

Procedimiento para la medición organizacional en las SMEs de software basado en mediciones individuales de PSP.



Universidad
del Cauca

Cristian Ledesma Delgado
Deiber Gaviria Alvarado

Trabajo de grado para optar al título de Ingenieros de Sistemas

Director:
PhD. Francisco José Pino Correa

Universidad del Cauca

Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistema
Línea de Investigación de calidad del Software: Proceso y Producto
Popayán
2015

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

AGRADECIMIENTOS

Principalmente a Dios por la salud, sabiduría e inteligencia otorgada, por la oportunidad que nos brinda de cumplir nuestras metas por medio de este trabajo de grado.

A nuestros familiares por el apoyo y la confianza incondicional que nos brindaron durante la carrera.

A nuestro director Ph.D. Francisco José Pino por su apoyo, confianza y por transmitirnos sus conocimientos, los cuales nos permitieron culminar con éxito este trabajo de grado.

Por último, agradecer a todas las personas que de alguna u otra manera nos brindaron su apoyo, amistad y solidaridad.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN.....	8
1.1. OBJETIVOS.....	9
1.1.1. Objetivo General.....	9
1.1.2. Objetivos Específicos.....	9
1.2. ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN UTILIZADA.....	10
1.2.1. Ciclo Investigación Conceptual.....	10
1.2.2. Ciclo Investigación Metodológico.....	11
1.2.3. Ciclo Investigación Técnico.....	11
1.2.4. Ciclo Evaluación Procedimiento.....	12
1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO.....	12
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	13
2.1. MARCO TEORICO.....	13
2.1.1. Medición Software.....	13
2.1.1.1. Medición.....	13
2.1.1.2. Medida.....	13
2.1.1.3. Métrica.....	13
2.1.1.3.1. Métricas Software.....	13
2.1.1.4. Medición Organizacional.....	14
2.1.1.5. Necesidad de Información.....	14
2.1.2. Estándares y/o Referentes en Medición Software.....	14
2.1.2.1. GQM (Goal Question Metric).....	14
2.1.2.2. GQ(i)M (Goal Question Indicator Metric).....	15
2.1.2.3. PSM (Prácticas Software y Sistemas de Medición).....	15
2.1.2.4. Norma ISO/IEC 15939.....	16
2.1.2.5. CMMI área de “Medición y Análisis”.....	17
2.1.2.6. ISO/IEC 12207 área de Proceso de Medición.....	18
2.1.3. PSP (Personal Software Process).....	18
2.1.3.1. Breve Historia de PSP.....	19
2.1.3.2. Principios de PSP.....	19
2.1.3.3. Estructura de PSP (Fases).....	20
2.1.3.4. Niveles de PSP.....	21
2.1.3.5. Métricas PSP.....	22
2.1.3.5.1. Tipos de medidas de PSP.....	22
2.1.3.5.2. Métricas definidas en PSP.....	22
2.1.3.5.2.1. Métricas de Tiempo.....	22
2.1.3.5.2.2. Métricas de Tamaño.....	23
2.1.3.5.2.3. Métricas de Calidad (Defectos).....	23
2.1.3.5.2.4. Métricas de Calendario.....	24
2.1.4. Ontología de la Medición Software.....	24
2.1.5. SMEs (Small Medium Enterprises).....	25
2.1.5.1. Definición.....	25
2.1.5.2. Relevancia de las SMEs en la Industria Nacional.....	26

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

2.2. ESTADO DEL ARTE.....	29
2.2.1. Medición de Procesos PSP.....	29
2.2.1.1. <i>¿Por qué y cómo pueden las medidas relacionadas con humanos apoyar los procesos de desarrollo de software?</i>	29
2.2.1.2. Estudios sobre Medición Software teniendo en cuenta PSP.....	30
2.2.1.3. PSP en la Industria (SMEs) y en la Academia.....	30
2.2.1.3.1. <i>Mejora de proyectos de software utilizando PSP: un enfoque para un centro de Investigación y Desarrollo</i>	30
2.2.1.3.2. <i>Integración de PSP a los procesos ágiles: una revisión sistemática</i>	31
2.2.1.3.3. <i>La enseñanza de desarrollo de software disciplinado</i>	31
2.2.1.3.4. <i>Arquitectura orientada a servicios para software de apoyo para el proceso personal de software</i>	31
2.2.1.4. Automatización de PSP a través de Herramientas Software.....	32
2.2.2. Prácticas de Medición en SMEs.....	32
2.2.3. Medición Organizacional.....	33
2.2.4. Discusión.....	34
2.2.5. Aportes.....	34

CAPITULO III. PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL A PARTIR DE MÉTRICAS PSP.....	35
3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	36
3.1.1. Identificar las actividades y tareas de los principales métodos, marcos y estándares de medición software.....	36
3.1.2. Métricas PSP Adaptadas Mediante la Ontología de Medición.....	43
3.2. PLAN DE ACCIÓN.....	44
3.2.1. Analizar la estructura general de los referentes en medición a nivel de actividades y tareas.....	44
3.2.2. Realizar una comparación de las actividades y tareas identificadas con el fin de determinar cuáles pueden ser útiles para el procedimiento a elaborar.....	45
3.2.3. Seleccionar las actividades y tareas finales que serán Incluidas en el procedimiento propuesto.....	49
3.2.4. Definir las Métricas Organizacionales.....	51
3.3. RECOPIACIÓN DE DATOS.....	53
3.3.1. Elaborar el procedimiento a partir de las actividades y tareas seleccionadas.....	53
3.3.2. Identificar las necesidades de información que satisfacen las métricas organizacionales.....	76
3.3.3. Relacionar métricas organizacionales, necesidades de información y métricas PSP.....	78
3.3.4. Modelado del Procedimiento.....	78
3.3.4.1. Creación de los Elementos del Procedimiento.....	79
3.3.4.2. Establecimiento del Procedimiento.....	79
3.3.4.3. Publicación del Procedimiento.....	79

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

CAPITULO IV. EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO.....	80
4.1. INTRODUCCIÓN AL FOCUS GROUP.....	81
4.1.1. Estructura teórica del Focus Group.....	81
4.2. EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL CON FOCUS GROUP.....	82
4.2.1. Fase de planeamiento de la investigación.....	82
4.2.1.1. Definición del problema de investigación.....	82
4.2.2. Fase de definición de grupos de discusión.....	89
4.2.2.1. Selección de participantes.....	89
4.2.2.2. Segmentación de grupos.....	89
4.2.3. Fase de conducción de la sesión de debate.....	91
4.2.3.1. Secuencia básica.....	91
4.2.3.2. Captura de información.....	91
4.2.4. Fase de análisis de información y reporte de resultados.....	91
4.2.4.1. Análisis de información.....	91
4.2.4.2. Reporte de resultados.....	92
4.3. CAMBIOS INTRODUCIDOS AL PROCEDIMIENTO.....	99
CAPITULO V. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....	99
5.1. RESUMEN.....	101
5.2. CONCLUSIONES.....	101
5.3. REFLEXIÓN Y LECCIONES APRENDIDAS.....	102
5.4. TRABAJO FUTURO.....	103
REFERENCIAS.....	102

ANEXOS

Anexo 1. Documento de Apoyo PSP.

Anexo 2. Análisis Referentes en Medición.

Anexo 3. Comparación Referentes en Medición.

Anexo 4. Documento de Apoyo Medición Organizacional.

Anexo 5. Plantillas Productos de Trabajo.

Carpeta: Anexos Modelado Procedimiento.

❖ **Carpeta:** Imágenes Procedimiento Modelado BonitaSoft.

❖ **Carpeta:** Publicación Procedimiento para la Medición Organizacional.

❖ Modelado BonitaSoft Procedimiento para la Medición Organizacional.

Carpeta: Anexos Focus Group.

❖ **Anexo 1.** Recursos objeto de debate.

❖ **Anexo 2.** Recursos de planeamiento.

❖ **Anexo 3.** Reporte de participantes.

❖ **Anexo 4.** Memorias del debate.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrategia de Investigación.....	11
Figura 2. Fases del Método GQM.....	15
Figura 3. Metodología PSM.....	16
Figura 4. Modelo del Proceso de Medición de ISO/IEC 15939.....	17
Figura 5. Niveles CMMI.....	18
Figura 6. “Estructura del Proceso PSP”.....	20
Figura 7. “Evolución del Proceso Personal de Software”.....	21
Figura 8. Diagrama de la Ontología de la Medición de Software.....	25
Figura 9. Comparación área de proceso “Medición y Análisis” e ISO/IEC 12207.....	41
Figura 10. Relación actividades Norma ISO/IEC 15939 y actividades del Procedimiento.....	49
Figura 11. Enfoque Procedimiento.....	52
Figura 12. Diagrama de flujo del Procedimiento.....	53
Figura 13. Procedimiento para la Medición Organizacional en SMEs a partir de la Métricas PSP.....	58
Figura 14. Diagrama Actividad Definir Plan de Medición.....	61
Figura 15. Diagrama Actividad Elaborar Plan de Medición.....	64
Figura 16. Diagrama Generalización Actividad Elaborar Plan de Medición.....	65
Figura 17. Diagrama Actividad Ejecutar Plan de Medición.....	67
Figura 18. Diagrama Generalización Actividad Ejecutar Plan de Medición.....	68
Figura 19. Diagrama Actividad Recolectar y Disponer de los Datos.....	70
Figura 20. Diagrama Actividad Analizar e Interpretar los Datos.....	72
Figura 21. Diagrama Actividad Finalizar Plan de Medición.....	75
Figura 22. Actividad “Definir Plan de Medición” Modelada en BonitaSoft.....	79
Figura 23. Vista general procedimiento publicado en sitio web estático.....	79
Figura 24. Comprensibilidad objetivos 3 y 4.....	92
Figura 25. Facilidad de aprendizaje objetivo 5.....	93
Figura 26. Análisis encuesta preguntas A1.3 y A1.4.....	93
Figura 27. Análisis encuesta preguntas A1.5 y A1.8.....	94
Figura 28. Análisis encuesta preguntas A1.9 y A1.11.....	94
Figura 29. Análisis encuesta preguntas A1.12, A1.13, A1.14 y A1.15.....	95
Figura 30. Análisis encuesta preguntas A2.1 y A2.4.....	96
Figura 31. Análisis encuesta preguntas A2.5, A2.7 y A2.9.....	97

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. <i>Comparativo capacidad número de trabajadores y clasificación de la empresa a nivel nacional.....</i>	26
Tabla 2. <i>Actividades Principales de las Empresas.....</i>	27
Tabla 3. <i>Líneas de Negocio Empresas Encuestadas.....</i>	27
Tabla 4. <i>Comportamiento Exportaciones Empresariales.....</i>	28
Tabla 5. <i>Comportamiento Importaciones Empresariales.....</i>	28
Tabla 6. <i>Empresas por Cantidad de Empleados.....</i>	29
Tabla 7. <i>Fases del Ciclo de la investigación del Presente Trabajo.....</i>	35
Tabla 8. <i>Fases, Actividades y Tareas Método GQM.....</i>	36
Tabla 9. <i>Actividades Método GQ(i)M.....</i>	37
Tabla 10. <i>Actividades PSM (Prácticas Software y Sistemas de Medición).....</i>	38
Tabla 11. <i>Actividades y Tareas NORMA ISO/IEC 15939 (Proceso de Medición).....</i>	38
Tabla 12. <i>Actividades comparación área de procesos de medición. CMMI e ISO/IEC 12207.....</i>	41
Tabla 13. <i>Actividades y Tareas Metodología MIS-PyME.....</i>	42
Tabla 14. <i>Actividades y Tareas Metodología MEPLAMECAL y Proceso Híbrido.....</i>	43
Tabla 15. <i>Adaptación de Métricas PSP mediante la Ontología de Medición.....</i>	44
Tabla 16. <i>Estructura general referentes actividades y tareas de medición.....</i>	44
Tabla 17. <i>Análisis estructura general a nivel de Actividades de los Referentes de Medición.....</i>	46
Tabla 18. <i>Comparación entres referentes en medición a nivel de Actividades (Incluidas tareas).....</i>	47
Tabla 19. <i>Actividades y Tareas Procedimiento propuesto de Medición.....</i>	50
Tabla 20. <i>Definición de Métricas Organizacionales.....</i>	51
Tabla 21. <i>Definición de Métricas Organizacionales mediante la Ontología.....</i>	52
Tabla 22. <i>Definición general de la Actividad Definir Plan de Medición.....</i>	59
Tabla 23. <i>Definición general de la Actividad Elaborar Plan de Medición.....</i>	61
Tabla 24. <i>Definición general de la Actividad Ejecutar Plan de Medición.....</i>	65
Tabla 25. <i>Definición general de la Actividad Recolectar y Disponer de los Datos.....</i>	68
Tabla 26. <i>Definición general de la Actividad Analizar e Interpretar los Datos.....</i>	70
Tabla 27. <i>Definición general de la Actividad Finalizar Plan de Medición.....</i>	73
Tabla 28. <i>Necesidades de Información en base al análisis de datos propuesto por PSP.....</i>	76
Tabla 29. <i>Ejemplo relación Necesidad de Información, Métrica Organizacional y Métricas PSP.....</i>	77
Tabla 30. <i>Actividad de Modelado.....</i>	84
Tabla 31. <i>Actividad Cuestionario Grupal.....</i>	85
Tabla 32. <i>Actividad Cuestionario Evaluación Procedimiento.....</i>	86
Tabla 33. <i>Subgrupos de participantes.....</i>	89
Tabla 34. <i>Cambios introducidos al Procedimiento.....</i>	97

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas de software tienen la necesidad de mejorar sus procesos con el fin de garantizar la calidad y el éxito de sus productos. Para ello, están adoptando nuevos enfoques y herramientas que les permitan cumplir con sus objetivos de negocio[1]. La necesidad de mejorar conlleva a las organizaciones a implementar programas de medición¹ que se adapten a sus características; estos programas se convierten en un desafío para las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software (SMEs)², debido a que estas solo les interesa desarrollar sus productos a menor costo y en el menor tiempo posible[2].

Una razón importante del fracaso de los programas de medición en las SMEs, es que estas no cuentan con los recursos suficientes para llevarlos a cabo[3]. Por desgracia, los principales métodos y marcos que apoyan los programas de medición no tienen en cuenta los recursos que deben disponerse para dicho proceso. Sin embargo, las empresas desean aumentar su productividad adoptando estrategias a fin de ser más competitivas, para ello intentan definir programas de medición adaptados en el mejor de los casos a su nivel de madurez[4]. Estos aspectos son especialmente importantes si se tiene en cuenta que las SMEs representan la mayor parte de la industria de software en todo el mundo[5, 6].

