto inicialmente planificado.

6.4.6 Análisis del Desempeño de la Iteración

A continuación se analizan el por qué de las variaciones y los índices de desempeño obtenidos en esta iteración. Para ello se examinarán las variables del valor ganado para las áreas de proceso de mayor relevancia en asignación de tiempo con el fin de determinar dónde se encuentran las mayores deficiencias del proceso.

El gráfico de la figura 27 ilustra cómo se distribuyó el tiempo en las distintas áreas de proceso.

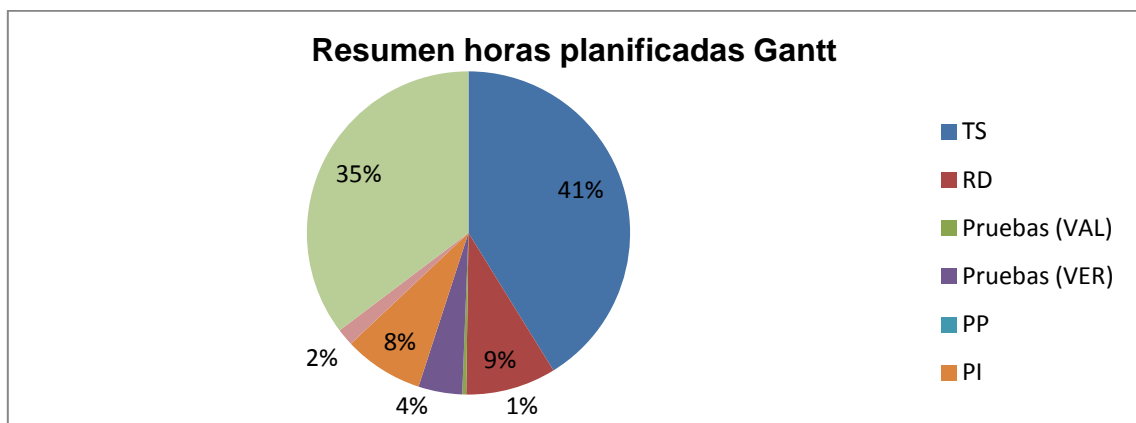


Figura N° 27: Distribución de las horas planificadas por área de proceso

Cómo se puede observar en la figura 26, el 41% del tiempo planificado se asignó al área de proceso de Solución Técnica, un 9% para el desarrollo de requerimientos y un 8% para el área de integración PI. Destaca la casi nula asignación de tiempo a las actividades de gestión de requerimientos REQM, planificación PP y monitoreo y control PMC. El área de Prueba aparece con un 1% para el área de proceso de VAL y un 4% para el área de VER. La principal oportunidad de mejora que se deduce de este gráfico es el 35% de horas planificadas para otros, las cuales no corresponden a actividades de ninguna área de procesos.

6.4.7 Descripción del Grafico de las Áreas de Proceso

Para analizar la relación entre el valor planificado, el ganado y el esfuerzo en cada una de las áreas de proceso se utilizarán gráficos de barras los cuales mostrarán barras para indicar la cantidad de hh utilizadas en cada una de las variables del EVM.

La barra TS Gantt indica las horas planificadas en la carta Gantt de Microsoft Project, la barra TS Planificado indica las horas registradas en la planilla Excel de métricas desde la carta Gantt, esto sirve de validación entre lo planificado en carta Gantt y lo registrado en la planilla de evaluación de métricas. La barra TS Ganado indica el valor ganado y la barra TS AC indica el esfuerzo realizado para obtener ese valor en el área de proceso específica.

6.4.8 Solución Técnica

La figura 28 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de solución técnica. Vemos que el jefe de proyecto planificó un total de 310 hh en su carta Gantt. Registró las mismas 310 hh en la planilla de métricas y obtuvo un valor ganado de 365 hh con un esfuerzo de 225,5 hh.

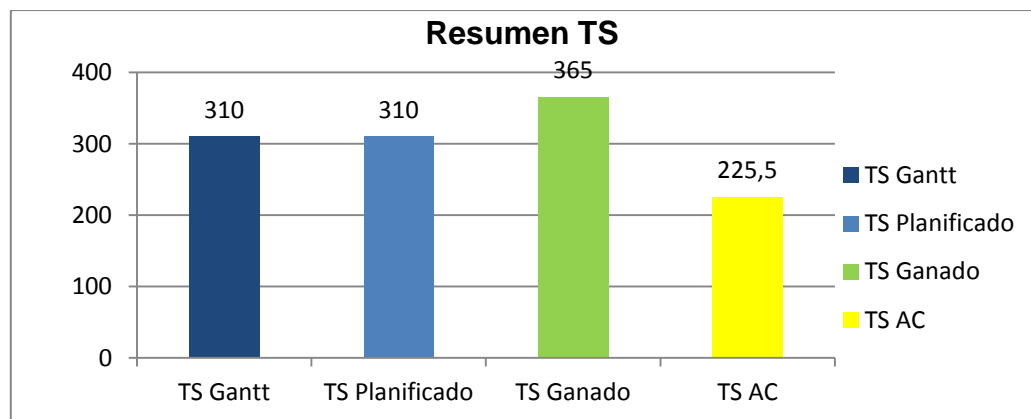


Figura N° 28: Gráfico valor ganado área TS

A partir de este gráfico podemos observar que se obtiene mayor valor ganado que lo planificado. Este exceso en valor ganado con respecto a lo planificado se produce porque se cancelaron 2 requerimientos en el medio de la iteración y se ajustó la planificación a este efecto. Sin embargo quedaron tareas terminadas que se contabilizaron como valor ganado. Por otro lado el menor esfuerzo (225,5) para obtener el valor ganado (365) está indicando que se sobreestimó en hh lo planificado.

6.4.9 Desarrollo de Requerimientos

La figura 29 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de desarrollo de requerimientos, en este caso el jefe de proyectos planificó en su carta Gantt 68 hh de trabajo y registro correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas.

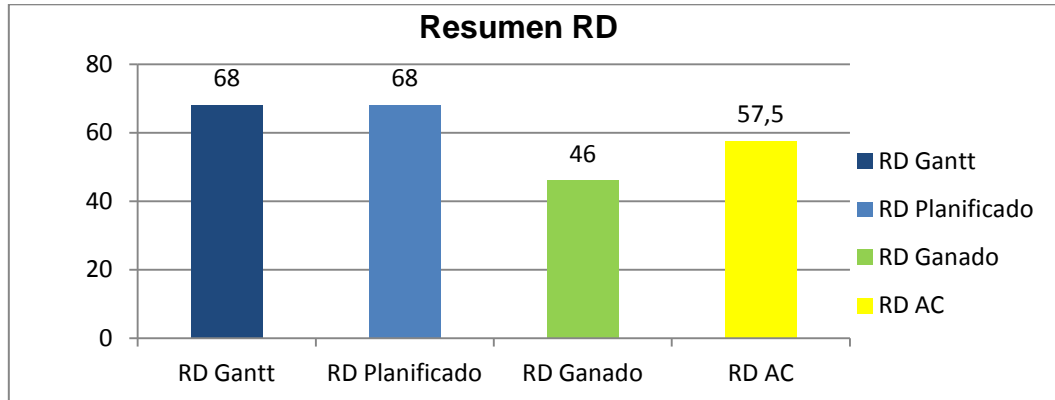


Figura N° 29: Gráfico valor ganado área RD

En esta medición podemos observar que no se cumplió con el total de las actividades planificadas equivalentes a 68 hh ya que sólo se obtuvieron 46 hh de valor con un esfuerzo mayor de 57,5 hh. Esto podría explicar la alta volatilidad que tuvieron los requerimientos durante esta iteración y a su vez señalar una oportunidad de mejora para el área.

6.4.10 Prueba

El área de proceso de Prueba está dividida en las sub áreas de VAL y VER. Para el sub área de VAL observamos que el jefe de proyectos planificó 13 hh en carta Gantt y registró el mismo valor en la planilla de métricas. Por otro lado el valor ganado fue de 9 hh y el esfuerzo de 8,7 hh lo cual podría indicar eficiencia. Sin embargo el valor planificado es mayor que el ganado lo cual indica que hubieron tareas que no se terminaron o se cancelaron.

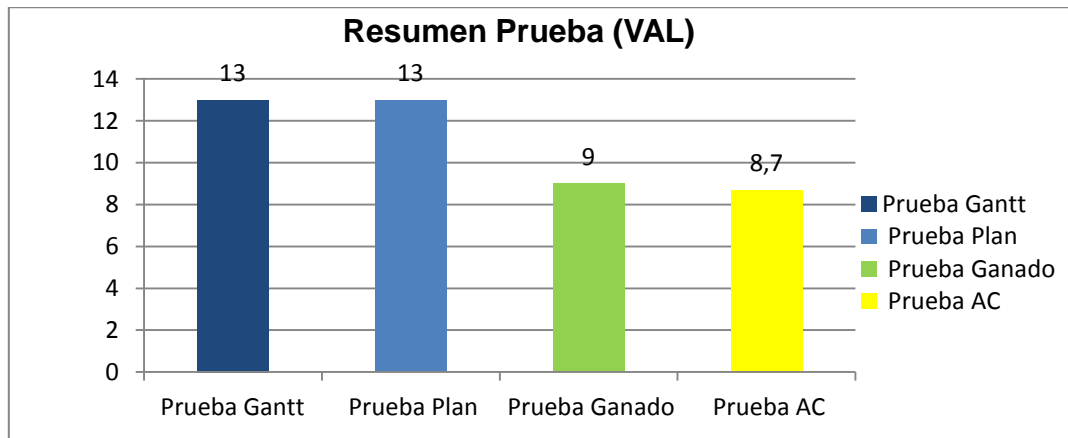


Figura N° 30: Gráfico valor ganado área prueba (VAL)

La sub área de proceso VER muestra que se planificó en carta Gantt 23 hh y se registró ese mismo valor en la planilla de métricas. Observamos que el valor ganado es inferior al valor planificado y a

su vez el esfuerzo para obtener ese ganado es menor 13,5. Esta diferencia entre lo planificado y lo ganado estaría indicando que existieron tareas que no se completaron o se cancelaron.

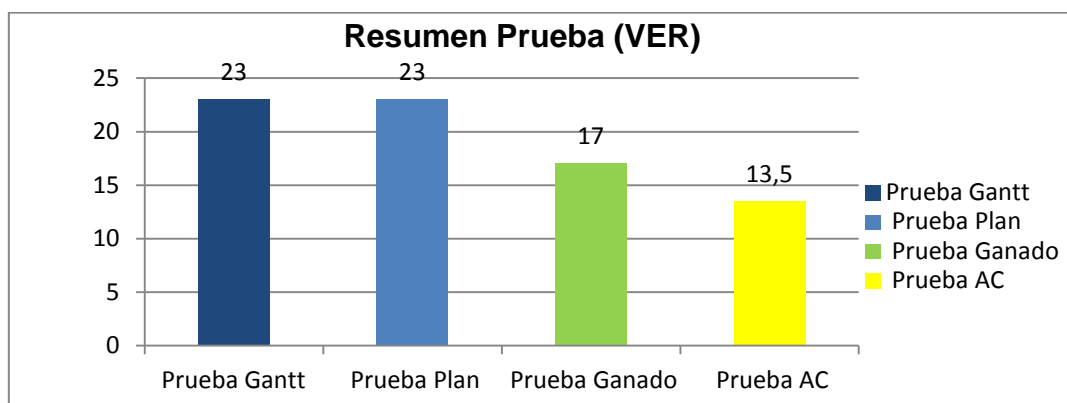


Figura N° 31: Gráfico valor ganado área prueba (VER)

Como conclusión del área de Prueba destaca el poco tiempo (5%) que se le asigna en relación al tiempo asignado para solución técnica (41%) y para Otros (35%). Este hecho y las variaciones entre el valor planificado y el valor ganado indican que existen deficiencias en el área que es necesario revisar para ayudar a mejorar la calidad del producto. También se confirman las sospechas iniciales de que el área de Prueba es la más débil y queda en evidencia que no sólo se sacrifican los tiempos planificados cuando hay atraso sino que se asigna muy poco tiempo para validar y verificar el producto.

6.4.11 Integración de Producto

La figura 32 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de integración de producto. En este caso el jefe de proyectos planificó en su carta Gantt 60 hh de trabajo y registró correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas. El valor ganado para esta área durante la iteración fue de 29 hh y el esfuerzo involucrado fue de 28hh.

