

Modelado y propuesta de Mejora de Procesos de Desarrollo para un entorno académico



Gineth Andrea López Hoyos

**Monografía para optar al título de
Ingeniero de Sistemas**

Director: Ing. Pablo Augusto Magé Imbachí

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones

Departamento de Sistemas – Grupo de Investigación IDIS

Línea de Investigación Calidad del Software: Producto y Proceso

Popayán, Febrero de 2013

Agradecimientos

A Dios, por darme la vida y estar presente en cada momento.

Al Ingeniero Pablo Augusto Magé Imbachí por su apoyo y motivación durante el desarrollo de este proyecto

A la Universidad del Cauca y todos los docentes que con su tiempo y dedicación participaron en mi formación profesional.

A mi padre por ser el modelo a seguir, por regalarme su amor y su atención en cada momento, por guiarme a través de mi vida, por creer y poner en mí todas sus aspiraciones, por sembrar en mí tantos valores que hacen de mí hoy una gran mujer.

A mi madre por sus incalculables sacrificios, por su infinito amor y por escalar a mi lado cada uno de los peldaños de mi vida, por resaltar cada uno de sus valores en sus enseñanzas, por convertirme en una mujer integral.

A mis hermanas por estar a mi lado compartiendo mis triunfos y fracasos.

A mi sobrino, que desde su nacimiento se convirtió en una motivación más para conseguir cada uno de los sueños que me he trazado, y por ser luz en mi camino.

A mi familia por el apoyo incondicional y por todos los valores que infundieron en mí para formar una mujer de principios.

Al baloncesto universitario por brindarme la disciplina y el trabajo en equipo con el conquisté tantas victorias.

A todos mis amigos y conocidos con los que tuve el privilegio de compartir y disfrutar muchos momentos en el camino universitario.

Tabla de contenido

| | |
|--|------------|
| Agradecimientos | I |
| Tabla de contenido..... | III |
| Lista de figuras | VII |
| Lista de tablas..... | IX |
| | |
| Capítulo 1 | 1 |
| 1. Introducción | 1 |
| 1.1 Aportes del proyecto de grado | 2 |
| 1.2 Objetivos..... | 3 |
| 1.2.1 Objetivo General | 3 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos..... | 4 |
| Capítulo 2 | 5 |
| 2. Marco Teórico..... | 5 |
| 2.1 Conceptos generales..... | 5 |
| 2.2 Modelos de mejora de procesos | 7 |
| 2.2.1 Competisoft | 7 |
| 2.2.2 Tutelkan..... | 8 |
| 2.2.3 Avispa | 10 |
| 2.3 Mejora de procesos..... | 11 |

| | | |
|-------------------|--|-----------|
| 2.3.1 | Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeña y medianas empresas [1] | 11 |
| 2.3.2 | Medidas para estimar el rendimiento y la capacidad de los procesos software de conformidad con el estándar ISO/IEC 15504 [17]..... | 12 |
| 2.3.3 | Prescripción, descripción, reflexión, la forma del campo de la mejora de procesos [19]..... | 12 |
| 2.3.4 | Hacia un Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software; Framework-PDS [20] | 13 |
| 2.4 | Proyectos con Agile SPI, Competisoft y Tutelkan..... | 14 |
| 2.4.1 | Mejora de procesos de software ágil con Agile SPi Process [3] | 15 |
| 2.4.2 | Un Proceso Ágil para el Mejoramiento de Procesos de Desarrollo de Software para PYMES – Agile SPI – Process [29] | 15 |
| 2.4.3 | Reporte de experiencias de la aplicación de COMPETISOFT en cinco MYPYMES colombianas [31]..... | 16 |
| 2.4.4 | Modelo liviano de medidas para evaluar la mejora de procesos de desarrollo software MLM – PDS[21] | 17 |
| 2.4.5 | Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las PYMES desarrolladoras de software de Pereira [36] | 18 |
| 2.4.6 | Proceso de referencia Tutelkan: Un modelo de mejoramiento de procesos reutilizable en pequeñas entidades [12] | 19 |
| 2.5 | Proyectos de mejora en entornos académicos y pequeñas entidades | 19 |
| 2.5.1 | Proyectos de mejora de procesos para una mejor gestión en cursos de software [37]..... | 19 |
| 2.5.2 | Actividades de ingeniería de software de soporte para pequeñas entidades [38] 20 | |
| 2.5.3 | La aplicación de software de modelado de procesos y mejora en el ámbito académico [39]..... | 20 |
| Capítulo 3 | | 23 |
| 3. | Adaptando Agile SPI a un entorno académico | 23 |
| 3.1 | Agile SPI [26]..... | 23 |

| | | |
|-------------------|---|-----------|
| 3.2 | Agile SPI en el entorno académico | 26 |
| 3.3 | Propuesta de adaptación..... | 27 |
| 3.3.1 | Enfoque..... | 29 |
| 3.3.2 | Iteraciones..... | 29 |
| 3.3.3 | Medición y análisis | 30 |
| 3.3.4 | Adición de roles | 31 |
| 3.3.5 | Adición de entregables..... | 31 |
| 3.3.6 | Tareas ejecutadas en fases diferentes..... | 31 |
| 3.3.7 | Restricciones del contexto | 32 |
| Capítulo 4 | | 35 |
| 4. | Aplicación de Agile SPI al laboratorio de sistemas distribuidos | 35 |
| 4.1 | Descripción General | 35 |
| 4.2 | Cronograma General | 36 |
| 4.3 | Desarrollo de la Propuesta..... | 39 |
| 4.3.1 | Fase de Instalación | 39 |
| 4.3.1.1 | Entrevistas al Cliente | 39 |
| 4.3.1.2 | Definición de los Objetivos del Plan de Mejora | 40 |
| 4.3.1.3 | Diseño del Modelo de Procesos | 41 |
| 4.3.1.4 | Verificación del Modelo de Procesos | 45 |
| 4.3.1.5 | Construcción del Modelo de Procesos | 49 |
| 4.3.2 | Fase de Diagnóstico | 59 |
| 4.3.2.1 | Revisión de la Ejecución del Proceso | 60 |
| 4.3.2.2 | Detección de las falencias en el Proceso | 63 |
| 4.3.2.3 | Definición de Indicadores de Proceso | 66 |
| 4.3.2.4 | Reporte de Indicadores de Proceso | 68 |

| | | |
|---------------------------|--|----|
| 4.3.2.5 | Análisis de Resultados | 68 |
| 4.3.3 | Fase de Formulación..... | 68 |
| 4.3.3.1 | Definición del Plan de Mejora | 68 |
| 4.3.3.2 | Verificación del Plan de Mejora | 71 |
| 4.3.3.3 | Definición de indicadores de Plan de Mejora | 71 |
| 4.3.3.4 | Divulgación del Plan de Mejora al Cliente | 71 |
| 4.3.4 | Fase de Mejora | 72 |
| 4.3.4.1 | Ejecución del Plan de Mejora | 72 |
| 4.3.4.2 | Reportes de Ejecución del Plan | 74 |
| 4.3.5 | Fase de Revisión | 74 |
| 4.3.5.1 | Recolección de la información de Seguimiento y Control de la Ejecución del Plan | 74 |
| 4.3.5.2 | Revisión de los resultados obtenidos | 75 |
| 4.3.5.3 | Reporte de lecciones aprendidas | 75 |
| Capítulo 5 | 77 | |
| 5. | Análisis de resultados | 77 |
| 5.1 | Resultados del caso de estudio | 77 |
| 5.1.1 | Apreciación del Cliente..... | 77 |
| 5.1.2 | Apreciaciones de los estudiantes | 77 |
| 5.2 | Resultados del proceso..... | 78 |
| Capítulo 6 | 87 | |
| 6. | Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro | 87 |
| 6.1 | Conclusiones | 87 |
| 6.2 | Recomendaciones y Trabajo Futuro | 90 |
| Bibliografía | 91 | |

Lista de figuras

| | |
|--|-----------|
| Figura 1. Modelo PDCA | 6 |
| Figura 2. Modelo Competisoft | 8 |
| Figura 3. Estructura TRP | 9 |
| Figura 4. Avispa en la localización de oportunidades de mejora del modelo de procesos de software | 10 |
| Figura 5. Estructura del MLM-PDS..... | 17 |
| Figura 6. El framework de mejora de procesos | 21 |
| Figura 7. Arquitectura conceptual de Agile SPI | 24 |
| Figura 8. Fases de Agile SPI..... | 25 |
| Figura 9. Propuesta de adaptación..... | 28 |
| Figura 10. Enfoque del proyecto | 30 |
| Figura 11. Cronograma General | 36 |
| Figura 12. Cronograma iteración 1 | 37 |
| Figura 13. Cronograma iteración 4 | 38 |
| Figura 14. Modelo de procesos versión 1.0 | 42 |
| Figura 15. Modelo de procesos versión 2.0 | 44 |
| Figura 16. Modelo de Procesos General | 50 |
| Figura 17. Fase Prácticas | 51 |
| Figura 18. Fase Proyectos..... | 52 |
| Figura 19. Fase Cierre | 53 |
| Figura 20. Estudiantes en la tarea Diseñar | 54 |
| Figura 21. Estudiantes y docente en la tarea de asesoría | 55 |
| Figura 22. Tarea Socialización de la Guía | 56 |

| | |
|---|-----------|
| Figura 23. Estudiante en la tarea Desarrollar | 56 |
| Figura 24. Estudiante en la tarea Asesoría..... | 57 |
| Figura 25. Tarea Pruebas Unitarias | 57 |
| Figura 26. Pruebas Unitarias..... | 58 |
| Figura 27. Tarea Pruebas de Acoplamiento | 58 |
| Figura 28. Herramientas del diagnóstico..... | 59 |
| Figura 29. Tiempos de desarrollo por fases..... | 78 |
| Figura 30. Fase en la que más se invierte tiempo | 79 |
| Figura 31. Numero de grupos que terminan las prácticas..... | 80 |
| Figura 32. Asistencia de los estudiantes a las clases de teoría..... | 80 |
| Figura 33. Numero de asesorías en las prácticas | 81 |
| Figura 34. Tiempo invertido en las asesorías | 82 |
| Figura 35. Tiempos de revisión de las prácticas | 83 |

Lista de tablas

| | |
|---|-----------|
| Tabla 1. Evolución del modelo de procesos | 45 |
| Tabla 2. Resumen de la Revisión con Avispa | 47 |
| Tabla 3. Resumen Revisión 1 | 48 |
| Tabla 4. Resumen Revisión 2 | 48 |
| Tabla 5. Resumen Revisión 3 | 49 |
| Tabla 6. Descripción general de una tarea | 53 |
| Tabla 7. Oportunidades de Mejora..... | 62 |
| Tabla 8. Falencias encontradas | 65 |
| Tabla 9. Indicadores usados para la mejora | 67 |
| Tabla 10. Resumen mejoras potenciales..... | 70 |
| Tabla 11. Mejoras ejecutadas..... | 74 |
| Tabla 12. Resumen reporte equipos RPC..... | 83 |
| Tabla 13. Resumen reporte equipos RMI..... | 84 |
| Tabla 14. Resumen reporte equipos CORBA..... | 84 |
| Tabla 15. Artefactos mejorados | 85 |
| Tabla 16. Medidas utilizadas | 86 |

Capítulo 1

1. Introducción

Las empresas desarrolladoras de software en la actualidad pretenden garantizar la competitividad de sus productos a nivel nacional e internacional, basándose en las normativas universales encaminadas a un mejor proceso de desarrollo y calidad del producto[1]. La expansión del mercado, el creciente aumento en la complejidad del software y en las exigencias de los clientes representan algunas de las más importantes razones para que las empresas piensen en este tipo de certificaciones[2]. La adopción de mejores prácticas que beneficien el proceso de desarrollo que se lleva a cabo para la elaboración de los productos, día a día se ha convertido en una necesidad de las empresas de desarrollo. El incorporar las mejores prácticas en la industria de software se inicia desde la misma formación de los ingenieros de software, así que las universidades tienen la responsabilidad de formar sus ingenieros con las mejores prácticas de la industria. Por eso la motivación inicial de éste proyecto ha sido crear un programa de mejoramiento continuo en un curso de desarrollo intensivo de software, como lo es el curso de Sistemas Distribuidos. Sin embargo, hasta donde sé conoce, planear y ejecutar labores de mejora con una propuesta de este tipo, como lo es Agile SPI [3], en el contexto académico no es una tarea que cuente con referentes replicables en la literatura.

Agile SPI es un enfoque de mejora desarrollado por el grupo IDIS que ha venido siendo aplicado al mejoramiento de los procesos de PYMES (Pequeñas y Medianas empresas) y VSE (Pequeñas Entidades), estos proyectos han tenido buenos resultados[4]. Agile SPI ha sido desarrollado para mejorar procesos en pequeñas entidades [1], las características principales a las que hace referencia son:

- Guiar la mejora de los procesos de desarrollo de software, manteniendo el nivel de agilidad que la empresa desee.
- Adaptar principios y características de modelos y metodologías de gestión para el desarrollo ágil y liviano.

- Estar adecuado a una industria dinámica, creativa, incierta e innovadora como lo es la industria del software. Una industria orientada al conocimiento organizacional y al talento humano como diferenciadores.

El problema radica en la poca evidencia sobre la aplicación de Agile SPI a pequeñas entidades académicas, por lo que éste proyecto se pretende dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Agile SPI es adecuado para establecer e implementar mejoras en las prácticas en cursos intensivos de software?. Un caso de estudio no permitirá tener una conclusión definitiva a ésta pregunta, pero iniciar una generación sistemática de información referente a su aplicación sí brindará la suficiente evidencia empírica para establecer una respuesta final a ésta pregunta en un futuro cercano. Así que para el caso de estudio desarrollado en este proyecto se pretende determinar los aspectos que hacen a Agile SPI adecuado o no adecuado al contexto de cursos intensivos en software.

Con dos motivaciones en mente, una necesidad académica y una necesidad de determinar la viabilidad de aplicar Agile SPI a una pequeña entidad como lo es el curso de sistemas distribuidos, se planteó y ejecutó este proyecto, con el objetivo de determinar la efectividad de Agile SPI en este tipo de entornos.

Por lo tanto este proyecto está enfocado en la aplicación de un modelo de mejora de procesos que permita guiar, especificar, controlar, medir y mejorar el proceso de desarrollo de software de un curso intensivo en software, en este caso el laboratorio de sistemas distribuidos del programa de Ingeniería de Sistemas de la Universidad del Cauca.

1.1 Aportes del proyecto de grado

Este proyecto tiene un aporte académico directo, puesto que mejora aspectos críticos para el desarrollo de un curso que involucra la construcción de software, incrementando la calidad del programa de ingeniería de sistemas y de sus egresados. A nivel de investigación, este proyecto genera: (i) Un caso de aplicación que puede ser estudiado y usado para adecuar nuevas versiones de Agile SPI para soportar la mejora en situaciones similares a la desarrollada en ésta tesis, y (ii) la evidencia empírica del uso de Agile SPI en un proyecto desarrollado en un entorno académico, abriendo una ventana de aplicación de Agile SPI en este ámbito. Esto aporta tanto la mejora de Agile SPI, así como su adecuación a contextos para los cuales no ha sido definido. Desde la perspectiva académica, además del impacto directo sobre un curso de pregrado, se

tiene un impacto indirecto al reportar el caso de tal forma que pueda replicarse a otros cursos.

Desde una perspectiva social, a largo plazo podría haber un impacto indirecto, a través de la formación de ingenieros de sistemas que han adquirido e interiorizado buenas prácticas con las que soportarán la industria del software, clave para el desarrollo económico y social de la región y del país.

El aporte directo se evidencia de la información que queda explícitamente definida a través de los entregables:

- Definición de Procesos en SPEM 2.0: Modelo de procesos desarrollado en EPF COMPOSER.
- Definición y Diseño de Propuesta de Mejora de Procesos: Documento en el que se definen las propuestas de mejora que se ejecutarán.
- Definición de Indicadores de Proceso: Documento en el que se definen las medidas y valores con los que serán identificados cada uno de los elementos definidos en el modelo de procesos.
- Evaluación del Plan de Mejora: Documento en el que se condensan los resultados obtenidos después de la ejecución del plan de mejora que se definió.

1.2 Objetivos

El objetivo general y los objetivos específicos de la presente tesis se describen a continuación.

1.2.1 Objetivo General

Definir un modelo de procesos de desarrollo usando Agile SPI como guía, para contribuir a la calidad del software que se desarrolla en el entorno académico.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Adecuar Agile SPI como guía de mejoramiento de las prácticas seguidas en un curso académico.
- Aplicar Agile SPI en un proyecto de mejoramiento en un curso académico.
- Establecer evidencia empírica obtenida de la aplicación de Agile SPI en el caso de estudio y generación de la propuesta de mejora.
- Evaluar el plan de mejora aplicado al curso académico, comparando los resultados obtenidos antes y después de la ejecución de dicho plan.

Además de la presente introducción, el presente documento se ha organizado de la siguiente forma:

Capítulo 2: Marco Teórico: En este capítulo se explicará en detalle las teorías que apoyan y dan significado a este proyecto de investigación, entre otras, los procesos de desarrollo, la mejora de procesos y Agile SPI.

Capítulo 3: Adecuación de Agile SPI para llevar a cabo el caso de estudio: Este capítulo está dedicado a describir de manera concisa cada uno de los elementos que fueron cambiados, adicionados para la aplicación de Agile SPI en un contexto académico.

Capítulo 4: Aplicación de Agile SPI al Laboratorio de Sistemas Distribuidos (LSD): Este capítulo está dedicado a la descripción completa y detallada del caso de estudio que se realizó, en el que se definió el modelo de procesos y se realizó una propuesta de plan de mejora siguiendo la metodología escogida.

Capítulo 5: Análisis de resultados: En este capítulo se presentarán los resultados obtenidos en cuanto al desarrollo del proyecto, reportando de manera detallada si las mejoras que se ejecutaron funcionaron de manera adecuada y el proceso en verdad pudo ser mejorado.

Capítulo 6: Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro: En este capítulo se presentan las conclusiones que se han obtenido después del trabajo realizado y se exponen algunas recomendaciones para futuros trabajos.

Capítulo 2

2. Marco Teórico

Este capítulo contiene la base conceptual de las propuestas que apoyaron y dieron significado a este proyecto de investigación. Para la elaboración de la base conceptual, se recurrió a la consulta e investigación documental, a través de artículos, tesis y otros medios de información. Dicha base conceptual se describe a continuación, en primera instancia presentaré los conceptos de proceso, proceso software, y finalmente la mejora de procesos.

2.1 Conceptos generales

Un proceso es:

- Un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados[5].
- Un conjunto de las fases sucesivas de un fenómeno natural o de una operación artificial [6].
- Un sistema de operaciones en la producción de algo, una serie de acciones, cambios o funciones que lograr un resultado final[7].
- Secuencia de pasos realizados para un propósito determinado[8].
- La Organización de: Personas, el soporte automatizado, Procedimientos y normas en las actividades de trabajo diseñado para producir un resultado final específico[9].

Un proceso de software es:

- Un Proceso de Software es el conjunto de actividades, métodos y las transformaciones que la gente usa para desarrollar y mantener el software y el correspondiente producto, por ejemplo: planes de producto, documentos de diseño, código, casos de prueba y manuales de usuario[9].
- El conjunto de actividades, métodos y prácticas que guían a las personas en la producción de software[10].

La mejora de procesos consiste en:

- Una serie de medidas adoptadas para cambiar los procesos de una organización anhelando satisfacer las necesidades empresariales de la organización y lograr los objetivos de negocio con mayor eficiencia. La mayoría de modelos de mejora de procesos siguen el modelo PHVA (Planear, Hacer, Verificar, Actuar) [23].

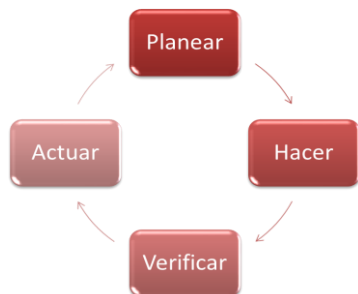


Figura 1. Modelo PDCA

Imagen tomada del sitio http://cert.inteco.es/Formacion/SGSI/Conceptos_Basicos/Modelos_PDCA_SGSI/ Fecha de actualización Enero 2013

El modelo PDCA¹ o círculo de Gabo (de Edwards Deming), es una estrategia de mejora continua de la calidad en cuatro pasos, basada en un concepto ideado por Walter A. Shewhart. También se denomina espiral de mejora continua. Es muy utilizado por los Sistemas de Gestión de Calidad (SGC).

Los resultados de la implementación de este ciclo permiten a las empresas una mejora integral de la competitividad, de los productos y servicios, mejorando continuamente la calidad, reduciendo los costes, optimizando la productividad, reduciendo los precios, incrementando la participación del mercado y aumentando la rentabilidad de la empresa u organización.

Los cuatro pasos que se definen para esta estrategia son:

Plan: Identificar y resolver riesgos.

Do: Entrenar, adaptar, consultar, remover barreras.

Check: Evaluar resultados, asegurar el éxito, celebrar.

¹ PDCA: Plan-Do-Check-Act, por sus siglas en inglés.

Act: Revisar, desarrollar el siguiente nivel de proceso, convencer a los otros.

2.2 Modelos de mejora de procesos

A continuación se presentan algunos modelos, enfocados en el mejoramiento de los procesos en las PYMES² desarrolladoras de software y que hacen uso de Agile SPI³ en cada una de sus propuestas:

2.2.1 Competisoft

El modelo de procesos de COMPETISOFT[4] está basado en el definido por MoProSoft [11]. Tiene tres categorías de procesos: Alta Dirección, Gerencia y Operación que reflejan la estructura de una organización.

La categoría de Alta Dirección contiene el proceso de Gestión de Negocio.

La categoría de Gerencia está integrada por los procesos de Gestión de Procesos, Gestión de Proyectos y Gestión de Recursos. Éste último está constituido por los subprocesos de Gestión de Recursos Humanos, Gestión de Bienes, Servicios e Infraestructura y Gestión de Conocimiento.

La categoría de Operación está integrada por los procesos de Administración de Proyectos Específicos y de Desarrollo y Mantenimiento de Software.

En cada proceso están definidos los roles responsables por la ejecución de las prácticas. Los roles se asignan al personal de la organización de acuerdo a sus habilidades y capacitación para desempeñarlos.

En COMPETISOFT se clasifican los roles en Grupo Directivo, Responsable de Proceso y otros roles involucrados. Además se considera al Cliente y al Usuario como roles externo a la organización.

² PYMES : Pequeñas y medianas empresas

³ SPI : Software Process Improvement



Figura 2. Modelo Competisoft

Imagen tomada de <http://competisoft.wordpress.com/> Fecha de actualización Enero 2013

El modelo de referencia que se presenta en Competisoft, está basado en la misma filosofía y componentes de Agile SPI.

2.2.2 Tutelkan

TRP⁴ [12] es un proceso de desarrollo en fases, iterativo e incremental. El cual permite:

- Administrar el proyecto en una manera continua.
- Administrar los cambios de requerimientos durante todo el ciclo de vida del proyecto.
- Tener siempre una versión del producto en forma temprana.
- Mejorar el proceso en una manera continua.
- Identificar los riesgos desde el inicio del proyecto a fin de mitigarlos y administrarlos eficientemente.

⁴ TRP : Tutelkan Process Reference

El proceso de la administración del proyecto que se propone está basado en el modelo de mejoramiento del proceso de desarrollo que propone CMMI⁵[13] y en la teoría de manejo de riesgos. Además está incorporado el Sistema de Gestión de Calidad (ISO 9001:2000)[5], como complemento a la metodología, para establecer los lineamientos internos bajo los cuales se controla el desarrollo de software y la administración de proyectos de software.