Si bien, aunque muchas de las empresas se escudan bajo la consigna de que a pesar de no tener implementado ningún proceso de medición, sus utilidades parecen estar aseguradas; se plantea la hipótesis de que si dichos procesos de medición estuvieran implementados al interior de un proceso de mejora continua, esas utilidades serían cada vez mayores. Por este motivo, y teniendo en cuenta que existen métricas para llevar a cabo procesos de medición definidos, como por ejemplo las que plantea PSP (Personal Software Process)³ que permiten la medición personal[7]; sería de gran utilidad para las SMEs que existiera un procedimiento⁴ (en lo posible sencillo de aplicar), que además de garantizar la medición individual, permita a partir de ésta realizar una medición organizacional. Este procedimiento puede ayudar a las SMEs a entender los procesos involucrados en la medición, y además influir en la toma de decisiones y/o acciones dirigidas al apoyo de los procesos de mejora.

1. Programas de Medición: Definen los indicadores de software y las actividades de medición que apoyan las tareas de mejora de procesos en las organizaciones de software [8].

2. SMEs: Pequeña y mediana organización (www.smeiift.com/sme/SME_Overseas.asp). Para esta investigación se tendrán en cuenta las micro, pequeñas y medianas organizaciones de desarrollo de software[9].

3. PSP: Proceso de software personal dirigido hacia los desarrolladores de software de la organización.

4. Procedimiento: Hace referencia a la acción de proceder o al método y/o manera de ejecutar las cosas (www.rae.es).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

El procedimiento de medición que se plantea en el siguiente estudio, tendrá un enfoque dirigido hacia las métricas definidas en PSP, que serán utilizadas al interior de un proceso que permita generar un esquema de medición organizacional, es decir, el enfoque del esquema organizacional lo que pretende es establecer un procedimiento con el cual, se puedan definir necesidades de información sobre el desarrollo de software de la organización a partir del cual, sean satisfechas con las métricas definidas en PSP. Adicionalmente, se propone realizar un ejemplo de aplicación del procedimiento hipotético, definiendo posibles necesidades de información de una SMEs y basado en ellas definir cuáles serán las métricas de PSP más adecuadas para satisfacer esas necesidades de información.

Por último en cuanto al alcance, esta investigación abre un nuevo camino para que las SMEs, implementen sus programas de medición basados en PSP, con el fin de apoyar las necesidades de información para satisfacer objetivos de desarrollo de software organizacional, sin perder de vista que la medición es fundamental si se tiene una necesidad de información.

La pregunta de investigación que se desea responder con ésta investigación es:

¿Cómo lograr a partir de mediciones individuales una medición organizacional en las SMEs?

1.1. OBJETIVOS

Los objetivos del trabajo de investigación desarrollado se presentan a continuación:

1.1.1. *Objetivo General*

Elaborar un procedimiento⁴ que permita a las SMEs consolidar una medición organizacional, a partir de la integración de las mediciones individuales de sus empleados.

1.1.2. *Objetivos Específicos*

- Obtener los diferentes elementos conceptuales⁵ que están involucrados en la medición personal propuesta por PSP y en la medición organizacional.
- Proponer un procedimiento que permita a las empresas satisfacer sus necesidades de información organizacional teniendo como base los elementos identificados.

5. Elementos Conceptuales: Cada uno de los componentes que mediante las ideas o pensamientos expresados en palabras forman el entendimiento de un área de conocimiento específico (www.rae.es).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- Generar una guía electrónica⁶ de procesos mediante el modelado del procedimiento propuesto utilizando la herramienta (BonitaSoft)⁷.
- Evaluar el procedimiento propuesto mediante la técnica de evaluación por expertos (Focus Group)[10].

Los principales aportes con el cumplimiento de los objetivos son:

Proponer un procedimiento que permita generar un esquema de medición organizacional, a partir de las métricas definidas en PSP, permitiendo satisfacer necesidades de información sobre el desarrollo de software en la organización.

Ayudar a las SMEs a entender los procesos involucrados en la medición personal e influir en la toma de decisiones y/o acciones dirigidas al apoyo de los procesos de mejora.

1.2. ESTRATEGIA DE INVESTIGACION UTILIZADA

Para la definición y ejecución de la propuesta de investigación se empleará la estrategia de investigación (Ver **Figura 1**) basada en la metodología de investigación AR (investigación - acción) bifurcado [11, 12]. La estrategia parte de un ciclo de investigación inicial donde se identifican tres problemas de tipo conceptual, metodológico y técnico. Estos problemas permiten dividir el trabajo en tres ciclos de investigación independientes: ciclo conceptual, ciclo metodológico y ciclo técnico. Para este caso se incluirá además de los mencionados un ciclo de evaluación del procedimiento que dará soporte al objetivo del trabajo.

1.2.1. Ciclo Investigación Conceptual

Para el problema conceptual se ve la necesidad de identificar claramente la información que ayude a contextualizar el proyecto. Por lo anterior se ejecuta un ciclo de investigación conceptual donde sus principales fases son la identificación del problema y la recopilación de los datos, para ello se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Revisión del estado del arte sobre los métodos, procedimientos, técnicas, etc. Para la implantación de PSP.
- Revisión de la literatura relacionada a la medición organizacional en SMEs a partir de mediciones individuales.
- Identificar los elementos involucrados en la medición personal y en la medición organizacional.

6. Guía Electrónica de Procesos: Proporciona el conocimiento necesario para desempeñar cada una de las actividades y tareas de los procesos haciendo uso de la tecnología disponible [26].

7. BonitaSoft: Herramienta para el Modelado de Procesos de Negocio (www.bonitasoft.com).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

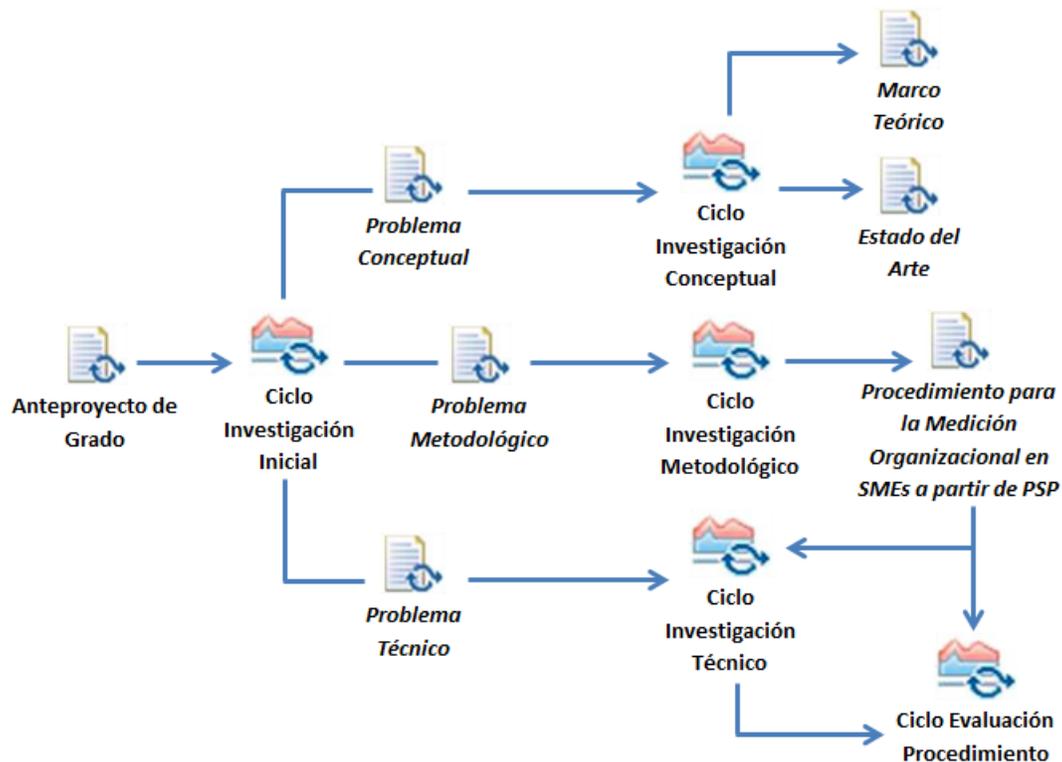


Figura 1. Estrategia de Investigación.

1.2.2. Ciclo Investigación Metodológico

Para el problema metodológico se analiza la información recolectada en el ciclo anterior y se ejecuta un ciclo de investigación metodológico donde sus principales fases son identificación del problema, el plan de acción y la recopilación de datos. Además, se incluye la construcción del documento final, plantillas para soportar el procedimiento, anexos y refinamiento de artefactos generados en la fase anterior. Se tendrán en cuenta las siguientes actividades:

- Determinar qué elementos se tendrán en cuenta para la construcción del procedimiento.
- Establecer las directrices que apoyan la formalización de la medición organizacional en SMEs.
- Generar la documentación que se considere necesaria para la aplicación de las directrices que componen el procedimiento.
- Creación de los componentes del procedimiento.

1.2.3. Ciclo Investigación Técnico

Para el problema técnico se consolida la información, con el fin de ejecutar el ciclo de investigación técnico donde se modela el procedimiento, para ello se tendrán en cuenta la siguiente actividad: Modelar el procedimiento en un lenguaje de modelado de procesos (BonitaSoft).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

1.2.4. Ciclo Evaluación Procedimiento

Para el ciclo de evaluación se tendrán en cuenta las siguientes actividades: Evaluar el procedimiento siguiendo el método de validación por expertos (Focus Group).

- Fase de planeamiento de la investigación.
- Fase de planeación de grupos de discusión.
- Fase de conducción de la sesión de debate.
- Fase de análisis de la información y reporte de resultados.

1.3. ESTRUCTURA DEL DOCUMENTO

El trabajo investigativo desarrollado en el presente trabajo de grado está organizado de la siguiente manera:

En el *Capítulo II - Marco Teórico y Estado del Arte*, se ejecuta el ciclo de investigación conceptual con el que se obtienen los conceptos importantes para la realización del marco teórico, tales conceptos están relacionados con: los referentes en medición software y su normativa ISO/IEC 15939, PSP (Personal Process Software), medición y métricas software, además de la definición e importancia de las SMEs en la industria del software nacional. También se estructura el estado del arte, en el que se presentan los trabajos considerados relevantes según la temática abordada: medición de procesos PSP, prácticas de medición en SMEs y lo referente a la medición organizacional.

En el *Capítulo III – Procedimiento para la Medición Organizacional en SMEs a partir de métricas PSP*, se ejecuta el ciclo de investigación metodológico para la identificación de los elementos que permitan elaborar el procedimiento que consolida una medición organizacional en SMEs a partir de métricas PSP. Por último, se ejecuta el ciclo de investigación técnico que permite modelar el procedimiento.

En el *Capítulo IV - Evaluación del Procedimiento*, se presenta un ciclo de evaluación del procedimiento que permite evaluar el procedimiento empleando el método de Focus Group.

Finalmente, en el *Capítulo V - Conclusiones y Trabajo Futuro*, se expresan las conclusiones del trabajo realizado, las lecciones aprendidas y se describen algunas propuestas para el trabajo futuro.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

En éste capítulo se incluyen tres secciones que permiten conceptualizar los temas relacionados con la medición software, el enfoque PSP y las SMEs. En la sección 2.1 (Marco Teórico) se incluye parte de la información base con la que se fundamenta esta investigación; en primer lugar se presentan las definiciones formales en el área de medición, medición software y estándares de medición, a continuación se presentan los conceptos fundamentales del PSP y las definiciones formales de las SMEs así como su relevancia en la industria. En la sección 2.2 (Estado del Arte) se incluye una revisión de la literatura sobre: las principales prácticas de medición, medición en SMEs, la implementación del PSP tanto a nivel académico como a nivel industrial en las SMEs, herramientas que automatizan la ejecución del PSP y Medición Organizacional. Finalmente, se hace la discusión del capítulo y se incluyen los aportes investigativos del proyecto de investigación desarrollado.

2.1. MARCO TEORICO

Con el fin de establecer una clara comprensión y entendimiento del presente trabajo de investigación es necesario detallar los proyectos, conceptos y las respectivas normativas utilizadas en el desarrollo del mismo.

2.1.1. Medición Software

La medición software permite entender, controlar y mejorar los procesos y productos software. Basados en [13], se describen los siguientes conceptos, tales como: Medición, Métrica, Medida y Necesidad de Información; los cuales se requieren para comprender que es la medición software.

2.1.1.1. Medición

La medición es la acción que permite obtener el valor de una medida (acción de medir). Además, cada medición produce una medida usando una métrica, la cual debe estar definida para el atributo objeto de la medición.

2.1.1.2. Medida

Es el resultado o dato que se genera a partir de una medición o acción de medir, basado en una métrica.

2.1.1.3. Métrica

Es una forma de medir (método de medición, función de cálculo o modelo de análisis) y una escala, definidas para realizar mediciones de uno o varios atributos.

2.1.1.3.1. Métricas Software

Las métricas software pueden ser de tres tipos, según el objetivo de medición y el contexto.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- *Métricas de Producto:* Representa una característica del producto en un instante de tiempo claramente determinado [14].
- *Métricas de Proceso:* Evalúan diferentes aspectos del proceso software, permitiendo a sus responsables efectuar previsiones de costes y esfuerzo, detectar anomalías, mejorar actividades, etc. [14].
- *Métricas de Proyecto:* Las métricas de proyectos y los indicadores derivados de ellos son utilizados por un administrador de proyectos y por un equipo de software para adaptar el flujo de trabajo del proyecto y las actividades técnicas [15]. El objetivo fundamental de medir un proyecto es reducir el coste total y el tiempo de desarrollo del mismo.

2.1.1.4. Medición Organizacional

Es el proceso que permite obtener el valor de las medidas mediante las cuales se satisfacen unas necesidades de información de la organización para entender, controlar y mejorar sus procesos, proyectos y productos.

2.1.1.5. Necesidad de Información

Es la información necesaria para gestionar un proyecto (sus objetivos, hitos, riesgos y problemas), también se asocia a un concepto medible. Por lo tanto, se debe tener en cuenta que la medición es fundamental si se tiene una necesidad de información.

2.1.2. Estándares y/o Referentes en Medición Software

2.1.2.1. GQM (Goal Question Metric)

El método GQM [16] establece directrices a través de las cuales se puede definir un programa de medición: el contexto, los objetivos y el plan de proceso de medición. También proporciona reglas para la recopilación de datos, el análisis, la interpretación de los resultados y la identificación de posibles mejoras. GQM es un modelo que establece objetivos de medición refinados por medio de un conjunto de preguntas cuantificables que se utilizan para identificar qué datos deben recogerse para apoyar el proceso de toma de decisiones. Los datos requeridos proporcionan orientación en la construcción y la selección de indicadores apropiados con el fin de obtener y seleccionar las métricas para una tarea determinada orientada hacia los objetivos.