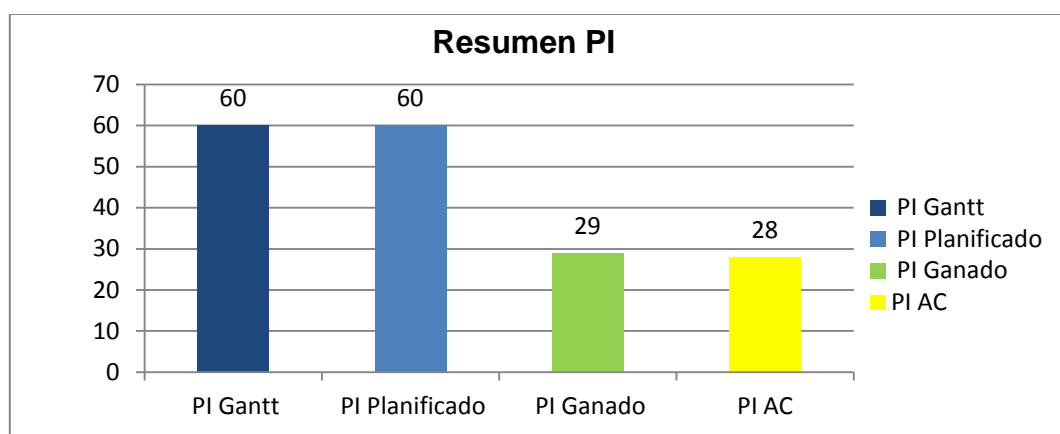


Figura N° 32: Gráfico valor ganado área PI

Esta medición deja de manifiesto la sobreestimación de hh para el área de proceso ya que el valor ganado y el esfuerzo son muy similares. Por lo tanto podemos concluir que para esta iteración el jefe de proyectos sobreestimó en un 100% el tiempo necesario para las actividades de PI.

6.4.12 Otros

Esta categoría fue definida con el fin de capturar todos aquellos tiempos consumidos por el equipo de desarrollo en actividades que no estuvieran planificadas desde un comienzo y que a su vez tampoco pertenecieran a alguna de las áreas de proceso definidas por la empresa.

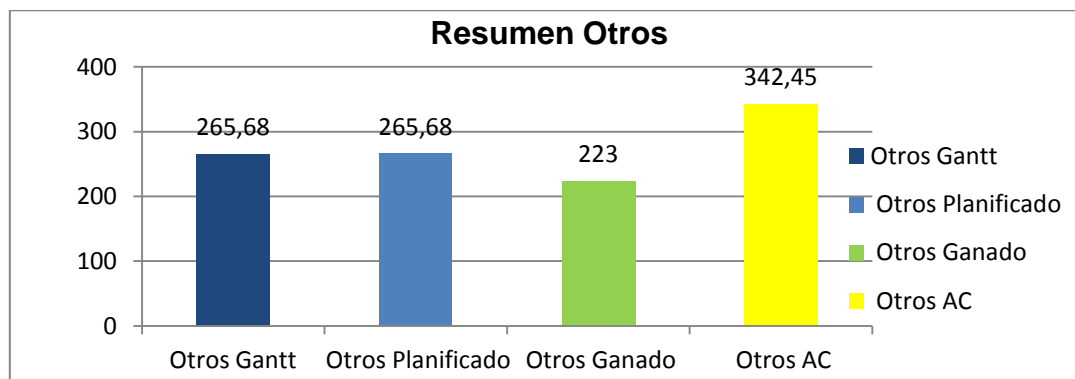


Figura N° 33: Gráfico valor ganado área Otros

Del gráfico presentado en la figura 33 observamos que el jefe de proyecto planifica 265 hh para actividades que no corresponderán a tareas de algún área de proceso. De esas actividades sólo obtiene un valor ganado de 223 con un esfuerzo de 342,45 hh. Esta es una gran debilidad del proceso que queda en evidencia en este gráfico ya que para esta iteración el jefe de proyecto se reserva una cantidad considerable de hh para gastar en actividades que no están en definidas en el proceso.

6.5 Volatilidad de Requerimientos

La figura 34 presenta los resultados de las métricas de volatilidad de los requerimientos para la iteración evaluada.

Volatilidad de Requerimientos							
N°Req. Totales	N°Req.	N°Req. Nuevos	Req. Cancelados	Req. Terminados	% Req. Modificados	% Req. Cancelados	% Req. Nuevos
6	1	5	2	4	17%	33%	83%

Figura N° 34: Tabla métrica volatilidad de requerimientos

Podemos observar que el total de requerimiento a desarrollar para la iteración fueron 6. La iteración comenzó con un requerimiento y luego se fueron agregando más requerimientos durante la iteración hasta completar un total de 6. Durante la iteración se modificó un requerimiento, se cancelaron 2 y se terminaron 4. A partir de esta información observamos que existe una alta volatilidad en los requerimientos para esta iteración si consideramos que un 83% fueron nuevos y por lo tanto modificaron el alcance, 33% fueron cancelados y un 17% se modificó.

Consideramos que en las áreas de proceso REQM y RD existen oportunidades de mejora ya que las métricas confirman las sospechas iniciales de volatilidad en los requerimientos. Para este tipo de proyectos los jefes de proyecto hacen las labores de analistas y los resultados de las métricas reflejan que no son realmente rigurosos en el análisis y gestión de los requerimientos, lo cual explica la alta volatilidad que estos presentan durante la iteración. Por otro lado la cancelación de requerimientos explica la diferencia entre el presupuesto con que contó para la iteración de 722,5 hh

y el valor realmente ganado 672. Se perdieron 50,5 hh más todo el trabajo ya terminado de esos requerimientos cancelados.

6.6 Adherencia al Proceso

La figura 35 muestra los estados de las revisiones que se realizaron a los artefactos producidos durante esta iteración. Para efectos de la métrica de adherencia al proceso sólo se consideran los artefactos que están en estado completado. La métrica de adherencia para la iteración evaluada se presenta en el gráfico circular de la figura 35.

Adherencia al Proceso							
	Pto. de control 1	Pto. de control 2	Pto. de control 3	Pto. de control 4	Pto. de control 5	Pto. de control 6	Acumulado
	15-06-2012	22-06-2012	29-06-2012	06-07-2012	13-07-2012	20-07-2012	
No Existe	1	2	1	0	1	0	5
Incompleto	0	0	1	0	0	0	1
Completo	8	11	4	5	5	0	33
Incorrecto	0	0	0	0	0	0	0
Cerrado	0	0	0	0	0	0	0
Persiste Incumplimiento	0	0	0	0	0	0	0
Total artefactos revisados	9	13	6	5	6	0	39

Figura N° 35: Tabla métrica adherencia al proceso

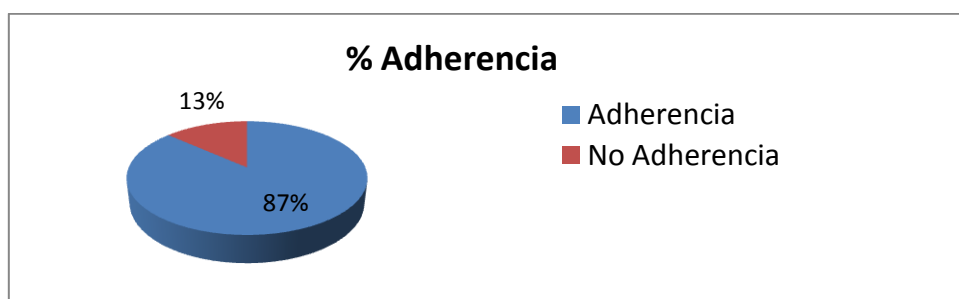


Figura N° 36: Gráfico adherencia al proceso

Observamos en la figura 36 que la adherencia al proceso fue de un 87% lo cual es coherente con el hecho de que muchas actividades no son planificadas y por lo tanto no pasan por las actividades del proceso. Esto quedó de manifiesto al comparar las horas que realmente se planificaron que fueron menores con respecto al presupuesto de hh asignado para la iteración. La adherencia estuvo por debajo del objetivo planteado en la métrica para este trabajo que fue alcanzar un 90% de adherencia.

6.7 Experimento Piloto N°2

El segundo proyecto seleccionado para depurar y validar empíricamente las métricas fue el proyecto de mantenimiento del Sistema Informático de los Tribunales de Familia (SITFA). Los Tribunales de Familia tienen como finalidad reunir en un único tribunal todas las materias que involucran los conflictos de naturaleza familiar.

Esta mantención consiste en la implementación de las nuevas funcionalidades que van siendo requeridas conforme los Tribunales de Familia van solicitando para un mejor y eficiente funcionamiento. Junto con la implementación de nuevas funcionalidades, la empresa también realiza el monitoreo y resolución de incidencias que el Sistema Informático va presentando en su operatoria diaria.

La figura 37 detalla la ficha del proyecto piloto N°2:

FICHA SISTEMA	
Nombre del Cliente	Corporación Administrativa del Poder Judicial
Nombre del Proyecto	SITFA
Nombre Jefe Proyecto	Paulo Bello
Descripción del proyecto	Mantenimiento Sistema Informáticos de los Tribunales de Familia
Equipo Desarrollo	0,5 Jefe de Proyectos y 5 analistas desarrolladores
Nº Usuarios	1200 usuarios aprox. conectados en forma concurrente
Plataforma Tecnológica	Servidor de Aplicaciones WebSphere con motor de base de datos Oracle 10g
Principales Módulos	Ingreso de Causas, Gestión de Causas, Liquidación, Notificaciones, Custodia, Atención de Público, Remisiones, Diligencias, Ingreso de Demandas masivas, Cta. Cte. Reportes

Figura N° 37: Ficha sistema piloto N°2

6.8 Análisis del Valor Ganado

A continuación se analiza la medición del valor ganado para la iteración N° 3 del proyecto SITFA. La figura 38 muestra la gráfica de la evolución del valor ganado EV y el esfuerzo AC real con respecto a lo planificado para cada uno de los puntos de control definidos para la iteración.

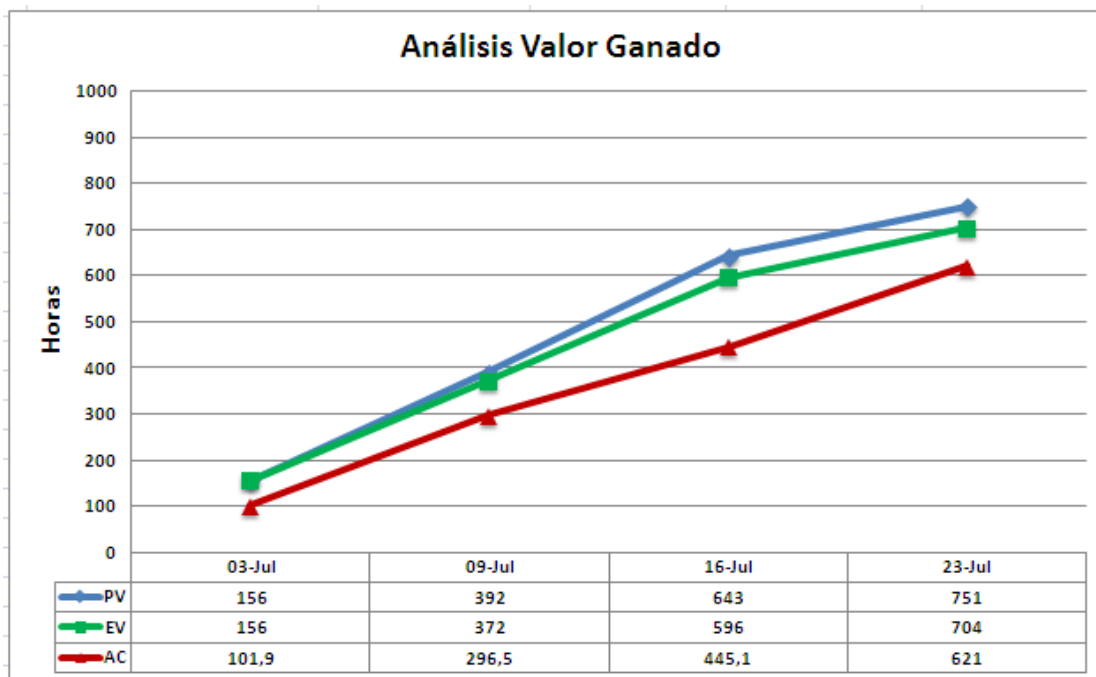


Figura N° 38: Gráfica curva S del valor ganado

Observando la curva y la tabla podemos ver que para el primer punto de control 3-Jul el valor ganado es igual al valor planificado y el esfuerzo estuvo por debajo de este valor en un 53%. En el

segundo punto de control 9-Jul vemos que la distancia entre el valor ganado y el valor planificado es muy pequeña (0,5%) y el esfuerzo nuevamente estuvo por debajo del valor ganado en un 25%. En el punto de control 16-Jul la diferencia entre el valor planificado y el valor ganado es de un 7%. La iteración finaliza con un valor planificado mayor en 6% que el valor ganado y un esfuerzo por debajo del valor ganado en 13%. Considerando que el esfuerzo siempre estuvo por debajo del valor ganado podemos concluir que el jefe de proyecto sobreestimó en un promedio de 22% la planificación de las actividades.

6.8.1 Variables de Análisis de EVM

La figura 39 muestra la evolución de todas las variables involucradas para el análisis del valor ganado para cada uno de los puntos de control que fueron realizados para esta iteración.