En la siguiente figura se puede apreciar visualmente, de adentro hacia fuera, la estructura que propone TRP: las disciplinas y las fases del proceso de desarrollo, el proceso de administración de proyectos y envolviendo todo lo anterior se encuentra el Sistema de Gestión de Calidad.

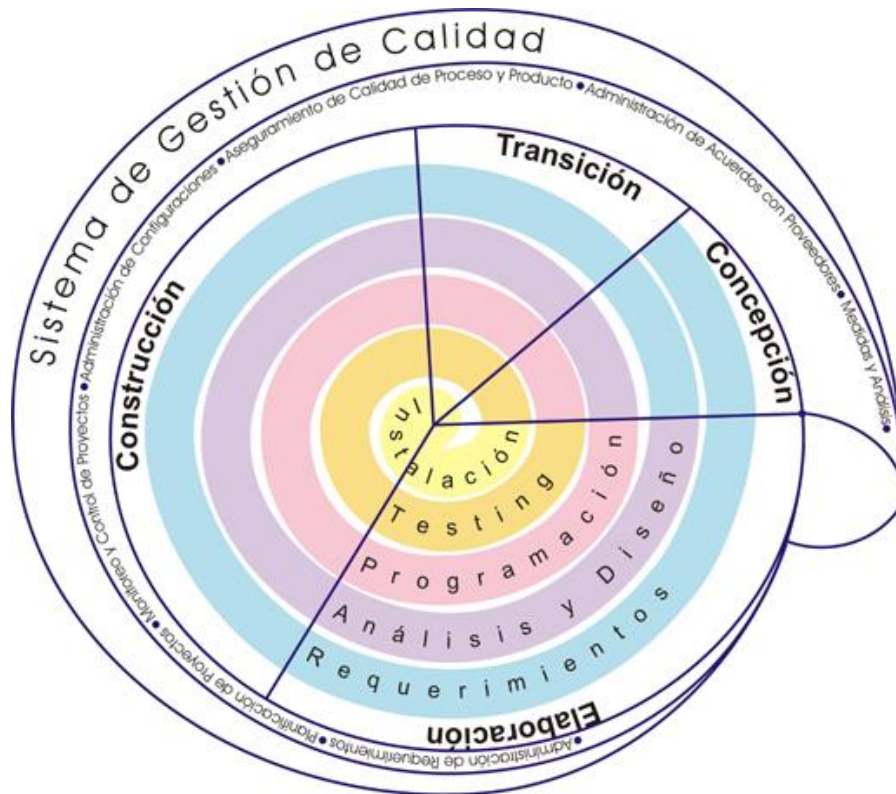


Figura 3. Estructura TRP

Tomado de Tutelkan Reference Process (TRP) Versión 1.4.2, diciembre 2008, pp. 9

⁵ CMMI : Capacity Maturity Model Integration

Es importante destacar que el orden de las actividades dentro de los flujos presentados en la metodología son recomendados, pero no representan necesariamente precedencia entre éstas.

2.2.3 Avispa

Avispa⁶ [14] es una herramienta que construye planos y destaca los patrones de error. Contar con esta herramienta, el pro-ingeniero de proceso sólo es necesario analizar los elementos resaltados, exigiendo menos experiencia y conocimiento previo también se puede realizar un análisis efectivo modelo de proceso, añadiendo usabilidad también.

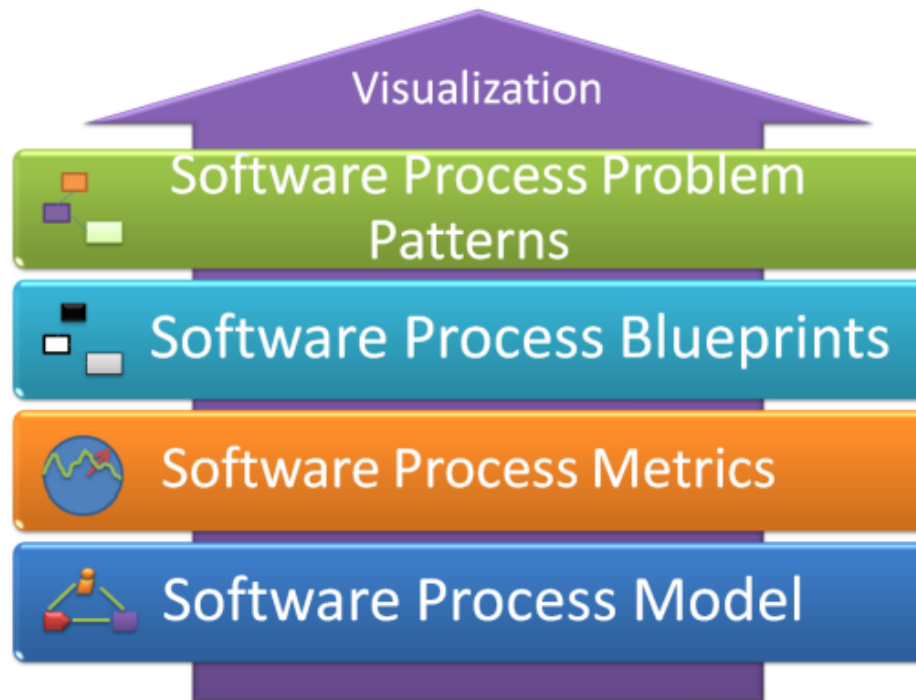


Figura 4. Avispa en la localización de oportunidades de mejora del modelo de procesos de software

Tomado de Analyzing Software Process Models with AVISPA, Julio A. Hurtado Alegría, María Cecilia Bastarrica, Alexandre Bergel pp.2

⁶ Avispa : Análisis y Visualización de Software Proceso de Evaluación

Avispa fue aplicado en el análisis de los modelos de procesos de nido en tres diferentes empresas de software chilenas. Fueron capaces de encontrar varios de los patrones de error, y la mayoría de ellos dando lugar a errores reales, apoyando su intuición de que una herramienta formal ayuda al proceso del ingeniero. Avispa ha sido muy bien recibida en todas las empresas en las que se ha trabajado, y los ingenieros de proceso también señalaron que es relevante para ellos contar con Avispa para mantener su modelo de proceso de software, una aplicación que no se imaginó antes.

Los trabajos relacionados con esta propuesta de trabajo de grado, están orientados hacia las contribuciones en pro de la mejora de procesos implantados en PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) desarrolladoras de software. Así mismo se destacan los esfuerzos realizados por algunas empresas en la calidad de los productos que realizan; y algunas propuestas encaminadas hacia el desarrollo de proyectos de mejoramiento de procesos en ambientes académicos.

2.3 Mejora de procesos

Los proyectos que se presentan a continuación, muestran como se está desarrollando iniciativas en el campo de mejoramiento de procesos en PYMES, en los que se evidencia los buenos resultados que se han podido obtener.

2.3.1 Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeña y medianas empresas [1]

Los programas de mejora de procesos en las PYMES desarrolladoras de software, no deben ser tan solo una versión a escala de los programas que han sido exitosos en las grandes empresas, debido a las características y restricciones que poseen estas organizaciones. Los productos que están siendo desarrollados por estas empresas, son significativos, de modo que para su correcta construcción requieren prácticas de ingeniería adaptadas a sus necesidades.

De aquí la necesidad de la adaptación de los modelos como CMM, CMMI [13], ISO/IEC 15504[15], SPICE (ISO/IEC TR 15504: 1998), ISO/IEC 12207:2004 [16], a las PYMES (Pequeñas y Medianas Empresas) de modo que los resultados de la adopción de éstos sea eficaz, tangible en poco tiempo y puedan ser llevados a cabo de manera incremental, de igual manera que el incremento sea el mínimo posible.

Este trabajo nos muestra la tendencia que existe en el mundo referente al esfuerzo que se está llevando a cabo en los países, en el ámbito de los programas de mejora de procesos en las PYMES, las cuales siguen en mayor proporción el estándar CMMI [13], evidenciando la necesidad de la ejecución de programas de mejora que permitan trabajar en pro de la calidad del producto a través de los procesos que se involucran en su construcción.

2.3.2 Medidas para estimar el rendimiento y la capacidad de los procesos software de conformidad con el estándar ISO/IEC 15504 [17]

El aporte más importante que hizo este proyecto, fue la definición de medidas para los procesos mediante las cuales se pueda realizar una evaluación de cada uno de éstos, para poder mejorar la calidad de los procesos, basado en la norma ISO/IEC 15504:2006 [15], ISO/IEC 12207:2004 [16].

De igual manera se desarrolló una herramienta que permitiera automatizar el proceso de medición y disminuir la subjetividad de la medición del proceso. Basada en Redes Bayesianas y la herramienta Elvira[18].

La definición de las medidas para determinar el rendimiento y la capacidad de los procesos realizados en este proyecto sirven de base en la definición de indicadores apropiados para el desarrollo del proyecto actual, teniendo en cuenta las limitaciones a las que da lugar el contexto sobre el que se llevará a cabo.

2.3.3 Prescripción, descripción, reflexión, la forma del campo de la mejora de procesos [19].

Este artículo revisa 322 contribuciones a la literatura de mejora de procesos software (SPI). Las contribuciones son categorizadas de acuerdo a un simple FRAMEWORK, sus principales objetivos: decir a los profesionales de SPI que hacer, reportar las instancias actuales de los programas SPI en las organizaciones software y realizar el análisis teórico.

2.3.4 Hacia un Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software; Framework-PDS [20]

Las empresas de desarrollo de software en Colombia enfrentan una serie de problemas tales como la construcción de software de forma artesanal, empírica y desorganizada. Por esto, es necesario que implementen proyectos para mejorar sus procesos de desarrollo, ya que asegurar la calidad de los productos, a través de la mejora de sus procesos de software, es un paso que deben dar para estar en condiciones de competir en el mercado nacional e internacional.

Implementar modelos de mejora de procesos no es suficiente para decir si una empresa realmente está obteniendo beneficios, definitivamente una de las primeras acciones en un proyecto de mejora es el poder determinar el estado actual del proceso.

Sólo midiendo es posible conocer el estado de un proceso de manera objetiva, y sólo gracias a esto se pueden planificar estrategias y soluciones acerca de las mejoras a realizar y según los objetivos de la organización. Este artículo propone un modelo liviano de medidas para evaluar un proyecto de mejora de procesos de software, con el cual se busca ayudar a las empresas de desarrollo de software colombianas a determinar si el proceso de mejora que implementan está siendo eficaz con relación a los objetivos y metas establecidas al inicio del proyecto. Esto se lleva a cabo a través del uso de medidas que permiten evaluar el proceso de mejora de sus procesos, facilitando la caracterización de las prácticas actuales de la empresa y la identificación de las debilidades, fortalezas y habilidades de los procesos que son llevados a cabo dentro de ésta, permitiendo controlar y evitar las causas de baja calidad y desviaciones en costos o en planificación.

La mejora del proceso de software se ha convertido en uno de los objetivos estratégicos fundamentales en las organizaciones al momento de promover la mejora de la calidad de sus productos.

El MLM–PDS [21] pretende servir como punto de apoyo y complemento la planeación, gestión y control del mejoramiento continuo de procesos de software, independientemente del modelo de calidad, procesos o metodología de desarrollo usada (CMM, CMMI [13], MoProSoft [11]), normas (ISO 9000 [5], ISO/IEC 15504 [15]) o metodología de referencia (UP [22], cascada [23], Lean Development [24], XP [25], etcétera).

Con el MLM–PDS [21], una organización dedicada al desarrollo y/o mantenimiento del software puede evaluar sus programas de mejora de procesos de una forma efectiva. Este modelo es fácilmente aplicable a las MiPyMEs DS ya que fue desarrollado con base en las actividades y/o prácticas desarrolladas por este tipo de organizaciones.

Las medidas e indicadores identificados permiten medir el desempeño y la efectividad de un programa de mejora en términos de costos, tiempo y recursos y al ser aplicable en cualquier momento del proyecto de mejora ayuda a disminuir riesgos asociados a malgastar tiempo y recursos. Además, esta misma característica ayuda a que el proyecto de mejora sea controlado de forma permanente.

Se recomienda a la industria del software, en especial en el contexto de las MiPyMEs, la experimentación, ejecución y gestión de proyectos de mejora con la utilización de los diferentes modelos de calidad y mejora de procesos, dentro de los diferentes proyectos desarrollados en su empresa y con los modelos resultados obtenidos de investigaciones académicas.

Como trabajo futuro, la información relacionada con las medidas definidas serán integradas en dos frentes: el primero en su integración al Framework Agile SPI[26], específicamente al proceso de mejora Agile SPI–Process versión 2.0, y el segundo en aportar al refinamiento del modelo de mejora PmCOMPETISOFT [27] (modelo adaptado de Agile SPI–Process y que actualmente guía la gestión e implementación de mejoras del proyecto COMPETISOFT), permitiendo así su aplicación en nuevos proyectos de mejora.

2.4 Proyectos con Agile SPI, Competisoft y Tutelkan

Esta sección resalta los proyectos desarrollados con Agile SPI, y dos de los grandes proyectos que se han realizado en Iberoamérica relacionados con el mejoramiento de procesos en el entorno empresarial, enfatizando la necesidad de este tipo de proyectos en las empresas desarrolladoras de software que tengan como objetivo la competitividad y productividad.

2.4.1 Mejora de procesos de software ágil con Agile SPi Process [3]

Este trabajo tiene como primer objetivo presentar Agile SPI Process como metodología de trabajo para la realización de proyectos de mejora de procesos en PYMES, debido a que la reducción a escala de los modelos tradicionales no ha arrojado buenas experiencias quizá al contexto cambiante en el que se desenvuelven estas empresas y claramente a la cantidad de recursos que están disponibles para llevar a cabo de manera exitosa el proyecto de mejora que se ha definido.

El interés de agilizar los proyectos de mejoras en MYPYMES_DS se ha incrementado debido a que resulta ser un punto clave y de rápido crecimiento en el contexto iberoamericano, prueba de ello son los proyectos: MOPROSOFT [11](México), AGILE-SPI[26] (Colombia), MR MPS [28](Brasil), COMPETISOFT [11] (Colombia).

De igual forma se presentan unos casos de estudio en los que se describen cada uno de los elementos que se obtuvieron de la aplicación de la metodología descrita anteriormente, describiendo cada uno de los resultados que se obtuvieron de la aplicación de la misma. De esta manera se les revela a las MYPYMES una alternativa para la implantación de proyectos de SPI que les permita ofrecer mejores productos a través de la ejecución exitosa del plan que se desarrolle en la empresa.

2.4.2 Un Proceso Ágil para el Mejoramiento de Procesos de Desarrollo de Software para PYMES – Agile SPI – Process [29]

La adecuación de los modelos internacionalmente reconocidos de mejoramiento, evaluación y calidad creados por el SEI [10] , ESI24 [30], ISO25, es una necesidad creada a partir de la motivación de las empresas Colombianas a la mejora de sus procesos, la cual tiene como objetivo es obtener competitividad internacional. Este trabajo presenta Agile SPI [26] – Process un proceso ágil y liviano de mejora de procesos software basado en IDEAL [4] y aplicable a las MYPYMES de manera fácil, económica, con pocos recursos y en poco tiempo. De igual forma se presentan las características fundamentales del proceso: las disciplinas de trabajo transversales a un programa de mejora, la adaptación de técnicas para la conformación de los grupos o equipos de mejora y la posibilidad de realizar las mejoras en los procesos de una manera iterativa e incremental [39].

El enfoque del programa de mejora con Agile SPI – Process es arrojar resultados ágiles y de acuerdo a las necesidades de las empresas, de manera que se adecua a las características de las MYPYMES, de esta forma se definió el proceso de manera general para las MYPYMES en Latinoamérica.

2.4.3 Reporte de experiencias de la aplicación de COMPETISOFT en cinco MYPYMES colombianas [31]

Este proyecto tiene como objetivo obtener resultados concretos sobre la utilización de métodos y modelos propuestos para apoyar la calidad del software desarrollado por las MYPYMES, este artículo presenta la aplicación de los modelos propuestos por Competisoft[4] en pro de conducir el mejoramiento de algunos procesos de software en cinco pequeñas y medianas empresas colombianas desarrolladoras de software. Además, este artículo también muestra el comportamiento de la aplicación de Competisoft desde la perspectiva de: (i) determinar qué tan productivo resulta ser para una empresa adoptar esta estrategia de mejora en términos del esfuerzo y progreso alcanzado; y (ii) refinar, validar y mejorar los modelos de Competisoft con base en los resultados obtenidos en los reportes de experiencia.

Las empresas que decidan emprender un proyecto de mejora de procesos de desarrollo software deben hacer una proyección hacia el futuro, teniendo siempre como meta aumentar la competitividad de sus productos, siendo el compromiso de la alta gerencia uno de los insumos más importantes en el desarrollo de este, así mismo la disposición del personal al cambio y reestructuración de la organización, debido a las disposiciones metodológicas que se implantaran a través de la ejecución del proyecto que incrementarán la calidad de su desempeño.

La estrategia de mejora de procesos propuesta por Competisoft es adecuada y útil para las empresas en las que se ejecutó el proyecto, a pesar de que este fuese realizado en un corto periodo de tiempo, se obtuvieron resultados satisfactorios y se pudo indicar que los modelos son fáciles de comprender. No todas las empresas tienen los recursos necesarios para el desarrollo de un proyecto de esta envergadura.

2.4.4 Modelo liviano de medidas para evaluar la mejora de procesos de desarrollo software MLM - PDS[21]

Este trabajo presenta el Proceso Ágil de Soporte que podría guiar a los programas de Mejoramiento de Procesos de Software – SPI, el cual fue desarrollado a partir de modelos existentes creados por organizaciones internacionales como el SEI con su modelo IDEAL[32], el ESI con su Framework IMPACT [33], el modelo PDCA [34] entre otros. Esto con el fin de crear un modelo que se adecue a la realidad en el mejoramiento de procesos de software del sur occidente colombiano basándonos en la información del estudio de las empresas de software de esta región realizado por el proyecto SIMEP-SW[35], siendo éste modelo fácil de implantar, y adaptando así los modelos anteriormente mencionados ya que estos en su práctica son muy extensos, pesados, difíciles de aplicar y han sido dimensionados para empresas con estructuras un poco diferentes a las de las empresas Colombianas y en general en Latinoamérica (por ejemplo el tamaño).

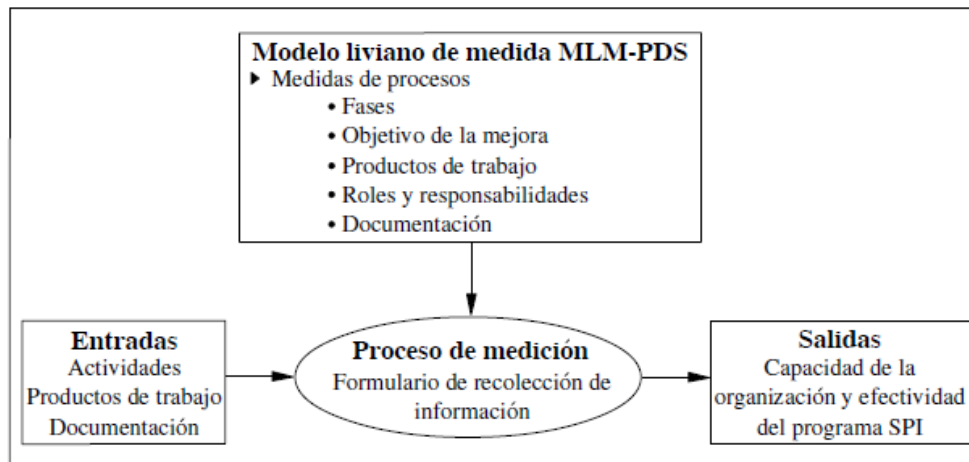


Figura 5. Estructura del MLM-PDS

Tomado de modelo liviano de calidad para la mejora de procesos de desarrollo software, Carmen Sánchez, Elena Solís, 2006, pp.46

2.4.5 Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las PYMES desarrolladoras de software de Pereira [36]

Este proyecto tenía como objetivo principal realizar un estudio del grado de implementación de los modelos de calidad en el desarrollo de software de las Mi PYMES del sector TI en la ciudad de Pereira utilizando el modelo IT Mark. Así pues se determinaría con mayor exactitud cada uno de los procesos que están siendo llevados en esta región para la construcción de software. A través de esta investigación se llegó a la conclusión de que las empresas de la región aún no tienen un correcto diseño de sus procesos debido quizá a la inmadurez de éstas, sin dejar de lado el poco interés que los modelos de calidad suponen para los gerentes de estas empresas.

Las empresas desarrolladoras de software de la región son dependientes del recurso humano con el que cuentan, porque no existe un manejo adecuado de la información de la empresa, no existe quizá definición explícita de actividades que deben ser realizadas por ciertas personas, convirtiéndose en un caos, en el que solo queda esperar que el producto responda a las exigencias planteadas por el cliente, y de no ser así que exista quizá un Superhéroe que tenga la capacidad de resolver los problemas que acarreó la mala gestión del proceso de desarrollo del proyecto en cuestión.

Este tipo de proyectos dejan en evidencia las innumerables fallas en el desarrollo de productos software de calidad, debido a la falta de interés en el proceso y el enfoque establecido hacia el producto, en el que la mayoría de las veces se comenten errores que llevan a la re-programación en muchas ocasiones de casi todo el producto, estas evidencias resultas en un principio un arma de doble filo en la aceptación como tal de un proyecto de esta envergadura debido a la maternidad con la que las personas involucradas en la empresa suelen tener con respecto a las practicas que adoptan y las decisiones que toman en cuanto al desarrollo de sus proyectos, de manera que es de vital importancia manejar de manera adecuada la información para que la podamos usar como un aliado en la consecución de los objetivos trazados en el proyecto.

2.4.6 Proceso de referencia Tutelkan: Un modelo de mejoramiento de procesos reutilizable en pequeñas entidades [12]

Debido a la naturaleza de las PYMES la adopción de normas internacionales y modelos de procesos de calidad, resulta difícil en cuanto a la asignación de recursos para este tipo de proyectos y la falta de información respecto a los beneficios de aplicar mejoramiento de procesos.

El framework tiene como principales elementos:

- **El proceso de referencia Tutelkan (TRP):** Proceso software público.
- **La plataforma web Tutelkan (TWP):** Descripción, acceso y composición de los procesos.
- **El Framework de procesos Tutelkan (TPF):** Meta-modelo para los procesos software
- **El proceso de implementación Tutelkan (TIP):** Metodología para la implantación procesos software en pequeñas organizaciones.

Este proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un software público en el que se definió un proceso de desarrollo conforme a las características de las PYMES y el modelo CMMI [13], de manera que empresas de este tipo pudiesen tomar de éste elementos, aplicarlos y conseguir buenos resultados tras la ejecución de este tipo de iniciativas.

2.5 Proyectos de mejora en entornos académicos y pequeñas entidades

En este apartado se enuncian algunos propuestas de proyectos de mejora de proceso en entornos académicos, los cuales han tenido como referentes modelos como CMMI [13] e ISO/IEC 29110 [5] y han reportado el levantamiento del proceso

2.5.1 Proyectos de mejora de procesos para una mejor gestión en cursos de software [37]

Los cursos software son parte importante en el currículo de ingeniería del software. Éstos proporcionan a los estudiantes la oportunidad de obtener valiosa experiencia en la aplicación del material teórico aprendido en cursos de ingeniería de software. Sin embargo, muchos inconvenientes en nuestros proyectos actuales, en los trabajos del curso hacen que estos

beneficios sean difíciles de concretar. En este trabajo se discuten estos inconvenientes y cómo afectan a la eficacia de este curso. Para hacer frente a estas dificultades, abogaron por un modelo de mejorar el enfoque de la gestión para proporcionar una administración eficaz de cada proyecto.