El método GQM se compone de las siguientes cuatro fases: planificación, definición, recopilación e interpretación de datos (Ver **Figura 2**).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

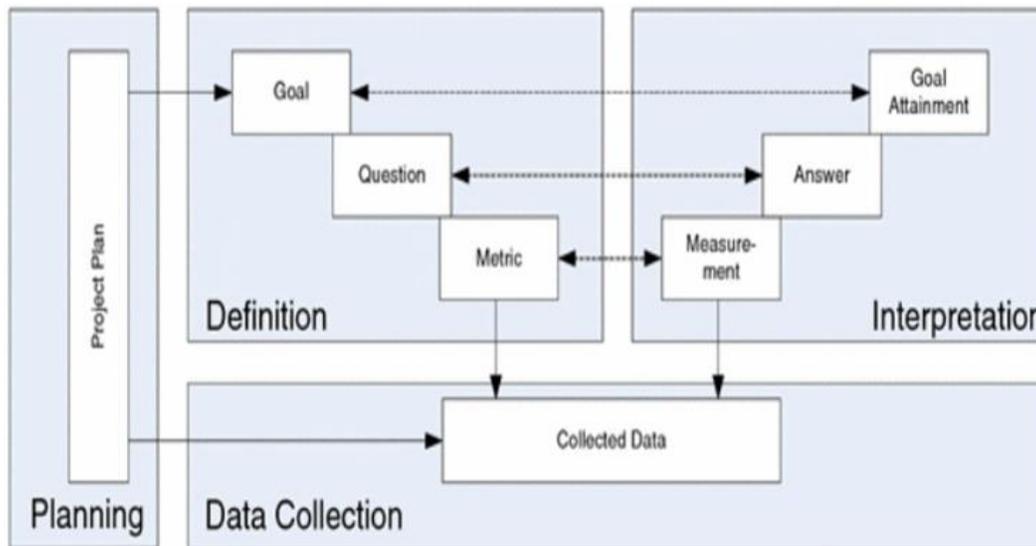


Figura 2. Fases del Método GQM.

2.1.2.2. GQ(i)M (Goal Question Indicator Metric)

El GQ(i)M [17] proporciona una extensión de la fase de planificación del método GQM, mejora la forma en que las medidas se derivan de los objetivos de negocio y proporciona plantillas útiles que ayudan a definir objetivos, indicadores, medidas, datos recopilados, la representación del indicador, hojas de análisis, etc. El instrumento clave en esta metodología es el indicador, que se utiliza para vincular y encapsular la información del objetivo de medición con la medida. GQ(i)M proporciona una plantilla que define con precisión la información relativa del indicador ("quién", "qué", "dónde", "cuándo", "por qué" y "cómo").

Esta metodología (GQ(i)M) ofrece 10 pasos para cubrir la fase de definición del programa de medición. La primera trata de pasos directamente relacionados con la identificación de los objetivos de negocio y por lo tanto, en contraste con GQM, determina claramente que el objetivo del programa de medición es apoyar un objetivo de negocio. Los siguientes pasos, antes de la definición de los objetivos de medición, proporcionan directrices y preguntas a través de las cuales se derivan las preguntas, entidades y atributos que se especifican en los objetivos de medición. El siguiente sistema excepcional de medidas tiene como objetivo definir los indicadores, que son los elementos principales que ofrece esta metodología.

2.1.2.3. PSM (Prácticas Software y Sistemas de Medición)

El objetivo de PSM [18] es proporcionar a los proyectos y a los directores técnicos las mejores prácticas y directrices en la medición del software. Se basa en los principios de medición probados y derivados de la experiencia real en proyectos del gobierno y la industria. Por lo tanto, el PSM se debe considerar como una herramienta de gestión eficaz que no sólo explica lo que debe hacerse, sino también cómo hacerlo, dependiendo del proyecto y de la organización.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

El modelo de proceso de medición se divide en cuatro actividades principales (Ver **Figura 3**): Adaptación de la medición (Planificación de medición), Aplicación de la medida (Medición del desempeño), Evaluación de medidas y Compromiso establecimiento y mantenimiento (Proceso de implementación).

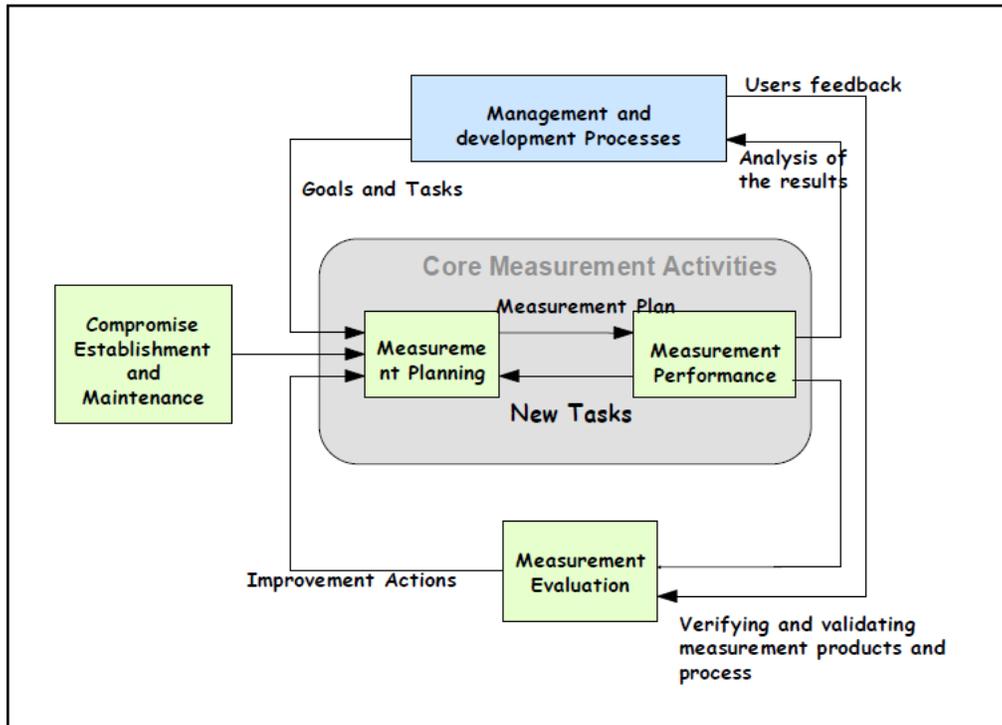


Figura 3. Metodología PSM.

2.1.2.4. Norma ISO/IEC 15939

La norma ISO/IEC 15939 (Sistemas e ingeniería de software - Proceso de medición) define las actividades y tareas necesarias para poner en práctica un proceso de medición [19]. El propósito del proceso de medición que se define en esta Norma Internacional es recoger, analizar y reportar los datos relativos a los productos desarrollados y procesos implementados dentro de la unidad organizativa, para apoyar la gestión eficaz de los procesos, y para demostrar objetivamente la calidad de los productos [19]. Razón por la cual dicha norma puede ser tomada por la industria del software como referente para la implementación de procesos de medición dentro de la organización.

El proceso de medición definido en la Norma ISO/IEC 15939 se compone de cuatro actividades como se ilustra en el modelo de proceso en la **Figura 4**. Las actividades están secuenciadas en un ciclo iterativo que permite la retroalimentación y mejora continua del proceso de medición [19].

La **Figura 4**. También muestra que el Núcleo del Proceso de Medición es impulsado por las necesidades de información de la organización.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

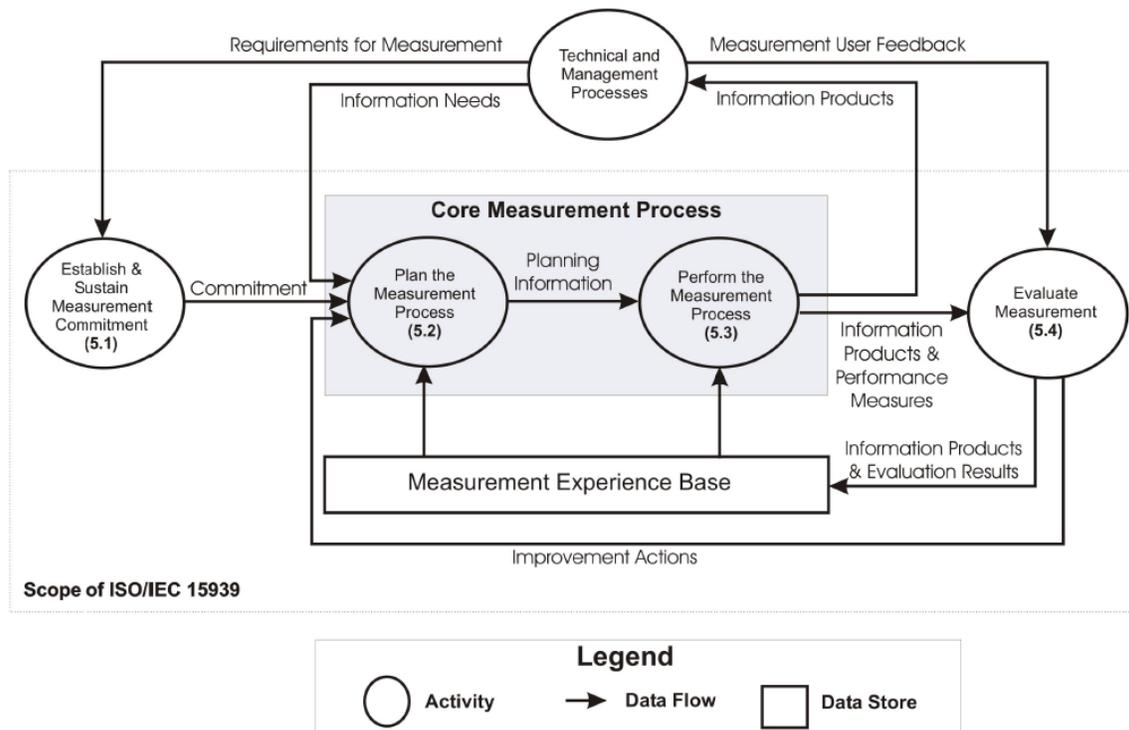


Figura 4. Modelo del Proceso de Medición de ISO/IEC 15939 [19].

Para cada necesidad de información, el Núcleo del Proceso de Medición origina un producto de información que satisface la necesidad de información. La información del producto se transmite a la organización como base para la toma de decisiones.

2.1.2.5. CMMI área de “Medición y Análisis”

El propósito del CMMI [20] es ayudar a las organizaciones a mejorar sus procesos de desarrollo y mantenimiento de software. CMMI describe buenas prácticas que dirigen las actividades de desarrollo y mantenimiento de software aplicadas a productos y servicios. En este modelo se abordan las prácticas que cubren el ciclo de vida del producto desde la concepción hasta la entrega y mantenimiento. Se hace hincapié en el trabajo necesario para construir y mantener el producto completo.

Para mejorar los procesos de una organización y por tanto, para evaluar las organizaciones, CMMI establece 2 representaciones: la representación continua donde las áreas de proceso se han organizado en 4 categorías (Soporte, Ingeniería, Gestión de Proyecto y Gestión de Proceso) y la representación escalonada en el que las áreas de proceso se han organizado en niveles de madurez. A continuación en la **Figura 5** se presenta las estructuras de las representaciones continua y escalonada. La representación escalonada utiliza niveles de madurez, mientras la representación continúa niveles de capacidad.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

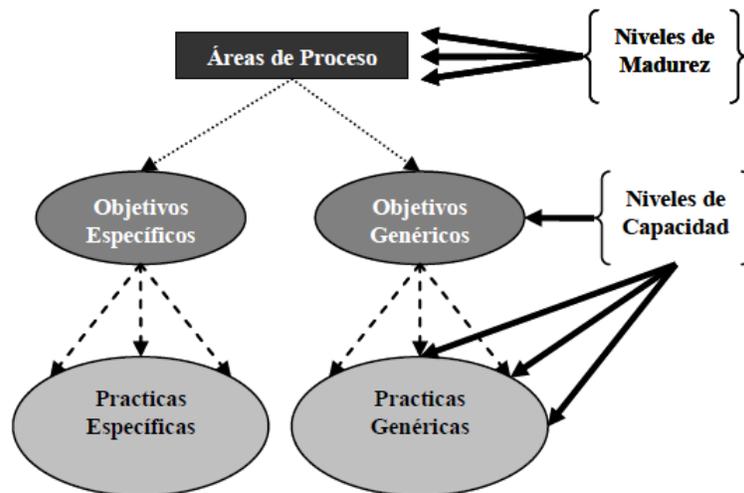


Figura 5. Niveles CMMI.

El propósito del área de proceso “Medición y Análisis” (MA) que forma parte del nivel 2 de madurez del modelo CMMI, es desarrollar y mantener una capacidad de medición que sea utilizada para apoyar las necesidades de información de gestión.

2.1.2.6. ISO/IEC 12207 área de Proceso de Medición

El propósito de la norma ISO/IEC 12207 [21] es proporcionar un conjunto definido de procesos para facilitar la comunicación entre compradores, proveedores y otras partes interesadas en el ciclo de vida de un producto de software. Esta Norma Internacional está dirigida a los adquirentes de los sistemas y productos de software y servicios y de proveedores, desarrolladores, operadores, mantenedores, administradores, gerentes de aseguramiento de la calidad, y los usuarios de los productos de software.

El propósito del proceso de medición de la norma ISO/IEC 12207 es recoger, analizar y reportar los datos relativos a los productos desarrollados y procesos implementados dentro de la unidad de la organización, para apoyar la gestión eficaz de los procesos, y para demostrar objetivamente la calidad de los productos. Pondrá en práctica las siguientes actividades de acuerdo con las políticas de la organización y procedimientos aplicables en relación con el proceso de medición: Planeación de mediciones, Evaluación de mediciones y la Ejecución de la Medición.

2.1.3. PSP (Personal Software Process)

El PSP fue diseñado para ayudar a los ingenieros del software a hacer bien su trabajo. Muestra cómo aplicar métodos avanzados de ingeniería a sus tareas diarias. Proporciona métodos detallados de planificación y estimación, muestra a los ingenieros cómo controlar su rendimiento frente a estos planes y explica cómo los procesos definidos guían su trabajo [7].

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

2.1.3.1. Breve Historia de PSP

La estrategia de “Prueba y error” fue utilizada por la industria en general hasta la década de los 70 y 80, fue entonces cuando W. Edwards Deming y J.M. Juran dieron a conocer la importancia de llevar a cabo la mejora en los procesos del desarrollo del trabajo y de los productos [22, 23]. Gracias a este enfoque se lograron grandes avances en cuanto a la calidad de los productos de la industria en general.

En cuanto a la industria específica del software, el uso de pruebas seguía siendo la principal forma de administrar la calidad. El primero en incorporar un modelo de calidad en la misma dirección de Deming y Juran, fue Michael Fagan que introdujo las inspecciones del software en 1976[24]. Lo cual ayudó a la mejora substancial de la calidad de los productos. Otro avance significativo en la búsqueda de la mejora de la calidad del software se realizó con la aparición del modelo de capacidad de madurez (CMM) en 1987 desarrollado por Watts S. Humphrey. CMM ha tenido un efecto positivo en el funcionamiento de las organizaciones de software[25].

Después de que Watts S. Humphrey condujera el desarrollo inicial de CMM para software, se decidió aplicar los principios de CMM a los programas pequeños[7]. El interés se centraba en cómo aplicar los principios de CMM a las organizaciones pequeñas; cuando en 1989 Humphrey fue vinculado de tiempo completo por el Software Engineering Institute (SEI), dedicó sus esfuerzos durante los 3 años siguientes al desarrollo de PSP. Humphrey después escribió un libro que les proporcionó a varios asociados el material necesario para enseñar cursos de PSP. En septiembre de 1993, Howie Dow enseñó el primer curso de PSP a cuatro estudiantes graduados en la Universidad de Massachusetts[7].