Resumen Variables EVM				
	Pto. de control 1	Pto. de control 2	Pto. de control 3	Pto. de control 4
	03-07-2012	09-07-2012	16-07-2012	23-07-2012
HH Reales BAC	233,75	233,75	233,75	233,75
HH Planificadas PV	156	236	253	106
HH Ganadas EV	156	216	224	108
HH Esfuerzo AC	101,9	194,6	148,6	175,9
HH Real BAC Acumulado	233,75	467,50	701,25	935,00
HH Plan. Acumulado PV	156,00	392,00	645,00	751,00
HH Gan. Acumulado EV	156,00	372,00	596,00	704,00
HH Esf. Acumulado AC	101,90	296,50	445,10	621,00
Variaciones				
SV	0	-20	-29	2
SV%	0%	-8%	-11%	2%
SV Acumulado	0	-20	-49	-47
SV% Acumulado	0%	-5%	-8%	-6%
CV	54,1	21,4	75,4	-67,9
CV%	34,7%	9,9%	33,7%	-62,9%
CV Acumulado	54,1	75,5	150,9	83
CV% Acumulado	34,7%	20,3%	25,3%	11,8%
Indices				
CPI	1,53	1,11	1,51	0,61
SPI	1,00	0,92	0,89	1,02
CPI Acumulado	1,53	1,25	1,34	1,13
SPI Acumulado	1,00	0,95	0,92	0,94
Proyecciones				
ETC	508,85	448,74	253,17	203,77
Costo mínimo EAC	611	745	698	825
Costo mínimo % EAC	-34,7%	-20,3%	-25,3%	-11,8%
CPI Acumulado	1,53	1,25	1,34	1,13
TCPI	1,53	1,25	1,34	1,13

Figura N° 39: Tabla resumen variables EVM

6.8.2 Variación de Cronograma SV

Variación de Cronograma				
SV = EV - PV	P1	P2	P3	P4
SV	0	-20	-29	2
SV%	0%	-8%	-11%	2%
SV Acumulado	0	-20	-49	-47
SV% Acumulado	0%	-5%	-8%	-6%

Figura N° 40: Tabla variación de cronograma

Analizando la variación del cronograma observamos que el proyecto tuvo una variación en cronograma SV negativa en los puntos de control P2 y P3. Esta variación negativa indica que no se cumplió con lo planificado para cada uno de esos puntos de control. Ahora si consideramos la variación acumulada vemos que las variaciones negativas de P2 y P3 se acumularon y no pudieron ser recuperadas en el punto de control P4 ya que la variación en este punto fue a favor solo en 2 hh. Finalmente la iteración termino con una variación en cronograma de 47 hh equivalente al 6% en contra con respecto a lo planificado. Por lo tanto un 6% de las actividades planificadas no se terminaron.

6.8.3 Variación de Costo CV

Variación de Costo				
CV = EV - AC	P1	P2	P3	P4
CV	54,1	21,4	75,4	-67,9
CV%	35%	10%	34%	-63%
CV Acumulado	54,1	75,5	150,9	83
CV% Acumulado	35%	20%	25%	12%

Figura N° 41: Tabla variación de costo

Analizando la variación en costo observamos que para los puntos de control P2, P3 y P4 la iteración arrojó una variación en costo positiva lo cual indica que se estuvo por debajo del presupuesto planeado para cada una de estas fechas de control. En el punto de control P4 la variación en costo fue negativa, sin embargo al considerar la variación en costo acumulada fue positiva en 83 hh al final de la iteración. Si consideramos la variación en costo acumulada relativa la iteración concluyó con un 12% bajo el costo presupuestado.

6.8.4 Índice de Desempeño CPI y SPI

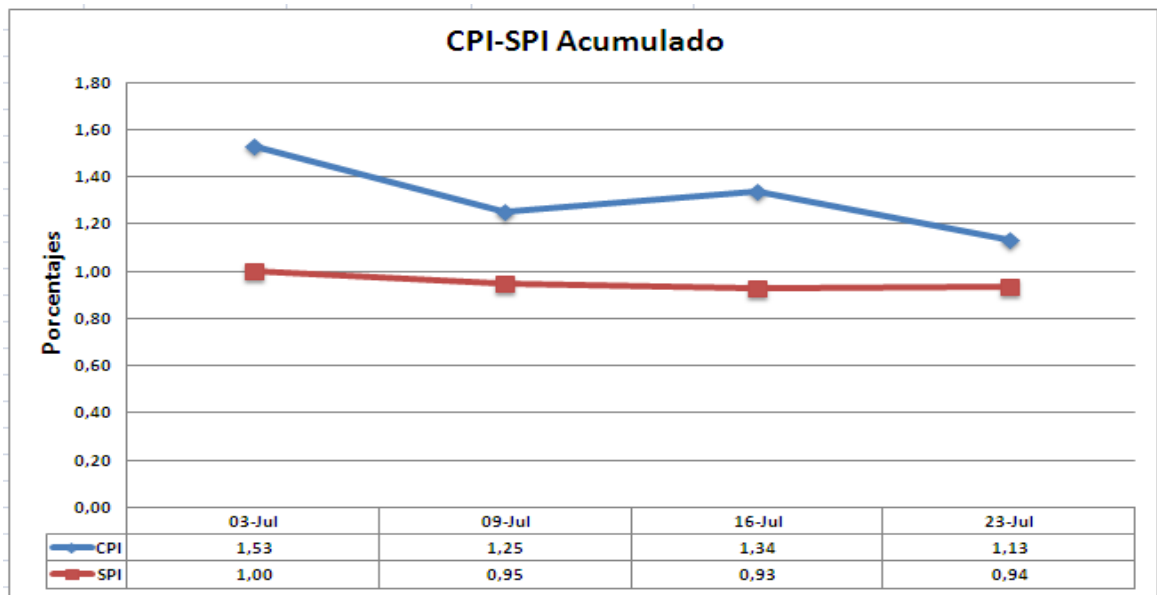


Figura N° 42: Gráfica curva CPI-SPI

Analizando el índice de desempeño en costo podemos observar que siempre se mantuvo por sobre 1 lo cual indica que el costo utilizado para obtener el valor ganado fue siempre menor. Esto nos podría estar indicando que el jefe de proyecto siempre sobreestimó las tareas planificadas.

El índice de desempeño en cronograma fue de 1 para el primer punto de control y después estuvo por debajo en un promedio de 6%. Esto indica que siempre se estuvo muy cerca de cumplir lo planificado para cada uno de los puntos de control.

A partir de los índices de desempeño en costo y cronograma podemos concluir que esta iteración estuvo muy poco atrasada y siempre se mantuvo por debajo del presupuesto. Consideramos que fue eficaz en el cumplimiento de las tareas planificadas pero poco eficiente en la administración del presupuesto con que contaba para la iteración ya que sobreestimó las planificaciones y por lo tanto siempre trabajó con holguras. Contó con 935 hh para la iteración, planificó 751 hh y ganó 704, lo cual indica que desperdició $935 - 704 = 231$ hh. Ahora si restamos el presupuesto del esfuerzo tenemos $935 - 621 = 314$ hh perdidas.

6.8.5 Análisis de Proyecciones

La figura 43 ilustra cómo fueron evolucionando las proyecciones de cómo finalizaría la iteración para cada uno de los puntos de control.

Proyecciones				
	P1	P2	P3	P4
ETC	508,85	448,74	253,17	203,77
Costo mínimo EAC	611	745	698	825
Costo mínimo % EAC	-34,7%	-20,3%	-25,3%	-11,8%
CPI Acumulado	1,53	1,25	1,34	1,13
TCPI	1,53	1,25	1,34	1,13

Figura N° 43: Tabla de proyecciones

Podemos observar que el punto de control 1 muestra que si se mantenía el rendimiento en costos CPI de esa fecha, la iteración terminaría con un presupuesto a favor de 34,7%. Cuando el índice de desempeño CPI está por sobre 1 el índice TCPI entrega el mismo valor para que el proyecto mantenga el mismo desempeño y termine bajo el presupuesto.

En el segundo punto de control el índice de desempeño decreció a 1,25 por lo tanto la proyección en ese punto estaba indicando que terminaría con un presupuesto a favor de 20,3% con respecto a lo planificado.

En el punto de control 3 el índice CPI volvió a subir con lo cual la proyección EAC% indicaba que con ese desempeño terminaría con un 25,3% a favor con respecto a lo planificado.

Finalmente la iteración terminó con un índice de desempeño de 1,13 lo cual derivó en que se terminó con un 11% bajo el presupuesto.

6.9 Análisis del Desempeño de la Iteración

A continuación se analizan el por qué de las variaciones y los índices de desempeño obtenidos en esta iteración. Para ello se examinarán las variables del valor ganado para las áreas de proceso de mayor relevancia en asignación de tiempo con el fin de determinar dónde se encuentran las mayores deficiencias del proceso.

El gráfico de la figura 44 muestra como se distribuyo el tiempo en las distintas áreas de proceso.

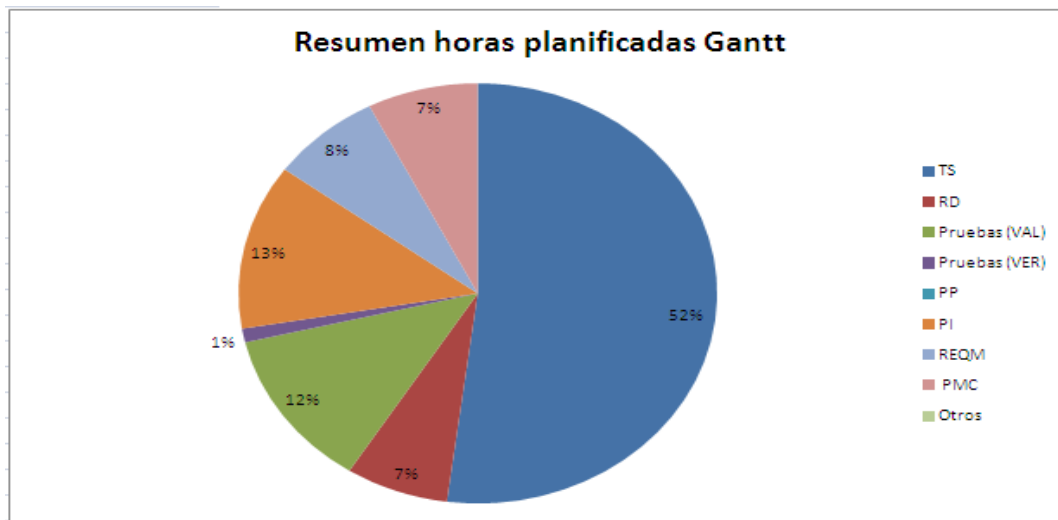


Figura N° 44: Distribución de las horas planificadas por área de proceso

Cómo se puede observar en el gráfico, el 52% del tiempo planificado se asigna al área de proceso de Solución Técnica, 7% para monitoreo y control de proyecto, 13% para el área de integración de producto PI, 8% para el área de gestión de requerimientos, un 15% para el área de Prueba.

Destaca la casi nula asignación de tiempo a la actividades de Pruebas (VER) con respecto a Pruebas (VAL) de 12%. También observamos que no existe tiempo planificado para Otros en este proyecto piloto.

6.9.1 Descripción del Gráfico de las Áreas de Proceso

Para analizar la relación entre el valor planificado, el ganado y el esfuerzo para cada una de las áreas de proceso se utilizarán gráficos de barras, los cuales mostrarán barras para indicar la cantidad de hh utilizadas en cada una de las variables del EVM.

6.9.2 Solución Técnica

La figura 45 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de solución técnica. Podemos ver que el jefe de proyecto planificó un total de 391 hh en su carta Gantt. Registró las mismas 391 hh en la planilla de métricas y obtuvo un valor ganado de 352 hh con un esfuerzo de 320,3 hh.

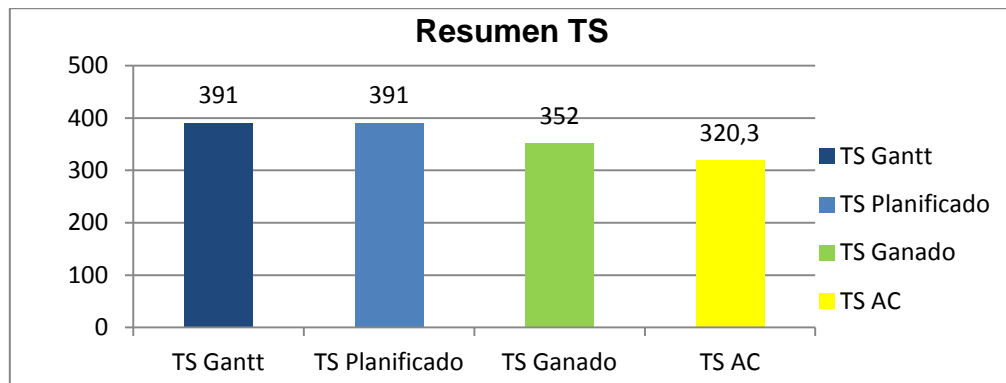


Figura N° 45: Gráfico valor ganado área TS

A partir de esta gráfica se puede concluir que se obtiene menor valor ganado que lo planificado. La diferencia entre lo planificado y el valor ganado corresponde a tareas que se planificaron y que no se realizaron. Por otro lado el menor esfuerzo (320,3) para obtener el valor ganado (352) está indicando que se sobreestimó la planificación en 32,3 hh.