2.5.2 Actividades de ingeniería de software de soporte para pequeñas entidades [38]

El emergente ISO / IEC 29110 [5] perfiles del ciclo de vida estándar para entidades muy pequeñas tiene en su centro una Guía de Gestión e Ingeniería, que está dirigido a la entidad muy pequeña (empresa, organización, departamento o proyecto) que tiene menos de 25 personas, para ayudar a explotar las posibilidades beneficios del uso de las normas que están diseñados específicamente para atender las necesidades.

La clave para tener una ventaja competitiva para las organizaciones de software es la calidad de los productos de software que producen.

Esta investigación muestra además que las organizaciones muy pequeñas pueden tener dificultades para relacionarse ISO / IEC para sus necesidades de negocio y para justificar la aplicación de las normas a sus prácticas empresariales.

Es necesario seguir trabajando para desarrollar y piloto de las actividades necesarias de apoyo y determinar en qué medida el alcance de las tarjetas de transferencia se puede extender a no apoyar los procesos como los requisitos o pruebas.

2.5.3 La aplicación de software de modelado de procesos y mejora en el ámbito académico [39]

Este trabajo es acerca del proceso de software de una obra de ingeniería de proyectos de software del curso. El manual de calidad contiene un modelo de proceso en general, escrita en un lenguaje de modelado de software proceso formal que describe las actividades, herramientas, productos, responsabilidades y medidas. El manual de calidad sirve como base para la obtención de los planes de proyectos específicos, y para comunicar el proceso a los estudiantes, colegas y clientes. El modelo de proceso formal es la base para analizar y mejorar el proceso en los últimos años, mejorando así la calidad de la educación impartida.

El análisis de un plazo determinado proyecto ha puesto de manifiesto algunos problemas y errores en el modelo original. Esta lista de los problemas ha sido usada como una lista de acciones para diseñar un nuevo modelo de proceso. El nuevo modelo será explotado para el proyecto de los próximos años.

Las técnicas Software de modelado de procesos se pueden aplicar en el ámbito académico con el objetivo de mejorar continuamente la calidad de la educación impartida.

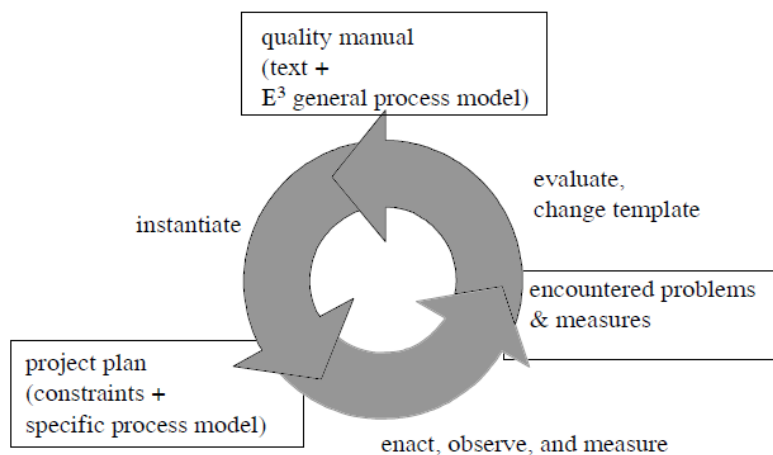


Figura 6. El framework de mejora de procesos

Tomada de la aplicación de software de modelado de procesos y mejora en el ámbito académico, 2008, pp. 23

En este sentido, el informe sobre un estudio en el cual se aplican las técnicas de modelado de procesos de software para el proceso de software de un curso de software de ingeniería. El marco se ilustra en la Figura 42. El manual de la calidad consiste en un tanto E3 [8] generales del modelo de proceso de software, y las descripciones textuales en lenguaje natural. El modelo de procesos de software en general describe la actividad, el papel, herramientas, documentos, y las cuestiones de la evolución. También especifica que las funciones de la realización del proyecto se dividen en equipos y se describen los problemas de cooperación y competencia.

El manual de calidad desarrollado para el año 1995 se presenta junto con el plan de instancia, y los problemas encontrados. Los problemas incluyen

los siguientes temas: la alta complejidad del modelo de proceso en general y el plan, la cooperación y la competencia, cambios en el proceso, la información del proceso inconsistente; revisiones, temas de medidas, análisis frente a diseño, el apoyo de la herramienta.

A través de esta revisión es posible evidenciar la necesidad de las empresas desarrolladoras de software en cuanto a calidad y competitividad de los procesos y productos que desarrollan a diario, debido a la continua evolución del sector. Esta necesidad se refleja en el continuo interés de las empresas en poseer una certificación que les garantice reconocimiento a nivel nacional e internacional.

Los trabajos que han sido relacionados en esta revisión, describen cómo se han desarrollado proyectos de mejora en PYMES y VSE, en las que se han obtenido resultados aceptables, teniendo presentes las características especiales de este tipo de entidades. De manera que se ha ido incrementando el nivel de interés en el proceso como foco de acción de diversos tipos de mejoramiento a través de buenas prácticas.

Agile SPI ha sido aplicado de manera masiva en PYMES desarrolladoras de software en Iberoamérica, arrojando buenos resultados, de igual forma ha sido llevado a pequeñas entidades, en las que se ha comportado de buena manera[1].

La literatura ofrece una gran cantidad de información acerca de proyectos que tienen como foco Agile SPI. El grupo IDIS busca recopilar información empírica de la aplicación de Agile SPI, en este caso en entornos académicos, que se podrían tomar como VSE.

En cuanto al mejoramiento en ámbitos académicos se puede concluir que los proyectos que aquí se presentaron están relacionados con estándares mundiales y que no obedecen a las restricciones propias de las VSEs académicas en las que estamos enfocados, dejando un campo de investigación y desarrollo de proyectos amplio, en el que este proyecto se ha enmarcado.

Capítulo 3

3. Adaptando Agile SPI a un entorno académico

En este capítulo se describe como Agile SPI fue trasladado al entorno académico, cuáles fueron las adaptaciones que se realizaron y como cada una de éstas aportó en el cumplimiento de los objetivos que se definieron.

3.1 Agile SPI [26]

Agile SPI es un framework de SPI que se caracteriza por:

- Guiar la mejora de los procesos de desarrollo de software, manteniendo el nivel de agilidad que la empresa desee.
- Ser un framework basado en modelos livianos para el soporte de un programa de mejoramiento continuo, a través de un proceso de mejora ágil.
- Estar acorde con una industria dinámica, creativa, innovadora e incierta como lo es la industria del software. Una industria donde el conocimiento y el talento humano son elementos fundamentales para garantizar su éxito.

Básicamente se ha formado su estructura a partir de los componentes primarios de un programa de mejora: una guía de mejora y unos modelos de soporte. En el caso de Agile SPI, los modelos son: modelo de calidad: Agile SPI – Light Quality Model; el modelo de evaluación: Agile SPI – Light Evaluation Model; y el modelo de métricas: Agile SPI – Light Metrics Model. Hay dos elementos integradores de toda la estructura: el modelo conceptual de soporte: Framework PDS y el proceso que integra de manera dinámica los componentes: Agile SPI –Process (Guía de mejoramiento). A continuación presentamos la arquitectura de Agile SPI.

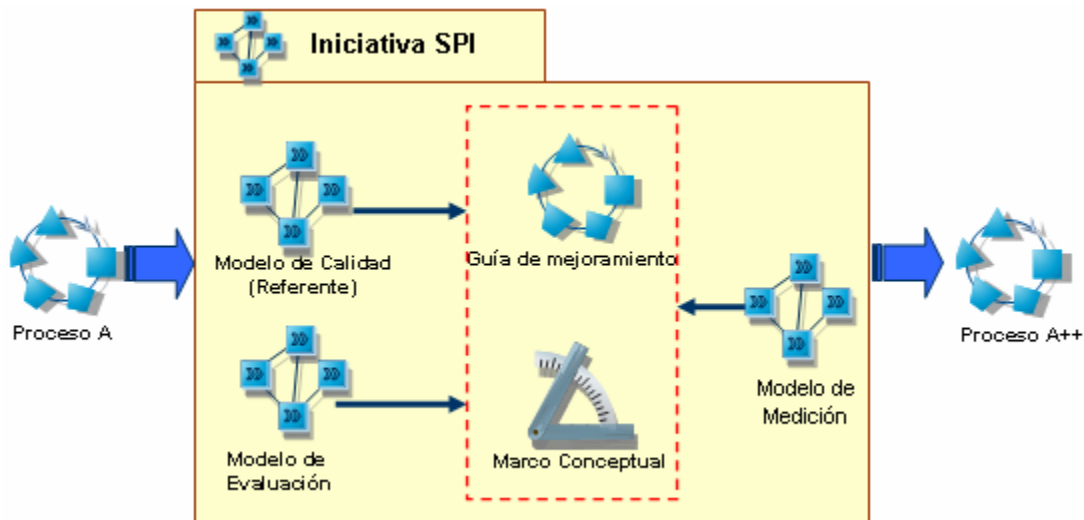


Figura 7. Arquitectura conceptual de Agile SPI

Tomada de Competisoft V.02, 2006, pp.190

A continuación se describen brevemente los componentes del modelo integral de mejoramiento Agile SPI:

1. Un proceso ágil que guía a un proyecto de mejora de procesos en el marco de un programa de mejora, Agile SPI – Process. Es un proceso que cuenta con los elementos básicos para hacer posible que PyMES, puedan adelantar esfuerzos hacia la adecuación de un proceso de desarrollo acorde a sus necesidades. Este proceso es el marco de referencia para la gestión de los proyectos de mejora, este marco integra el método, los modelos, la infraestructura, las técnicas y las herramientas de soporte.
2. Un modelo de calidad liviano, Agile SPI – Light Quality Model, que integra proceso y producto, y que guía la organización de las personas y los equipos, las disciplinas y las áreas de trabajo asociadas a la definición, aplicación y mejora del proceso hacia un nivel de madurez definido.
3. Un modelo de evaluación liviano, Agile SPI – Light Evaluation Model, que permite identificar y diagnosticar problemas de la industria en

cuanto al proceso y que permite trazar unos planes de mejora de acuerdo a un modelo/estándar de calidad definido.

4. Un método de evaluación ágil, Agile SPI - Process Assessment Method, el cual guía las actividades de evaluación distribuyendo todo su esfuerzo a lo largo de todo el proyecto de mejora. Esto lo aborda manejando dos intensidades de evaluación: superficial, la cual corresponde a la valoración con fines de diagnóstico inicial y profundo y acotada para fines de mejoramiento y verificación de mejoras antes de pasar a una entidad certificadora.
5. Un modelo de medida liviano, Agile SPI – Light Metrics Model, que permite medir: el desempeño del proceso en los proyectos en los cuales es aplicado, mejorar las estimaciones de los proyectos a través de la medida del esfuerzo, la madurez de este y la mejora del proceso en el marco de un programa SPI.
6. Un marco conceptual y tecnológico para la definición, visualización y aplicación de procesos, Agile SPI – Framework. Este marco conceptual se basa en el meta modelo SPEM [40] – Software Process Engineering Metamodel, y este marco es la base conceptual sobre la cual se soportan todos los modelos de Agile SPI y las herramientas de soporte. Agile SPI – Framework permite relacionar los elementos del proceso con los elementos del modelo de calidad, con el modelo de evaluación y con el modelo de medida.

Una característica fundamental del Framework, fue desarrollar con independencia los modelos presentes, de tal forma que fuera adaptable a las necesidades de la organización.



Figura 8. Fases de Agile SPI

Tomada de Competisoft V.02, 2006, pp.192

Instalación: Definición de los objetivos, instanciación del Plan de mejora

Diagnóstico: Revisión del contexto, se define como está el proceso actualmente

Formulación: Se genera las propuestas de mejora correspondiente a cada uno de los fallos encontrados en la fase inmediatamente anterior.

Mejora: Se da inicio al plan de ejecución de mejora en el que se realizan las mejoras que han sido priorizadas en la fase anterior.

Revisión: Se da paso al siguiente nivel de proceso.

3.2 Agile SPI en el entorno académico

La metodología Agile SPI, tiene como premisas más importantes, debido a la naturaleza de las PYMES la entrega de resultados en corto tiempo y retorno de la inversión, estas restricciones, hacen que sea indispensable la entrega de planes piloto y la ejecución de mejoras rápidamente.

El contexto académico en el que se lleva a cabo este proyecto no posee este tipo de restricciones, no se exigen entregas en corto tiempo, ni se habla de inversión, por estas razones y por el enfoque de levantamiento de procesos que se le dio a éste, debido claramente a que se trata de establecer un punto de partida sólido en el mejoramiento de un proceso, en un ambiente alejado a las PYMES, resulta de vital importancia tener como premisa principal el modelado del proceso como tal, y la propuesta de mejora que se generará.

No se tuvo en cuenta un modelo de referencia, ni uno de evaluación, reflejando un factor de riesgo, pues no fue fácil implantar el proyecto de mejora debido a que no se sabía cuáles eran los pasos a seguir, que debíamos conseguir, medir, observar, mejorar, encontrar, fue un proceso tedioso en el que paso a paso se fueron encontrando las soluciones a cada uno de los problemas que se presentaron a lo largo de la ejecución del proyecto.

El proceso en este proyecto es levantado desde cero, no se posee ningún tipo de registro acerca de él, razón por la cual el diseño de éste requiere de máxima atención y dedicación pues de esta definición se desprendieron cada una de las propuestas de mejora que se ejecutaron y ejecutarán en el nuevo ciclo de mejora. De la misma forma la recolección de datos resultó un enfoque acertado debido a que a través de éste fue como se pudieron determinar

medidas, que nos aportaron en la definición del estado del proceso y a través de los cuales se pudo evidenciar la mejora del mismo.

3.3 Propuesta de adaptación

En la figura 9 se muestra la adaptación que se realizó sobre Agile SPI para el desarrollo de este proyecto. Los elementos que aquí se relacionan están descritos de manera detallada a lo largo de este capítulo, describiendo las razones para su adicción a la metodología.

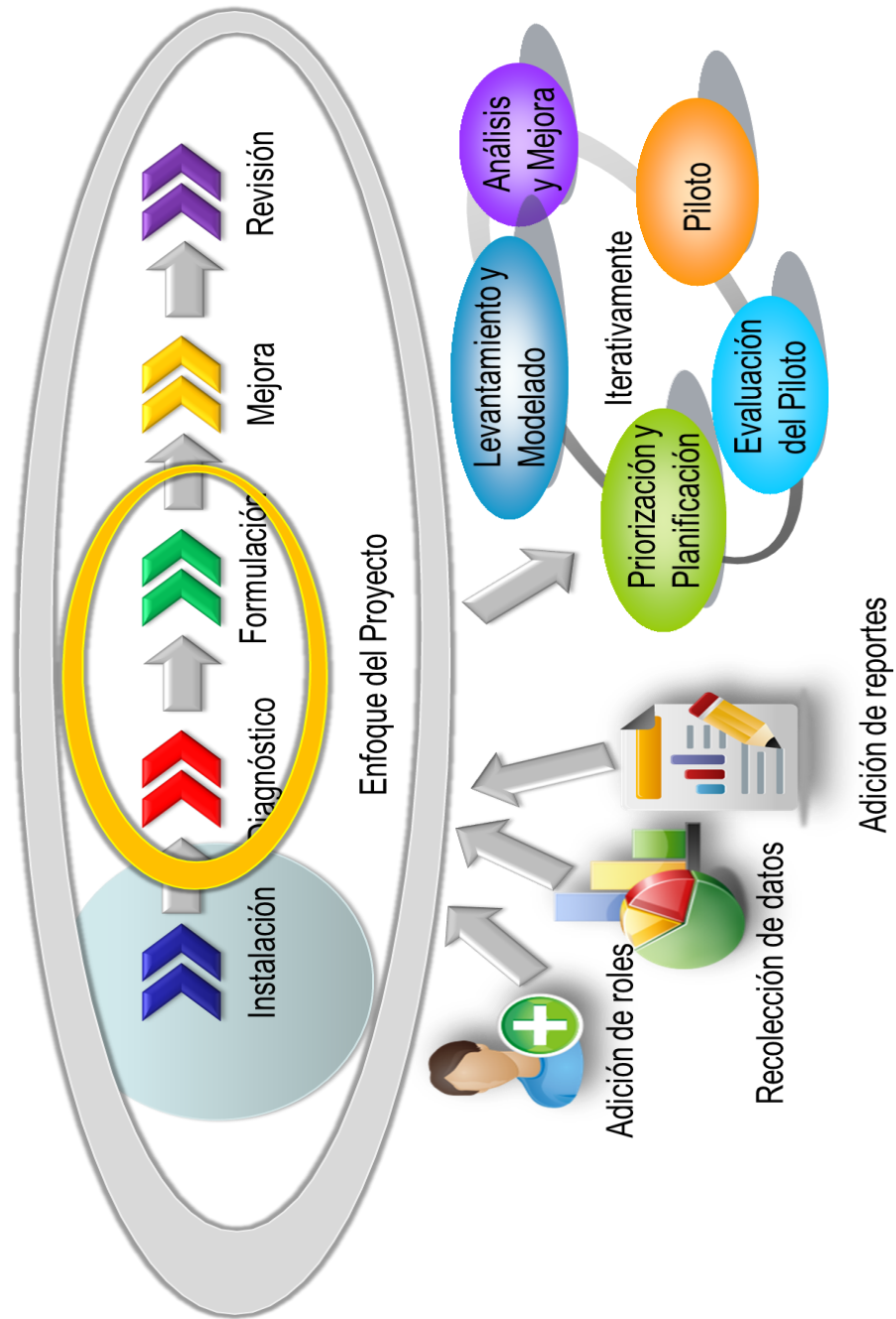


Figura 9. Propuesta de adaptación

3.3.1 Enfoque

Levantamiento del proceso como enfoque del proyecto debido al contexto en el que se desarrolló el proyecto, cumpliendo con las exigencias del cliente en cuanto a la formalidad del proceso como tal.

3.3.2 Iteraciones

Definición de iteraciones sobre las fases de diagnóstico y formulación, con la finalidad de conseguir un modelo de procesos sólido, y completo desde el punto de vista del cliente, estas iteraciones se realizaron siguiendo las siguientes tareas.

- 1. Priorización y planificación:** Definición de los objetivos específicos respecto a cada iteración, con la finalidad de obtener resultados concisos respecto a estos.
- 2. Levantamiento y modelado:** Generar los conceptos asociados al proceso y de esta manera empezar a modelar el mismo, teniendo presente de igual forma cada uno de los actores que intervienen en éste.
- 3. Análisis y mejora:** Recolectar datos propios del contexto con el fin de establecer las medidas que van a ser usadas en la revisión del proceso.
- 4. Piloto:** Ejecutar las mejoras que se propusieron en el plan, mitigando las falencias⁷ que se encontraron en el proceso.
- 5. Evaluación del Piloto:** Revisar el efecto que tuvo cada una de esas mejoras ejecutadas en el proceso, revisando las métricas que fueron definidas.

En este proyecto se definieron 5 iteraciones, en las cuales se realizaban actualizaciones sobre el modelo y cada uno de los elementos que se

⁷ Falencia: engaño o error, falta o privación, en este contexto se aplica a los elementos que hacen que el proceso no satisfaga las expectativas de los actores.

requieren para el seguimiento de Agile SPI. (Si desea más información de estas iteraciones remítase a los anexos digitales).

3.3.3 Medición y análisis

Recolección de datos para la medición del proceso, esta tarea fue realizada de manera transversal al desarrollo del proyecto, debido a que cada que se adhería al modelo un elemento era necesario identificar de qué manera podíamos cuantificarlo y de esta forma medirlo y tener las bases suficientes para decir que lo hemos mejorado.



Figura 10. Enfoque del proyecto

Entre las herramientas más importantes de recolección de datos se utilizaron:

- Reportes
- Encuestas
- Observación del proceso
- Entrevistas a los actores del proceso

3.3.4 Adición de roles

Debido a la naturaleza del proyecto se definieron dentro del proyecto roles que son mencionados en el TRP Process, de manera que se efectuaran aportes precisos de cada uno de ellos hacia el proyecto en cuestión.

- Gerente → Cliente → Docente
- Asesor → Experto en Agile SPI
- Ingeniera de Procesos → Tesista

3.3.5 Adición de entregables

Algunos entregables del TRP Process fueron adicionados a esta propuesta, debido a que enriquecían el desarrollo del proyecto, entre ellos están:

- Documento descriptivo
- Documento de diagnóstico
- Lista de riesgos
- Lecciones aprendidas

3.3.6 Tareas ejecutadas en fases diferentes

Pilotos: Se realizaron alrededor de tres pilotos, en los cuales se implantaron algunas mejoras que se propusieron, con las que pudimos observar cambios en el proceso de manera que se evidenciará el progreso del mismo.

Revisiones con el asesor (EPF [41] y Avispa [14]): Revisiones del modelo de procesos con el asesor para la solución de algunos problemas encontrados con la herramienta EPF Composer⁸ en cuanto al flujo del modelo, tipos de productos de trabajo, entre otros.

Las revisiones que se realizaron con Avispa tuvieron como objetivo ofrecerle al cliente un modelo robusto, compacto y formal del proceso

⁸ EPF Composer es una herramienta que permite generar marcos de procesos de software para una organización.

del laboratorio de sistemas distribuidos, de aquí la importancia de la revisión y posterior corrección de los elementos que la herramienta arrojó en cada una de las revisiones.

Revisiones con el cliente: Se realizaron alrededor de 30 revisiones con el cliente, a través de entrevistas las cuales tenían como objetivo evaluar, corregir y mejorar la evolución del modelo de procesos, al igual que cada uno de los elementos que se estaban realizando en paralelo a éste. Estas revisiones fueron importantes en el desarrollo del proyecto, puesto que se encontraron elementos esenciales para el proceso.

Revisiones con los estudiantes: Los estudiantes fueron entrevistados con el fin de obtener información de la perspectiva que ellos poseen del proceso en el que están inmersos, estos datos fueron recolectados como un insumo para el levantamiento del proceso. Se realizaron 20 revisiones con estudiantes usando herramientas como el chat.

Revisiones en el contexto: A través de la técnica de observación directa se realizaron para este proyecto alrededor de 45, estas revisiones generaron información relevante al ingeniero de procesos acerca de cómo se lleva a cabo el proceso, teniendo presentes cada uno de los elementos que ahí están, de igual manera se encontraron elementos que no se resaltaron sino hasta realizar estas actividades, debido a que los actores principales del proceso no tenían presentes estos elementos. Así pues resultó un gran aporte al desarrollo del proyecto la adopción de esta técnica en el campo de levantamiento y mejora del proceso.

3.3.7 Restricciones del contexto

Debido a las condiciones en las que se desarrolló el proyecto de mejora, es importante resaltar los elementos que se tuvieron en cuenta para la ejecución de éste, debido a que muchos de éstos constituyen la base de las adaptaciones que se realizaron en este proyecto, los cuales se presentan a continuación:

- No se tiene ningún reporte o guía en la que se especifique como se desarrolla el proceso.
- No es posible adaptar o usar métricas representativas en este contexto.

- No se tiene un equipo completo de ingenieros de proceso para el desarrollo del proyecto.
- No es posible realizar entrevistas formales a todos los actores del proceso.
- No se definen de manera temprana todos los elementos que hacen parte del proceso.
- No es posible obtener un plan de mejora de manera temprana.
- No se tienen instrumentos de medición definidos.

Capítulo 4

4. Aplicación de Agile SPI al laboratorio de sistemas distribuidos

En este capítulo se describirá el procedimiento que se siguió para aplicar Agile SPI a un curso de desarrollo intensivo de software, de manera específica el curso de pregrado del programa de Ingeniería de Sistemas: Laboratorio de Sistemas Distribuidos (LSD).

4.1 Descripción General

Este caso Agile SPI ha sido aplicado siguiendo cada una de las fases que se han definido, teniendo en cuenta las restricciones que trae el contexto en el que se desarrolla este proyecto, algunas de estas actividades han sido adaptadas de manera que se pueda seguir con el plan que se trazó.