Humphrey también enseñó el curso de PSP durante el semestre del invierno de 1993-1994 en la universidad de Carnegie Mellon, al igual que Nazim Madhavji en la Universidad McGill y Soheil Khajanoori lo enseñó en la Universidad Aeronáutica de Embry. De acuerdo con las experiencias y los datos que proporcionaron estos cursos, Humphrey realizó la revisión del libro de PSP y publicó la versión final a finales de 1994[26].

2.1.3.2. Principios de PSP

El diseño de PSP se basa en los siguientes principios de planificación y de calidad[26]:

- Cada ingeniero es diferente; para ser más eficaces, los ingenieros deben planificar su trabajo y tienen que basar sus planes en sus propios datos personales.
- Para mejorar constantemente su rendimiento, los ingenieros deben utilizar personalmente procesos bien definidos y medidos.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- Para producir productos de calidad, los ingenieros deben sentirse personalmente responsables de la calidad de sus productos. Productos de calidad superior no son producidos por error; los ingenieros deben esforzarse por hacer un trabajo de calidad.
- Cuesta menos en un proceso encontrar y solucionar los defectos en la etapa inicial que encontrarlos en las etapas subsecuentes.
- Es más eficaz prevenir los defectos que encontrarlos y arreglarlos.
- La manera correcta de hacer las cosas es siempre la manera más rápida y más barata de hacer un trabajo.

2.1.3.3. Estructura de PSP (Fases)

La estructura del proceso de PSP se muestra conceptualmente en la **Figura 6**. Comenzando con una declaración de requisitos, el primer paso en el proceso de PSP es la planificación. Hay una secuencia de comandos de planificación que orienta este trabajo y un resumen del plan para el registro de los datos de planificación. Mientras que los ingenieros están siguiendo el script para hacer el trabajo, registran su tiempo y datos de defectos en el tiempo y los registros de defectos. Al final del trabajo, durante la fase de post-mortem (PM), que resumen el tiempo y datos de defectos de los registros, se mide el tamaño del programa, y entran estos datos en forma resumida al plan. Cuando haya terminado, entregan el producto terminado, junto con el formulario de resumen del plan terminado[7].

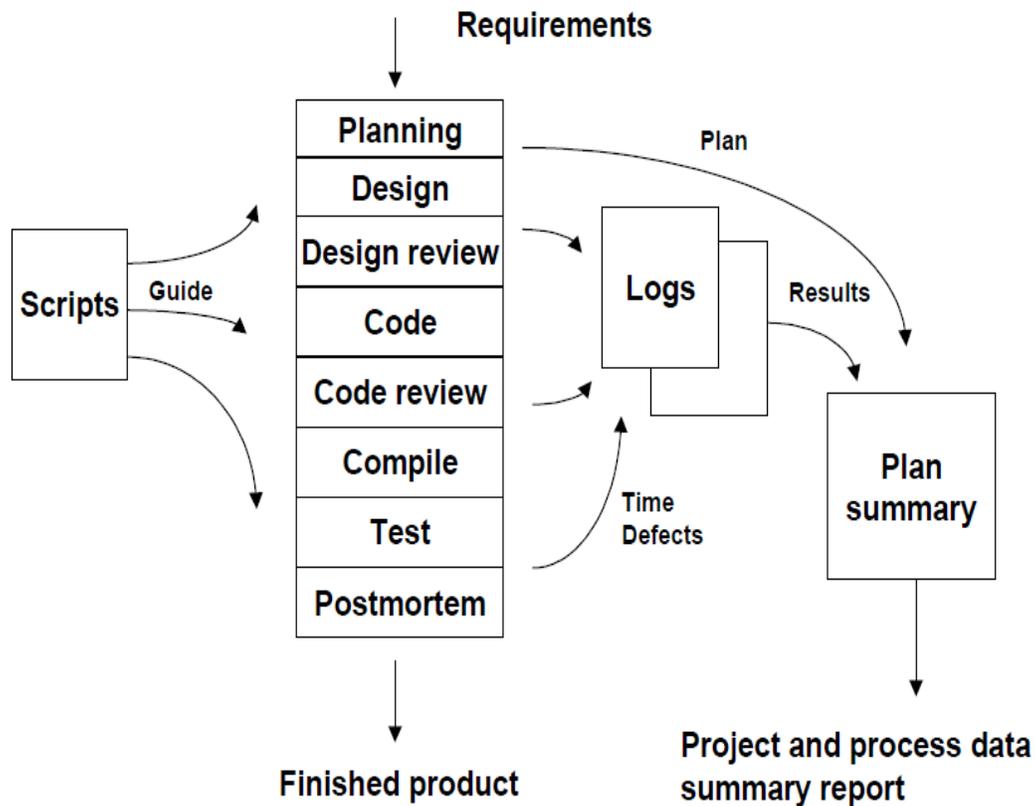


Figura 6. “Estructura del Proceso PSP” [7].

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

2.1.3.4. Niveles de PSP

“Para instruir a los ingenieros en los conceptos del PSP se utiliza un proceso de adaptación o madurez, a través del cual el ingeniero se va familiarizando gradualmente con sus buenas prácticas. Para esto Humphrey construye un framework de madurez el cual presenta una serie de siete niveles del proceso: PSP0, PSP0.1, PSP1, PSP1.1, PSP2, PSP2.1 y PSP3. Cada uno de estos niveles extiende el anterior introduciendo al ingeniero en un nuevo conjunto de prácticas y proporcionándole nuevos elementos como formularios, scripts y estándares, que lo asisten en la ejecución de dichas prácticas. Al terminar el nivel 2.1 el ingeniero domina todos los conceptos de PSP y puede ejecutar el proceso de forma completa. Durante el nivel 3 se introducen técnicas para el desarrollo de proyectos a gran escala. La estrategia de PSP3 es dividir el proyecto en pequeños módulos de forma de poder aplicar PSP2.1 en cada uno de ellos.”[27]. La **Figura 7**. Ilustra el modelo de madurez de siete niveles de PSP.

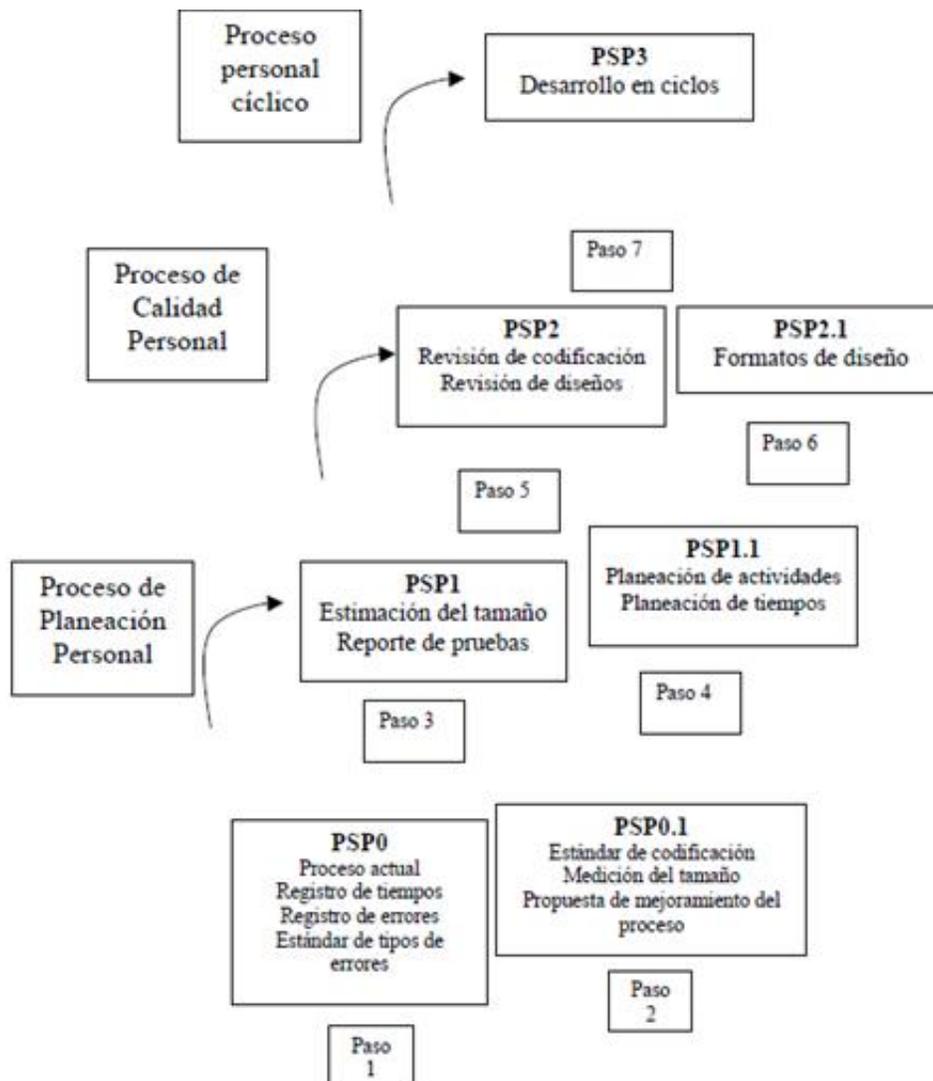


Figura 7. “Evolución del Proceso Personal de Software” [28].

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

2.1.3.5. Métricas PSP

En PSP se utilizan las métricas con el propósito de identificar y evaluar los cambios hechos al proceso y a su vez determinar si han sido efectivos e implementados lógicamente.

2.1.3.5.1 Tipos de medidas de PSP

En PSP hay 2 tipos principales de medidas utilizadas: medidas de artefacto y medidas del proceso.

- Las medidas de artefacto se utilizan para cuantificar las características del producto, tales como el tamaño del producto o los defectos encontrados por elemento.
- Las medidas del proceso describen o cuantifican el proceso de desarrollo o de corrección utilizado, y se clasifican como métricas históricas o actuales.
 - Las métricas históricas del proceso se utilizan después de que el proceso se ha realizado para registrar los datos reales, tales como el tiempo de inspección, el tiempo de prueba, etc.
 - Las métricas actuales del proceso se utilizan mientras se está ejecutando el proceso se utilizan para registrar datos como la duración de las reuniones de inspección, el tiempo de revisión de código como porcentaje del tiempo total de codificación y similares.

Tanto las métricas de artefactos como las de proceso pueden basarse en mediciones individuales o múltiples. La elección de métricas únicas o múltiples depende de la naturaleza de los datos y el uso que se le dará a cada una. Cuando se toman métricas múltiples, es necesario un procedimiento estadísticamente sensato para calcular los valores de utilización de estas métricas.

2.1.3.5.2 Métricas definidas en PSP

2.1.3.5.2.1 Métricas de Tiempo

El tiempo se mide en minutos y se registra mientras se está haciendo el trabajo, porque los tiempos registrados después es más probable que sean inexactos. A continuación se presentan algunas de las métricas de tiempo, para más detalles dirigirse al **Anexo 1**:

- El **interrupt time** no se incluye en la medición del tiempo para una tarea o fase del proceso. Si hay una interrupción durante el trabajo, ese tiempo se resta de la medición del tiempo.
- El **off-task time** es el tiempo haciendo otras cosas que las tareas del proyecto previsto, por lo general, no es medido o un seguimiento, ya que no contribuye a alcanzar los objetivos de horario establecido. **off-task time** incluye el tiempo pasado en la gestión administrativa y en reuniones, asistir a cursos de formación, lectura de correo electrónico, o cualquiera de las otras actividades esenciales que un miembro del equipo debe hacer. **off-task time** para una

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

tarea determinada o período de trabajo se calcula restando el **delta time** total del tiempo total dedicado a una tarea.

- **Delta time** es el tiempo que se tardó en completar una tarea o fase del proceso. Se calcula como el tiempo final menos el tiempo de inicio (menos el tiempo de interrupción).

2.1.3.5.2.2 Métricas de Tamaño

Una métrica de tamaño se utiliza para medir qué tan grande es un producto de trabajo. Las métricas de tamaño se seleccionan de manera que sean apropiadas para el producto de trabajo.

Los datos de las métricas de tamaño deben recogerse en tiempo real en la medida de lo posible porque los datos recogidos después de los hechos es más probable que sean inexactos. La medición de tamaño se aplica no sólo a los componentes del producto final, sino también a los componentes y versiones provisionales de los productos.

Los datos de tamaño son más exactos cuando se recopilan utilizando una herramienta automática en la que se registran tanto el tamaño planeado como el real de los componentes de productos diferentes. La herramienta debe calcular los totales de los datos para cada categoría de tamaño o de otra manera, garantizar la propia consistencia de los datos que obtiene. Los métodos de conteo de tamaño de PSP define métricas para más detalles dirigirse al **Anexo 1**.

- **Base (B)**: La parte no modificada del programa a la que se añaden mejoras posteriores.
- **Added (A)**: Código que se agrega a la base.
- **Modified (M)**: La parte de la base de código que se cambia.
- **Deleted (D)**: La parte de la base de código que posteriormente se borra.
- **Reused (R)**: Partes o elementos que son copiados sin cambios de una fuente distinta de la base.
- **Added and Modified (A&M)**: Todo el código añadido y modificado.
- **New Reusable (NR)**: Una parte o elemento que se desarrolla con la intención de volverlo a utilizar después.
- **Total (T)**: El tamaño completo del programa.

2.1.3.5.2.3 Métricas de Calidad (Defectos)

Los datos de PSP permiten la determinación de medidas de calidad de producto y del proceso así como de la eficacia del proceso en la eliminación de defectos. Algunas de las métricas de calidad y defectos definidas en PSP son: (para más detalles dirigirse al **Anexo 1**).

- **To-date percent defects injected and to-date percent defects removed (porcentaje de defectos inyectados y defectos removidos a la fecha)**: El porcentaje de defectos insertados a la fecha es el porcentaje de defectos

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

insertados en cada fase. El porcentaje de defectos removidos a la fecha es el porcentaje de defectos removidos en cada fase.

- **Yield (rendimiento):** El yield es el porcentaje de defectos en el producto que se eliminan en una fase particular o grupo de fases. Una métrica de yield se puede calcular para cualquier fase o grupo de fases.
- **Phase Yield (yield de fase):** Phase yield es el porcentaje de defectos removidos durante una fase.

2.1.3.5.2.4 Métricas de Calendario

Las métricas de calendario o valor ganado en PSP, permiten realizar la planificación y estimación de tareas, para llevar a cabo la medición, rastreo y administración de cada uno de los pasos del trabajo realizado. A continuación se presentan algunas de las métricas de calendario, para más detalles dirigirse al **Anexo 1**.

- **PV for each task:** Es el valor planeado para cada tarea.
- **PV for each time period:** Valor planeado para cada periodo de tiempo.
- **PV for a given time period:** Valor planeado acumulado para un periodo de tiempo.