6.9.3 Desarrollo de Requerimientos

La figura 46 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de desarrollo de requerimientos. En este caso el jefe de proyecto planificó en su carta Gantt 52 hh de trabajo y registró correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas.

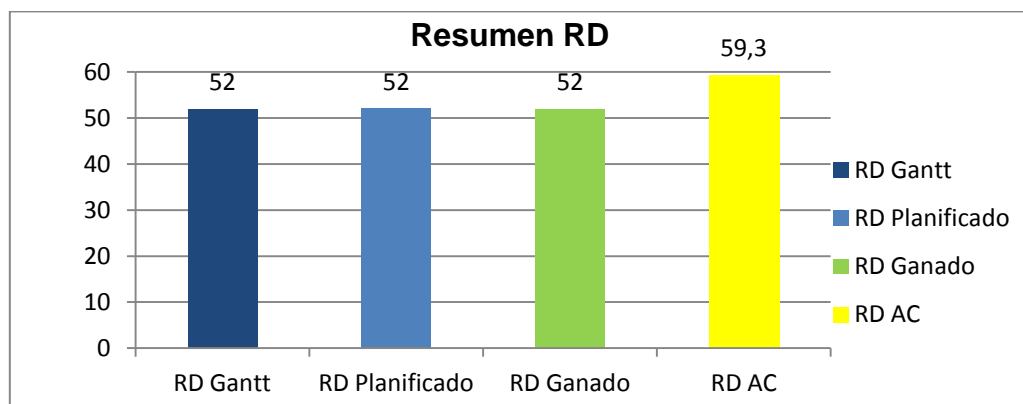


Figura N° 46: Gráfico valor ganado área RD

En esta medición podemos observar que se cumplió el total de las actividades planificadas, sin embargo el esfuerzo fue levemente superior al valor ganado.

6.9.4 Prueba

Para la sub área de VAL observamos que lo planificado en carta Gantt 92 hh fue igual a lo registrado en la planilla de métricas. Por otro lado el valor ganado fue de 88 hh con un esfuerzo de 104,3 hh lo cual podría estar indicando que se subestimó la planificación de las pruebas funcionales. Por otro lado el valor planificado es mayor que el valor ganado lo cual indica también que hubo tareas que no se terminaron o se cancelaron.

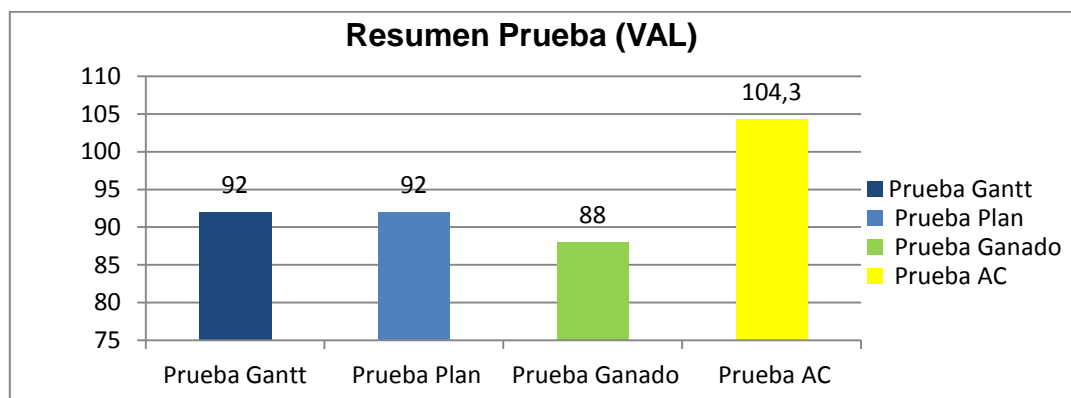


Figura N° 47: Gráfico valor ganado área prueba (VAL)

La sub área de proceso VER muestra que lo planificado en carta Gantt 8 hh fue igual a lo registrado en la planilla de métricas. Se obtuvo el mismo valor planificado y con un esfuerzo menor.

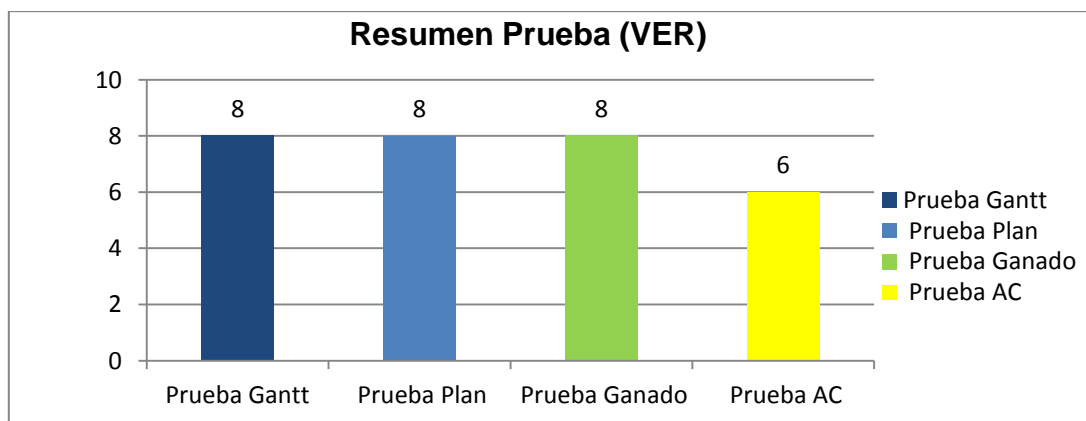


Figura N° 48: Gráfico valor ganado área prueba (VER)

Observamos que para el área de Prueba de este proyecto piloto se planificó un 120% más de tiempo en comparación con el otro proyecto piloto. Esto destaca el hecho de que no existe un criterio común en la asignación de los tiempos para el área de Prueba.

6.9.5 Integración de Producto

La figura 49 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de integración de producto, en este caso el jefe de proyectos planificó en su carta Gantt 96 hh de trabajo y registró

correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas. El valor ganado para esta área durante la iteración fue de 96 hh y el esfuerzo involucrado fue de 39,6hh.

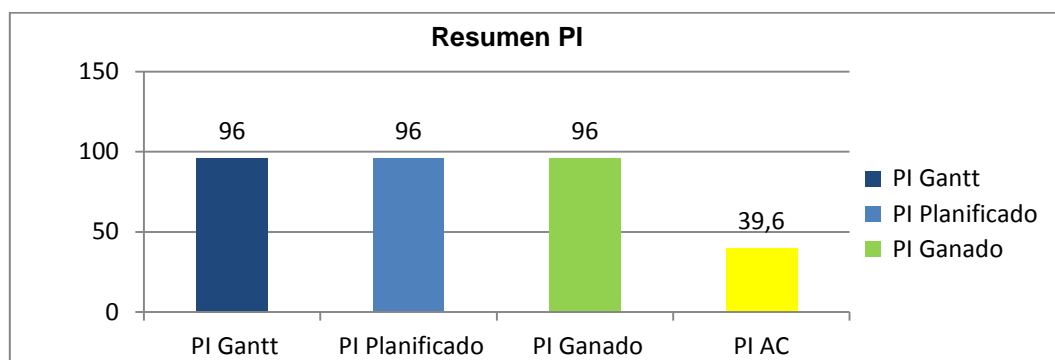


Figura N° 49: Gráfico valor ganado área PI

Esta métrica deja de manifiesto la sobreestimación de hh para el área de proceso ya que el valor ganado y el esfuerzo varían en 40 hh que corresponden a un 75% de sobreestimación. Observamos que ambos proyectos confirman la sobreestimación del tiempo para el área PI luego se hace necesario revisar el proceso y el criterio de estimación de los tiempos.

6.9.6 Gestión de Requerimientos

La figura 50 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de gestión de requerimientos, en este caso el jefe de proyectos planifico en su carta Gantt 56 hh de trabajo y registro correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas.

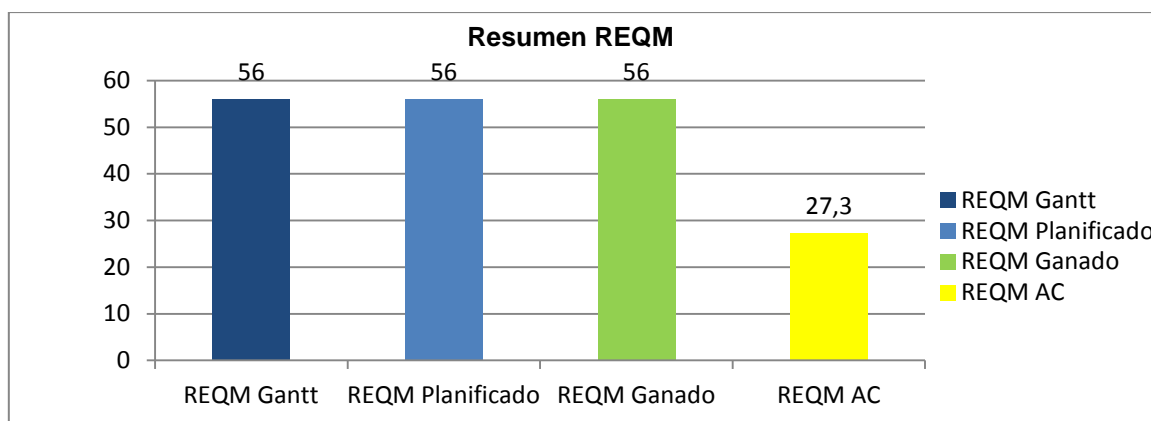


Figura N° 50: Gráfico valor ganado área REQM

Observamos que el esfuerzo es menos de un 50% de lo planificado lo cual indicaría sobreestimación del tiempo planificado para esta área. Por otro lado vemos que este tiempo corresponde a un 8% del presupuesto con que contó la iteración. Este tiempo se utilizó para hacer gestión de 8 requerimientos que sólo tuvieron una cancelación. Considerando el hecho de que este proyecto piloto sobreestimó el tiempo planificado y el otro proyecto piloto no planificó ninguna hora, se sugirió revisar el proceso y asignar un porcentaje de tiempo fijo del presupuesto para todos los proyectos.

6.9.7 Monitoreo y Control de Proyecto

La figura 51 muestra el detalle del valor ganado para el área de proceso de monitoreo y control de proyecto. En este caso el jefe de proyectos planificó en su carta Gantt 56 hh de trabajo y registró correctamente esas mismas horas en la planilla de métricas.

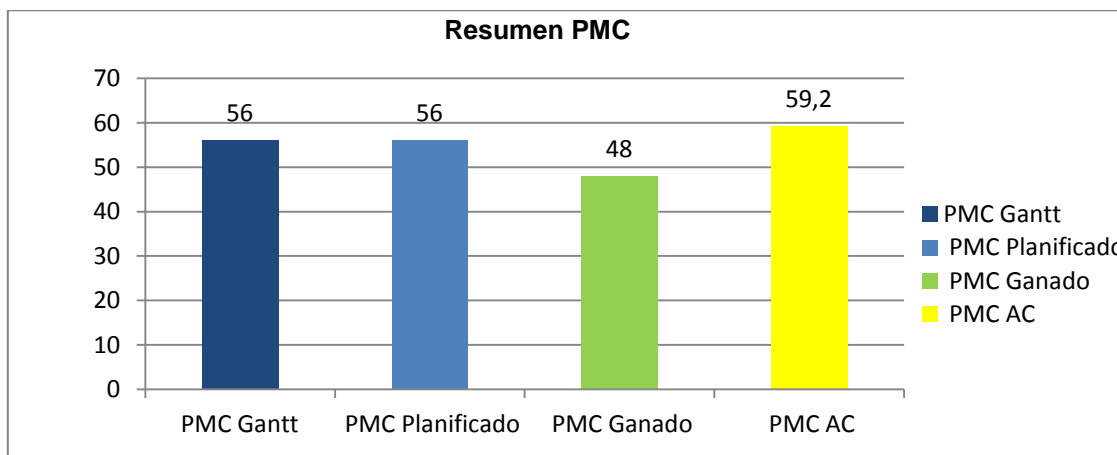


Figura N° 51: Gráfico valor ganado área PMC

Destaca el hecho de que para este proyecto piloto la asignación del tiempo para monitoreo y control de proyecto fue de un 7% del total del tiempo planificado contra un 2% asignado por el otro proyecto piloto. Estas diferencias de criterio en la asignación de los porcentajes de tiempo a las tareas de PMC podrían estar indicando alguna de los siguientes problemas: que no se siguen las tareas según el proceso, se interpretan de manera diferente o que no se le da al área la importancia que debería en la gestión del proyecto. Se analizó esta área con los jefes de proyecto con el fin de controlar las inconsistencias y consensuar criterios para el uso y la asignación del tiempo programado.

6.10 Volatilidad de Requerimientos

A continuación se presentan los resultados de las métricas de volatilidad de requerimientos para la iteración evaluada.