El curso de pregrado de LSD de la Universidad del Cauca, es un espacio en el que los estudiantes de Séptimo Semestre dan solución a determinados problemas de programación teniendo en cuenta las temáticas que han sido abordadas en el curso de Sistemas Distribuidos. De esta manera se llevan a cabo una serie de prácticas cada una de las cuáles se encarga de desarrollar algunos de los conceptos más importantes de cada una de las tecnologías impartidas en el curso.

Debido a que este es un contexto diferente de aplicación de Agile SPI, es importante dejar en claro que contrario a los planes de mejora que se establecen en grandes empresas que pueden ser desarrollados fácilmente en una semana, aquí ha sido realizado de otra forma. En este proyecto un aspecto importante es el correcto modelado del proceso, con cada uno de sus elementos, de manera que las revisiones sobre el modelo, los cambios, las ediciones fueron actividades que se realizaron iterativamente durante el modelado del proceso.

4.2 Cronograma General

A continuación la Figura 11 se describe el cronograma general que se llevó a cabo durante la ejecución del proyecto. Si se desea ver más información acerca de este remítase al Anexo A.

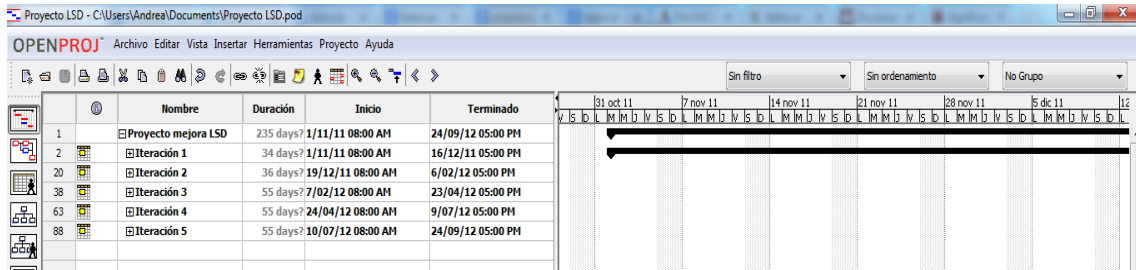


Figura 11. Cronograma General

Las Figuras 12 y 13 muestran detalladamente el cronograma del proyecto, evidenciando las iteraciones que se realizaron a lo largo de la ejecución. Se puede observar cómo fue el desarrollo del proyecto, teniendo en cuenta las adaptaciones que se definieron, en cuanto a iteraciones, mediciones, entre otras.

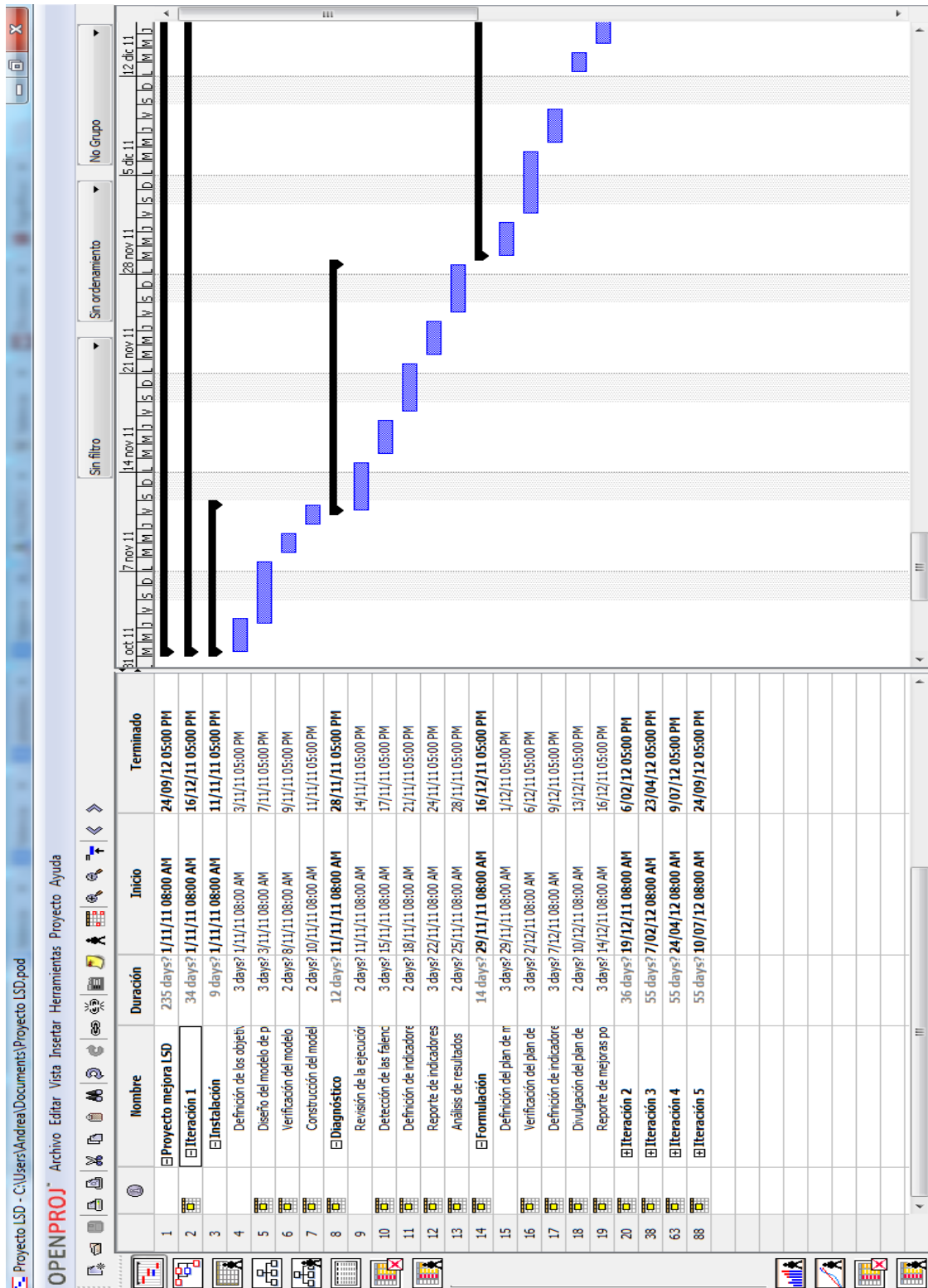


Figura 12. Cronograma iteración 1

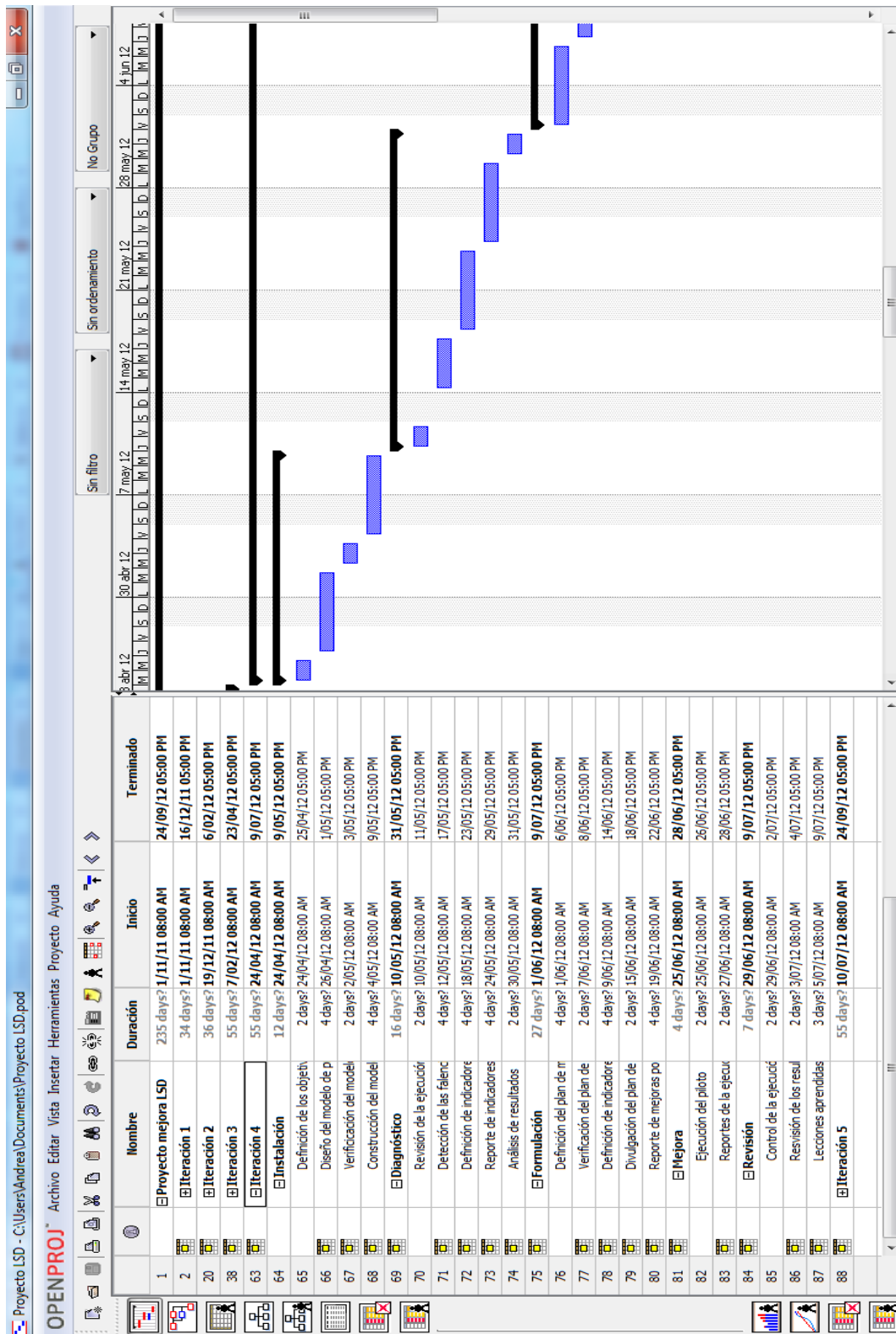


Figura 13. Cronograma iteración 4

4.3 Desarrollo de la Propuesta

A continuación se describirán cada una de las fases de la metodología Agile SPI que se siguió para la ejecución de este proyecto, teniendo en cuenta las modificaciones que fueron necesarias para adaptarla al contexto académico en el que se realizó el caso de estudio.

4.3.1 Fase de Instalación

Uno de los objetivos más importantes en esta fase es poder conocer afondo el contexto en el que se va a llevar a cabo el proyecto, y tener en cuenta las restricciones que este nos ofrece. Al mismo tiempo tienen que definirse de manera específica cada uno de los objetivos y el alcance del proyecto, debido a que el tiempo y los recursos son limitados en el ámbito académico.

4.3.1.1 Entrevistas al Cliente

Cada una de las entrevistas fue realizada al *Docente* de la materia, al cual nos referiremos como cliente en todo el contenido del documento, de manera que él pudiese reflejar su visión acerca del proceso que se lleva a cabo en el curso que imparte. La información que se recolectó a través de estas entrevistas generó el material base para el desarrollo del modelo de procesos del curso académico, aquí se empezaron a definir algunas de las actividades, roles, fases y otros elementos que hacen parte del proceso.

Estas entrevistas fueron realizadas de manera continua durante toda la ejecución del proyecto, retroalimentando día a día el modelo de procesos que se construía, generando de esta manera mayor confianza en el cliente, debido a su continuo aporte en el desarrollo del mismo. Así mismo la ejecutora del proyecto tiene su visión personal acerca de este proceso, debido a que hace algunos años tuvo la experiencia de tomar este curso. De modo que el contexto es mucho más fácil de entender y asociar, teniendo en cuenta que resulta más cómodo para el cliente dar datos o emitir entrevistas en términos que podrían resultar para otras personas desconocidos.

Las entrevistas son en este contexto más que una actividad, una herramienta por medio de la cual se logra obtener información y validación de los conceptos que se asocian de manera directa al modelo de procesos. La comunicación entre el ingeniero de procesos y el cliente

es permanente, obteniendo de esta forma un modelo de procesos bastante cercano a la realidad que se muestra en el curso de pregrado.

El tipo de entrevista que se realizó fue Entrevista Libre [41] (Departamento de Orientación e Información al Empleo (D.O.I.E.), 2009), debido a que se debe conocer el contexto de manera certera, profunda y sólo generando confianza en el cliente se puede lograr obtener la información que es necesaria para la construcción real y adecuada de un modelo de procesos.

Las entrevistas se realizaron de manera reiterada durante todo el desarrollo del proyecto, debido a las adaptaciones que se realizaron para que el proyecto se desarrollara de manera adecuada en este contexto. Cabe resaltar que la manera cómo se desarrolló el plan fue estudiado y adaptado mientras el proyecto estaba en ejecución, razón por la cual algunos de los elementos importantes en el desarrollo tuvieron que ser revisados y corregidos por un experto en el área (Asesor Agile SPI), quien fue el encargado de orientarnos sobre todo lo que estábamos produciendo.

No se tiene un registro formal del número de entrevistas que se realizaron, puesto que se realizaron de manera constante durante el desarrollo del proyecto, la información que aquí se recolectó es uno de los insumos más importantes para el desarrollo de este proyecto.

4.3.1.2 Definición de los Objetivos del Plan de Mejora

Esta actividad se realizó en compañía del cliente, de manera que se tuviese claridad respecto a lo que se quería lograr con la ejecución de este proyecto, ciñéndonos a las restricciones propias del entorno.

La información recolectada en las entrevistas, las expectativas del cliente y el alcance del proyecto fueron los insumos más importantes en el momento de la realización de esta tarea, puesto que estos son los puntos de referencia sobre los cuales se medirá la calidad de los resultados obtenidos al finalizar el proyecto.

El propósito de este proyecto es generar la versión inicial del modelo de proceso de desarrollo del LSD teniendo presentes cada una de las restricciones propias del contexto en el que se desenvuelve el proyecto.

Se espera que al término del proyecto se tenga:

- Definición inicial del proceso que se lleva a cabo en el LSD.
- Definición de algunos indicadores del proceso, con los que se pretende evaluar la implantación del programa de mejora que se ha definido.
- Propuesta de un plan de mejora de procesos que tiene en cuenta las necesidades expuestas por el cliente y las que se han encontrado a lo largo de la revisión del proceso en el ambiente real.
- Iniciar el proyecto de mejora continua dentro del marco que provee el ámbito académico en el que se desenvuelve el proyecto.

Cada uno de los elementos que se relacionaron anteriormente fueron revisados y aceptados por el cliente, y la ejecución del proyecto se encaminó hacia la obtención de los mismos.

4.3.1.3 Diseño del Modelo de Procesos

A partir de la información ya reportada por el cliente se empezaron a definir algunos elementos del modelo de procesos, el cual día a día y siguiendo las recomendaciones tanto del asesor como del cliente, evolucionaría hasta obtener un producto que fuese aceptado y que cumpliera con los objetivos que se trazaron con anterioridad.

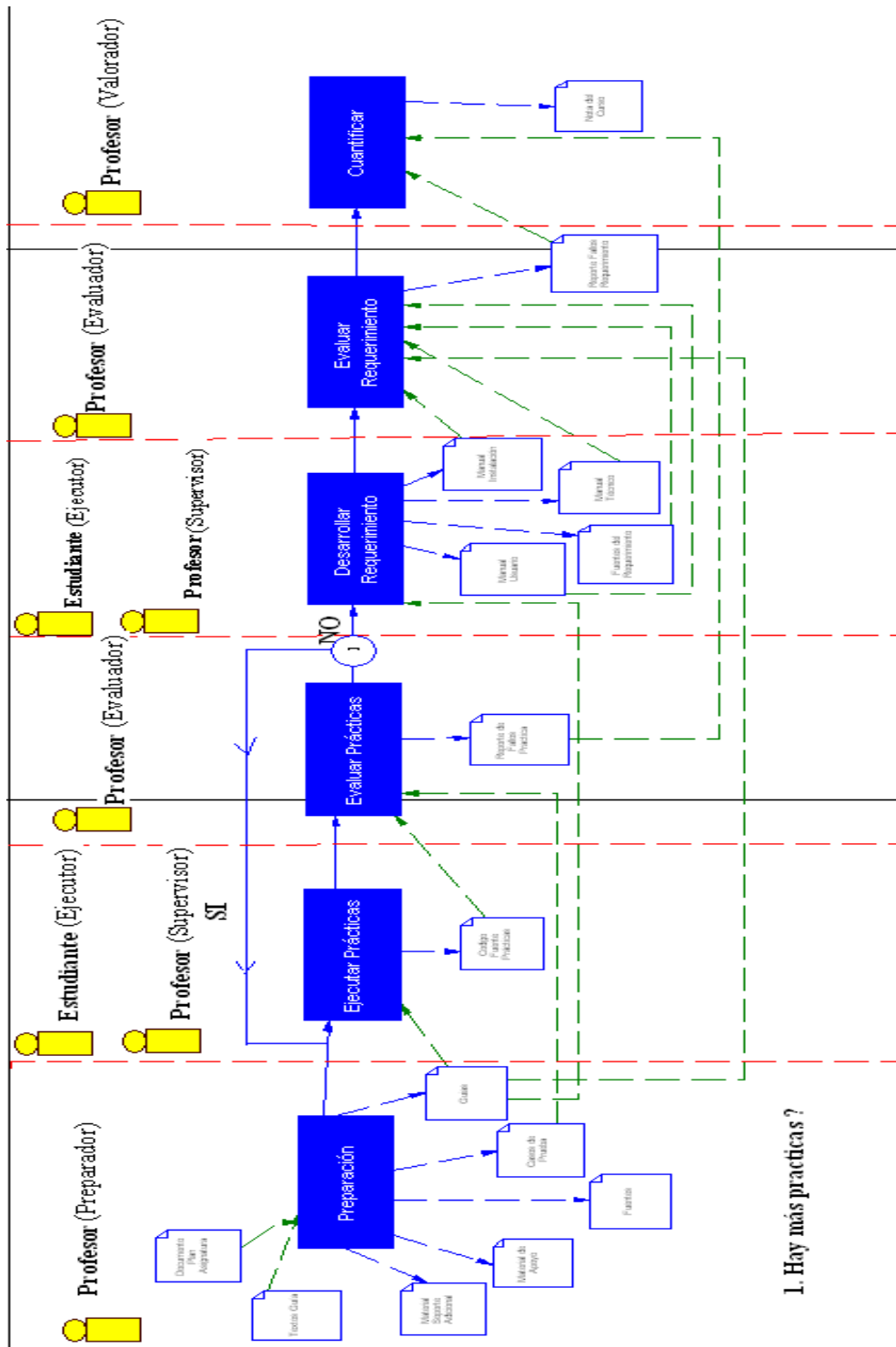


Figura 14. Modelo de procesos versión 1.0

Como podemos apreciar en la figura 14, se presenta la primera aproximación que se realizó al modelo de procesos del LSD, en este se encuentran elementos que se fueron adicionando a medida que se contaba con información relevante.

La técnica de observación de Wilson Puente [42] fue usada para la obtención de mayor información acerca del proceso en cuestión, usando observación no estructurada, de campo y directa debido a que la estudiante asistió al entorno donde se lleva a cabo el proceso de manera que pudiera tomar datos que le aportaran al desarrollo de su modelo de procesos.

La actividad de observación fue realizada continuamente, trayendo al modelo una serie de modificaciones debido a la constante observación que se tenía. Fue de suma importancia su realización, ya que proporcionó un gran volumen de información que sirvió de insumo al modelo de procesos, que día a día iba convirtiéndose en algo mucho más cercano a la realidad.

La evolución continua del modelo, es un aporte, puesto que a medida que el proceso se ha ido entendiendo, se han ido encontrando los fallos y quizá actividades que no fueron tenidas en cuenta y resultan un factor clave en la consecución de los objetivos académicos que se han propuesto.

La figura 15, muestra la segunda versión del modelo de procesos, que fue realizado en la herramienta Power Designer 15⁹, se puede apreciar que el proceso presentado tiene mayor volumen de elementos y se representa ya un flujo diferente al mostrado en la primera versión, además esta versión tiene un despliegue mayor de los elementos del proceso.

El proceso evolucionó iteración a iteración, debido a la constante revisión que se realizó sobre éste, de manera que es importante resaltar como se llegó al proceso final, mostrando de manera resumida la cantidad de elementos que hicieron parte del proceso en cada una de las iteraciones.

⁹ Power Designer 15 : Es una herramienta de modelado y diseño empresarial .

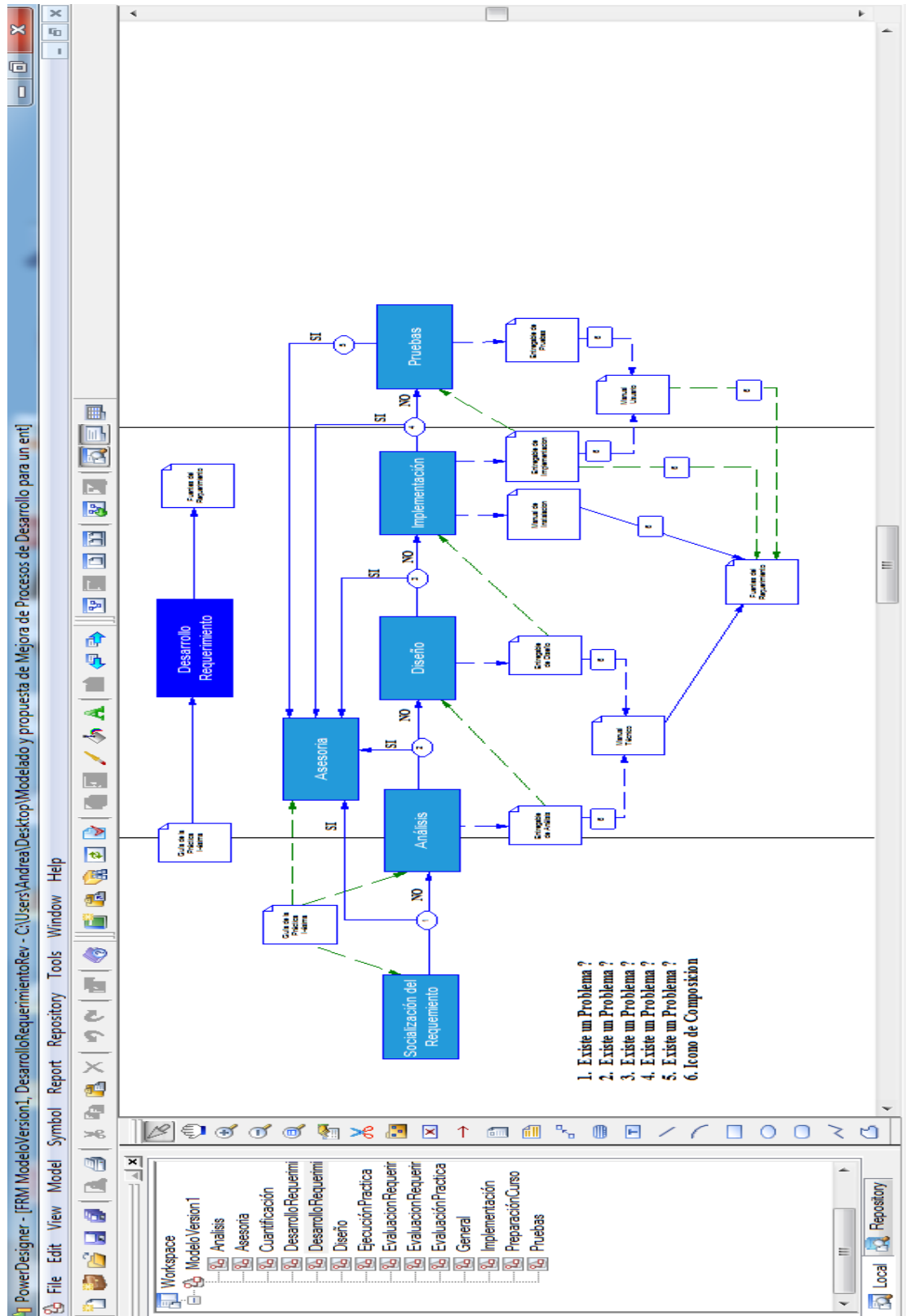


Figura 15. Modelo de procesos versión 2.0

La Tabla 1, muestra la evolución del modelo de procesos, iteración a iteración, se relacionan en cada columna los elementos que han sido considerados más relevantes en el desarrollo de modelo de procesos.

| Iteración | Número de Tareas | Número de Productos de Trabajo | Número de Roles | Número de Fases | Número de Actividades | Número de Guías |
|------------------|-------------------------|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|------------------------|
| 1 | 6 | 15 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 21 | 52 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 19 | 36 | 2 | 3 | 8 | 0 |
| 4 | 21 | 41 | 2 | 3 | 8 | 14 |
| 5 | 23 | 47 | 3 | 3 | 10 | 16 |

Tabla 1. Evolución del modelo de procesos

El incremento en el volumen de los elementos que se aprecia en la Tabla 1, no representa en este caso adicción de complejidad al proceso, debido a que la definición detallada de éstos requiere de esta variación.