2.1.4. Ontología de la Medición Software

La medición de software es una disciplina relativamente joven [13], esto hacia que no se tuvieran criterios comunes en cuanto a las definiciones de los términos utilizados en dicha disciplina. En [29] se realizó un trabajo de investigación en pro de dar una solución a este percance y tratar de unificar las diferencias que existían entre los principales estándares de medición más utilizados y así crear una terminología consistente; además la ontología presentada en [29] se basa principalmente en la ISO International Vocabulary of basic y en la norma ISO / IEC 15939. A partir de la creación de esta ontología en el año 2006, esta es la que se utiliza para la definición de los términos en los procesos de medición. A continuación se muestra el modelo en UML completo de la ontología de la medición del software, mostrando todos sus términos, atributos e interrelaciones (Ver **Figura 8**).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

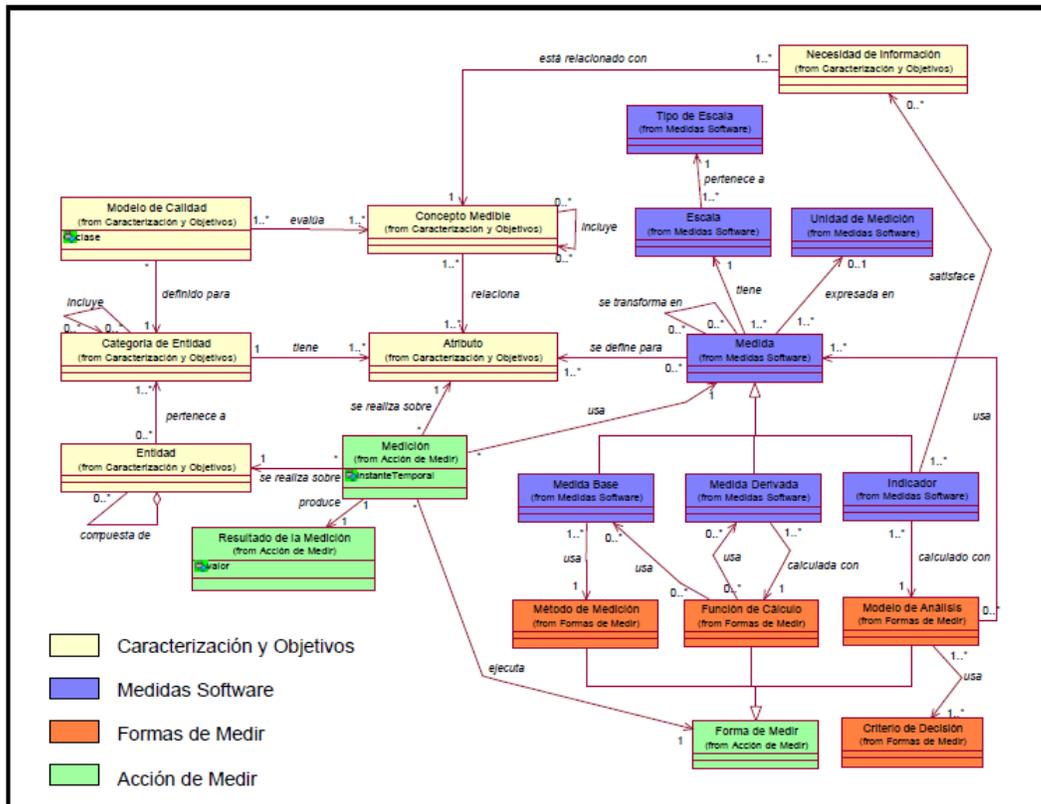


Figura 8. Diagrama de la Ontología de la Medición de Software [29].

2.1.5. SMEs (Small Medium Enterprises)

Para esta investigación SMEs se denomina o hace referencia a las pequeñas y medianas empresas de desarrollo de software. A continuación se especifica que es una SMEs, con el objetivo de dar a conocer este tipo de empresas y su papel en la industria nacional e internacional.

2.1.5.1. Definición

Con base en [9], las SMEs son empresas u organizaciones que tienen características propias con culturas e intereses particulares. La industria del software está conformada en su gran mayoría por este tipo de empresas (pequeñas y medianas), las cuales cuentan aproximadamente con una fuerza de trabajo de hasta 50 empleados para las pequeñas y 250 para las medianas (dependiendo del país), constituyéndose en una parte fundamental en el crecimiento de la economía de su región. Algunas de sus características a continuación:

- Son flexibles en su organización interna frente a la rigidez que suele acompañar a las grandes compañías.
- Tienen un estilo de gestión muy diferente de las grandes.
- No tienen departamentos especiales que les permitan realizar tareas complejas, es decir, no disponen de especialistas en temas concretos.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- Gozan de recursos financieros limitados. No pueden permitirse el lujo de comprar o contratar todo lo que necesitan.
- Necesitan personal específico y especialmente formado para los programas de mejora de los procesos de software. También necesitan asesores, que son un personal muy costoso.

En el contexto nacional, según el Artículo 2° de la ley 905 de 2004, se clasifican las micro, pequeñas y medianas empresas (MSMEs) según su tamaño: la microempresa cuenta con una planta de personal no superior a diez (10) trabajadores, la pequeña empresa cuenta con una cantidad de personal entre once (11) y cincuenta (50) trabajadores, la mediana empresa cuenta con una cantidad de personal entre cincuenta y uno (51) y doscientos (200) trabajadores, por último la gran empresa que cuenta con más de doscientos (200) trabajadores. En la siguiente tabla (Ver **Tabla 1**) se hace un comparativo entre la capacidad en número de trabajadores y la clasificación de la empresa a nivel nacional.

# Trabajadores	Tipo de Empresa
10	Micro Empresa
11	Pequeña Empresa
50	
51	Mediana Empresa
200	
Mayor a 200	Gran Empresa

Tabla 1. Comparativo capacidad número de trabajadores y clasificación de la empresa a nivel nacional.

2.1.5.2. Relevancia de las SMEs en la Industria Nacional.

El software es una parte de las tecnologías de la información y las comunicaciones, que adquieren gran relevancia en la actualidad por ser el medio que permite generar ventaja competitiva en los demás sectores económicos, de allí la importancia de ser estudiado e impulsado por los gobiernos como fuente de crecimiento. Colombia no es ajena a ello, por eso las fortalezas y debilidades de la industria nacional (entre ellas las SMEs) han sido identificadas por diferentes organizaciones mediante diversos estudios que han ayudado a la caracterización del sector, como las siguientes: FEDESOFTEC, INTERSOFTWARE, PROEXPORT, entre otras[30, 31].

Con el fin de aclarar la información y mirar el desempeño de las SMEs a nivel nacional, a continuación se muestran algunos de los resultados de la encuesta elaborada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones–MINTIC, a través del Programa para el Fortalecimiento de la Industria de Tecnologías de la TI–FITI y FEDESOFTEC, aplicada a las empresas que desarrollan, comercializan, licencian y prestan servicios software[32].

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

El principal objetivo de la encuesta fue capturar información que permitiese determinar las características de la oferta y la demanda de bienes y servicios de las empresas de software y servicios relacionados: sus principales actividades económicas, las líneas de negocio preferidas, los sectores económicos que demandan sus servicios y su distribución regional. La encuesta fue respondida en su totalidad por 962 empresas y parcialmente por 158 empresas[32]. Algunos de los resultados más relevantes se presentan a continuación:

- De la empresas encuestadas el 54.2 % tienen como labor primordial el desarrollo de software mientras que el 20.1 % se dedican a la comercialización o licenciamiento del software y el 25,4 % prestan servicios de software tal como se muestra en la siguiente tabla (Ver **Tabla 2**):

Actividad de las Empresas	No. De Empresas	%
Desarrollo Software	607	54,2%
Comercialización y Licenciamiento de Software	225	20,1%
Servicio de Software	285	25,4%
No informa	3	0,3%
TOTAL	1120	100,0%

Tabla 2. Actividades Principales de las Empresas.

- A continuación, se presentan las líneas de negocio principales seleccionadas por las empresas encuestadas (Ver **Tabla 3**), aclarando que cada una estaba en libertad de escoger más de una opción. Las cuatro líneas de negocio en la industria del software nacional son: el 63% de las encuestadas ofrece Desarrollo a la Medida, el 50 % Servicios de Consultoría, el 48% Desarrollo de Aplicaciones Web y el 41% ofrece Soporte y Mantenimiento de Software.

Línea de Negocio	No. De Empresas
Desarrollo a la Medida	706
Servicios de Consultoría	562
Desarrollo de Aplicaciones Web	544
Soporte y Mantenimiento de Software	460
Seguridad Informática	384
Computación en la Nube	371
Integración de Sistemas	329
Capacitación y Entrenamiento	328
Infraestructura Tecnológica	315
Tecnologías Transversales: BPM, CRM, ERP, ECM, BI y BSC	307
Integración de Redes	305
Mejora de Procesos	301
Aplicaciones Móviles	289

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Comercio Electrónico	285
Portales, Redes Sociales, Web 2.0	272
Gestión Documental	255
Servicios de Migración y Calidad de Datos	250
Sistemas Personales	242
Outsourcing de Sistemas de Información	234
e-Marketing, e-Learning	242
Testing de Software	228
Planeación de Sistemas, SOA e Integración	214
Outsourcing de Infraestructura	210
Animación Digital/Video Juegos	207
Outsourcing de Procesos (BPO)	196
Mayorista (Ventas de soluciones de Software al por mayor)	190
Institución Académica	190

Tabla 3. Líneas de Negocio Empresas Encuestadas.

- El estudio también nos muestra el comportamiento de las exportaciones e importaciones entre los años 2010 y 2011. El porcentaje de empresas que respondió que exportaba software o servicios es muy bajo: 2% en el 2010 y 4.5% en 2011, aunque se percibe un crecimiento en el número de empresas y en el monto exportado (Ver **Tabla 4**). Al igual que en la importaciones donde el porcentaje de empresas que importaron es muy bajo: 5% en el 2010 y 7% en 2011, pero existe un leve incremento (Ver **Tabla 5**).

	2010		2011	
	Empresas Exportadoras	Valor de Exportación USD	Empresas Exportadoras	Valor de Exportación USD
Software	20	22.049.944	24	31.309.161
Servicios	12	3.561.668	21	4.507.928

Tabla 4. Comportamiento Exportaciones Empresariales.

	2010		2011	
	Empresas Importadoras	Valor de Importación USD	Empresas Importadoras	Valor de Importación USD
Hardware	20	864.470	23	1.949.803
Software	33	1.506.961	42	1.975.728

Tabla 5. Comportamiento Importaciones Empresariales.

- En cuanto al personal empleado, el 76.8%, tiene menos de 50 empleados, con lo cual se puede inferir que este segmento es el mayor y corresponde a las micro y pequeñas empresas. Debido a que esta investigación va dirigida a las pequeñas y medianas empresas desarrolladoras de software, es

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

pertinente mencionar que el 5,9% corresponde a las medianas empresas que tiene entre 51 y 200 empleados (Ver **Tabla 6**).

Rango por Número de Empleados	No. De Empresas	%
1 a 50 Personas	860	76,80%
51 a 100 Personas	45	4,00%
101 a 200 Personas	21	1,90%
201 a 300 Personas	9	0,80%
301 a 400 Personas	1	0,10%
401 a 500 Personas	4	0,40%
Más de 500 Personas	8	0,70%
No informo	172	15,40%
TOTAL	1120	100,00%

Tabla 6. Empresas por Cantidad de Empleados.

2.2. ESTADO DEL ARTE

A continuación se presentan diferentes estudios que están relacionados con medición de procesos PSP en SMEs, las prácticas de medición en SMEs y mediciones organizacionales. De dichos estudios inicialmente se presenta la propuesta, los resultados, un aporte para nuestro trabajo y la diferencia de la propuesta con respecto a nuestro trabajo. Posteriormente se hace una discusión sobre los trabajos relacionados.

2.2.1. Medición de Procesos PSP

2.2.1.1. ¿Por qué y cómo pueden las medidas relacionadas con humanos apoyar los procesos de desarrollo de software? [33]

En esta investigación se discute que la mayoría de los problemas en el desarrollo de los proyectos software están relacionados con los aspectos humanos, para ello proponen cómo incorporar las métricas relacionadas con esos aspectos en los procesos de desarrollo, abordando lo cognitivo (auto-aprendizaje) y lo social (colaboración entre miembros del equipo) tanto en el individuo como en el equipo de trabajo. Además, esta propuesta hace hincapié en las principales facetas de la ingeniería de software a nivel individual y en equipo. Por último, sugieren como trabajo futuro la integración de un modelo de medición que tenga en cuenta los aspectos técnicos, administrativos y humanos. Sin embargo, este estudio deja de lado en el aspecto técnico el enfoque PSP (Personal Software Process), el cual permite realizar la medición individual y ayuda a los ingenieros desarrolladores de software a controlar su trabajo por medio de algunos instrumentos ya definidos. El aporte del anterior trabajo al presente estudio es que permite analizar cómo se definieron las métricas relacionadas con los aspectos humanos en el proceso de desarrollo y determinar si estas pueden incorporarse a PSP con el fin de poder obtener medición organizacional. Este trabajo se enfoca en relacionar las medidas

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

con aspectos humanos al interior de la mejora de procesos mientras que el presente estudio lo que pretende es por medio del enfoque PSP integrar esas mediciones para consolidar una medición organizacional pero solo a nivel de los programadores.

2.2.1.2. Estudios sobre Medición Software teniendo en cuenta PSP.

El PSP es un proceso de auto-mejora que nos ayuda a controlar, gestionar y mejorar la forma en la que realizamos nuestro trabajo [34]. La eficacia de sus recomendaciones en cuanto a la producción de software de mejor calidad y en los tiempos esperados también ha sido demostrada en diferentes investigaciones como [35-37]. Además en dichas investigaciones se ha utilizado el proceso de PSP para la recopilación de los datos de los individuos participantes a través de las recomendaciones y artefactos de que dispone PSP para dicho fin; sin embargo es preciso aclarar que el PSP como tal no es un procedimiento específico de medición, pero si una guía que permite la medición individual gracias a los 4 elementos que lo componen (scripts, medidas, formularios y estándares); en las investigaciones sobre los verdaderos beneficios del PSP se hizo uso de todos estos elementos. En el presente trabajo de investigación se pretende realizar una integración de algunas de las prácticas y artefactos que permiten la recopilación de las medidas utilizadas en PSP, al procedimiento de Medición organizacional propuesto, ya que dichos elementos de PSP nos garantizan la medición individual necesaria para la búsqueda de la medición organizacional.