Volatilidad de Requerimientos							
N°Req. Totales	N°Req. Modificados	N°Req. Nuevos	Req. Cancelados	Req. Terminados	% Req. Modificados	% Req. Cancelados	% Req. Nuevos
8	0	0	2	6	0%	25%	0%

Figura N° 52: Tabla métrica volatilidad de requerimientos

Podemos observar que el total de requerimientos a desarrollar para la iteración fue de 8. La iteración comenzó con 8 requerimientos y se cancelaron 2 por petición del cliente. No hubo cambios en los requerimientos ni tampoco se agregaron requerimientos nuevos. A partir de esta información observamos que existe una alta volatilidad en los requerimientos si consideramos que el 25% de ellos se canceló.

6.11 Adherencia al Proceso

La figura 53 muestra el resultado de los estados de las revisiones de los artefactos producidos durante esta iteración. Para efectos de la métrica de adherencia al proceso sólo se consideran los

artefactos que están en estado completado. La métrica de adherencia para la iteración evaluada se presenta en el gráfico circular de la figura 54.

Adherencia al Proceso					
	Pto. de control 1	Pto. de control 2	Pto. de control 3	Pto. de control 4	Acumulado
	03-07-2012	09-07-2012	16-07-2012	23-07-2012	
No Existe	1	1	1	0	3
Incompleto	1	0	1	0	2
Completo	4	4	5	13	26
Incorrecto	0	0	0	0	0
Cerrado	0	0	0	0	0
Persiste Incumplimiento	0	0	0	0	0
Total artefactos revisados	6	5	7	13	31

Figura N° 53: Tabla métrica adherencia al proceso

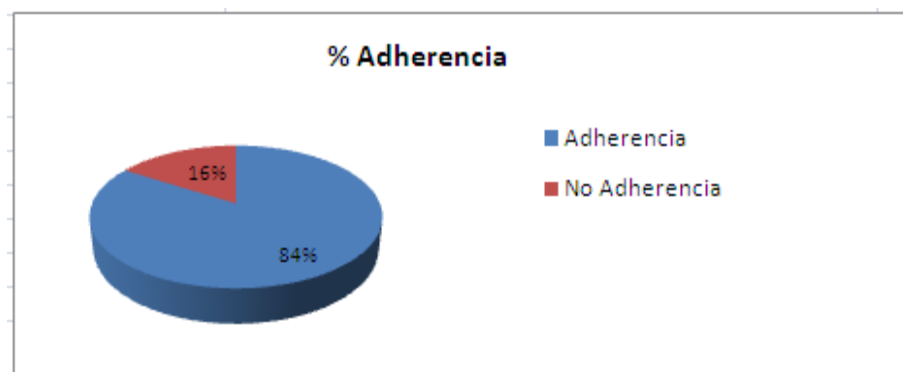


Figura N° 54: Gráfico adherencia al proceso

Observamos en la figura 54 que la adherencia al proceso fue de un 84% lo cual es coherente con el hecho de que muchas actividades no son planificadas y por lo tanto no pasan por las actividades del proceso. Esto quedó de manifiesto al comparar las horas que realmente se planificaron que fueron menores con respecto al presupuesto de hh asignado para la iteración. La adherencia en este proyecto piloto también estuvo por debajo del objetivo planteado en la métrica para este trabajo que fue alcanzar un 90% de adherencia.

6.12 Comparación de los experimentos pilotos

A continuación se comparan ambos proyectos pilotos con el fin de identificar tendencias que ayuden a confirmar las hipótesis planteadas al comienzo de este trabajo.

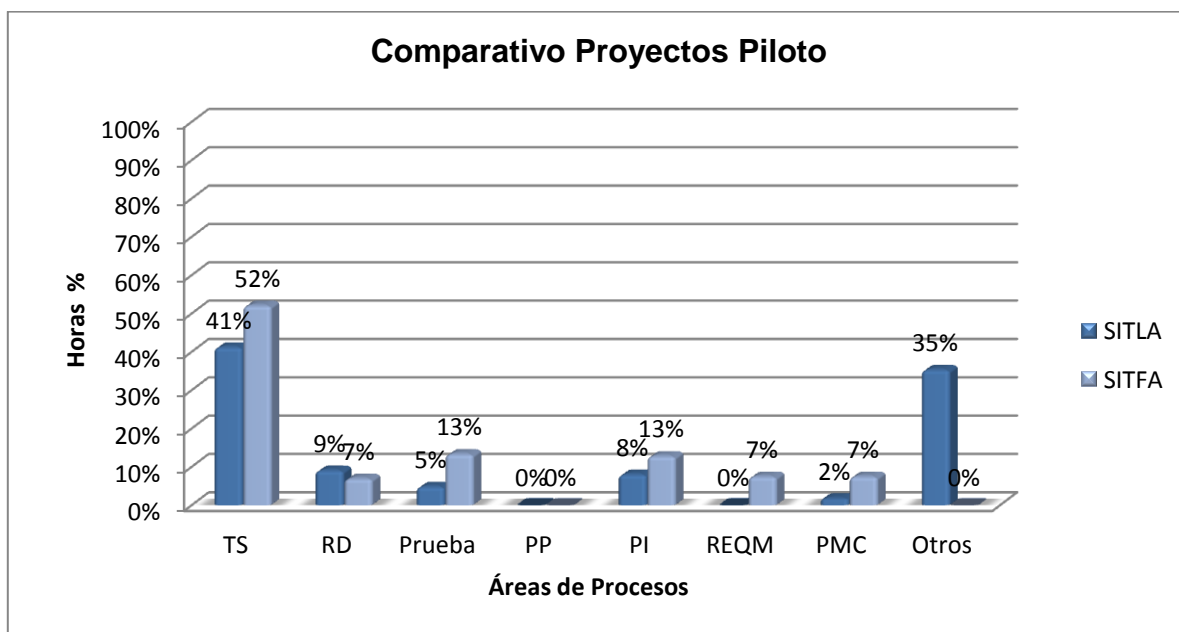


Figura N° 55: Comparación de la distribución del tiempo en los proyectos piloto

Observamos en la figura 55 que la distribución del tiempo entre las distintas áreas de proceso que componen el ciclo de vida de los proyectos no es homogénea para algunos casos. Vemos que en el área de solución técnica el proyecto SITLA le asigna un 41% del tiempo mientras que el proyecto SITFA le asigna un 10% más (52%). Esto es consistente con el hecho de que en el proyecto SITFA las métricas del valor ganado indicaron que esta área se había sobreestimado. El área de Prueba muestra una gran diferencia en cada uno de los proyectos. SITLA asignó al área de Prueba un 5% y SITFA un 13%. Observamos en primer lugar que la diferencia es de más de un 100% y que la proporción de tiempo asignada a Prueba es baja considerando el presupuesto y la incidencia que tiene esta área en la calidad del producto.

Observamos que no se planifican horas del área de Planificación de Proyecto PP para ambos pilotos. Por lo tanto no queda evidencia de que estas actividades se realicen de acuerdo a lo definido en el proceso. Si las actividades fueron realizadas, no quedó evidencia de este hecho en ninguna parte.

El área de integración de producto muestra una diferencia de un 50% entre ambos proyectos pilotos. Además las métricas indicaron que se estaba sobreestimando el tiempo para las actividades de esta área de proceso.

Desarrollo de requerimientos RD muestra porcentajes muy similares 7% y 9%, sin embargo se consideró que se podría aumentar esta proporción de tiempo a fin de disminuir la volatilidad de los requerimientos.

Para el área de gestión de requerimientos REQM observamos que el proyecto SITLA no planificó horas por lo tanto no queda evidencia de la realización de las actividades de gestión de requerimiento.

El área de monitoreo y control PMC también muestra una diferencia de un 50% en programación de tiempo entre los proyectos piloto. Se considera que esta área debe ser normalizada asignando un porcentaje fijo de tiempo del presupuesto total de la iteración. Puede haber una relación directa

entre que el proyecto SITLA tiene menor asignación de tiempo a monitoreo y control de proyectos y el hecho de que tuvo peores índices de desempeño tanto en costos como en cronograma.

La última asignación de tiempos corresponde a Otros, el cual es un bolsón de tiempos que los jefes de proyectos acostumbran a reservar debido a la transición que está viviendo la empresa de pasar de trabajar con procesos informales a procesos formales. Vemos que para el proyecto SITLA este tiempo es de 35% y en el caso de SITFA es e 0%. Si bien SITFA no planifico explícitamente este tiempo en carta Gantt, lo hizo indirectamente al planificar un 20% menos de su presupuesto total con que contó para la iteración como lo constató el jefe de proyectos.

A partir del análisis de distribución de tiempos podemos concluir que se hace necesario definir rangos de asignación de tiempos en función del tamaño del proyecto para algunas áreas de proceso como por ejemplo Prueba, en la cual debería dedicarse un porcentaje preestablecido del tiempo asignado a TS. Una vez que se pruebe si este porcentaje asignado es mayor o menor con respecto a lo que vaya indicando la evidencia empírica se puede ir ajustando. Lo mismo debería ocurrir para las áreas de proceso de gestión PMC, PP y REQM.

6.13 Comparación de los Índices de Desempeño

A continuación se comparan los índices de desempeño en costo y en cronograma para ambos proyectos pilotos. Estos gráficos permitirán a la empresa determinar cuál es la tendencia de los índices y fijar límites a las desviaciones con el fin de ir mejorando el desempeño de la empresa.

6.13.1 Índice de Desempeño en Costo CPI

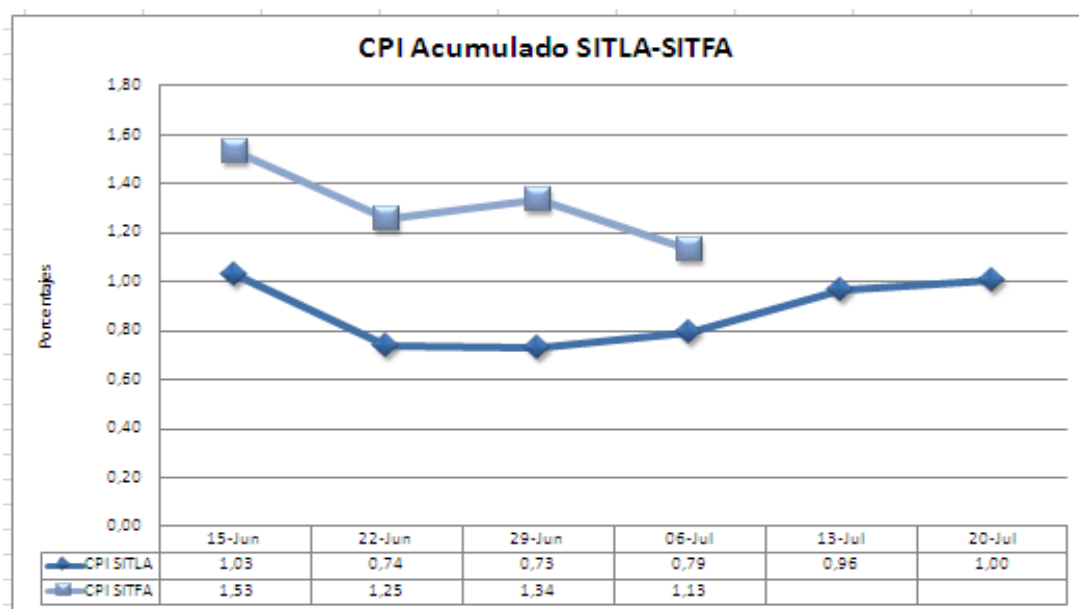


Figura N° 56: Comparación de índice de rendimiento en costo

A partir del gráfico que muestra la figura 56 observamos que el índice de desempeño en costo sigue comportamientos diferentes para ambos proyectos. Por un lado el CPI del proyecto SITLA siempre se mantiene por sobre 1 indicando que está bajo el presupuesto programado, lo cual podría interpretarse como bueno. Sin embargo analizando las variables del valor ganado se evidencia que

esta situación ocurre porque se sobreestima el esfuerzo para realizar las tareas programadas. Por otro lado el CPI del proyecto SITLA muestra un comportamiento totalmente opuesto al del otro proyecto. Este proyecto siempre estuvo por sobre el presupuesto y sólo hacia el término de la iteración logró ajustarse. Esto indica que este proyecto para esta iteración trabajó varias semanas con sobre esfuerzo. Podría haber 2 hipótesis que expliquen este comportamiento pero para poder determinar la verdadera razón habría que hacer estudios adicionales. Una hipótesis es que el equipo de ese proyecto es menos productivo y la otra es que el jefe de proyectos sub estima los tiempos al planificar.