4.3.1.4 Verificación del Modelo de Procesos

Esta tarea fue realizada por el cliente de manera empírica, revisando cada uno de los elementos que están definidos en el modelo, cada una de sus entradas, salidas, sus descripciones y su secuencia dentro del mismo, así pues se alimentaba el modelo con las respectivas revisiones, que se realizaron de modo constante durante toda la ejecución del proyecto.

Además, las primeras versiones del modelo fueron revisadas por un experto, y basado en sus observaciones se logró definir el nivel de granularidad dentro del modelo, es decir abstraer que se tenía un proceso definir si el curso de laboratorio de sistemas distribuidos estaba constituido por uno o varios procesos, aquí fue donde se definió que era solo un proceso constituido por 3 fases, y una serie de actividades.

De igual forma, cuando el modelo estuvo en una versión aceptable, fue revisado a través de la herramienta Avispa[14], con la cual se dieron algunos refinamientos en cuanto al flujo que se presentaba, y elementos

que estaban siendo una especie de basura puesto que no aportaban nada al proceso.

En la Tabla 2, se observa la primera revisión que se realizó con la herramienta Avispa, aquí se describen el problema que se encontró, la solución que se planteó sobre éste, el tipo de error y su causa.

| PROBLEMA | DESCRIPCION DE LA SOLUCIÓN | TIPO DE PROBLEMA | CAUSA |
|--|---|-------------------------|--|
| La tarea asesorar esta desconectada del flujo del proceso. | Se realizó la corrección de esta apreciación. | Error | No se revisaron de manera adecuada las conexiones entre los elementos del proceso. |
| Todas las tareas están sin guías. | Ninguna de las tareas definidas en el proceso no poseen elementos que guíen su ejecución. | Advertencia | Decidir si van a ser plantillas o ejemplos. |
| La tarea adaptar al Concepto SD posiblemente tiene muchas salidas | No se realizó corrección debido a que la tarea solo posee una salida. | Advertencia | Muchas tareas tienen estas características debido al contexto. |
| Todos los artefactos están sin guías. | Se definió guías para algunos de los artefactos dentro del proceso. | Advertencia | No hay elementos que sirvan de guía para los artefactos. |
| Material de Soporte del Curso, no es un entregable, ni es consumido por ninguna tarea. | No se realizó corrección debido a que la tarea es consumida al menos por una actividad. | Error | Es un entregable |

| PROBLEMA | DESCRIPCION DE LA SOLUCIÓN | TIPO DE PROBLEMA | CAUSA |
|--|---|-------------------------|--|
| Material de Soporte Adicional, no es un entregable, ni es consumido por ninguna tarea. | No se realizó corrección debido a que la tarea es consumida al menos por una actividad. | Advertencia | Es una entrada opcional atada a esa tarea. |
| Reporte Notas, no es un entregable, ni es consumido por ninguna tarea. | No se realizó corrección debido a que la tarea es consumida al menos por una actividad. | Error | Es un entregable. |
| Reporte Sustentación, no es un entregable, ni es consumido por ninguna tarea. | No se realizó corrección debido a que la tarea es consumida al menos por una actividad. | Error | Es un entregable. |
| Todos los roles no tienen guías. | No se definieron guías para los roles. | Advertencia | No existen guías para los roles que se definieron. |
| Numero de Problemas | 9 | Correcciones 4 | |

Tabla 2. Resumen de la Revisión con Avispa

El reporte de fallos generado por Avispa fue aceptado en un 44.44 %.

Las Tablas 3, 4, 5 presentan el resumen de las revisiones que se realizaron con la herramienta Avispa, si desea más información remítase al Anexo Digital A.

| REVISIÓN | NUMERO DE ERRORES | TIPO |
|----------|-------------------|------------------------------------|
| 1 | 3 | Secuencia del Proceso |
| 1 | 4 | Productos de trabajo no consumidos |
| 1 | 2 | Tareas complejas |
| 1 | 41 | Sin Guías |
| 1 | 2 | Roles Sobrecargados |

Tabla 3. Resumen Revisión 1

En la tabla 3 observamos que el modelo de procesos es pequeño por lo tanto se generan pocos errores, puesto que la secuencia del proceso es corta y no se poseen elementos como guías, ni artefactos.

| REVISIÓN | NUMERO DE ERRORES | TIPO |
|----------|-------------------|------------------------------------|
| 2 | 7 | Secuencia del Proceso |
| 2 | 22 | Productos de trabajo no consumidos |
| 2 | 3 | Tareas complejas |
| 2 | 23 | Sin Guías |
| 2 | 2 | Roles Sobrecargados |

Tabla 4. Resumen Revisión 2

En la tabla 4 observamos que se incrementa el número de errores en cada uno de los ítems aquí descritos, esto se da por que el volumen de elementos del modelo de procesos en la versión es mucho mayor, por lo que la posibilidad de tener errores es más alta.

| REVISIÓN | NUMERO DE ERRORES | TIPO |
|----------|-------------------|------------------------------------|
| 3 | 1 | Secuencia del Proceso |
| 3 | 2 | Productos de trabajo no consumidos |
| 3 | 1 | Tareas complejas |
| 3 | 14 | Sin Guías |
| 3 | 2 | Roles Sobrecargados |

Tabla 5. Resumen Revisión 3

La Tabla 5 muestra una disminución de los errores debido a que para esta revisión el modelo de procesos se encontraba en una fase madura y se había hecho una revisión profunda de los elementos aquí consignados, de esta forma el modelo de procesos evolucionó hasta tener una versión estable, sin dejar de lado que muchas de las advertencias que Avispa reporta no son tenidas en cuenta debido a que no constituyen en verdad problemas en el modelo.

4.3.1.5 Construcción del Modelo de Procesos

En esta actividad se procede al acercamiento a la herramienta *EPF Composer* con la cual se realizará el modelo de procesos del LSD.

Para ejecutar de manera adecuada esta labor fue necesaria la capacitación de la ingeniera de procesos en la herramienta. Se realizó en las instalaciones de la Universidad del Cauca, y fueron dictadas por un estudiante de maestría que trabaja en la herramienta, y en la misma línea de investigación. Además la estudiante realizó auto capacitación con la Guía de Alarcos[43] durante al menos 2 meses, para realizar de manera adecuada el modelo de procesos en la herramienta.

Después de esta capacitación, se logró una primera versión del modelo de procesos en EPF COMPOSER, versión en la que solo se podían encontrar las tareas que hasta ese momento se habían encontrado.

Como las actividades anteriores esta fue realizada de manera iterativa, puesto que se realizaban cambios sobre el modelo de procesos casi que a diario, debido a la constante observación que se realizó, definiendo

cada día nuevos elementos que hacen que el modelo de procesos se asemeje a la realidad cada día más.

PROCESO: LABORATORIO DE SISTEMAS DISTRIBUIDOS

FASES Y ACTIVIDADES

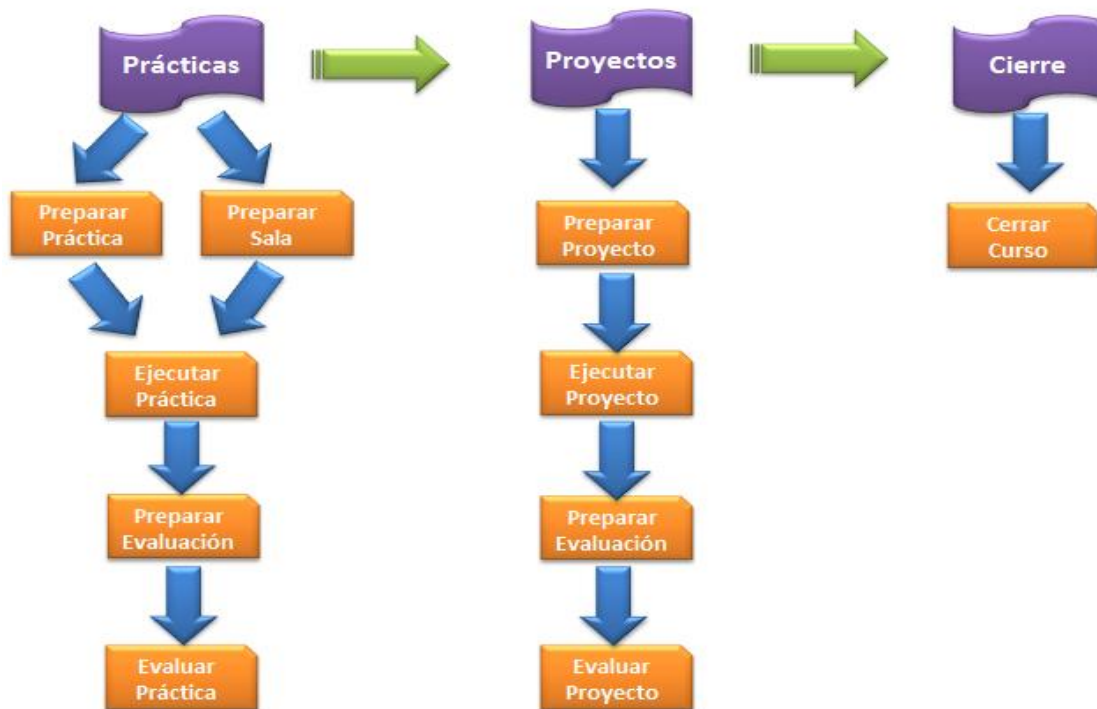


Figura 16. Modelo de Procesos General

La Figura 16, hace referencia al modelo de procesos final que se obtuvo, esta imagen corresponde al resumen de las fases del proceso Prácticas, Proyectos y Cierre de la misma forma se observan las actividades que se despliegan de cada una de las fases.

FASE PRÁCTICAS

TAREAS

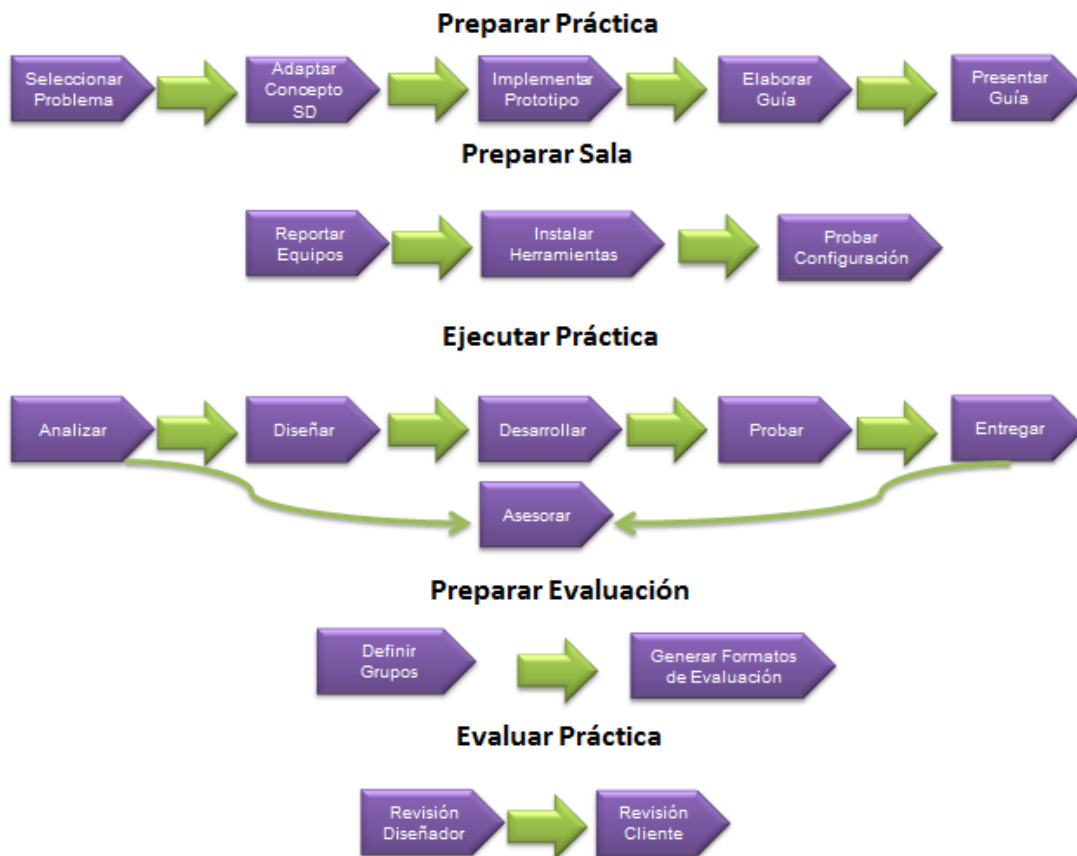


Figura 17. Fase Prácticas

En la Figura 17 podemos observar el desglose de las tareas que hacen parte de la fase de prácticas del proceso del LSD.

FASE PROYECTOS

TAREAS

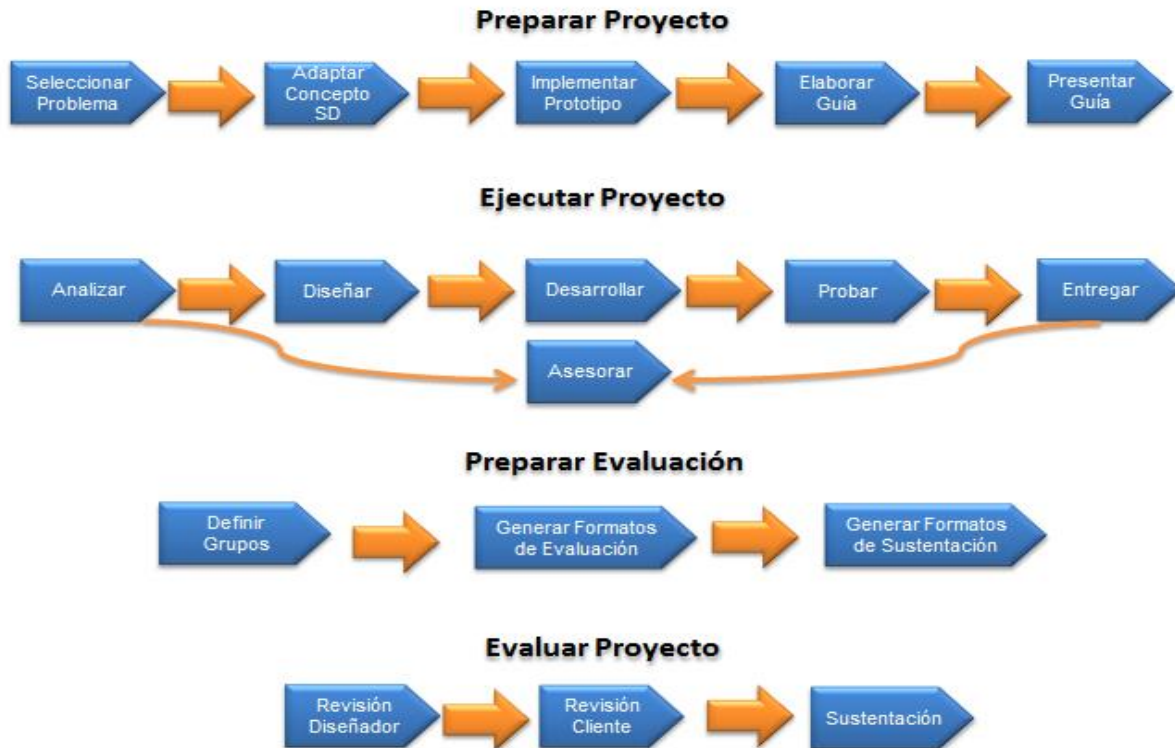


Figura 18. Fase Proyectos

En la Figura 18 podemos observar el desglose de las tareas que hacen parte de la fase de proyectos del proceso del LSD.

FASE CIERRE

TAREAS

Cerrar Curso

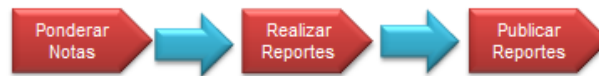


Figura 19. Fase Cierre

En la Figura 19 podemos observar el desglose de las tareas que hacen parte de la fase de cierre del proceso del LSD.

La Tabla 6 hace referencia a la descripción que se realizó de cada uno de los elementos que tiene el modelo de procesos del laboratorio de sistemas distribuidos.

Tarea : Adaptar concepto Sistemas Distribuidos (SD)

| | |
|--------------------|--|
| Descripción | Se realiza los cambios necesarios al planteamiento del problema de manera que se pueda a través de este afianzar el concepto seleccionado. |
| Entradas | Problema seleccionado |
| Salidas | Problema seleccionado adaptado al concepto de sistemas distribuidos |
| Roles | Profesor (Preparador) |

Tabla 6. Descripción general de una tarea

Cada uno de los elementos definidos en el modelo de procesos tiene la descripción que se mostró en la anterior tabla. (Ver Anexo B)

A continuación describiré algunas de las tareas que están inmersas en el proceso de laboratorio de sistemas distribuidos.

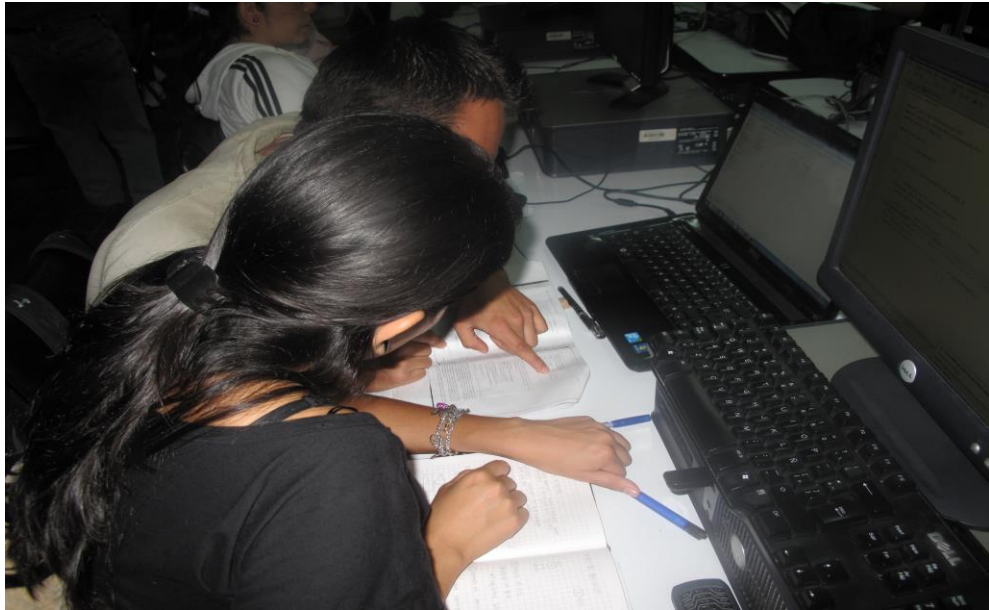


Figura 20. Estudiantes en la tarea Diseñar

En la Figura 20 observamos a los estudiantes diseñando la solución del problema, en la actividad ejecutar práctica, en la fase de prácticas, podemos observar como los estudiantes recurren a sus apuntes y a el dialogo como primera fase en la solución del problema.

Esta tarea tiene como finalidad la solución de la práctica de manera conceptual, aquí se define como se va a resolver el problema, que tipos de datos se van a usar, como se dividirá el trabajo. La ejecución correcta de esta tarea lleva al éxito de la solución del problema, alrededor del 85% de los grupos que realizaron esta tarea concienzudamente lograron completar la práctica sin problemas.



Figura 21. Estudiantes y docente en la tarea de asesoría

La Figura 21 muestra a los estudiantes y al docente en la tarea de asesoría dentro de la actividad ejecutar práctica en la fase de prácticas. Observamos como el docente revisa el desarrollo de la solución y resuelve de manera satisfactoria las dudas que se le plantearon.

La tarea que se ve a continuación es la socialización de la guía de la práctica (Figura 22), que se realiza al inicio de la sesión del laboratorio (7:00 a.m.) con la finalidad de dar una explicación más formal de la práctica que se llevará a cabo ese día. Generalmente no todos los estudiantes adscritos al curso son puntuales, de manera que esta tarea se ve entorpecida debido a la constante entrada al laboratorio de estudiantes.

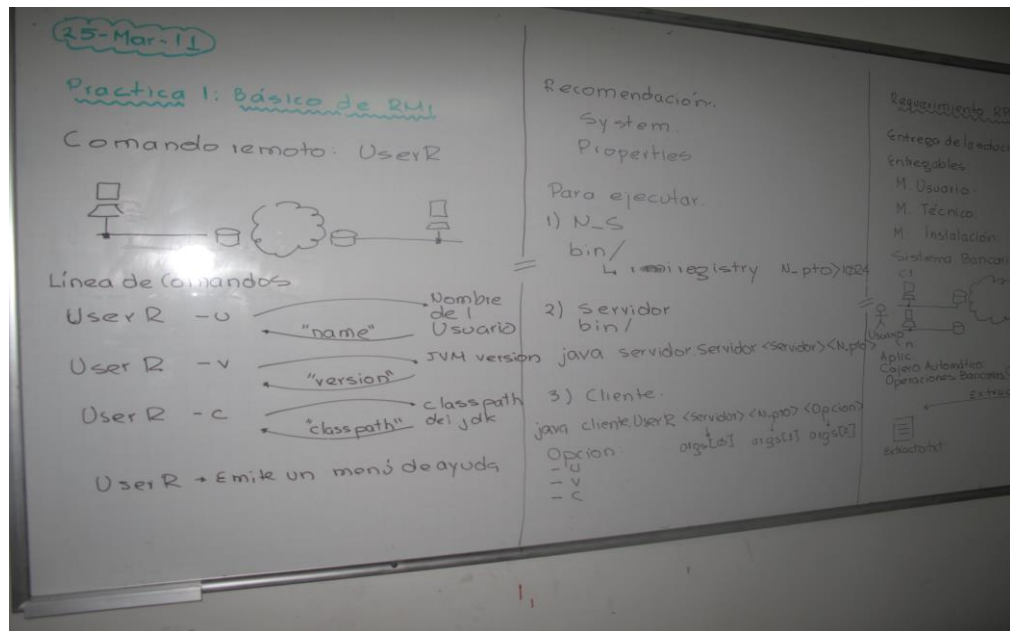


Figura 22. Tarea Socialización de la Guía

En la Figura 23 se observa a un estudiante en la tarea de desarrollo de la práctica. Codificando la solución de la práctica de manera individual. En la mayoría de los casos cada uno de los estudiantes estaba a cargo de diferentes funcionalidades dentro del desarrollo de la solución final.