2.2.1.3. PSP en la Industria (SMEs) y en la Academia.

2.2.1.3.1. *Software projects improvement using PSP: an approach for a R&D center*[38]

Mejora de proyectos de software utilizando PSP: un enfoque para un centro de Investigación y Desarrollo

En este estudio se propone un método para incluir PSP en un centro de investigación y desarrollo (R&D center) centrado en la estructura general de esta empresa, donde el principal aporte es el diseño y desarrollo de un instrumento de apoyo al PSP integrado a la calidad de los procesos existentes en el centro. Por lo tanto, la idea fundamental es contar con una herramienta que facilite y automatice tanto como sea posible la recolección y procesamiento de la información. No obstante, el método propuesto no refleja explícitamente el cómo implantar PSP desde las necesidades de información del centro y al ser su propósito principal el desarrollar esta herramienta solo se queda en la parte técnica. Esta propuesta está enmarcada en el aspecto técnico mientras que el objetivo del presente estudio es trabajar la parte organizacional desde la perspectiva que nos ofrece PSP en cuanto a sus mediciones individuales. El principal aporte de este trabajo es poder analizar junto con la herramienta el método propuesto para incluir PSP en la estructura general de la empresa, con el fin de visualizar como incorporan PSP en ese proceso.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

2.2.1.3.2. Integrating PSP with agile process: a systematic review[39]

Integración de PSP a los procesos ágiles: una revisión sistemática

Este trabajo investiga la integración del PSP y los métodos de desarrollo ágil de software, incluyendo entre otros a: ASD, DSDM, FDD, XP, Lean, Scrum, RUP, Crystal, EVO. La investigación fue guiada por el método de revisión sistemática, con el fin de mejorar el desarrollo de software a partir de la integración de procesos, en este caso los métodos ágiles XP, DSDM, RUP y Scrum, los cuales fueron escogidos para ser incorporados al PSP. Por último, aunque PSP es distinto a los métodos ágiles el estudio concluye que podrían de una u otra manera complementarse. La propuesta de este trabajo es integrar procesos para mejorar el desarrollo de software a nivel de las necesidades de un proyecto, mientras tanto lo que pretende el presente estudio es mejorar el desarrollo llevándolo a un nivel organizacional (aplicado a las SMEs) teniendo como enfoque el PSP. El aporte de este trabajo es poder analizar los elementos involucrados en la integración de dichos procesos que sirvan de ejemplo al momento de integrar las mediciones individuales en busca de consolidar una medición organizacional.

2.2.1.3.3. Teaching disciplined software development[37]

La enseñanza de desarrollo de software disciplinado

Este trabajo presenta un estudio realizado por el Instituto Fraunhofer de Ingeniería de Software Experimental (IESE), conjuntamente con el Instituto de Ingeniería de Software (SEI). El propósito de dicho estudio fue examinar los beneficios de la gestión de procesos disciplinados representados por PSP, mediante la extracción de los datos de la formación de 3090 ingenieros formados en PSP, y sus cifras sobre el impacto del programa de mejora de PSP en la precisión de la estimación del tamaño del producto, la precisión en la estimación del esfuerzo, los defectos de precisión de la estimación, y la productividad, así como sobre la densidad de defectos de los productos, y su rendimiento. El estudio concluye que dichos beneficios son logrados gracias a las buenas prácticas que se sugieren en PSP y que fueron implementadas por los ingenieros, tanto a nivel individual como a nivel grupal por medio de TSP. Por lo tanto este estudio sirve como base desde la perspectiva de medición de PSP y de la medición grupal, ya que a partir de este se pueden considerar elementos que den soporte a la medición organizacional.

2.2.1.3.4. A service oriented architecture for the implementation of the personal software process [40]

Arquitectura orientada a servicios para la implementación del proceso personal de software.

El anterior estudio describe el desarrollo de una arquitectura orientada a servicios para un software que tiene como objetivo facilitar la implementación de PSP en un equipo de desarrollo u organización. La arquitectura de software está enfocada en ofrecer un marco estructural para la construcción de una herramienta de software que facilite el uso de las fases de PSP por parte de los desarrolladores. Para cumplir con estas exigencias decidieron utilizar la denominada Arquitectura Orientada a Servicios ya que esta entrega las facilidades que permiten poder

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

lograr interoperabilidad entre distintos Entornos de Desarrollo Integrado con un servidor central que administre y almacene la información. El estudio concluye que el software desarrollado a partir de la arquitectura presentada contribuye con un conjunto de características que no proveen las otras herramientas de apoyo al PSP lo que a su vez permite el soporte automático para la generación de reportes, clasificación de los defectos y estimación de tamaño y tiempo entre otros. Este trabajo es de gran utilidad ya que nos brinda información importante acerca de cuáles de las métricas de PSP, serían las más adecuadas para incluirlas en el desarrollo del procedimiento de medición organizacional teniendo en cuenta la facilidad de su recolección y la mejor forma de automatizarlas.

2.2.1.4. Automatización de PSP a través de Herramientas Software

Un estudio enfocado en la parte técnica se presenta en [41], donde su principal propuesta es el diseño y desarrollo de una herramienta automatizada para el levantamiento y análisis de métricas de software y datos de PSP. El procedimiento propuesto de recolección de datos es completamente automatizado, con el fin de resolver el problema de la recolección manual. Otro estudio similar propuesto en [42] nos describe un sistema desarrollado llamado PSP Assistant (PAPS) que permite el registro automático de defectos y tamaño, proporcionando facilidades para la visualización de los informes que genera el PSP y los clasifica de modo que consolida los resultados por cada individuo. Además también en [43] se presenta un estudio que propone una herramienta (Hackystat), la cual es una plataforma de código abierto para la colección, el análisis, la visualización, la interpretación, la anotación y la difusión de los datos de productos y del proceso de desarrollo de software obtenidos a partir de PSP. El principal aporte de los anteriores estudios a esta propuesta es poder analizar estas herramientas, con el fin de visualizar la estructura del procedimiento que hay para PSP e incorporarlo en un proceso que consolide una medición organizacional. Estos estudios lo que pretenden es crear un instrumento de apoyo al PSP, donde se intenta que el proceso sea transparente para todos los usuarios, quedando en lo técnico mientras que en la presente propuesta se pretende realizar la parte conceptual de cómo establecer medición organizacional a partir de PSP. Vale la pena destacar que en la literatura se encuentran muchos otros estudios donde se proponen herramientas para la automatización de la recolección de las métricas PSP, pero que no se considera pertinente nombrarlas a todas.

2.2.2. Prácticas de Medición en SMEs

Los principales estándares de medición existentes en la literatura tales como la Norma ISO/IEC 15939, GQM, GQ(i)M, PSM, entre otros, ofrecen un proceso, una guía o un método para llevar a cabo mediciones en las organizaciones desarrolladoras de software. De igual manera en investigaciones realizadas en [44-47], se proponen métodos y/o metodologías que ayudan a medir los procesos o productos software en las empresas, un caso concreto se evidencia en [4] donde se intenta integrar un programa de medición adaptado en el mejor de los casos al nivel de madurez organizacional. Sin embargo, a pesar de todas estas propuestas

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

existentes en la literatura para que las SMEs integren o adecuen planes, programas, métodos o procesos de medición en sus prácticas de desarrollo de software, estas empresas no toman en consideración estas propuestas, debido a que implementar estos programas de medición dentro de los procesos de la organización requiere invertir recursos extra con los cuales no se cuentan, dado que solo les interesa desarrollar software a muy bajo costo y en el menor tiempo posible [2].

El implementar un plan de medición en los procesos organizacionales ayudaría a comprender, evaluar y mejorar a nivel organizacional, aumentando así sus ingresos y mejorando la calidad en sus productos[48]. Es necesario entonces apoyar los esfuerzos que intentan las SMEs en el establecimiento de procesos de medición de software formales. Esto implica la necesidad de dedicar más esfuerzo de investigación para la medición del software en las SMEs, teniendo en cuenta que esta es una actividad central en el área de gestión de procesos, que es un requisito previo para llevar a cabo un control adecuado y para la mejora de los procesos [1].

2.2.3. Medición Organizacional

En este estudio [49] se presenta un proceso de medición de software organizacional (OSPM) basado en cinco de los referentes en medición más relevantes, entre los cuales están: la norma ISO/IEC 15939 y el CMMi-SW, entre otros. Se tomaron las mejores prácticas incluyendo sus artefactos, sus claves y el proceder de cada una de ellos, definiendo un conjunto de actividades que deben ejecutarse en la organización; centrándose principalmente en la gestión de proyectos y en el aseguramiento de la calidad del software. La propuesta de este trabajo es definir un proceso de medición organizacional con el fin de apoyar los proyectos y ser más eficientes en el contexto organizacional, mientras tanto lo que pretende el presente estudio es obtener una medida organizacional (solo enfocado en las SMEs) siguiendo o llevando a cabo un procedimiento de medición. El principal aporte de este trabajo es poder identificar y analizar el concepto de medición organizacional y cuales métricas serían adecuadas en este contexto.

En [50] Se presenta un estudio sobre la aplicación de una de las actividades de un modelo de medición organizacional, dicho modelo propuesto en [49], está definido mediante macro actividades las cuáles han sido la recopilación de algunos de los procesos de medición más conocidos. El estudio hace uso de la técnica de aplicación de criterios múltiples en la primera actividad del modelo de medición; la técnica permite la priorización de las métricas así como la definición de los valores de porcentaje mínimos de aceptación. La técnica se aplica a un conjunto de métricas, necesidades de información e indicadores propuestos en la empresa IVIA de Brasil. A pesar de que en este estudio se hace uso de un modelo de medición organizacional propuesto a nivel general y no enfocado a las SMEs, nos puede brindar una guía a la hora de la definición de los mejores indicadores y las

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

necesidades de información que puedan ser satisfechas en la organización mediante las métricas de PSP.

2.2.4. Discusión

Es importante resaltar que en general la gran mayoría de las organizaciones de software, han comprendido que la medición en los procesos software es necesaria para la mejora en la calidad de sus procesos y productos [51]. Por lo tanto, la medición es un elemento clave en cualquier proceso de ingeniería, debido a que las medidas se emplean para comprender mejor los atributos de los procesos que se crean y evaluar la calidad de los productos de la ingeniería [52]. Sin embargo, los programas de medición en las SMEs no son fáciles de implementar debido a los recursos que se requieren para llevarlos a cabo [3]. En primera medida se puede concluir que, en los primeros estudios citados en este trabajo a pesar de centrar la investigación en el enfoque PSP, en ninguno de ellos se evidencia el cómo aprovechar o trasladar al nivel organizacional los beneficios que trae dicho enfoque a nivel individual. Por lo tanto se cree conveniente el poder realizar un trabajo de investigación con el objetivo de encontrar la manera más adecuada de aprovechar dichos beneficios de la medición individual, para incorporarlos hacia un beneficio de medición organizacional. Por último se concluye que no se encontró evidencia adecuada donde se realice la implantación de un modelo de medición exitoso dentro de las SMEs siguiendo el enfoque PSP, debido a que muchos estudios se quedan en la parte técnica donde proponen la automatización en la recolección de las medidas relacionadas con PSP y no abordan la parte metodológica, que permite controlar y mejorar los procesos a partir de las mediciones establecidas.

2.2.5. Aportes

Los principales aportes del presente trabajo de investigación son:

- Ayudar a las SMEs a entender los procesos involucrados en la medición e influir en la toma de decisiones y/o acciones dirigidas al apoyo de los procesos de mejora.
- Proponer un procedimiento que permita generar un esquema de medición organizacional, a partir de las métricas definidas en PSP, permitiendo satisfacer necesidades de información sobre el desarrollo de software en la organización.
- Contribuir a la industria y la academia en los procesos de mejora involucrados en el desarrollo de software específicamente en la parte de medición, aportando al estado del arte del área.

CAPITULO III: PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN SMEs A PARTIR DE MÉTRICAS PSP

En este capítulo se presenta inicialmente (i) la identificación del problema, donde se recopila la información más relevante que ayuda a soportar la investigación, luego se presenta (ii) el plan de acción, en el cual se describe el proceso seguido para la elaboración del procedimiento que consolida una medición organizacional en SMEs a partir de PSP y finalmente (iii) la recopilación de datos, donde presenta el procedimiento propuesto con sus respectivas actividades (incluidas tareas) y el modelado del mismo. Teniendo en cuenta lo anterior, la creación del procedimiento se llevó acabo siguiendo el ciclo de investigación metodológico descrito en el *capítulo 1* (Ver **Figura 1**), el cual consta de las tres fases mencionadas anteriormente, las cuales se presentan de manera detallada en la siguiente **Tabla 7**.

Fase 1. Identificación del problema.	<ul style="list-style-type: none">• Identificar las actividades y tareas de los principales métodos, marcos y estándares de medición software.• Métricas PSP adaptadas mediante la ontología de medición.
Fase 2. Plan de acción.	<ul style="list-style-type: none">• Analizar la estructura general de los referentes en medición a nivel de actividades y tareas.• Realizar una comparación de las actividades y tareas identificadas con el fin de determinar cuáles pueden ser útiles para el procedimiento a elaborar.• Seleccionar las actividades y tareas finales que serán incluidas en el procedimiento propuesto.• Definir las métricas organizacionales.
Fase 3. Recopilación de datos.	<ul style="list-style-type: none">• Elaborar el procedimiento a partir de las actividades y tareas seleccionadas.• Identificar las necesidades de información que satisfacen esas métricas organizacionales.• Relacionar métricas organizacionales, necesidades de información y métricas PSP.• Modelado del procedimiento.

Tabla 7. Fases del Ciclo de la investigación del Presente Trabajo.

3.1. IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

3.1.1. Identificar las actividades y tareas de los principales métodos, marcos y estándares de medición software.

La medición software es esencial para las buenas prácticas en la ingeniería del software [53]. Ayuda a comprender, evaluar, mejorar y controlar los procesos y productos, proporcionando elementos para determinar la calidad, dado que las medidas en el software permiten validar si las propiedades y características (del proceso o del producto) cumplen con los objetivos de calidad [48]. Con base en lo anterior, para llevar a cabo el presente estudio se hizo necesario identificar las actividades y tareas de los principales métodos, marcos y estándares de medición software, con el fin de entender la estructura general de un proceso de medición y poder construir el procedimiento con base en estos. A continuación se presentan las actividades y/o tareas de los estándares o referentes en medición software:

- **GQM (Goal Question Metric)** [16]
Se compone de cuatro fases: planificación, definición, recopilación de datos e Interpretación de las cuales se identificaron las siguientes actividades y tareas (Ver **Tabla 8**):

Fase	ID	Actividad	Tarea
Planificación	A1	Definir el equipo de GQM	
	A2	Seleccionar las áreas de mejora	
	A3	Seleccionar el proyecto a implementar y el establecimiento de un equipo del proyecto	
	A4	Crear el plan del proyecto	
	A5	Una descripción de proceso de gestión	
	A6	Descripción del plan de formación para los miembros del equipo del proyecto	
Definición	A7	Establecer los objetivos de medición	Definir los objetivos de medición mediante una plantilla.
	A8	Revisar y definir el modelo de procesos de software	
	A9	Definición de preguntas, hipótesis y parámetros	Revisar las preguntas y la hipótesis, definir las métricas y comprobarlas.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	A10	Crear planes	Crear el plan de GQM.
			Crear el plan de medición.
			Crear el plan de análisis.
Colección e Interpretación de Datos	A11	Formación y recolección inicial de datos	Definir, probar y proporcionar información de procedimientos de recolección y plantillas.
	A12	Construcción del sistema de soporte de medición	Definir herramientas estadísticas, hojas de cálculo, bases de datos y hojas de presentación.