6.13.2 Índice de Desempeño en Cronograma SPI

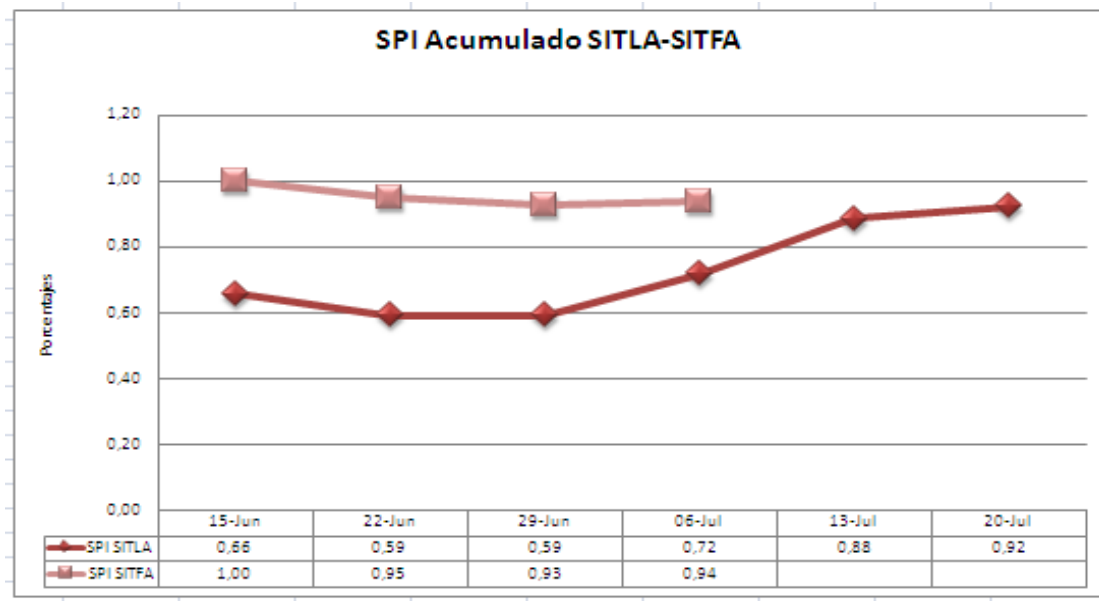


Figura N° 57: Comparación de índice de rendimiento en cronograma

A partir del gráfico que muestra la figura 57 observamos que el índice de desempeño en cronograma sigue un comportamiento diferente para ambos proyectos, sin embargo hacia el final de la iteración tienden a igualar este comportamiento. Observamos que el índice de cronograma del proyecto SITFA se mantiene siempre muy cerca de 1 lo cual indica que siempre se estuvo de acuerdo a lo planificado. Esto es coherente con el hecho que indicó el índice anterior de sobreestimación en lo planificado, por lo tanto los desarrolladores tienen más holguras para no estar atrasados. Por otro lado el índice SPI para el proyecto SITLA muestra que la iteración estuvo la mayor parte del tiempo atrasada con respecto a lo planificado y es coherente con el índice anterior que indicaba que tal vez el jefe de proyecto subestimó las tareas programadas o el rendimiento del equipo es menor que el esperado.

A partir de ambos gráficos se pueden observar los puntos a mejorar del proceso y además permiten a la empresa poner metas de desempeño a alcanzar con el fin de mejorar estos índices.

Si agregamos a estos gráficos el historial de los CPI y SPI pasados de todas las iteraciones del proyecto vamos a poder ver las tendencias de los índices. Por otro lado si graficamos los valores de CPI o SPI obtenidos a lo largo del tiempo, podremos crear un gráfico de control como el de la figura 58 que permita fijar los límites de variación superior e inferior y analizar las tendencias de los índices

DIAGRAMA DE CONTROL CPI

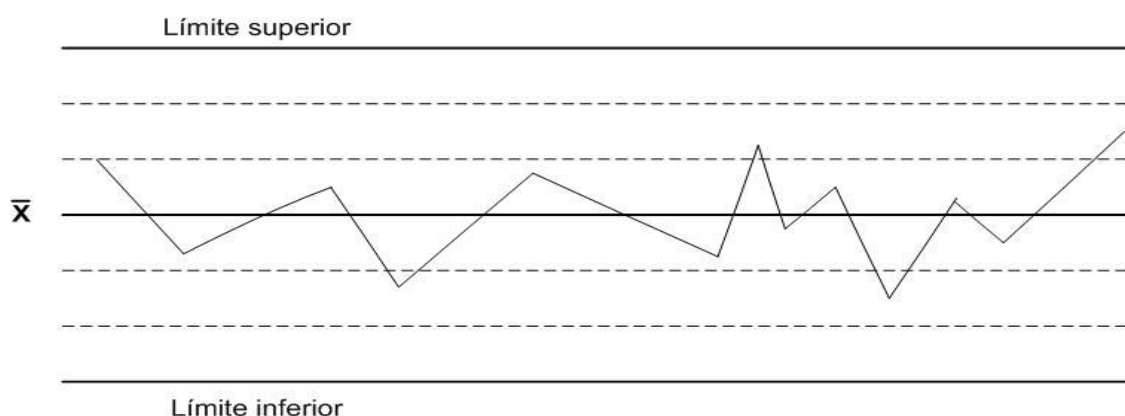


Figura N° 58: Ejemplo de Diagrama de control para índice CPI

A partir de los experimentos pilotos vemos que estas métricas ayudan a la empresa a conocer cuál es la salud de los proyecto en ejecución. Permite a los jefes de proyectos y otros gestores de la empresa tomar decisiones en forma oportuna para corregir las desviaciones a partir de una valoración objetiva del estado del proyecto.

Por otro lado permiten detectar debilidades del proceso y entregan un feedback a la organización para poder mejorar su desempeño. También estas métricas ayudan a que la empresa siga el proceso definido ya que al registrar los tiempos y las actividades queda una evidencia acerca de cuánto del tiempo de las operaciones diarias de la empresa es ocupado por los proceso definidos y cuánto no.

6.14 Comparación del Uso del Presupuesto

La figura 59 muestra un cuadro resumen con las horas con las que contó la iteración del proyecto piloto SITFA y cómo estas fueron utilizadas de acuerdo al método del valor ganado:

Total hh presupuesto BAC		935,00
Total hh planificadas PV		751,00
Total hh ganadas EV		704,00
Total hh esfuerzo AC		621,00

Figura N° 59: Totales de horas piloto SITFA

Podemos ver que este proyecto contó con un presupuesto de 935 hh para la iteración sin embargo sólo planificó actividades por un total de 751 hh, es decir 184 hh no quedaron registrada en ningún lado. Por otro lado obtuvo sólo un valor ganado de 704 hh y con un esfuerzo de 621 hh. Dado que el análisis de las métricas determinó que este proyecto sobreestimó la planificación podemos deducir que $935 - 621 = 314$ hh se destinaron a actividades que no pertenecen al proceso y que no quedaron registradas, luego no es posible saber cómo se utilizó este tiempo.

El correcto uso del presupuesto en tiempo que tienen los jefes de proyecto es una de las principales deficiencias que presenta el proceso y una de los principales puntos a controlar. Por otro lado el uso de la métrica del valor ganado debería reducir este problema al controlar semanalmente el uso del tiempo y corregir las desviaciones con respecto a la planificación que se producen.

La figura 60 muestra un cuadro resumen con las horas con las que contó la iteración del proyecto piloto SITLA y cómo estas fueron utilizadas de acuerdo al método del valor ganado:

Total hh presupuesto BAC	722,50
Total hh planificadas PV	752,68
Total hh ganadas EV	672,00
Total hh esfuerzo AC	700,45

Figura N° 60: Totales de horas piloto SITLA

Podemos ver que este proyecto contó con un presupuesto de 722,5 hh para la iteración sin embargo planificó actividades por un total de 752 hh, es decir 30 hh más del presupuesto con que contó para la iteración. Por otro lado obtuvo sólo un valor ganado de 672 hh y con un esfuerzo de 700 hh. A simple vista se observa que el esfuerzo utilizado con respecto al presupuesto de la iteración es de sólo 22 hh. Sin embargo hay que considerar que este proyecto planificó 35% del presupuesto con que contó para la iteración para Otros, lo cual indica que 252,7 hh fueron actividades que no están capturadas por el proceso actual de la empresa.

En ambos proyectos vemos que hubo tareas planificadas que no se terminaron. Esto estaría indicando que existen actividades de las áreas de proceso que no agregan ningún valor ya que es posible no realizarlas y terminar la iteración con el producto en ambiente productivo.

7 Impacto Económico y Financiero del Proyecto

Un aspecto esencial a la hora de querer implementar un proyecto es conocer cuál es el impacto económico y financiero que tendrá el proyecto para el respectivo negocio y cómo este afectará el desempeño global de la empresa. Para el caso de este proyecto se realizó un análisis del costo-beneficio de implementar el proyecto y además se interpretó la información de manera tal de poder obtener un indicador del retorno de la inversión que permitiera tomar algunas decisiones. A continuación se describe el análisis realizado y cómo se recogieron los datos e interpretaron para llegar a un análisis económico financiero del proyecto.

7.1 Retorno sobre la Inversión

Uno de los indicadores más usados para evaluar el rendimiento de una inversión es el ROI (Return On Investment). El ROI simplemente compara el beneficio o utilidad obtenida en relación a la inversión realizada. Por lo tanto es un valor que mide qué tan eficiente es el gasto que estamos haciendo o planeamos realizar en función de los beneficios obtenidos o potenciales a obtener. Su fórmula de cálculo es la siguiente:

$$\text{ROI} = (\text{beneficio obtenido} - \text{inversión}) / \text{inversión}$$

Para efectos de calcular un ROI se consideró como ingresos la recuperación de tiempos perdidos, debido a una mejor visibilidad y gestión que permiten las métricas, y por otro lado se calculó los costos en función a los tiempos requeridos para generar la información que permite obtener las métricas.

Si consideramos que el tiempo es dinero y por lo tanto se analiza cuál es el uso que los jefes de proyecto le dan al presupuesto (hh) con que cuentan, podemos observar que un porcentaje importante del tiempo no es capturado por actividades asociadas a algún área de procesos y en consecuencia podemos asumir que parte de este tiempo simplemente se pierde.

A continuación se analizan los presupuestos (hh) acumulados de 6 meses para 5 proyectos de mantención de similares características. Cada iteración acumulada corresponde a un periodo que va entre 4 a 6 semanas que es el tiempo promedio en que estos proyectos producen una nueva versión del producto.

7.1.1 Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITCO

Observamos en la figura 61 que para un total de 5 iteraciones el proyecto contó con un presupuesto (BAC) de 4.218 hh, de las cuales 346 hh no fueron planificadas y que corresponden a un 8% del presupuesto. Por otro lado si consideramos la relación entre el presupuesto y el esfuerzo realmente realizado vemos que un 26% del tiempo no se utilizó en actividades asociadas al proceso desarrollo y mantenimiento del software.

SITCO		Iteración 3-4	Iteración 4-4	Iteración 1-5	Iteración 2-5	Iteración 3-5	Totales	
HH Reales	BAC	1020	1487,5	488,75	714	507,45	4.218	
HH Planificadas	PV	999	1376	443	674	379,5	3.872	92%
HH Ganadas	EV	995	1301	309,5	628	287,5	3.521	83%
HH Esfuerzo	AC	729	1196	350	504	340,5	3.120	74%
Horas no planificadas		21	111,5	45,75	40	127,95	346	8%
Esfuerzo real vs presupuesto		291	291,5	138,75	210	166,95	1.098	26%

Figura N° 61: Resumen uso de hh proyecto SITCO

7.1.2 Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITCORTE

Observamos en la figura 62 que para un total de 7 iteraciones el proyecto contó con un presupuesto (BAC) de 3.485 hh, de las cuales 1.039 hh no fueron planificadas y que corresponden a un 30% del presupuesto. Por otro lado si consideramos la relación entre el presupuesto y el esfuerzo realmente realizado vemos que un 24% del tiempo no se utilizó en actividades asociadas al proceso de desarrollo y mantenimiento del software, situación similar a la del proyecto SITCO.

SITCORTE		Iteración 6-4	Iteración 7-4	Iteración 8-4	Iteración 1-5	Iteración 2-5	Iteración 3-5	Iteración 4-5	Totales	
HH Reales	BAC	956	574	574	319	319	319	425	3.485	
HH Planificadas	PV	625	503	294	272	209	263	282	2.446	70%
HH Ganadas	EV	510	334	294	211	192	253	241	2.034	58%
HH Esfuerzo	AC	726	551	318	290	266	199	292	2.642	76%
Horas no planificadas		331,25	71	279,75	47,25	109,75	56,25	143,5	1.039	30%
Esfuerzo real vs presupuesto		230,13	22,75	255,75	28,75	52,75	119,75	133	843	24%

Figura N° 62: Resumen uso de hh proyecto SITCORTE

7.1.3 Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITLA

Observamos en la figura 63 que para un total de 5 iteraciones el proyecto contó con un presupuesto (BAC) de 3.515 hh, de las cuales 224 hh no fueron planificadas y que corresponden a un 6% del presupuesto. Por otro lado si consideramos la relación entre el presupuesto y el esfuerzo realmente realizado vemos que un 7% del tiempo no se utilizó en actividades asociadas al proceso de desarrollo y mantenimiento del software. Observamos también que para la iteración 3-5 el jefe proyecto planifico 40 hh más del presupuesto con que contaba, lo cual aumentó en 18 hh más el esfuerzo realizado por el equipo del proyecto.