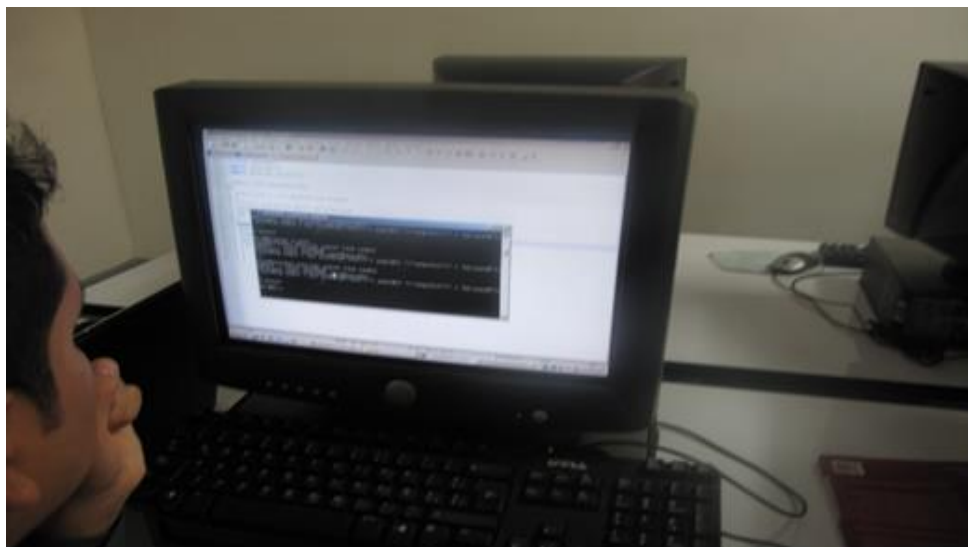


Figura 23. Estudiante en la tarea Desarrollar

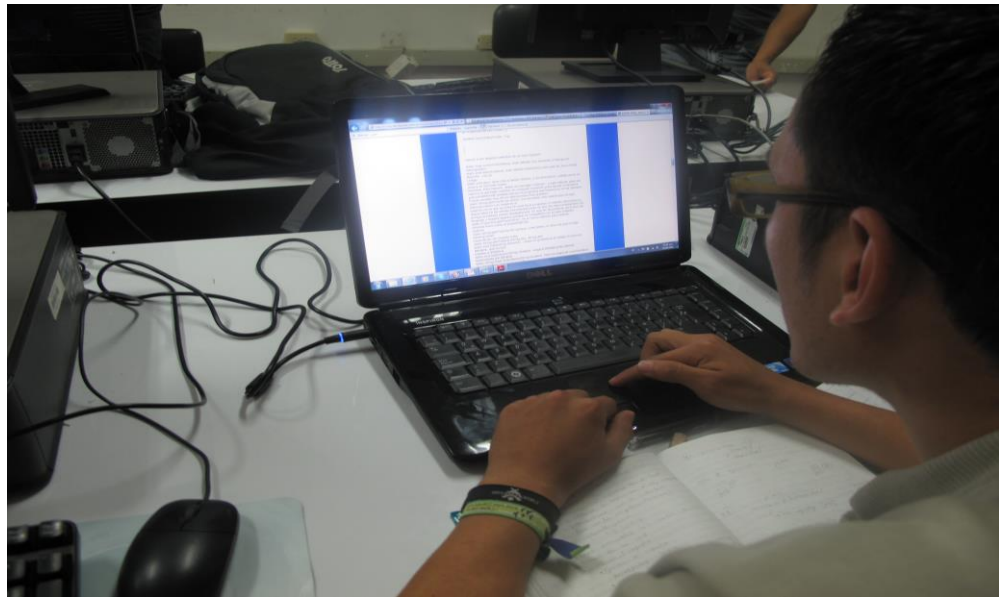


Figura 24. Estudiante en la tarea Asesoría

En la Figura 24 se puede ver como en ocasiones los estudiantes realizaban consultas en la red acerca de algunos problemas que tenían con el desarrollo de la práctica, muchas de estas dudas tenían que ver con el lenguaje de programación y con conceptos relacionados con tipos de datos, y otros que se deben a las malas bases que tienen muchos de los estudiantes.

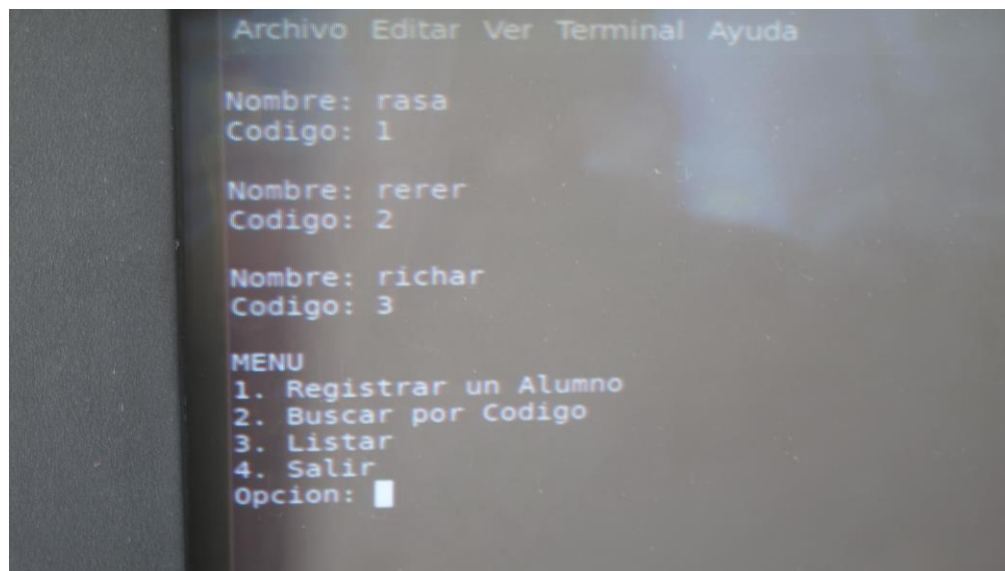


Figura 25. Tarea Pruebas Unitarias

En la Figura 25 observamos cómo se realizan las pruebas de la solución a una práctica, ingresando los datos y revisando que se muestren los resultados esperados.

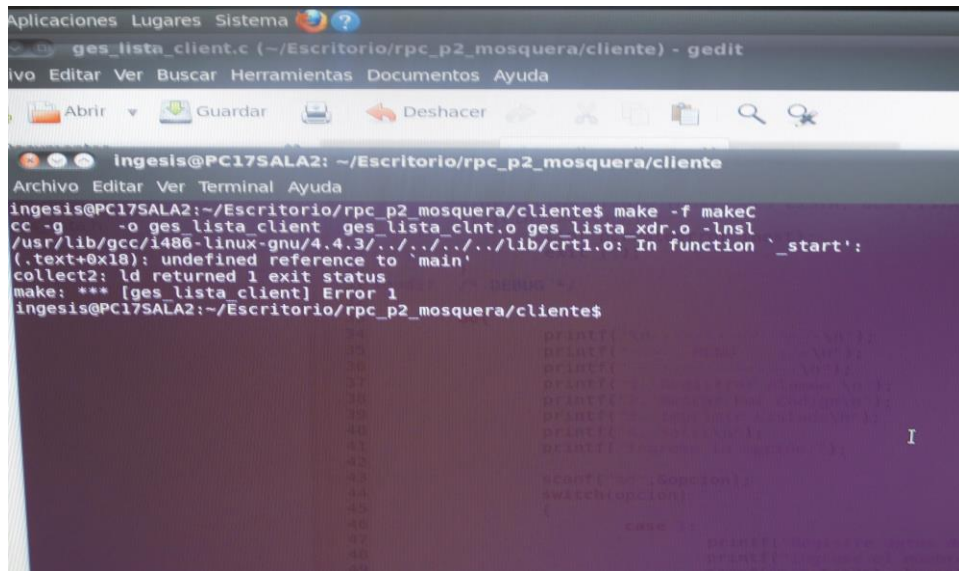


Figura 26. Pruebas Unitarias

En la Figura 26 se puede apreciar la tarea de compilación del código fuente realizado por los estudiantes, aquí se visualizan algunos errores de codificación que son corregidos por los estudiantes en compañía del docente de la materia.

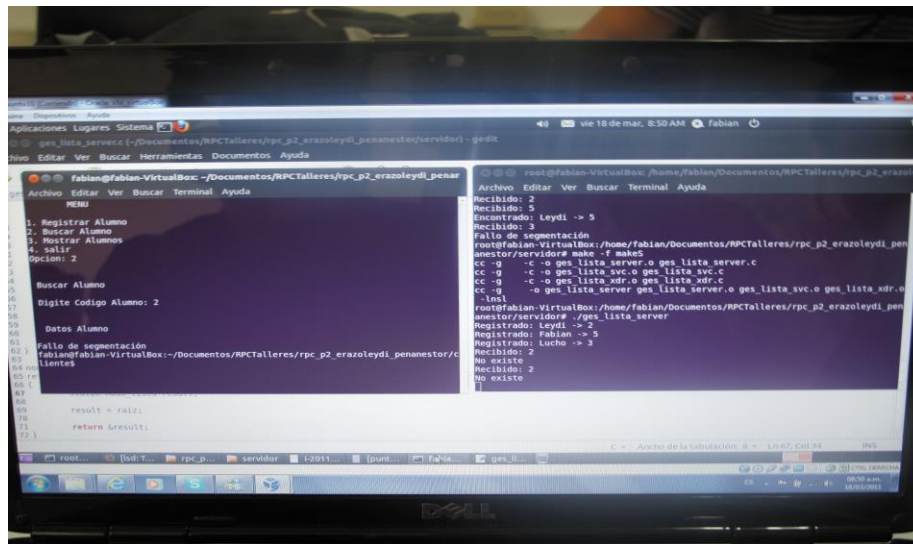


Figura 27. Tarea Pruebas de Acoplamiento

En la Figura 27 se observa cómo se lleva a cabo la tarea de probar las funcionalidades de la solución generada lo podemos apreciar en la imagen anterior, se aprecian dos ventanas de comando en las que los estudiantes realizan las pruebas correspondientes.

4.3.2 Fase de Diagnóstico

Esta fase tiene como finalidad obtener un reporte de las falencias que se están presentando en el proceso, de manera que de nuevo es la observación una de las herramientas más importantes aquí, así como lo es la entrevista. La información aportada por los estudiantes que están cursando LSD, es relevante en el modelamiento del proceso y la generación de propuestas de mejora.

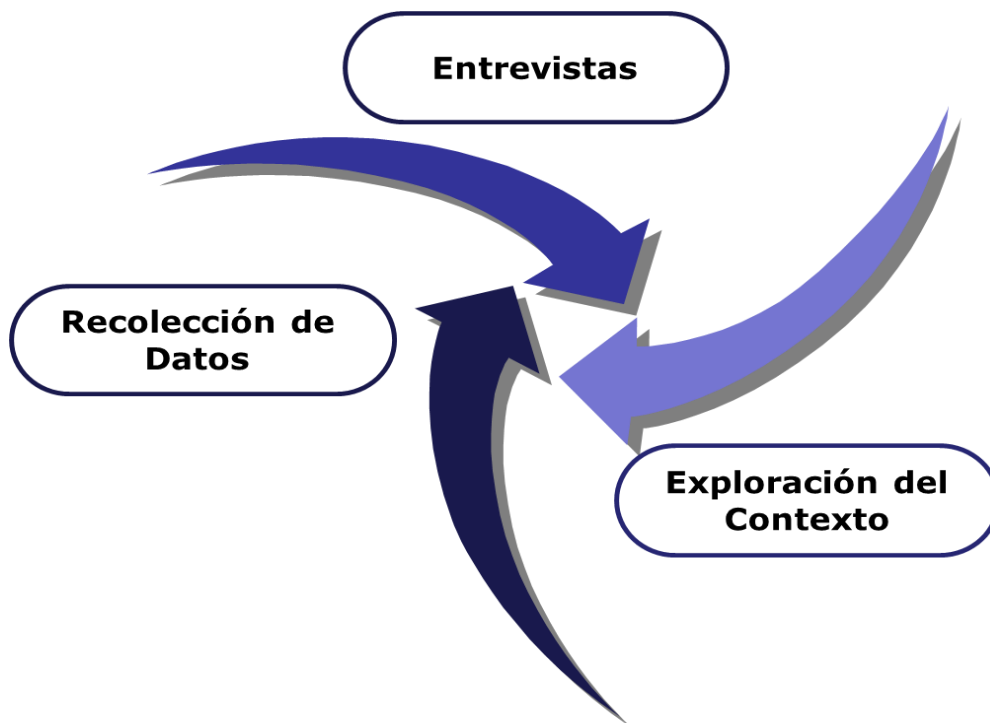


Figura 28. Herramientas del diagnóstico

A continuación, se detallan algunos de las herramientas que fueron utilizadas en esta fase:

- Entrevistas informales a estudiantes (20) y al docente (96)
- Observación directa al contexto donde se desarrolla el proceso (45)
- Experiencia del ingeniero de procesos referente al proceso
- Revisiones con el cliente (30)
- Revisiones con el asesor (10), 3 de ellas con Avispa.
- Capacitaciones con un experto en EPF (10)
- Encuestas (3)
- Recolección de tiempos de diversos elementos del proceso
- Definición de elementos de medición adecuados al contexto

4.3.2.1 Revisión de la Ejecución del Proceso

Al contar con un modelo de procesos definido, durante la revisión se evalúa su consistencia con su aplicación real. Se identificaron inconsistencias al proceso a lo largo de estas revisiones que fueron tenidas en cuenta para el mejoramiento de la definición del modelo de proceso que se estaba realizando, agregando, removiendo o editando algunos de los elementos que ya se habían definido, estas decisiones son tomadas en conjunto con el cliente, él es quien acepta y verifica cada una de estas actualizaciones con respecto al modelo durante reuniones de revisión. También se identificaron falencias en el proceso a partir de la información arrojada por la aplicación de los distintos instrumentos. Las falencias identificadas, fueron las reportadas directamente por los usuarios y cliente del proceso, pero además bajos índices de desempeño y de calidad, fueron tenidos en cuenta para identificar problemas y determinar sus causas.

Para la realización de estos cambios, la primera etapa de revisión consistía en observar cómo se comportaron en el ambiente real determinadas tareas y así poder tener elementos de juicio para poder realizar modificaciones o simplemente para consolidar el modelo que se ha propuesto. Estas

modificaciones son realizadas de manera meticulosa, cuidando de la mejor manera la integridad del modelo.

Al tener modificaciones en esta fase, es importante aclarar que se vuelve a la tarea de construcción debido a que es necesario volver a la herramienta para realizar estos cambios, de manera que se maneja una nueva versión del modelo de procesos que será llevada de nuevo a una revisión.

En la tabla 7 podemos observar los objetivos del diagnóstico, las mejoras potenciales y las estrategias que se deberían llevar a cabo para lograr los objetivos propuestos con anterioridad.

| REVISIÓN | OBJETIVO | MEJORAS | ESTRATEGIAS |
|-----------------|---|--|--|
| 2 | Asegurar que los equipos estén configurados de la manera adecuada | Definición de una guía de instalación | Especificar cada uno de los pasos requeridos para la correcta instalación de las herramientas |
| | | Definición de una lista de herramientas requeridas en cada computador. | Entrevista al cliente |
| | | Definición de una prueba de configuración. | Desarrollo de un Demo de configuración de equipos |
| | | Relación de un nuevo rol (Monitor) | Se le da al monitor de la sala la guía de instalación. |
| 3 | Realizar una guía de práctica más elaborada que permita a los estudiantes el éxito en la solución de la práctica. | Adición de un esquema que represente el problema que se debe solucionar. | Eliminar del proceso la tarea socialización de la práctica que se realiza al inicio de la sesión del laboratorio debido a que los estudiantes no asisten a tiempo. |

| REVISIÓN | OBJETIVO | MEJORAS | ESTRATEGIAS |
|-----------------|---|---|---|
| 4 | Definir nuevos reportes de notas que le permitan al cliente encontrar las falencias que se dan en el proceso, y a través de estos pueda tener la evolución de cada uno de los estudiantes. Así como la adopción de una herramienta para disminuir el tiempo de revisión de las prácticas. | Definición del reporte de notas extendido | Reportar cada uno de los errores que se cometen en las prácticas, para poder realizar retroalimentación. |
| | | Definición del reporte de notas tabulado | Reportar las notas de cada tecnología, de manera que el estudiante pueda tener toda la información de sus calificaciones. |
| | | Adopción de la herramienta de semi - automática de compilación. | El cliente, adoptó para la revisión de los códigos fuente de los estudiantes una herramienta que le permite agilizar la compilación de éstos. |
| 5 | Definir las mejoras que se podrían realizar a futuro. | Definición del plan de mejora continuo. | A través de los resultados que se encontraron con los planes pilotos, se procede a la definición de los elementos que son cruciales en el proceso y que requieren mejoramiento. |

Tabla 7. Oportunidades de Mejora

4.3.2.2 Detección de las falencias en el Proceso

A continuación se presenta un pequeño resumen en el que se muestran algunos de las falencias en el proceso durante la ejecución del proyecto.

Estos falencias son considerados debido a que hacen parte esencial del proceso y que su observación, medición y mejora representan un valor agregado al éxito del proceso.

| FASE DE DESARROLLO DE LA PRACTICA | | |
|---|--|---|
| FALENCIA | CAUSA | EVIDENCIA |
| Re-programación de la solución del problema. | Malas decisiones en cuanto al diseño de la solución al problema planteado. | Reporte de calificación |
| El acople de las funcionalidades no es satisfactorio, no hay un punto de convergencia en el desarrollo de la solución. | Falta de planeación en la división del trabajo a realizar. | Reporte de tablas de implementadores |
| No se completa la práctica, debido a que esta ha sido diseñada para ser realizada en el tiempo definido. | Llegar tarde a la práctica. | Reporte de Tiempos |
| Debido a que no todos los grupos del curso llegan a la misma hora, la descripción magistral realizada por el ingeniero no es apropiada por todos los estudiantes. | Numerosas consultas en la realización de la práctica | Reporte de Asistencia |

| FALENCIA | CAUSA | EVIDENCIA |
|--|--|---|
| <p>A veces en la práctica se generan consultas al mismo tiempo para diversos grupos, de manera que el docente no tiene el tiempo suficiente para acercarse a cada uno de los grupos y realizar la respectiva asesoría.</p> | <p>No se resuelven todas las consultas de los estudiantes</p> | <p>Reporte del historial de entregas</p> |
| <p>Como el asesor es solo una persona, en muchas ocasiones se pierde tiempo debido a que se debe esperar a que éste disponible, generando en los estudiantes ansiedad.</p> | <p>Pérdida de tiempo para el desarrollo de la solución</p> | <p>Reporte de calificaciones.</p> |
| <p>Algunos de los equipos disponibles en la Sala 2 donde se lleva a cabo la práctica no tienen las herramientas necesarias para el desarrollo de la práctica.</p> | <p>Equipos sin configuración adecuada para el desarrollo de la práctica.</p> | <p>Reporte de equipos</p> |
| <p>Desarrollo lento de la solución de la práctica.</p> | <p>El lenguaje de programación no es completamente asimilado por los estudiantes. Se debe en muchas ocasiones recurrir a los buscadores en internet u otra forma para resolver dudas básicas que se generan en el desarrollo de la práctica.</p> | <p>Encuesta</p> |

| FALENCIA | CAUSA | EVIDENCIA |
|------------------------------------|--|--|
| Corrección de errores traumática. | Debido a que es una tecnología que solo se trabaja en esta materia, es difícil para los estudiantes realizar una rápida depuración. La información que se encuentra en la red no es lo suficientemente robusta para ayudar a los estudiantes en sus inquietudes. | Reporte de errores. |
| Revisión de código fuente demorada | Las tecnologías que se manejan en este curso exigen al evaluador una revisión minuciosa de cada uno de los códigos fuente que le son entregados, de manera que resulta para el Docente una tarea ardua y de mucho tiempo esta revisión | Reporte de tiempos de evaluación. |
| Guías difíciles de entender | Los problemas que son seleccionados para las prácticas, son muchas veces confusos. | Reporte de asesorías. |
| Malas bases en programación | Los estudiantes en las primeras prácticas de cada una de las tecnologías tienen problemas con el lenguaje de programación, los tipos de datos y en ocasiones con los entornos. | Reporte de asesorías. |

Tabla 8. Falencias encontradas

En la columna de evidencia de la tabla 6, encontramos resaltado en negrilla cada uno de los reportes que se obtuvieron en el desarrollo del proyecto.

4.3.2.3 Definición de Indicadores de Proceso

Aquí se definieron algunos indicadores que nos permitirán medir el proceso, estos indicadores no están sujetos a ningún estándar y fueron definidos de acuerdo a las condiciones del proceso y contexto en el que se lleva a cabo el proyecto. Estos indicadores se listan a continuación:

- Material de apoyo generado
- Número de guías realizadas para la ejecución del curso
- Tiempo requerido para el desarrollo de las guías de las prácticas
- Número de requerimientos realizados para el curso
- Tiempo requerido para la formulación del requerimiento
- Número de herramientas requeridas en la ejecución del curso
- Número de prácticas por tecnología
- Número de estudiantes que culminan la práctica
- Tiempo de desarrollo requerido para la práctica
- Cantidad de equipos en la sala
- Cantidad de equipos con las herramientas adecuadas
- Número de asesorías impartidas en la práctica
- Número de preguntas formuladas en la práctica
- Tiempo requerido para la revisión de una práctica
- Número de prácticas completadas
- Número de prácticas incompletas
- Número de prácticas entregadas a tiempo
- Número de prácticas no entregadas
- Número de prácticas entregadas tarde

A continuación se muestra que medidas fueron utilizadas en la ejecución del plan, describiendo en cada una de ellas cuál fue el instrumento que se utilizó y que objetivo se perseguía al definir ésta métrica.

| Medida | Instrumento | Objetivo |
|---|--------------------|--|
| Tiempo requerido para el desarrollo de las guías de las prácticas | Reporte | Determinar cuál es el tiempo que se invierte en la construcción de las guías |
| Número de Herramientas requeridas en la ejecución del curso | Reporte | Determinar cuáles y cuantas son las herramientas requeridas para la ejecución del curso. |
| Número de prácticas culminadas | Reporte | Determinar que tan exitoso es el desarrollo de las prácticas |
| Tiempo de desarrollo requerido para la práctica | Reporte | Evaluar cómo se distribuye el tiempo en el desarrollo de la práctica |
| Cantidad de Equipos con las herramientas adecuadas. | Reporte | Asegurar que estén los equipos en buen estado |
| Tiempo requerido para la revisión de una práctica | Reporte | Revisar como se está llevando a cabo la evaluación |
| Número de asesorías impartidas en la práctica | Reporte | Reconocer patrones de asesorías |

Tabla 9. Indicadores usados para la mejora

La Tabla 9, nos muestra la manera en la que se definió y con qué fin cada uno de los indicadores que fueron utilizados para medir el proceso y evaluar los planes pilotos que se realizaron.

4.3.2.4 Reporte de Indicadores de Proceso

A partir de los indicadores, en esta fase se contó con algunos datos que permitieron el seguimiento del proceso teniendo presentes las definiciones realizadas en las fases anteriores. Estos datos son los que nos permitieron obtener los resultados del proyecto, para analizarlos y tenerlos en cuenta en la definición del plan de mejora respectivo. La mayoría de estos datos pueden ser un insumo de vital importancia en la definición formal de indicadores que permitan medir de manera consistente el proceso. Muchos de estos indicadores corresponden a una falencia encontrada y en consecuencia una oportunidad de mejora.