Tabla 8. Fases, Actividades y Tareas Método GQM.

- **GQ(i)M (Goal Question Indicator Metric)[17]**
El GQ(i)M ofrece 10 pasos o actividades para cubrir la fase de definición del programa de medición, los cuales se presentan a continuación (Ver **Tabla 9**).

ID	Actividad
A1	Identificar los objetivos de negocio
A2	Identificar lo que quieres aprender
A3	Identificación de sub-objetivos
A4	Identificar entidades y atributos
A5	Formalización de los objetivos de medición
A6	Identificación de las preguntas e indicadores cuantificables
A7	Identificación de los elementos de información
A8	Definición de medidas
A9	Identificar las acciones que se deben implementar
A10	Preparación del plan de medición

Tabla 9. Actividades Método GQ(i)M.

- **PSM (Prácticas Software y Sistemas de Medición)[18]**
El PSM se divide en cuatro actividades principales: (Ver **Tabla 10**).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

ID	Actividad
A1	Adaptación de la medición (Planificación de medición)
A2	Aplicación de la medida (Medición del desempeño)
A3	Evaluación de medidas
A4	Compromiso establecimiento y mantenimiento (Proceso de implementación).

Tabla 10. Actividades PSM (Prácticas Software y Sistemas de Medición).

- **Norma ISO/IEC 15939 (Proceso de Medición)[19]**
Define las actividades y tareas necesarias para poner en práctica un proceso de medición. Este proceso de medición se compone de cuatro actividades, cada una de ellas con su respectiva tarea y/o sub-tareas como se ilustra en la siguiente tabla (Ver **Tabla 11**).

ID	Actividad	Tarea	Sub-Tarea
A1	Establecer y mantener el compromiso de medición	Aceptar los requisitos para la medición	Identificar el alcance de la medida.
			Establecer el compromiso de los directivos y el personal de medición.
			Comunicar el compromiso a la unidad organizativa.
		Asignar recursos	Asignar a los individuos la responsabilidad del proceso de medición de la unidad organizativa.
Provisionar a los individuos asignados de los recursos para planificar el proceso de medición.			
A2	Planificar el proceso de medición	Caracterizar la unidad organizativa	Características relevantes de la unidad organizativa para la selección de medidas y la interpretación de los productos de información.
			Identificar las necesidades de información
		Priorizar las necesidades de información identificadas.	
		Seleccionar la información abordada.	
Documentar y comunicar las necesidades de información seleccionadas.			

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

		Selección de las medidas	Identificar las medidas candidatas que satisfagan las necesidades de información seleccionadas.
			Seleccionar las medidas de las medidas candidatas.
			Documentar las medidas seleccionadas (Nombre, Unidad de medida, Definición, Método de recogida y vinculación con la necesidad de información).
		Definir la recopilación de datos, análisis y procedimientos de presentación de informes	Definir procedimientos para la recolección de datos, incluido el almacenamiento y verificación.
			Definir procedimientos para el análisis y la comunicación de productos de información de datos.
			Definir procedimientos de gestión de configuración.
		Definir los criterios para la evaluación de los productos de información y el proceso de medición	Definir los criterios para la evaluación de los productos de información.
			Definir los criterios para el proceso de evaluación.
		Revisar los criterios para la evaluación de los productos de información y el proceso de medición	Revisar y aprobar los resultados de la planificación de medición.
			Poner a disposición los recursos para la ejecución de las tareas de medición previstas.
		Adquirir e implementar tecnologías de apoyo	Evaluar y seleccionar las tecnologías de soporte disponibles.
			Adquirir y desplegar las tecnologías de soporte seleccionadas.
A3	Realizar el proceso de medición	Integrar procedimientos	Generar y recolectar datos que deben integrarse en los procesos pertinentes.
			Comunicar a los proveedores de datos los procedimientos de recolección de datos integrados.
			Integrar en los procesos pertinentes el análisis el reporte de datos.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

A4	Evaluar la medición	Recoger datos	Recoger los datos.
			Recoger los datos almacenados, incluyendo la información para verificar el contexto entendiendo y evaluando los datos.
			Verificar los datos recogidos.
		Analizar los datos y desarrollar productos de información	Analizar los datos recogidos.
			Interpretar los resultados del análisis de datos.
			Revisar los productos de información.
		Comunicar los resultados	Documentar los productos de la información.
			Comunicar a los usuarios de medición los productos de información.
			Evaluar los productos de información conforme a los criterios de evaluación y concluir sobre sus fortalezas y debilidades.
		Evaluar los productos de información y el proceso de medición	Evaluar el proceso de medición según los criterios de evaluación especificados y concluir sobre sus fortalezas y debilidades.
			Almacenar las lecciones aprendidas de la evaluación en "Experiencia base de medición".
			Identificar posibles mejoras
Identificar mejoras potenciales para el proceso de medición.			
Comunicar las mejoras potenciales.			

Tabla 11. Actividades y Tareas NORMA ISO/IEC 15939 (Proceso de Medición).

- **Comparación CMMI y ISO/IEC 12207** [54]

A continuación se presenta una comparación entre el CMMI en su área de "Medición y Análisis" y la norma ISO/IEC 12207 en su área proceso de medición (Ver **Figura 9**). Teniendo en cuenta lo anterior en la **Tabla 12** se presentan las actividades de la comparación en relación al área de proceso de medición.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

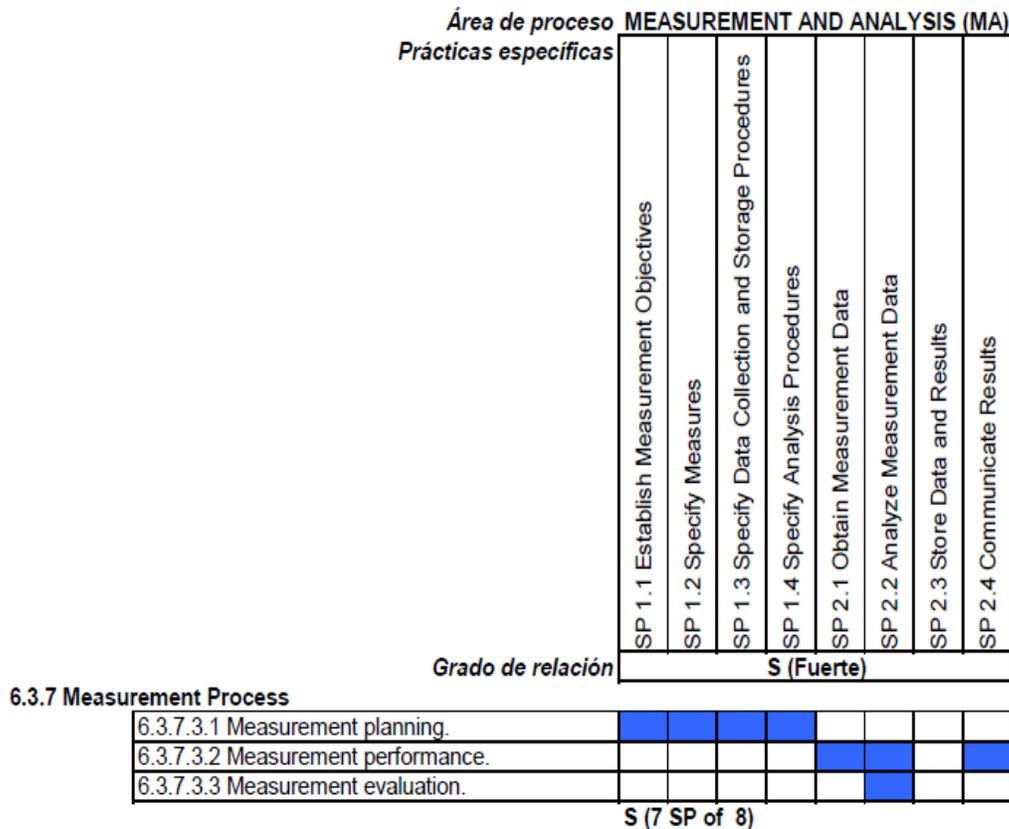


Figura 9. Comparación del área de proceso “Medición y Análisis” e ISO/IEC 12207.

ID	Actividades CMMI área de “Medición y Análisis”	Actividades ISO/IEC 12207 área Proceso de Medición
A1	Establecer objetivos de medición	Planeación de mediciones
A2	Especificar medidas	
A3	Especificar la recopilación de datos y almacenaje de procedimientos	
A4	Especificar procedimientos de análisis	
A5	Obtener datos de medición	Ejecución de la Medición
A6	Analizar los datos de la medición	Ejecución de la Medición, Evaluación de mediciones
A7	Tienda de datos y resultados	
A8	Comunicar los resultados	Ejecución de la Medición

Tabla 12. Actividades comparación área de procesos de medición. CMMI e ISO/IEC 12207.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- **Metodología MIS-PyME [4]**

MIS-PyME es un marco metodológico centrado en la definición de programas de medición basado en indicadores de software en pequeñas y medianas empresas. Se compone de 8 actividades con sus respectivas tareas (Ver **Tabla 13**).

ID	Actividad	Tarea
A1	Especificación de los objetivos del programa de medición	Iniciar el programa de medición.
		Formalización de los objetivos de medición y comprobar si un programa de medición puede ser reutilizado. <ul style="list-style-type: none"> • Identificar los objetivos de medición. • Idoneidad del objetivo de medición en términos de madurez.
A2	Especificación del plan del proyecto	Especificación del plan del proyecto.
		Especificación del proyecto, sesión introductoria.
A3	Definición de los indicadores	Especificación de los indicadores
		Búsqueda en la base de datos MIS-PyME
		Identificación de los objetivos derivados.
A4	Definir las medidas y especificar el procedimiento de recogida de los resultados de la medida	Definición de las medidas.
		Especificar los procedimientos de recolección para obtener los resultados de la medida.
A5	Integrar el programa de medición	Integración del programa de medición en los procesos de medición estándar.
		Integración del programa de medición en otros procesos de la organización.
A6	Verificar el programa de medición	Sesión introductoria sobre la verificación del programa de medición.
		Revisión del programa de medición.
A7	Instrumentalización	Instrumentalización con herramientas.
A8	Aceptación	Prueba del programa de medición.
		Clausura de la tarea de aceptación.

Tabla 13. Actividades y Tareas Metodología MIS-PyME.

- Con el fin de dar soporte a la investigación se analizaron estudios que intentan definir o adaptar procesos de medición basándose en algunos de los estándares descritos anteriormente. Entre algunos de ellos tenemos a [44], el cual es un estudio basado en la norma ISO/IEC 15939 para la elaboración de

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

planes de medición de calidad de datos; donde se define una metodología compuesta por actividades y tareas adaptadas de la norma. También cabe resaltar a [46] donde se describe una propuesta de un proceso de medición híbrido para normas específicas en el contexto de las SMEs. Con lo cual, teniendo en cuenta estos estudios se identificaron algunas de las actividades y tareas que serán analizadas para complementar el procedimiento a elaborar (Ver **Tabla 14**).

Estudio 1 [44]		
ID	Actividad	Tarea
A1	Establecer y mantener el compromiso de la medición	Identificar un equipo para la gestión del plan de medición.
		Comunicar y aceptar el compromiso del equipo con el plan de medición.
		Provisionar a los individuos asignados de los recursos para planificar el proceso de medición.
A2	Planificar y realizar el proceso de medición	Identificar las necesidades de información para la medición.
		Identificar los conceptos medibles.
		Definir las medidas.
		Localizar las entidades a medir.
		Determinar la cantidad de datos a medir.
		Cuándo y cómo realizar la medición.
Estudio 2 [46]		
ID	Actividad	
A3	Definir los objetivos de la organización	
A4	Identificar las mediciones, los objetivos, la información requerida, la prioridad e indicadores	
A5	Establecer las medidas	
A6	Llevar a cabo la reunión de las mediciones	
A7	Analizar las mediciones e interpretar los resultados	
A8	Generar o actualizar líneas de base de rendimientos	
A9	Mostrar y comunicar los resultados	

Tabla 14. Actividades y Tareas Metodología MEPLAMECAL y Proceso Híbrido.

3.1.2. Métricas PSP Adaptadas Mediante la Ontología de Medición.

Para utilizar las métricas PSP bajo una definición que este dentro de la terminología adecuada, fue necesario hacer una adaptación de estas con términos

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

y definiciones de la ontología [29]. A continuación la **Tabla 15** muestra la clasificación de las métricas más utilizadas definidas en PSP con la adaptación de la ontología de medición. Los atributos básicos de PSP son el tiempo, tamaño, calidad (defectos) y calendario en esta tabla se muestran las métricas del atributo de tiempo, para mayor detalle de los demás atributos con sus métricas diríjase al **Anexo 1**.

Atributo	Entidad	IDE	Métrica	Unidad	Escala	Tipo de escala
TIEMPO	Proceso	PSPM1	<i>Start date</i>	Minuto	0...n	Ratio
		PSPM2	<i>Start time</i>			
		PSPM3	<i>End date</i>			
		PSPM4	<i>end time</i>			
		PSPM5	<i>Interrup time</i>			
		PSPM6	<i>Off-task time</i>			
		PSPM7	<i>Delta Time</i>			
		PSPM8	<i>Time in phase</i>			

Tabla 15. Adaptación de Métricas PSP mediante la Ontología de Medición.

3.2. PLAN DE ACCIÓN

3.2.1. Analizar la estructura general de los referentes en medición a nivel de actividades y tareas.

Con el fin de dar una clara comprensión de lo realizado en esta investigación, a continuación se presenta un análisis (Ver **Tabla 16**), donde se expone la estructura general a nivel de actividades, tareas y pasos de cada uno de los referentes en procesos de medición, en el siguiente ítem se especificara de manera más detalla lo realizado por medio de una comparación.

Referentes	Estructura
GQM	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fases <ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades ✓ Tareas
GQ(i)M	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Fase de Definición <ul style="list-style-type: none"> ❖ Pasos
PSM	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Modelo de proceso <ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades ✓ Tareas
ISO/IEC 15939	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Proceso <ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades ✓ Tareas ➤ Sub-tareas
CMMI	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Área de proceso

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades ✓ Tareas
ISO/IEC 12207	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Área de proceso ✚ Actividades ✓ Tareas
MIS-PyME	<ul style="list-style-type: none"> ✚ Actividades ✓ Tareas • Pasos

Tabla 16. Estructura general referentes actividades y tareas de medición.

3.2.2. Realizar una comparación de las actividades y tareas identificadas con el fin de determinar cuáles pueden ser útiles para el procedimiento a elaborar.