SITLA		Iteración 5-4	Iteración 6-4	Iteración 1-5	Iteración 2-5	Iteración 3-5	Totales	
HH Reales	BAC	791	850	893	578	404	3.515	
		0						
HH Planificadas	PV	635	784	856	572	444	3.291	94%
HH Ganadas	EV	623	781	843	502	435	3.183	91%
HH Esfuerzo	AC	690	794	850	505	422	3.261	93%
Horas no planificadas		156	65,9	36,5	6	-40,25	224	6%
Esfuerzo real vs presupuesto		100,3	56,15	42,7	72,95	-18,2	254	7%

Figura N° 63: Resumen uso de hh proyecto SITLA

7.1.4 Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITSUP

Observamos en la figura 64 que para un total de 8 iteraciones el proyecto contó con un presupuesto (BAC) de 3.273 hh, de las cuales 1290 hh no fueron planificadas y que corresponden a un 39% del presupuesto. Por otro lado si consideramos la relación entre el presupuesto y el esfuerzo realmente realizado vemos que un 33% del tiempo no se utilizó en actividades asociadas al proceso de desarrollo y mantenimiento del software.

SITSUP		Iteración 6-4	Iteración 7-4	Iteración 8-4	Iteración 8-4	Iteración 1-5	Iteración 2-5	Iteración 3-5	Iteración 4-5	Totales	
HH Reales	BAC	595	446	298	149	446	446	446	446	3.273	
			0	0							
HH Planificadas	PV	373	239	135	25	362	319	200	331	1.983	61%
HH Ganadas	EV	340	209	90	14	345	283	163	331	1.774	54%
HH Esfuerzo	AC	472	368	194	76	384	294	235	164	2.186	67%
Horas no planificadas		222,2	207,25	162,5	123,75	84,75	127,25	246,75	115,25	1.290	39%
Esfuerzo real vs presupuesto		123,2	78,75	103,5	72,75	62,25	152,25	211,25	282,25	1.086	33%

Figura N° 64: Resumen uso hh proyecto SITSUP

7.1.5 Análisis del Uso del Presupuesto en Proyecto SITFA

Observamos en la figura 65 que para un total de 5 iteraciones el proyecto contó con un presupuesto (BAC) de 5.646 hh, de las cuales 987 hh no fueron planificadas y que corresponden a un 17% del presupuesto. Por otro lado si consideramos la relación entre el presupuesto y el esfuerzo realmente realizado vemos que un 20% del tiempo no se utilizó en actividades asociadas al proceso de desarrollo y mantenimiento del software.

SITFA		Iteración 4-4	Iteración 5-4	Iteración 6-4	Iteración 7-5	Iteración 8-5	Totales	
HH Reales	BAC	1020	1364	1492	901	869	5.646	
HH Planificadas	PV	883	908	1318	860	690	4.659	83%
HH Ganadas	EV	611	878	1231	811	812	4.343	77%
HH Esfuerzo	AC	710	1041	1300	795	696	4.542	80%
Horas no planificadas		137	456	174	41	179	987	17%
Esfuerzo real vs presupuesto		310	323	192	106	173	1.104	20%

Figura N° 65: Resumen uso hh proyecto SITFA

7.2 Análisis Consolidado del Uso del Presupuesto

La figura 66 muestra el resumen del presupuesto en hh con que contaron los proyectos anteriormente analizados para un periodo de 6 meses contabilizados desde Julio del 2012 a Enero del 2013. Se observa que durante este periodo se contó con un presupuesto consolidado de 20.136 hh de las cuales 3.886 hh no fueron planificadas y un total de 4.385 hh no presentan registro de su uso.

Proyecto en hh	SITCO	SITCORTE	SITLA	SITSUP	SITFA	Total	
HH Reales BAC	4.218	3.485	3.515	3.273	5.646	20.136	
Horas no planificadas	346	1.039	224	1.290	987	3.886	19%
Perdida (Esfuerzo vs presup)	1.098	843	254	1.086	1.104	4.385	22%

Figura N° 66: Resumen consolidado proyectos en hh

La figura 67 presenta el promedio de los porcentajes para cada uno de los 5 proyectos analizados en el periodo de 6 meses. Se observa que en promedio el 20% del presupuesto hh con que cuentan los proyectos no se planifica. Por otro lado un 22% del presupuesto hh no está capturado por actividades de algún área de proceso, por lo tanto un 22% del presupuesto puede ser considerado como tiempo perdido ya que no hay registro de qué actividades fueron realizadas durante esos tiempos.

Proyecto	SITCO	SITCORTE	SITLA	SITSUP	SITFA	Promedio	
% Horas no planificadas	8%	30%	6%	39%	17%	20%	
%Esfuerzo real vs presupuesto	26%	24%	7%	33%	20%	22%	

Figura N° 67: Resumen consolidado proyectos en porcentajes

7.3 Costos del Área de Medidas y Análisis

A continuación se desglosan los costos en hh que incurren los jefes de proyectos y el analista de métricas para generar la información necesaria para la obtención de las métricas.

La figura 68 muestra el desglose del costo en hh requerido para obtener las métricas por parte del Área de Medidas y Análisis. Actualmente este trabajo es realizado por un analista de métricas que tiene un costo para la empresa de 0,6 UF la hora.

Actividades	Frecuencia	Tiempo aprox	Tiempo mensual
Recolectar datos de las mediciones	semanal	8	32
Analizar y registrar los datos recolectados	semanal	3	12
Comunicar los resultados	semanal	0,5	2
Actualizar planilla de métricas de la organización	mensual	2	2
Realizar resumen de métricas por proyecto	semanal	5	20
Monitorear plan de medición	mensual	1	1
Total mensual			69

Figura N° 68: Análisis de costos analista métricas en hh

La figura 69 muestra el desglose de horas que cada jefe de proyecto dedica a las principales actividades requeridas para generar la información solicitada por el analista de métricas. Esta información se obtuvo a partir de una encuesta realizada a cada uno de los jefes de proyecto de la empresa. Se obtuvo que el tiempo promedio mensual requerido para generar la información por parte de los jefes de proyecto fue de 5,5 horas, sin embargo se aproximó a 8 horas para efectos de contabilizar los costos en un escenario menos conservador e incorporar errores de estimación.

Actividad Semanal x Proyecto	Amilex	ManPJUD	SITCI	SITCO	SITCORTE	DIGIPROT	SITFA	SITLA	SITMIX	SITSUP
Unificar registro de horas en Project	0:30	1:00	1:00	1:00	1:00	0:30	1:00	0:30	1:00	1:00
Obtener EVM (planilla evaluación estado)	2:00	2:00	2:00	1:30	2:00	2:00	2:00	2:00	3:00	2:00
Actualizar el formulario de requerimientos	2:00	2:30	2:00	3:00	4:00	2:00	2:00	1:00	2:00	4:00
Total	4:30	5:30	5:00	5:30	7:00	4:30	5:00	3:30	6:00	7:00

Figura N° 69 : Análisis por proyecto de costos obtención de métrica en hh

Por otro lado si consideramos que hay una pérdida a nivel de empresa en promedio del 22% del presupuesto (figura 67), y tomando como hipótesis que este valor debería tender a bajar por medio de una mejor gestión y control por parte de los jefes de proyecto, debido a nuevas políticas que debería implementar la empresa a partir de las métricas con que actualmente cuenta, se asume considerando un escenario conservador que el 50% de este tiempo podría ser recuperado en un plazo de 3 meses.

La figura 70 muestra un cuadro resumen con el número de hh de costos e ingresos (recuperación del 50% de las hh) y sus respectivos valores en UF de acuerdo a las tablas de costos que maneja la empresa.

	hh Mes Aprox	hh Anual	Valor hh UF	Total UF Anual
Costos Análisis de métricas	80	960	0,6	576
Ingresos por recuperación de 50% hh	183	2193	0,7	1.535

Figura N° 70: Tabla ingresos y costos

A partir de la tabla presentada en la figura 70 podemos aproximar un ROI para el proyecto en un escenario conservador y en el cual se le aplica un castigo de 3 meses en hh a la recuperación del tiempo perdido. La figura 71 ilustra el cálculo del ROI para el proyecto.

	UF
Ingresos netos (a)	1.535
Castigo 20% (b)	307
Total Ingresos (a) - (b)	1.228
Total Costo anual analista métrica (a)	576
Total Costo anual obtención métricas (b)	480
Total Costos (a) + (b)	1.056
ROI Anual	16%

Figura N° 71: Cálculo del ROI

Si bien esta es una aproximación bastante gruesa de un ROI para el proyecto, su alto valor y lo conservador del análisis, deja bastante margen para cualquier costo oculto no considerado. Por otro lado si consideramos que el tiempo es dinero, la mejora en la gestión del buen uso de los tiempos con que cuentan los proyectos permitiría a la empresa ser más productiva y eficaz mejorando con ello su posición competitiva que traería como consecuencia un aumento de los ingresos. También una mejor gestión de los tiempos permitiría distribuir de mejor manera los tiempos de las actividades entre el equipo de los proyectos a fin de evitar la sobre carga y con ello reducir las tensiones en los proyectos aumentando con ello la satisfacción de los empleados con su trabajo. Por otro lado, la mejor gestión de los tiempos permitiría aumentar la satisfacción de los clientes por medio de la transparencia en el uso de sus tiempos y aumentando con ello las probabilidades de terminar en los plazos establecidos.

7.4 Análisis Costo-Beneficio

En algunos proyectos, calcular el ROI puede ser un ejercicio sencillo, pero cuando se trata de beneficios menos tangibles, como por ejemplo una actividad que reporta a la organización beneficios de carácter estratégico, estos no se pueden cuantificar de manera tan evidente. Para estos casos puede ser útil contar con un análisis más cualitativo que permita determinar si los beneficios del proyecto son mayores a los costos.

Por otro lado dos de los grandes temas estratégicos sobre los cuales descansa la estrategia actual de la empresa son la satisfacción del cliente y del empleado. En ella se plantea que ambos ejes estratégicos pueden ayudar ampliamente a la empresa a mejorar su estado y estabilidad financiera.

Por lo tanto la empresa elaboró un par de encuestas para medir la satisfacción del cliente y del empleado, así como también el número de quejas que los clientes reportan, todo ello con el fin de identificar áreas que puedan ser mejoradas para aliviar tanto la tensión del cliente como de los empleados. También se recogieron datos a través de discusiones con grupos al interior de la empresa para capturar las impresiones respecto al proceso de Medidas y Análisis recientemente implementado.

Si bien estas encuestas y datos recogidos de las discusiones grupales tienen muy poco tiempo de aplicación para aventurar resultados concluyentes, si permitieron elaborar una lista de los costos y beneficios de contar con un área de Medidas y Análisis que son percibidos tanto por los empleados como por los clientes.

Entre los beneficios que los empleados y clientes perciben están:

- Contar con un conjunto de métricas permite a la organización implementar el área de Medidas y Análisis, lo cual se alinea con el propósito que tiene la organización de evaluarse en un futuro cercano en el modelo de madurez CMMI nivel 2.
- El cliente percibe mayor confiabilidad en los servicios obtenidos.
- Los empleados consideran una mejoría de la calidad de los productos desarrollados.
- Los empleados consideran como valor el trabajar en una empresa preocupada por la mejora continua.

Entre los costos que los empleados y clientes perciben:

- Temor por parte de los clientes de que parte del tiempo contratado se consuma en las actividades de los procesos y por sobre todo en el registro de información para generar las métricas.
- Los empleados que están a niveles inferiores en la jerarquía de la empresa no perciben el beneficio de gastar tiempo en registrar datos para la obtención de las métricas.
- Actualmente el proceso de registro y recolección de datos para elaborar las métricas es poco ágil ya que no existe un sistema que permita automatizar el proceso, por lo tanto en periodos en que los proyectos están más ajustados este proceso es más criticado y debe ser más monitoreado para que siga funcionando.

7.5 Conclusión análisis Económico Financiero del Proyecto

La justificación de este trabajo de tesis se fundamentaba en una serie de situaciones que provocaban pérdida de competitividad a la empresa, tales como productividad, re trabajo, satisfacción del cliente, gestión del uso de los presupuestos y alcances, etc.

El anterior análisis cualitativo del Costo-Beneficio de implementar el proyecto junto con el ROI calculado, permiten evaluar en forma positiva la decisión de mantener y continuar mejorando los procesos de la empresa y en particular el área de proceso de Medidas y Análisis. También estos datos contribuyen a mejorar la gestión del negocio y con ello la competitividad de la empresa de acuerdo a los siguientes criterios:

Mejor posición competitiva: al tener la empresa una retroalimentación del proceso, de la ejecución de sus proyectos, y de la calidad, le permite mejorar la eficiencia de sus operaciones mejorando continuamente las actividades que le quitan agilidad y calidad al proceso, proyecto y productos. Por otro lado la empresa tiene mayor visibilidad de cuáles son sus costos y su productividad para poder hacer frente a las oportunidades que ofrece el mercado.