4.3.2.5 Análisis de Resultados

Este análisis de resultados es cualitativo, de manera que se muestran las falencias que se hallaron en las tareas de revisión, resultados que se enfocan más en la formulación de mejoras sobre el proceso, debido a que está corresponde a una primera aproximación a la ejecución detallada de un plan de mejora de procesos.

4.3.3 Fase de Formulación

Esta fase corresponde a la realización del Plan de Mejora, en el que se consignan los elementos más importantes que se deben tener en cuenta para su correcta ejecución, es importante destacar que el documento que aquí es desarrollado corresponde a la versión inicial del plan de mejoramiento, en éste se atacan de manera puntual muchas de las falencias que se encontraron en el proceso, priorizadas a conveniencia del proyecto. Aquí se realizaron los pilotos que nos ayudaron a retroalimentar el modelo de procesos y a definir de manera más consistente las propuestas de mejora que serían ejecutadas en las posteriores ejecuciones del plan.

4.3.3.1 Definición del Plan de Mejora

A partir de los resultados obtenidos, se procede a la creación del plan de mejora que actuará sobre éstos, con la finalidad de actuar sobre las diferentes falencias que fueron encontradas. Este plan consiste en el documento formal de ejecución de mejoras que se llevará a cabo en el curso de pregrado, con el cual se pretende lograr los objetivos propuestos.

El plan de Mejora definido en este punto es uno de los objetivos más importantes obtenidos en la ejecución del proyecto, pues es el punto de partida para la mejora del proceso del curso de pregrado.

| Tarea | Rol | Fase |
|--|--------------------------------|----------------------|
| Definición de un nuevo Rol | | |
| Instalación de las Herramientas | Preparador Sala | Prácticas |
| Configuración del entorno | Preparador Sala | Prácticas |
| Probar que el equipo este configurado correctamente | Preparador Sala | Prácticas |
| Generación de formatos de reportes que permiten medir algunos aspectos del proceso. | | |
| Reporte de Asesorías | Ingeniera de Procesos | Prácticas, Proyectos |
| Reporte de Uso de Herramientas | Ingeniera de Procesos | Prácticas, Proyectos |
| Reporte de Estado de los equipos | Ingeniera de Procesos | Prácticas, Proyectos |
| Reporte de Asistencia | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Reporte de tiempos en las prácticas | Ingeniera de Procesos | Prácticas, |
| Reporte de tiempo utilizado para calificar las prácticas y requerimientos | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Reporte Extendido de sustentación | Ingeniera de Procesos, Cliente | Proyectos |
| Reporte Tabulado de prácticas y requerimientos | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Algunos de los reportes que ya estaban definidos fueron mejorados en su forma de la siguiente manera. | | |
| Guía | Cliente | Prácticas, |
| Requerimiento | Cliente | Proyectos |

| | | |
|---|--------------------------------|-------------------------|
| Reporte Practicas Extendido | Cliente | Prácticas, |
| Reporte Tabulado de notas | Cliente | Proyectos |
| Se colocan algunos recursos | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Demos de las prácticas | Cliente | Prácticas, |
| Material adicional | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Colocar en el sitio de la asignatura los mejores requerimientos | Cliente | Proyectos |
| Se definen como una nueva tarea Nivelación en C y Java | Cliente, Ingeniera de Procesos | Prácticas, |
| Retroalimentación de las revisiones | Cliente, Ingeniera de Procesos | Prácticas, Proyectos |
| Reportar los casos en los que el software que se desarrolló no cumple con los requerimientos establecidos previamente | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Reportar el progreso de los estudiantes en el curso. | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Reportar la disminución de tiempo de revisión de las prácticas y requerimientos a través del uso de herramientas de compilación y ejecución | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| Demos generales para mecanizar las tareas de compilación y ejecución. (Videos o Demos) | Cliente | Prácticas, Proyectos |
| La revisión de la práctica se hace de manera individual. | Cliente | Prácticas, |
| Servidor de prueba y cliente de prueba para revisar cada uno de los elementos enviados por los estudiantes | Cliente | Prácticas, Proyectos |

Tabla 10. Resumen mejoras potenciales

4.3.3.2 Verificación del Plan de Mejora

El plan de Mejora obtenido fue revisado por el asesor, experto en Agile SPI, quien revisó el documento e hizo recomendaciones sobre éste. De esta forma se verificó que las decisiones que se tomaron respecto al plan que se ejecutará, así pues se procedió a corregirlo siguiendo las recomendaciones del asesor, generando la versión final.

Debido a las restricciones que se plantearon el contexto, se realizaron adaptaciones en algunos de los documentos que se requieren para la correcta realización del plan; en la definición de los roles que participan en el desarrollo de la propuesta, algunos contratos que no son tenidos en cuenta.

4.3.3.3 Definición de indicadores de Plan de Mejora

La definición de indicadores que se realizó en este proyecto fue de tipo exploratoria, debido a que no fue posible dentro del contexto en el que se desenvuelve el proyecto la realización formal de una serie de indicadores que permitan medir de manera exacta como el proceso se alteró, de manera positiva o negativa. La medición realizada en este proyecto es cualitativa más que cuantitativa y se ve reflejada en las reacciones de los actores del proceso frente a las mejoras ejecutadas.

4.3.3.4 Divulgación del Plan de Mejora al Cliente

Se realizó una reunión con el cliente, en la que se hace la presentación completa del plan de mejora, explicando cada una de las decisiones que se tomaron a medida que se avanzaba en el proyecto.

Esta presentación tenía como objetivo darle al cliente la certeza de cómo se va a realizar cada una de las actividades que harán parte de la mejora que se pretende lograr, de igual manera están aquí consignados los elementos y resultados reales que se van a tener en cuenta para que el cliente sepa que es lo que debe esperar al finalizar el proyecto.

Debido al contexto en el que se realizó este proyectos las actividades, tareas y demás que están inmersas en la Fase de Mejora, fueron realizadas durante la Fase de Formulación debido a que no se cuenta con el tiempo, ni los elementos necesarios para la ejecución del Plan de Mejora como tal, a

continuación se describirán cada una de estas actividades que contribuyeron de gran manera al diseño del modelo de procesos.

4.3.4 Fase de Mejora

En esta fase el objetivo que se persigue es el de encaminar de manera exitosa el plan de mejora que se ha definido en las fases anteriores, para mejorar los aspectos que se han identificado como falencias, de este modo se realiza un plan piloto en el que de acuerdo a la definición de mejoras y a su debida priorización, son seleccionadas algunas de estas para ser ejecutadas en el entorno real.

No se realizó un plan de ejecución riguroso para la ejecución de las mejoras que fueron seleccionadas, debido a que el objetivo de este proyecto es el levantamiento del proceso del curso de pregrado, y la correcta definición de un plan de mejora continua.

4.3.4.1 Ejecución del Plan de Mejora

En esta actividad se realizó la selección de las mejoras que serían ejecutadas en el primer plan piloto, el criterio de selección de éstas corresponde a la realizada por el cliente, quien decidió junto a la ingeniera de procesos realizar una priorización de las mejoras potenciales que fueron descritas con anterioridad, se procedió a determinar cuáles resultan más influyentes en el proceso, al mismo tiempo se determina si se cuenta con los recursos necesarios para llevarlas a cabo.

En la tabla 11 se muestra cuáles fueron los fallos a los que se les pudo realizar una mejora, teniendo en cuenta las restricciones de tiempo y contexto a las que este proyecto está atado.

| FALENCIA | MEJORA |
|---|---|
| Equipos de la sala sin las herramientas necesarias. | Realizar una nueva tarea en la que se garantiza que cada uno de los equipos esté configurado adecuadamente. |
| Asesorías con la misma pregunta de manera recurrente. | Reportar las asesorías e identificar el tipo de preguntas que son más repetitivas. |
| Los estudiantes releen la guía de la práctica. | Asociar un gráfico descriptivo en cada una de las prácticas. |
| Prácticas no entregadas a tiempo. | Reportar los tiempos de cada una de las fases de modo que se pudiera encontrar cual de éstas era la más conflictiva. |
| No todos los estudiantes llegan temprano a la práctica de modo que la socialización de la guía no es atendida de manera correcta. | Empezar la práctica de acuerdo a la hora a la que cada grupo de estudiantes llegue. |
| Corrección de código fuente demorada. | Adoptar una herramienta que le permite hacer la compilación y posterior revisión del código fuente de una manera mucho más eficiente. |
| Proyecto definido de manera informal. | Optar por un modelo de definición de requerimientos un poco más formal para hacer del proyecto un punto importante del curso. |
| Reportes de Notas confusos. | Se revisaron y se evaluaron, y se hicieron cambios que resultaron muy importantes para la ponderación final de las notas. |
| Acoplamiento lento y traumático del código fuente desarrollado por cada uno de los estudiantes. | Reportar las herramientas de desarrollo que los estudiantes usan en las prácticas. |
| Falta de material para el curso. | Colocar disponible en el sitio de la asignatura algunos códigos fuentes, para que los estudiantes tengan una guía. |

| FALENCIA | MEJORA |
|--|--|
| Los estudiantes recurren mucho a la consulta en internet que les quita mucho tiempo. | Realizar demos de las prácticas, y se especifica correctamente el problema a solucionar. |

Tabla 11. Mejoras ejecutadas

4.3.4.2 Reportes de Ejecución del Plan

La ejecución de las mejoras mostró un alto nivel de satisfacción en el cliente, debido a los buenos resultados de la aplicación de muchas de estas propuestas de mejora, a pesar del corto tiempo en el que se realizaron. Algunos de los estudiantes se mostraron mucho más cómodos con las mejoras introducidas, aunque fueron pocas dan una buena idea de lo que se podría lograr si se realizan a gran escala, si se tienen en cuenta las falencias que se han encontrado, siempre que los estudiantes y el docente estén dispuestos a continuar el proceso de mejora que ya se ha iniciado.

En el capítulo 4 se presentan algunos resultados del proyecto.

4.3.5 Fase de Revisión

Se revisó con el cliente los efectos de las mejoras que se fueron introduciendo, y reportando los resultados que se podían apreciar en el ambiente real. Para ello se hizo un seguimiento y control de la ejecución del plan y se reportaron los principales hallazgos de la mejora como se describe a continuación.

4.3.5.1 Recolección de la información de Seguimiento y Control de la Ejecución del Plan

A medida que se avanzaba en la construcción revisión y actualización del modelo de procesos, se iban realizando algunas de las mejoras, cada una de las cuales tuvo como objetivo mitigar algunas de las falencias que se encontraron.

El plan de mejora fue evolucionando a través del desarrollo del proyecto, por lo tanto la ejecución de las mejoras no se realizó en un momento específico del desarrollo, cada una de éstas fue siendo aplicada de acuerdo a como se iba comportando el proceso.

Una de las razones más importantes para tomar la decisión en la ejecución de esta forma fue: se trata de un curso de pregrado que tiene que dar resultados de tipo académico, y a pesar de que se cuenta con todo el apoyo del docente, no se podían imponer de un momento a otro algunas de las mejoras.

La información recolectada se encuentra en reportes con información cualitativa y cuantitativa del diagnóstico y los informes de mejora.

4.3.5.2 Revisión de los resultados obtenidos

Durante tres sesiones de trabajo, con toda la información disponible del proyecto, se analizaron los resultados y se determinaron los beneficios de la mejora. Estos resultados son analizados en el capítulo 4.

La mayoría de las mejoras fueron realizadas para las tareas realizadas de manera principal por el docente de la materia, debido a que resulta mucho más fácil en este contexto que se realiza el proyecto, que sea el docente quién pueda apropiarse de muchas de las mejoras potenciales que el proyecto le está proponiendo. Teniendo presente también que uno de los objetivos más importantes en el proyecto es que se logre mejorar de manera sustancial el trabajo del docente, y que se pueda reportar de manera exitosa como es el proceso, como se trabaja en él, como es que se evalúa, para que en algún momento se pueda sustituir al docente y el proceso no se vea afectado de manera traumática para todos los actores de éste.

4.3.5.3 Reporte de lecciones aprendidas

Este documento muestra la gran cantidad de elementos que resultaron problemáticos en el desarrollo del proyecto, a los cuales se les dio solución para lograr un desarrollo exitoso.

En su gran mayoría está compuesto por una serie de decisiones que se tomaron en el momento en el que algunas de las definiciones descritas en Agile SPI no resultan demasiado fáciles de trasladar al contexto en el que nos estamos moviendo. Remítase al anexo lecciones aprendidas.

Capítulo 5

5. Análisis de resultados

Este capítulo tiene como objetivo mostrar la evolución que se pudo observar en el proceso, atendiendo a las exigencias que ya se han mencionado.

A partir de los indicadores que se definieron, a continuación se mostraran algunos gráficos con su respectivo análisis.

5.1 Resultados del caso de estudio

5.1.1 Apreciación del Cliente

“El proyecto de mejora aplicado al LSD, fue muy útil porque primero, permitió organizar mucha información y documentos que se usaban en el curso y por otro lado, formalizar las actividades que se realizaban en el curso.

Inicialmente, fue necesario dedicar tiempo para levantar la información mencionada, pero una vez tenida esta información las actividades se realizan más rápido y más eficientemente. “

5.1.2 Apreciaciones de los estudiantes

“Tener un gráfico descriptivo en la guía de la práctica que realizaremos es de gran utilidad, porque generalmente me perdía la explicación que se da al inicio de la sesión por llegar tarde”.

“La definición del requerimiento es más adecuada, más fácil de entender”.

“Las notas estaban disponibles rápidamente”

5.2 Resultados del proceso

Comportamiento del desarrollo de las fases por estudiante

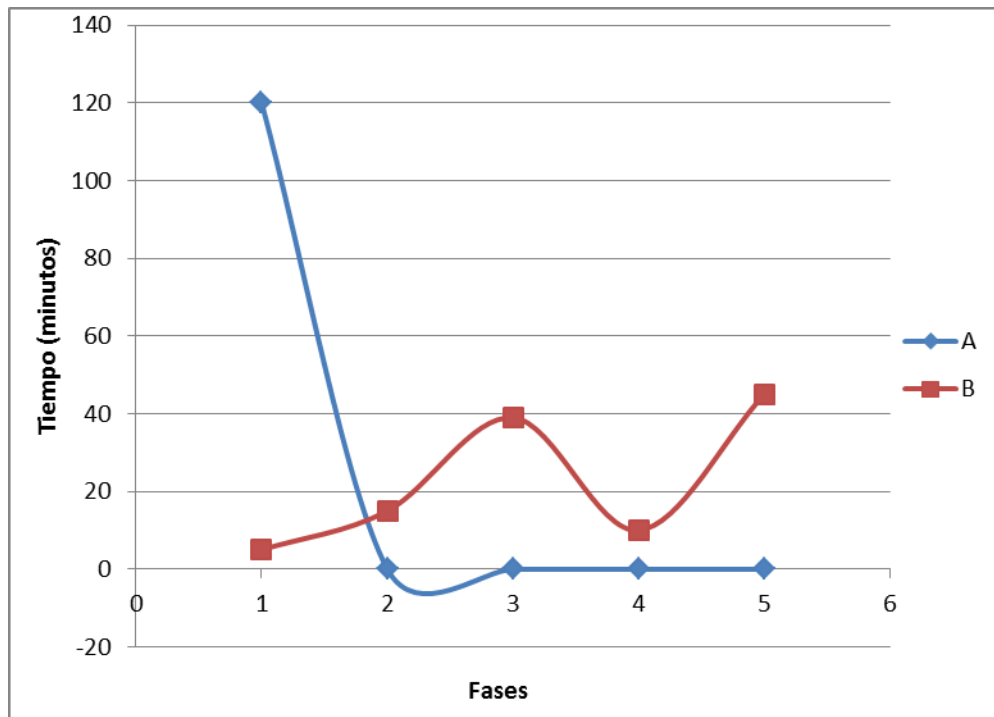


Figura 29. Tiempos de desarrollo por fases

En la Figura 29 podemos observar cual es la distribución del tiempo de desarrollo que tienen dos estudiantes A (rombos) y B (cuadros), en el cuál el estudiante B realiza la práctica correcta en el tiempo indicado 2 horas es decir (120 minutos) que están representados en el eje vertical, y cada una de las fases que está representada en el eje horizontal, el estudiante A no realiza la práctica, e invierte todo el tiempo en la realización de la primera fase.

Tiempo invertido por los estudiantes por fases

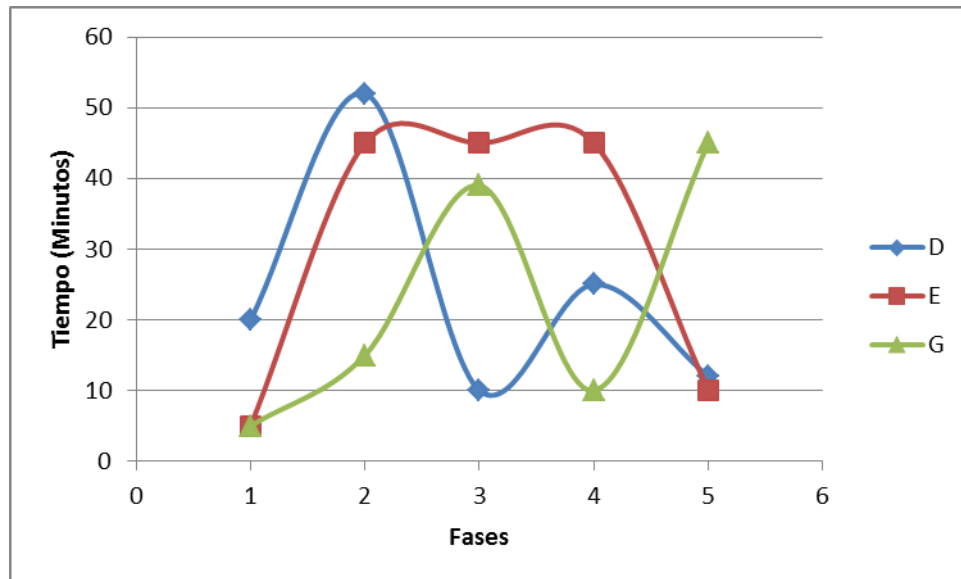


Figura 30. Fase en la que más se invierte tiempo

En la Figura 30 se muestra los tiempos de desarrollo en cada fase por los grupos de estudiantes que realizaron de manera correcta la practica, podemos apreciar que las fases en las que mas se invierte tiempo es en la fase 2 y 3 que corresponden al diseño y desarrollo de la práctica.

Grupos que terminaron la práctica



Figura 31. Número de grupos que terminan las prácticas

En la Figura 31 se observa que en la mayoría de las prácticas que se realizan no todos los grupos terminan a satisfacción la actividad, en este caso se registraban 8 grupos los cuáles en ninguno de las sesiones realizadas terminaron la práctica.

Estudiantes que asisten a clase

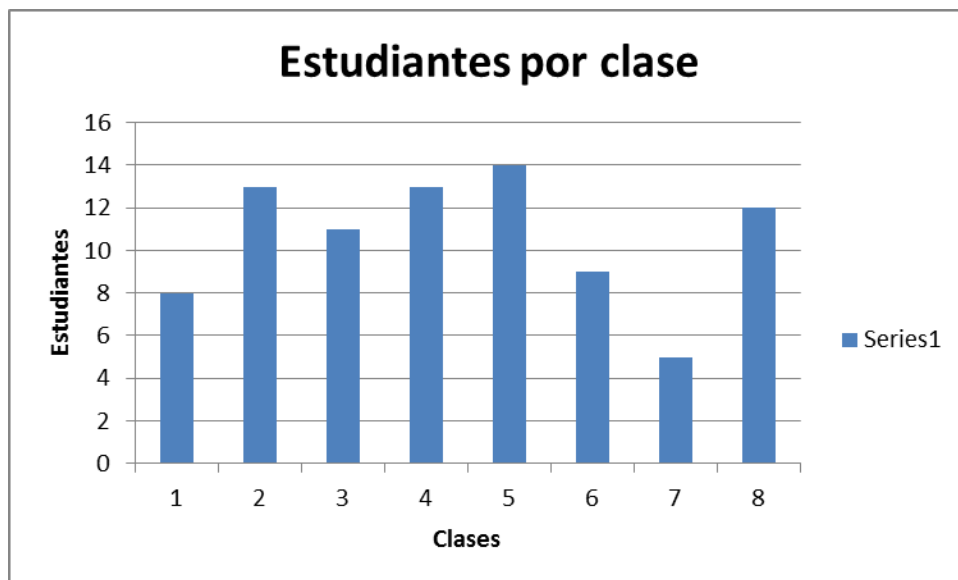


Figura 32. Asistencia de los estudiantes a las clases de teoría

En la Figura 32 podemos observar que los estudiantes del LSD no asisten a todas las clases de manera que en el momento en el que se enfrentan a la guía posiblemente ni siquiera recuerden el concepto que debe profundizar. Los estudiantes que asisten a la mayoría de las clases tienen un alto grado de probabilidad de recordar el concepto y aplicarlo de la manera correcta en la solución del problema propuesto.

Asesorías realizadas en cada una de las prácticas

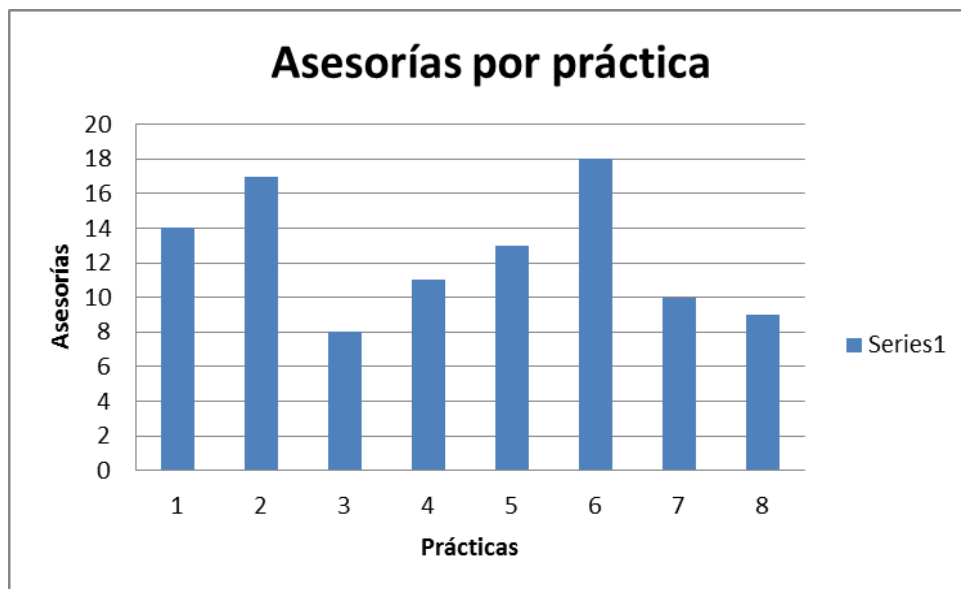


Figura 33. Numero de asesorías en las prácticas

En la Figura 33 se puede observar que las asesorías estuvieron presentes en cada una de las prácticas, de aquí se halló como falencia que muchas de esas asesorías son recurrentes, que los grupos pierden tiempo esperando la respuesta del docente debido a que muchas de ellas ocurren en el mismo tiempo, de aquí la necesidad de clasificar estas asesorías y crear un banco de preguntas respuestas en el que estén las llamadas preguntas frecuentes.

Tiempos de respuesta en las asesorías

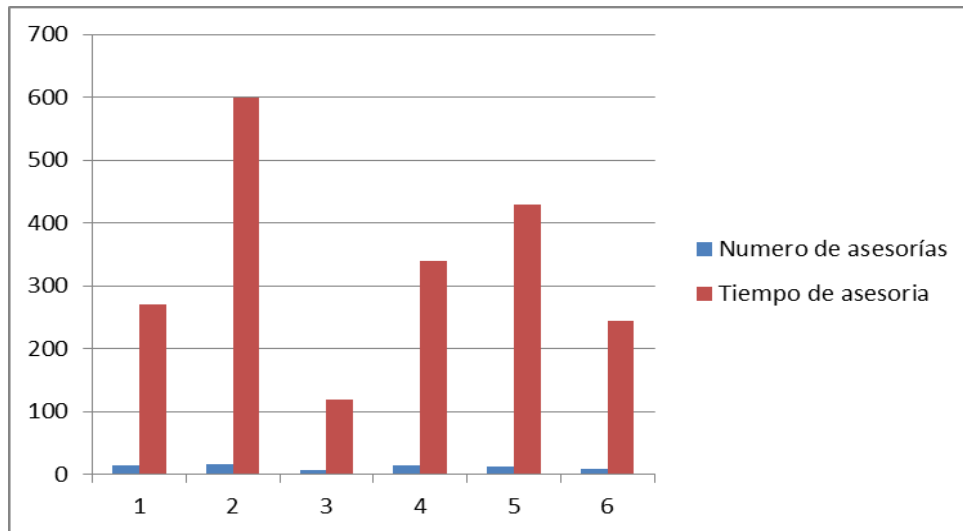


Figura 34. Tiempo invertido en las asesorías

En la Figura 34 podemos ver el tiempo en el que se realizan las asesorías, tiempo que es restado del tiempo de desarrollo que poseen los estudiantes, y que en muchas ocasiones es casi que duplicado debido a la poca disponibilidad del asesor y la falta de material de consulta efectivo.

En la Figura 35 se muestran algunos de los tiempos que fueron registrados por el docente cuando realizaba la tarea de revisión de las practicas, podemos observar que resulta tedioso y engorroso realizar cada una de las fases para lograr obtener la nota final de la práctica, por esto se recurrió al uso de una herramienta de compilación semi-automática que redujo notoriamente estos tiempos de revisión, además de ayudar a encontrar errores que en ocasiones eran omitidos en estas evaluaciones.

Tiempo invertido en la revisión de las prácticas

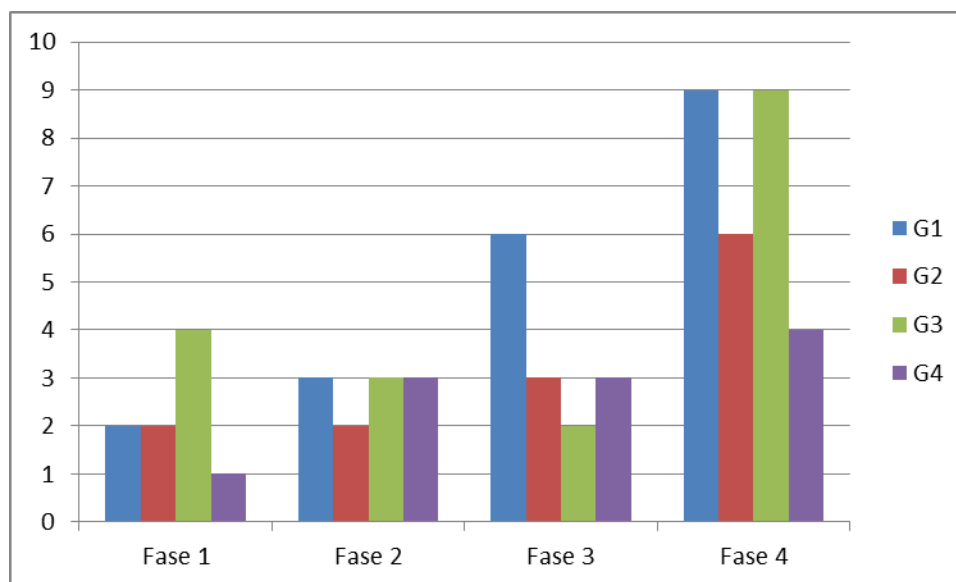


Figura 35. Tiempos de revisión de las prácticas

Finalmente cada una de las mejoras que se potenció y se ejecutó tiene un reporte asociado que muestra la falencia que se encontró y las razones por las cuales se tomó la decisión de mitigar el fallo encontrado. Si se requiere más información acerca de todos estos reportes, los puede encontrar en el anexo reportes.

Las Tablas 12, 13 y 14 evidencian las falencias respecto a los equipos que se encuentran en la sala donde se realizan las prácticas.

| REVISIÓN | NUMERO DE EQUIPOS EN LA SALA | HERRAMIENTAS REQUERIDAS RPC | EQUIPOS CON TODAS LAS HERRAMIENTAS |
|----------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 1 | 22 | 11 | 11 |
| 2 | 22 | 11 | 14 |
| 3 | 22 | 11 | 16 |
| 4 | 22 | 11 | 18 |
| 5 | 22 | 11 | 22 |

Tabla 12. Resumen reporte equipos RPC

La Tabla 12 nos muestra como a través de las iteraciones que se realizaron, en las que se ejecutaron mejoras, se pudo mejorar este aspecto, teniendo al final de estas iteraciones el 90% de los equipos funcionando de manera correcta, elevando la posibilidad de que los estudiantes terminaran la práctica exitosamente.

| REVISIÓN | NUMERO DE EQUIPOS EN LA SALA | HERRAMIENTAS REQUERIDAS RPC | EQUIPOS CON TODAS LAS HERRAMIENTAS |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 22 | 8 | 6 |
| 2 | 22 | 8 | 7 |
| 3 | 22 | 8 | 8 |
| 4 | 22 | 8 | 8 |
| 5 | 22 | 8 | 8 |

Tabla 13. Resumen reporte equipos RMI

En la Tabla 13 podemos apreciar que se disminuye de manera sustancial el número de herramientas requeridas para llevar a cabo las prácticas de la tecnología RMI, a pesar de esta situación seguimos encontrando equipos sin las condiciones adecuadas para llevar a cabo las sesiones de laboratorio. A través de las iteraciones se pudo tener el 100% de los equipos disponibles para la realización de las tareas requeridas para el éxito de la sesión de laboratorio.

| REVISIÓN | NUMERO DE EQUIPOS EN LA SALA | HERRAMIENTAS REQUERIDAS RPC | EQUIPOS CON TODAS LAS HERRAMIENTAS |
|-----------------|-------------------------------------|------------------------------------|---|
| 1 | 22 | 7 | 5 |
| 2 | 22 | 7 | 6 |
| 3 | 22 | 7 | 6 |
| 4 | 22 | 7 | 7 |
| 5 | 22 | 7 | 7 |

Tabla 14. Resumen reporte equipos CORBA

Al igual que para la tecnología RMI, la tecnología CORBA requiere de una menor cantidad de herramientas para realizar las prácticas, esto no es una condición que afirme que todos los equipos estarán disponibles, de igual manera se realizaron las configuraciones necesarias para asegurar que los equipos cumplan con las precondiciones.

A continuación se presenta una tabla en la que se contrasta el antes y después del proceso de laboratorio de sistemas distribuidos, evidenciando las mejoras que se introdujeron a lo largo de la ejecución del proyecto.

| Antes | Después |
|--------------------------------------|---|
| Guía de práctica sencilla | Guía de práctica con gráfico |
| Guía de proyecto sencilla | Guía de proyecto definido formalmente |
| Reporte de notas sencillo | Reporte de notas tabulado Reporte de notas extendido |
| Reporte de errores | Reporte de errores extendido Reporte de errores tabulado |
| Antes | Después |
| Sin reporte de asesorías | Reporte de asesorías |
| Sin reporte de equipos | Reporte de estado de los equipos |
| Sin reporte de tiempos de desarrollo | Reporte de tiempos de desarrollo de las prácticas |
| Sin reporte de tiempos de revisión | Reporte de tiempos de revisión de las prácticas |

Tabla 15. Artefactos mejorados

La Tabla 15 nos muestra los artefactos que fueron introducidos o mejorados en el proceso del LSD, por medio de los cuales se obtuvo datos, que constituyeron un elemento vital en la definición de oportunidades de mejora, al igual que medidas e indicadores de proceso.

La definición de métricas que se realizó en la fase de diagnóstico, permitió a lo largo de la ejecución del proyecto la medición de cada de los elementos inmersos en éste. Aquí se presenta la métrica que se usó y el contraste antes y después de cada una de éstas.

| Medida | Antes | Después |
|---|-----------------------------------|---------------------------------|
| Asesorías respecto a la arquitectura de la aplicación | 4 por práctica | 1 por practica |
| Tiempo de evaluación de prácticas | 12 minutos promedio por prácticas | 6 minutos promedio por práctica |
| Número de grupos que terminaron la práctica | 5 grupos | 9 grupos |
| Tiempos de desarrollo de las prácticas | 75 minutos por práctica | 55 minutos por práctica |
| Equipos configurados con las herramientas necesarias | 50% de los equipos | 95 % de los equipos |

Tabla 16. Medidas utilizadas

En la Tabla 16 podemos observar el resumen de los elementos cuantitativos que pudimos obtener a través de las medidas que se definieron y la ejecución de los pilotos en cada una de las iteraciones realizadas.

Al analizar toda la información recolectada en el Caso de Estudio, se evidencia que Agile SPI puede ser aplicado a este tipo de entornos, generando buenos resultados en su ejecución.

A partir de los resultados que aquí se presentan, es posible el desarrollo de nuevos proyectos en los que se realice la ejecución completa de Agile SPI, brindando mejores resultados de mejora en el proceso del LSD.

Capítulo 6

6. Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro

Agile SPI es adecuado en la implementación de proyectos de mejora de procesos en un ambiente académico. Debido a que el desarrollo de este proyecto fue exitoso en cuanto a los elementos que son mencionados a lo largo del proyecto, se puede decir que tanto las fases como los elementos que hacen parte de la metodología han sido tenidos en cuenta y responden a las exigencias que el proyecto planteó desde el principio. Así mismo, Agile SPI es una metodología flexible, lo cual se ve reflejado en la capacidad de adaptación que esta posee, dejando que se agreguen, eliminen o actualicen algunas tareas y artefactos. La interacción de la metodología en el contexto académico da pie a la adicción de elementos propios del proceso, que Agile SPI no posee, con el fin de enriquecer el proyecto, realizando medición y análisis de los datos que aquí se pudieron obtener. El ciclo de vida que se llevó a cabo en este proyecto, es uno de los factores de éxito más importantes, ya que esta definición permitió que a lo largo del desarrollo del proyecto se fuesen adicionando artefactos de vital importancia para el modelo y la consecuente definición del plan de mejora.

Algunas conclusiones más puntuales obtenidas de la experiencia, así como las recomendaciones y el trabajo futuro se destacan a continuación:

6.1 Conclusiones

- Agile SIP no es adecuado al contexto académico, puesto que se deben tener en cuenta las restricciones propias de éste y solo a través de la definición de elementos propios o elementos tomados de otros trabajos fue posible el desarrollo exitoso del ciclo de mejora, evidenciando de esta forma que es relevante la definición y ejecución de proyectos de este tipo en éste contexto.
- La definición del modelo de procesos constituye uno de los elementos más importantes, ya que a partir de él, cada uno de los actores podrá ver de qué manera puede mejorarlo, observando de modo más efectivo cuál es en verdad su papel dentro del proceso y cómo puede tener mejores resultados. Esta experiencia puede ser aplicada en otro contexto académico, de manera que significa un gran aporte a la evidencia empírica en esta línea de investigación.

- El propósito del proyecto desarrollado es el levantamiento del proceso, es decir la definición del modelo de procesos que se lleva a cabo en el contexto académico, es por esto que la metodología no fue aplicada de manera lineal, como sucede en las empresas de desarrollo software, pues se produjeron una gran cantidad de revisiones en cuanto al diseño del modelo de procesos debido a las exigencias que el cliente planteó desde el inicio. Esta decisión permitió la definición de falencias relevantes durante el desarrollo del proyecto las cuáles aportaron de manera sustancial a la construcción del plan de mejora.
- En el éxito de la propuesta existe un factor muy importante que es la colaboración del cliente, puesto que es el docente de la materia quien admitió que a través de la definición del modelo de procesos, se pudo dar cuenta de que se realizaban tareas que él no tenía muy presentes o que incluso él pensaba que no estaban inmersas dentro de su contexto y que le ayudaron a ver su curso desde otra perspectiva, facilitándole el trabajo de mejora que él decidió hacer en cuanto a sus prácticas docentes.
- La metodología Agile SPI, no fue adoptada de manera completa, sólo se fueron desarrollando las fases teniendo presentes los elementos que resultan importantes, esto se debe a la poca experiencia que se tiene con la metodología y a la poca información que se puede encontrar acerca de la ejecución de un proyecto de esta envergadura.
- Las tareas que tenían que ver con la definición de indicadores resultaron traumáticas dentro del desarrollo de la propuesta, debido a que no existe un lineamiento que se adecuó al contexto en el que se realizó el proyecto, no hay flexibilidad en muchos de los indicadores definidos en los estándares.
- La fase de revisión fue informal que se realizó en conjunto con el cliente, en la que se pretendía al menos verificar que las tareas que estábamos ejecutando se realizaban de la mejor manera.
- En cuanto a las mejoras que fueron ejecutadas, la mayoría de ellas fueron adoptadas por el docente, debido a que tienen que ver con la planeación y ejecución de tareas de revisión, es entonces el docente en esta propuesta uno de los más beneficiados, sin dejar de lado los beneficios indirectos que trajeron las mejoras ejecutadas sobre los equipos de cómputo, los formatos de guías, notas entre otras.

- El caso de estudio que se realizó fue exitoso, se generó el modelo de procesos y el plan de mejora, al igual que la introducción de mejoras de manera iterativa durante la ejecución del proyecto.
- Agile SPI constituyó un factor determinante en el proyecto, pues fue posible la consecución de los objetivos que se trazaron, pero no fue fácil la definición de algunos de los aspectos relevantes dentro del proyecto.
- Agile SPI no define de manera específica “cómo” deben realizarse muchas tareas, lo que significó la necesidad de la asesoría de un experto en la aplicación de dicha metodología.
- Para adaptar AGILE SPI al contexto académico, se recomienda seguir un enfoque de medición, análisis y mejora, con el fin de definir un modelo de referencia ad-hoc para el proyecto.
- En este proyecto se siguieron las tres primeras fases que componen a AGILE SPI, adaptándolas de acuerdo al contexto académico.
- Agile SPI es flexible en cuanto al desarrollo de propuestas de mejoramiento de procesos definidos en contextos ajenos a las PYMES, ofreciendo elementos de vital importancia en la mejora del proceso.
- La herramienta EPF Composer no posee elementos de validación referentes a los modelos, por lo que no es posible encontrar y solucionar problemas de modelado dentro de esta. La herramienta AVISPA proporcionó muchos elementos de revisión importantes en la fase de construcción del modelo.

6.2 Recomendaciones y Trabajo Futuro

A continuación se definen algunas recomendaciones para la realización de proyectos de ese tipo, en los que surge también trabajo futuro.

- Ampliar el plan de mejora que se realizó en este proyecto, con el fin de realizar un ciclo completo incluyendo la fase de mejora, para evaluar Agile SPI en su completitud.
- Se definieron medidas de manera empírica y enfocadas al contexto en el que estamos realizando el proyecto, pero Agile SPI podría ser mejorado o ajustado definiendo de manera concreta como deberían definirse cada uno de estos elementos.
- Continuar con la mejora continua que se inicia en esta propuesta, de manera que se puedan implementar las mejoras identificadas en el plan y que de acuerdo a la priorización no se abarcaron en este proyecto.
- Un modelo de madurez de capacidades podría ser definido para el contexto académico con el fin de brindar una ruta más segura para conducir un proyecto de mejoramiento
- Revisar a profundidad el modelo de procesos generado en esta propuesta, de manera que se puedan encontrar falencias, y así mismo se alimente de manera positiva el ambiente real.
- Ejecutar una gran cantidad de las mejoras que se han propuesto aquí de tal forma que se observe una evolución del proceso, en la que los estudiantes del curso académico sean los más beneficiados.
- El enfoque de mejora de procesos es en la actualidad uno de los más usados y el que ha obtenido buenos resultados, de manera que es importante continuar con el desarrollo de proyectos que estén relacionados.

Bibliografía

- [1] F. J. Pino, *et al.*, "Revisión sistemática de mejora de procesos software en micro, pequeñas y medianas empresas," *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, vol. 2, pp. 6-23, 2006.
- [2] P. E. Colla and J. M. Montagna, "Un Contexto para la Formulación de Modelos Sistémicos para el Análisis de Mejoras en Procesos para Desarrollo de Software."
- [3] C. Pardo, *et al.*, "MEJORA DE PROCESOS DE SOFTWARE ÁGIL CON AGILE SPI."
- [4] H. Oktaba, *et al.*, "Software process improvement: The competisoft project," *Computer*, vol. 40, pp. 21-28, 2007.
- [5] D. S. Docking and R. J. Downen, "Market interpretation of ISO 9000 registration," *Journal of Financial Research*, vol. 22, pp. 147-60, 2009.
- [6] D. DE LA LENGUA, *et al.*, *Diccionario de la lengua española, 2 vol*: Madrid, 2002.
- [7] E. W. Gilman, *Webster's dictionary of English usage*: Merriam-Webster, 1989.
- [8] A. Geraci, *et al.*, "IEEE Standard Computer Dictionary: Compilation of IEEE Standard Computer Glossaries," 1991.
- [9] B. Curtis and M. Paulk, "Creating a software process improvement program," *Information and Software Technology*, vol. 35, pp. 381-386, 1993.
- [10] P. H. Feiler and W. S. Humphrey, "Software process development and enactment: Concepts and definitions," in *Software Process, 1993. Continuous Software Process Improvement, Second International Conference on the*, 1993, pp. 28-40.
- [11] H. Oktaba, "3.2 MoProSoft®: A Software Process Model for Small Enterprises," in *International Research Workshop for Process Improvement in Small Settings*, 2006, p. 93.
- [12] G. Valdés, *et al.*, "The Tutelkan Reference Process: A Reusable Process Model for Enabling SPI in Small Settings," *Systems, Software and Service Process Improvement*, pp. 179-190, 2011.
- [13] C. P. Team, "CMMI for Development, version 1.2," 2006.
- [14] J. A. Hurtado Alegría, *et al.*, "Analyzing software process models with AVISPA," in *Proceedings of the 2011 International Conference on Software and Systems Process*, 2011, pp. 23-32.
- [15] K. El Emam, "The internal consistency of the ISO/IEC 15504 software process capability scale," 1998, p. 72.
- [16] R. Singh, "International Standard ISO/IEC 12207 software life cycle processes," *Software Process: Improvement and Practice*, vol. 2, pp. 35-50, 1996.
- [17] F. J. Pino, *et al.*, "Medidas para estimar el rendimiento y capacidad de los procesos software de conformidad con el estándar ISO/IEC 15504-5: 2006," *Revista Española de Innovación, Calidad e Ingeniería del Software*, vol. 2, 2006.

- [18] E. Consortium, "Elvira: An environment for creating and using probabilistic graphical models," in *Proceedings of the first European workshop on probabilistic graphical models*, 2002, pp. 222-230.
- [19] B. Hansen, *et al.*, "Prescription, description, reflection: the shape of the software process improvement field," *International Journal of Information Management*, vol. 24, pp. 457-472, 2004.
- [20] C. Vidal and J. Hurtado, "Hacia un Marco de Trabajo para la Definición de Procesos de Desarrollo de Software: Framework-PDS," in *IV Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento (SISOFT 2006)*, ISBN, pp. 84-690.
- [21] D. Vásquez, *et al.*, "Modelo liviano de medidas para evaluar la mejora de procesos de desarrollo de software MLM-PDS," *Ingeniería y Ciencia*, vol. 6, pp. 171-202, 2010.
- [22] J. GALVEZ, "Fundamentos de la Metodología RUP: Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, publicado el 16 de Septiembre de 2007 [Consultado el 10 de Noviembre de 2008]," *Disponible en internet: <http://www.scribd.com/doc/297224/RUP>*.
- [23] M. Agiles, "Metodologías para desarrollo de software."
- [24] F. Ballé and M. Ballé, "Lean development," *Business Strategy Review*, vol. 16, pp. 17-22, 2005.
- [25] K. Beck and C. Andres, *Extreme programming explained: embrace change*: Addison-Wesley Professional, 2004.
- [26] J. Hurtado, *et al.*, "Agile SPI: Software Process Agile Improvement, A Colombia approach to software process improvement in small software organizations," *Software process improvement for small and medium enterprises: techniques and case studies (M. Piattini, Oktaba, H.)*. Idea Group Inc, vol. 1, pp. 177-192, 2008.
- [27] F. Pino, *et al.*, "A process for driving process improvement in VSEs," *Trustworthy Software Development Processes*, pp. 342-353, 2009.
- [28] G. Santos, *et al.*, "Implementing software process improvement initiatives in small and medium-size enterprises in Brazil," in *Quality of Information and Communications Technology, 2007. QUATIC 2007. 6th International Conference on the*, 2007, pp. 187-198.
- [29] C. Pardo and L. Fernández, "Un Proceso ágil para el Mejoramiento de Procesos de Desarrollo de Software para PYMES-Agile SPI-Process," in *IV Simposio Internacional de Sistemas de Información e Ingeniería de Software en la Sociedad del Conocimiento (SISOFT2006)*, ISBN, 2006, pp. 84-690.
- [30] Y. Zheng, *et al.*, "Self-tracking in solvent-free, low-dimensional polymer electrolyte blends with lithium salts giving high ambient DC conductivityElectronic supplementary information (ESI) available: a molecular dynamics model with coloured atoms of the C16O5: II: Li salt complex from Cerius2 software. See <http://www.rsc.org/suppdata/cc/b0/b004174m>," *Chemical Communications*, pp. 1459-1460, 2000.
- [31] A. F. Aguirre, "Reporte de experiencias de la aplicación de competisoft en cinco mipymes colombianas," *Rev. EIA. Esc. Ing. Antioq*, pp. 107-122, 2010.

- [32] B. McFeeley, "IDEAL: A User's Guide for Software Process Improvement," DTIC Document 1996.
- [33] P. P. Chang, *et al.*, *IMPACT: an architectural framework for multiple-instruction-issue processors* vol. 19: ACM, 1991.
- [34] A. Anacleto, "Método e modelo de avaliação para melhoria de processos de software em micro e pequenas empresas," Dissertação de Mestrado pela Universidade Federal de Santa Catarina, Departamento de Informática e Estatística, 2004.
- [35] J. Hurtado, *et al.*, "Software Process Improvement Integral Model: Agile SPI," Technical Report SIMEP-SW-O&A-RT-6-V1. 02005.
- [36] P. A. Ramírez Aguirre and C. Ramírez Arias, "Estudio de las prácticas de calidad del software implementadas en las MIPYMES desarrolladoras de software de Pereira," 2010.
- [37] B. Curtis, *et al.*, "A field study of the software design process for large systems," *Communications of the ACM*, vol. 31, pp. 1268-1287, 1988.
- [38] V. Ribaud, *et al.*, "Software engineering support activities for very small entities," *Systems, Software and Services Process Improvement*, pp. 165-176.
- [39] E. Bareiša, *et al.*, "Software Engineering Process and its Improvement in the Academy," *Information technology and control, Kaunas, Technologija*, vol. 34, pp. 63-70, 2005.
- [40] R. Bendraou, *et al.*, "Definition of an Executable SPEM 2.0," in *Software Engineering Conference, 2007. APSEC 2007. 14th Asia-Pacific, 2007*, pp. 390-397.
- [41] P. Haumer, "Eclipse process framework composer," *Eclipse Foundation*, 2007.
- [42] W. Puente, "Técnicas de investigación," *Portal de RRPP. Recuperado el*, vol. 28, p. 2010, 2008.
- [43] F. Ruiz and J. Verdugo, "Guía de Uso de SPEM 2.0 con EPF Composer," *Grupo Alarcos, Ciudad Real*, 2008.