Aumento de los ingresos: debido a la retroalimentación que se obtiene de las métricas se mejoran los ingresos por medio de la reducción de los costos de operación de la empresa, debido al mejor control del uso de los tiempos de las diferentes actividades del ciclo de vida, mejorando así la productividad de la empresa. Por otro lado las métricas ayudan a tener una mejor visibilidad de los puntos fuertes y débiles del proceso, lo cual permite plantear objetivos de mejora, contribuyendo con ello a mejorar la eficiencia de la gestión de los proyectos y procesos de negocio de la empresa.

Aumento de la satisfacción del cliente: la retroalimentación de las métricas con respecto a la calidad del producto y la mejor productividad, permiten a la empresa aumentar la satisfacción del cliente por medio de proyectos que terminan en mejor plazo, forma y calidad que la que existía antes de contar con este conjunto de métricas, lo cual ayuda a mejorar el prestigio de la empresa y con ello aumenta el potencial de negocios futuros aumentando con ello la rentabilidad y valor de la empresa.

8 Conclusiones y Trabajo Futuro

El trabajo realizado permitió identificar los principales problemas que tenían los procesos y proyectos de la empresa. En consecuencia dichos problemas hacían que los proyectos se volvieran lentos, costoso y con una calidad subsanada a costa de constantes re trabajos. Existía prácticamente un ciclo de vida (o filosofía) de desarrollo de software de “construir y arreglar”.

Por lo tanto uno de los grandes aportes que generó este trabajo fue ayudar efectivamente a que los proyectos se apegaran al proceso, a poder controlar que las actividades planificadas efectivamente se hiciera, a ser más pulcro en la planificación y uso de los tiempos, a efectivamente planificar las pruebas y realizarlas y no sacrificarlas cuando los tiempos empezaban a escasear, y a generar credibilidad entre nuestros clientes al mostrar nuestro compromiso con la calidad y con el uso óptimo de los recursos.

Por otro lado la empresa tiene hoy un mejor entendimiento de las actividades de aseguramiento de la calidad (procesos de Verificación y Validación) y cuál es el valor que aportan al negocio, así como también se mejoro la toma de decisiones en cuanto a la asignación de los recursos de acuerdo a su desempeño y productividad.

8.1 Aspectos Destacables del Proyecto

De todas las experiencias que este trabajo realizado dejó a la empresa podemos destacar los siguientes logros:

- Se logró crear el hábito y la disciplina para definir, recolectar y analizar métricas a partir de un proceso estándar definido al interior de la empresa.
- Se instauró un conjunto de métricas que dan respuesta a las actuales necesidades de información de la empresa.
- Se probó y validó las métricas en 3 proyectos pilotos y se adoptaron estas por parte de todos los proyectos de la empresa.
- Se puede ahora informar objetivamente al cliente el estado de las aplicaciones que se están manteniendo y cuál es el uso que se le está dando a las hh contratadas en el servicio prestado.
- Se controla la calidad del producto y la gestión de defectos, lo que implica una mejora en la calidad de los productos que produce la empresa.
- Control de la adherencia al proceso y visibilidad de las actividades que no agregan valor al proceso.
- Control de las desviaciones a los objetivos planteados por medio de las métricas establecidas para la empresa.
- Detección de los puntos fuertes y débiles del proceso y de la gestión de los proyectos.
- Se establecieron líneas bases de desempeño de los proyectos.
- Se mejoró el desempeño y productividad de los proyectos por medio de la información que generan las métricas y que permiten su control y mejora.
- Definición e institucionalización de un proceso y sus artefactos para la definición, recolección, análisis y almacenamiento de las métricas.

8.2 Los Principales Inconvenientes de este Trabajo

Desde el comienzo de este trabajo todos los involucrados estuvieron de acuerdo en que la implantación de un conjunto de métricas permitiría a la empresa y sus jefes de proyectos soportar sus decisiones y acciones de mejoramiento continuo de una forma más objetiva y oportuna. Por lo tanto también se planteó la necesidad de seleccionar las métricas que fuera un aporte a los

objetivos del negocio, con el fin evitar la recolección de información que no aportara tanto a la mejora, como a la toma de decisiones. Sin embargo al comienzo fue imposible evitar la recolección de datos que no aportaban a los objetivos del negocio y proyecto que se habían definido como guía para la implementación de las métricas.

Por otro lado durante la ejecución de este trabajo fue necesario ir enfrentando una serie de problemas que en algunos casos habían sido previstos y en otros no. Se considera en parte que estos problemas surgieron debido a que la empresa llevaba poco tiempo de institucionalización de sus procesos, la no existencia de una cultura de recolección y análisis de métricas y también a la escasa experiencia en la ejecución de proyectos de esta naturaleza.

Entre las principales dificultades de este trabajo destacan la resistencia al cambio la cuál había sido prevista y fue abordada a través del Plan de Gestión del Cambio con el fin de mitigar su impacto en el proyecto. Entre las principales situaciones que fueron observadas durante la ejecución del proyecto están:

- Resistencia al cambio, poca motivación en generar los datos necesarios para obtener las métricas, demora en la recolección de los datos, demora en la definición, etc.
- Temor por parte de los empleados fundamentado por la creencia de que las métricas apuntaban a controlar su trabajo y el uso de sus tiempos.
- Poca convicción en los beneficios de gastar tiempo en la obtención de datos para la elaboración de las métricas.

Desde el punto operativo los principales problemas que surgieron durante la ejecución de proyecto destacan:

- Datos imprecisos e inconsistencias. Fue necesario hacer varias iteraciones en los proyectos para poder obtener datos más precisos y que no tuvieran inconsistencias.
- El no contar con un software para recolectar los datos para obtener las métricas hizo engorroso y poco ágil el proceso, además dificultó el control de la calidad de los datos y los posibles errores al registrarlos.
- Lo duro que fue el proceso de institucionalización y el tiempo requerido para la capacitación que no fue considerado originalmente.

8.3 Trabajo Futuro

Este trabajo evidenció en parte el camino que debe recorrer la empresa para avanzar en su camino a la alta madurez. Sin embargo para lograr este cometido deberá continuar trabajando en ciertas áreas y herramientas que por alcance de esta tesis no se abarcaron. A continuación se exponen los trabajos a corto plazo en los que se debería continuar para consolidar aún más este proyecto.

8.3.1 Establecimiento del Área de Proceso de Medidas y Análisis

A partir de este trabajo quedó en evidencia la necesidad de crear un área en la empresa cuya función específica sea el velar por la definición y cumplimiento de las métricas junto con la calidad de los datos que las sustentan. Esta unidad debería contar con al menos un analista de métricas quien debería reportar directamente a la unidad de procesos de la empresa.

Se debería cuantificar cuál es el costo de la unidad de métricas y cuál es el costo real en que incurre la empresa para producir estos datos a fin de incluirlas en los costos de los proyectos. También debería medirse constantemente el retorno de la inversión (ROI) para esta área a fin de conocer y justificar el valor que agrega al negocio.

8.3.2 Herramientas de Apoyo a la Medición

Se evidenció la necesidad de contar con herramientas de soporte a la medición para agilizar el registro de los datos necesarios para obtener las métricas. También se requiere de un repositorio que permita su consulta en forma rápida y oportuna. Esta herramienta debería permitir registrar las líneas bases de las métricas a fin de establecer referencias para la mejora.

Por otro lado el contar con una herramienta que permitiera obtener estadísticas del uso de las actividades, tareas y artefactos del proceso permitiría eliminar o redefinir aquellas entidades que se utilizan muy poco en el proceso así como también optimizar aquellas que se utilizan en forma frecuente.

Por lo tanto el contar con una herramienta o desarrollar un software de apoyo a las actividades de medición permitiría:

- Posibilitar la obtención de los valores de las métricas sin mayor esfuerzo
- Minimizar los errores en el cálculo de las métricas, logrando una mayor exactitud en sus valores
- Permitir que la empresa se concentre en el análisis de los resultados de la medición y no en la etapa de captura de la información

8.3.3 Control Estadístico de Procesos

Por último se deja iniciado el camino para que la empresa evolucione hacia la gestión y entendimiento cuantitativo de sus procesos y proyectos junto con la incorporación del control estadístico el cual le permitirá la predicción del proceso basado en su comportamiento histórico.

9 Bibliografía y Referencias

1. Mario G. Piattini, Felix O. García, Ismael Caballero, "Calidad de Sistemas Informáticos". Alfaomega, 2007.
2. Instituto Nacional de Tecnologías de la Comunicación, "Guía de Mejores Prácticas de Calidad De Producto", Junio 2008, Páginas 139 -140.
3. Rini Van Solingen, Egon Berghout, "The Goal/Question/Metric Method, A practical Guide Quality Improvement of Software Development", Mcgraw Hill Higher Education, January , 1999.
4. Elizabeth Clark, Joseph Dean, Fred Hall, "Practical Software Measurement, Objectives Information for Decision Makers. Addison-Wesley, 2002.
5. Guía del PMBOK, "Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos. Tercera edición, 2004.
6. José Francisco Vilar Barrio, Teresa Delgado Tejada, "Control Estadístico de los Procesos (SPC)". Artegraf, 2005.
7. Christof Ebert, Reiner Dumke, "Software Measurement: establish, extract, evaluate, execute. Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2007
8. Linda M. Laird, M. Carol Brennan, "Software Measurement and Estimation: a practical approach", John Willey & Sons, 2006.
9. Capers Jones, "Applied Software Measurement, Global Analysis of Productivity and Quality". McGraw-Hill; Third edition, 2008.
10. Javier Tuya, Isabel Ramos Román, Javier Dolado Cosín, "Técnicas Cuantitativas para la Gestión en la Ingeniería de Software", Netbiblo; 2007
11. Rogers Pressman, "Ingeniería del Software. Un enfoque práctico", (5th ed.), McGraw-Hill; 2001
12. Lawrence H. Putman, Ware Myers, "Five Core Metrics, The intelligence behind successful software management", Dorset House, Mayo 2003
13. Visconti, Marcello. Métricas y Calidad de Software. Material del Curso " CC63Q". Departamento de Ciencias de la Computación. Universidad de Chile, Junio 2010.
14. Juan Bravo Carrasco. Gestión del Cambio. Evolución; 2011
15. Nassir Sapag Chain, Proyectos de Inversión, Formulación y Evaluación. Pearson; 2011.

Anexo A Planilla de Evaluación de Estado

2	Fecha	N° Iteración	Área de proceso	Estado del proyecto - tiempo						
				Total Gantt	Planificado (PV)	Ganado (EV)	Esfuerzo/ Costo actual (AC)	Índice de desempeño de esfuerzo CPI (EVIAC)	Índice de desempeño de cronograma SPI (EVIPV)	
3										
4	03-07-2012	3	RD		24	24	28,3		84,8%	100,0%
5	03-07-2012	3	TS		104	104	43		241,9%	100,0%
6	03-07-2012	3	PI		4	4	4		100,0%	100,0%
7	03-07-2012	3	Pruebas		8	8	10		80,0%	100,0%
8	03-07-2012	3	REQM		8	8	2,3		347,8%	100,0%
9	03-07-2012	3	PMC		8	8	3,3		242,4%	100,0%
10	03-07-2012	3	PP		0	0	11		0,0%	0,0%
11	03-Jul			745,81	156	156	101,9		1,53	1,00
12	09-07-2012	3	RD		8	8	3		266,7%	100,0%
13	09-07-2012	3	TS		108	96	132		72,7%	88,9%
14	09-07-2012	3	PI		24	24	6,3		381,0%	100,0%
15	09-07-2012	3	Pruebas		40	40	21		190,5%	100,0%
16	09-07-2012	3	REQM		28	28	9		311,1%	100,0%
17	09-07-2012	3	PMC		28	20	23,3		85,8%	71,4%
18	09-07-2012	3	PP		0	0	0		0,0%	0,0%
19	09-07-2012			745,81	236	216	194,6		111,0%	91,5%
20	09-Jul			745,81	392	372	296,5		1,25	0,95
21	16-07-2012	3	RD		12	12	8		150,0%	100,0%
22	16-07-2012	3	TS		147	120	74,3		161,5%	81,6%
23	16-07-2012	3	PI		44	44	11		400,0%	100,0%
24	16-07-2012	3	Pruebas		24	24	30		80,0%	100,0%
25	16-07-2012	3	REQM		12	12	6		200,0%	100,0%
26	16-07-2012	3	PMC		12	12	19,3		62,2%	100,0%
27	16-07-2012	3	PP		0	0	0		0,0%	0,0%
28	16-07-2012			745,81	251	224	148,6		150,7%	89,2%
29	16-Jul			745,81	643	596	445,1		1,34	0,93
30	23-07-2012	3	RD		8	8	20		40,0%	100,0%
31	23-07-2012	3	TS		32	32	71		45,1%	100,0%

Anexo B Process Framework Project (EPF), 1.5.1.2 Release

El Eclipse Process Framework es una herramienta de desarrollo de procesos open source. Con ella es posible crear procesos consistentes, publicarlos y visualizarlos en un sitio web.

EPF facilita el desarrollo de los procesos porque cuenta con un editor potente de procesos, que ayuda a crear procesos consistentes y provee mayor facilidad para su actualización.

El resultado de la creación de procesos con EPF no es un documento monolítico, por el contrario es un sitio web que permite un rápido despliegue de los procesos y una navegación ágil para los usuarios de los procesos.