A continuación se presenta una comparación de los referentes internacionales más importantes en el área de medición de software ISO/IEC 15939, ISO/IEC 12207 en su área de proceso de medición, CMMI en su área de medición y análisis, Practical Software and Systems Measurement (PSM), GQM, GQ(i)M, la metodología MIS-PyME, y los estudios [44] y [46] relacionados con medición aplicando estándares internacionales. Dicha comparación se realizó tomando como base el método de comparación propuesto en [54], pero debido a que este método de comparación es aplicable entre modelos o marcos de referencia de procesos, fue necesario hacer una adaptación del método mencionado anteriormente de acuerdo a las necesidades específicas de elementos a comparar. Esta actividad involucró las siguientes tareas: (i) analizar los referentes internacionales y estudios relacionados con la medición, (ii) diseñar la comparación, (iii) realizar la comparación, y (iv) presentar los resultados de la comparación.

- **Análisis de los referentes internacionales y estudios relacionados con la medición:**

Para realizar el análisis de la estructura de los referentes internacionales y los estudios relacionados con la medición se identificaron un conjunto de actividades y tareas a través de las cuales guían el proceso de medición. A continuación se muestra la información recopilada de dichas actividades y tareas de cada uno para su respectivo análisis y comparación, para ello fue necesario tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- ✓ **GQM:** Las 4 fases donde se define, se recopila, se analiza y se interpretan los resultados de un programa de medición.
- ✓ **GQ(i)M:** Los 10 pasos de la fase de definición de un programa de medición.
- ✓ **PSM:** Las 4 actividades de su modelo de procesos de medición.
- ✓ **ISO/IEC 15939:** Las 4 actividades con sus respectivas tareas del procesos de medición.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- ✓ **Comparación CMMI y ISO/IEC 12207:** Analizando las actividades finales de la comparación y como se relacionan.
- ✓ **MIS-PyME:** Las 8 actividades y sus respectivas tareas para la definición de un proceso de medición.
- ✓ **Estudios aplicando estándares:** La adopción de los referentes junto con sus actividades y tareas seleccionadas.

En la siguiente tabla (Ver **Tabla 17**), se presenta la relación de la estructura general de los referentes a nivel de actividades (incluidas sus tareas) involucradas en cada etapa o fase de un proceso de medición, los cuales son el principal soporte en la elaboración del procedimiento. Cabe aclarar que este análisis es solo una visión general. Para ver el análisis completo dirigirse al siguiente **Anexo 2**.

Cada actividad se describe así: “**Act-#**”, donde “**Act**” representa la actividad y “**#**” es el número que ocupa cada actividad según el estándar.

- **Diseñar la comparación**

Para realizar la comparación se hizo una clasificación semántica de las actividades y tareas de medición propuesto en cada uno de los referentes internacionales, con el objetivo de llevar a cabo una relación desde el punto de vista conceptual, teniendo en cuenta lo que se propone hacer en cada una de dichas actividades y tareas.

- **Realizar la comparación**

La comparación se llevó a cabo mediante un análisis semántico de las descripciones de cada una de las actividades y tareas definidas en cada uno de los referentes internacionales y estudios de medición, con el propósito de agrupar las actividades comunes, y definir qué tareas estaban relacionadas entre sí en dichas actividades; esto con el fin de identificar la estructura general del plan de medición que se propone en cada uno de ellos a nivel de actividades y tareas.

- **Presentar los resultados**

Teniendo en cuenta lo realizado en la comparación a continuación se presenta la siguiente información (Ver **Tabla 18**) que contiene las actividades y tareas de los referentes internacionales, estudios de medición y su respectiva relación de acuerdo al análisis semántico de las descripciones. Para mayor detalle de la comparación dirigirse al **Anexo 3**.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Etapa/Fase	GQM	GQ(i)M	PSM	ISO/IEC 15939	Comparación CMMI e ISO/IEC 12207	MIS-PyME	Otros Estudios
	<i>Actividades involucradas en cada etapa o fase</i>						
Planificación	Act-1	Act-1	Act-1	Act-1		Act-2	Act-1
	Act-2						
	Act-3						
	Act-4	Act-2		Act-2			Act-2
	Act-5						
	Act-6						
Definición	Act-7	Act-3	Act-2	Act-2	Act-1	Act-1	Act-2
		Act-4					
	Act-8	Act-5					
		Act-6					
	Act-9	Act-7			Act-2	Act-4	
		Act-8					
Act-9	Act-9	Act-4	Act-5				
	Act-10						
Integración de Datos	Act-11			Act-3	Act-3	Act-7	Act-6
Análisis e interpretación de Datos	Act-12			Act-3	Act-4	Act-7	Act-7
					Act-6		Act-8
Otros			Act-3	Act-3	Act-3	Act-5	Act-9
					Act-4		
			Act-4	Act-4	Act-5	Act-6	
					Act-7		
			Act-8	Act-8	Act-8		

Tabla 17. Análisis estructura general a nivel de Actividades de los Referentes de Medición.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Comparación referentes en procesos de medición: Actividades (Incluidas tareas). Referentes: + GQM: 12 Actividades. + GQ(i)M: 10 Pasos y/o Actividades. + PSM: 4Actividades. + ISO/IEC 15939: 4 Actividades. + Comparación CMMI y ISO/IEC 12207: 8 Actividades. + MIS-PyME: 8 Actividades. + Otros estudios: 9 Actividades. Comparación: ❖ Amarillo – Actividad igual. ❖ X# – Referencia que indica cuales actividades hacen alusión a lo mismo. ❖ Rojo – No se incluirá.			Etapa/ Fase				
			Planificación	Definición	Integración de datos	Análisis e interpretación de datos	Otros
Referentes	GQM	A1	X				
		A2	X				
		A3	X				
		A4					
		A5	X				
		A6	X				
		A7		X ¹			
		A8					
		A9		X ²			
		A10					
		A11			X ⁵		
		A12				X	
	GQ(i)M	A1	X				
		A2	X				
		A3		X			
		A4		X			
		A5		X ¹			
		A6		X ⁶			
		A7		X			
		A8		X ²			
		A9		X			
		A10		X			
	PSM	A1	X ⁷				
		A2		X ³			
		A3					X

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	A4						X ⁴
ISO/IEC 15939	A1	X					
	A2	X ³	X ³				
	A3			X	X	X	
	A4						X ⁴
Comparación CMMI y ISO/IEC 12207	A1		X ¹				
	A2		X ²				
	A3			X ⁵			X ⁵
	A4				X	X	
	A5						X
	A6						X
	A7						X
	A8						X
MIS-PyME	A1		X ¹				
	A2	X					
	A3		X ⁶				
	A4		X ²				
	A5						X
	A6						X
	A7			X	X		
	A8						X
Otros estudios	A1	X ⁷					
	A2	X ³	X ³				
	A3		X				
	A4		X				
	A5		X ²				
	A6			X			
	A7				X		
	A8				X		
	A9						X

Tabla 18. Comparación entre referentes en medición a nivel de Actividades (Incluidas tareas).

3.2.3. Seleccionar las actividades y tareas finales que serán incluidas en el procedimiento propuesto.

Con base en el análisis realizado en las secciones anteriores, a continuación se presentan las actividades y tareas finales que serán incluidas dentro del procedimiento para la medición organizacional (Ver **Tabla 19**). Cada una de las actividades y tareas seleccionadas que conforman el procedimiento se ajustan a lo definido por la Norma ISO/IEC 15939, donde se especifica adecuadamente la información que se requiere para realizar o llevar a cabo la medición. En la Norma ISO/IEC 15939 se establecen dos actividades como el núcleo del proceso de Medición: Planificar el proceso de medición y Realizar el proceso de medición. Las demás actividades definidas en la norma: Establecer y mantener el compromiso

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

de medición y Evaluar la medición, proporcionan una base para apoyar el núcleo del proceso de medición generando retroalimentación al mismo. En este sentido a continuación (Ver **Figura 10**) se presenta la relación entre las actividades definidas por la norma y las actividades seleccionadas para el procedimiento:

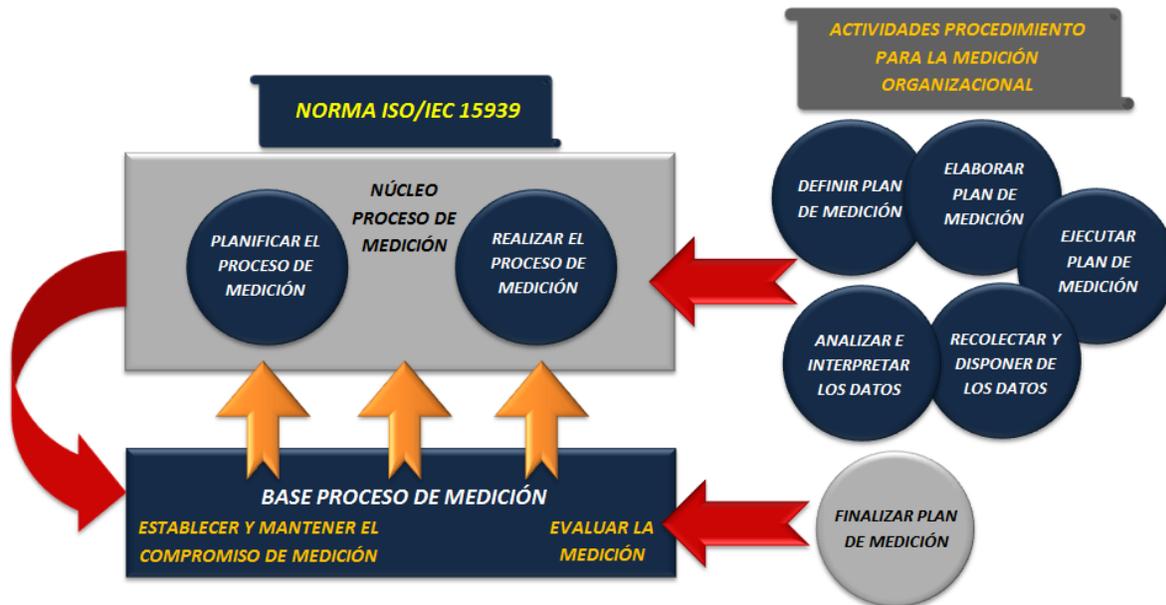


Figura 10. Relación actividades Norma ISO/IEC 15939 y actividades del Procedimiento.

Actividades y tareas del procedimiento que consolida una medición organizacional en la SMEs a partir de las métricas PSP:

ID	Actividad	Tarea
A1	Definir Plan de Medición	T1. Identificar y definir la(s) persona(s) para que lleve(n) acabo el plan de medición.
		T2. Definir los objetivos del Plan de Medición.
		T3. Identificar las necesidades de información.
A2	Elaborar Plan de Medición	T1. Identificar y definir las métricas organizacionales que satisfacen las necesidades de Información.
		T2. Elegir las métricas PSP relacionadas con la métrica organizacional que satisfacen las necesidades de información.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

		T3. Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos.
		T4. Especificar los procedimientos de recolección de datos.
A3	Ejecutar Plan de Medición	T1. Proporcionar la tecnología, las plantillas y demás documentos para llevar a cabo el Plan de Medición.
		T2. Ejecutar el Plan de Medición Personal.
A4	Recolectar y Disponer de los Datos	T1. Recolectar los datos de los empleados.
		T2. Agrupar los datos recolectados.
		T3. Disponibilidad de los datos.
A5	Analizar e Interpretar los Datos	T1. Realizar un meta-análisis de los datos
		T2. Evaluar los datos de las métricas con los indicadores definidos.
		T3. Interpretar los datos para la Medición Organizacional.
A6	Finalizar Plan de Medición	T1. Obtener Medición Organizacional.
		T2. Evaluar el Procedimiento de Medición.
		T3. Comunicar y documentar los resultados.

Tabla 19. Actividades y Tareas Procedimiento propuesto de Medición.

3.2.4. Definir las Métricas Organizacionales.

La definición de métricas organizacionales requiere de un procedimiento estadísticamente sensato para calcular los valores de utilización de estas [55], a nivel organizacional la definición de las métricas debe hacerse a partir de un conjunto de necesidades de información que se desea satisfacer ya sea con el valor arrojado por la medición o por el análisis posterior; a modo de ejemplo, en este trabajo de grado se realizó la definición de un conjunto de métricas organizacionales, para lo cual se tuvieron en cuenta algunas métricas definidas en [50] y el trabajo denominado “Métricas del proceso de construcción software para control estadístico de procesos en pequeñas organizaciones” [56]. El conjunto de métricas se muestran en la **Tabla 20** y para cada una se describe su definición y la forma de realizar el cálculo matemático para obtener su valor. Luego en la **Tabla 21** se muestra la definición de las mismas basados en la ontología para la medición propuesta en [29] para mayor detalle de las métricas diríjase al **Anexo 4**.

IDE	Métrica	Cálculo y Definición
MO1	Tiempo real de Proyecto	Cálculo Fecha de aceptación - fecha de inicio: Definición: El tiempo real se mide en número de días consecutivos entre la fecha de inicio y la fecha de aceptación [57]

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

MO2	Esfuerzo Real	<p>Cálculo: Cantidad de horas / hombre utilizado en el término real del proyecto. Es la sumatoria de los esfuerzos individuales de los individuos que participaron en el desarrollo del proyecto. $\sum_{i=1}^n i$ ($i = \# \text{ horas/hombre}$)</p> <p>Definición: Esfuerzo real se corresponde con el total de horas de trabajo de todos los miembros del equipo en la consecución del proyecto, hasta la fecha de aceptación [57]</p>
MO3	Tiempo Estimado	<p>Cálculo: Pronóstico fecha de aceptación - Pronóstico fecha de inicio</p> <p>Definición: Corresponde al número de días consecutivos entre las fechas de inicio y el pronóstico de la fecha de terminación [57]</p>
MO4	Esfuerzo estimado	<p>Cálculo: Cantidad de horas / hombre estimado para el término proyecto. Es la sumatoria de los esfuerzos individuales estimados de los individuos en realizar sus tareas asignadas que participaron en el desarrollo del proyecto. $\sum_{i=1}^n i$ ($i = \# \text{ horas/hombre}$)</p> <p>Definición: Esfuerzo real se corresponde con el total de horas de trabajo estimado de todos los miembros del equipo en la realización del proyecto, hasta la fecha de aceptación estimada[57]</p>

Tabla 20. Definición de Métricas Organizacionales.

Métricas propuestas para la Medición Organizacional usando métricas Individuales de PSP						
Atributo	Entidad	IDE	Métrica	Unidad	Escala	Tipo de escala
Calendario	Proyecto	MO1	Tiempo real de Proyecto	días	1,...n	Ratio
		MO2	Esfuerzo Real	Horas/Hombre	1,...n	Ratio
		MO3	Tiempo Estimado	días	1,...n	Ratio
		MO4	Esfuerzo estimado	Horas/Hombre	1,...n	Ratio

Tabla 21. Definición de Métricas Organizacionales mediante la Ontología.

3.3. RECOPILOCIÓN DE DATOS

3.3.1. *Elaborar el procedimiento a partir de las actividades y tareas seleccionadas.*

ASPECTOS A CONSIDERAR DEL PROCEDIMIENTO

- **Enfoque del procedimiento** (Necesidad de Información, Métricas PSP y Métricas Organizacionales)

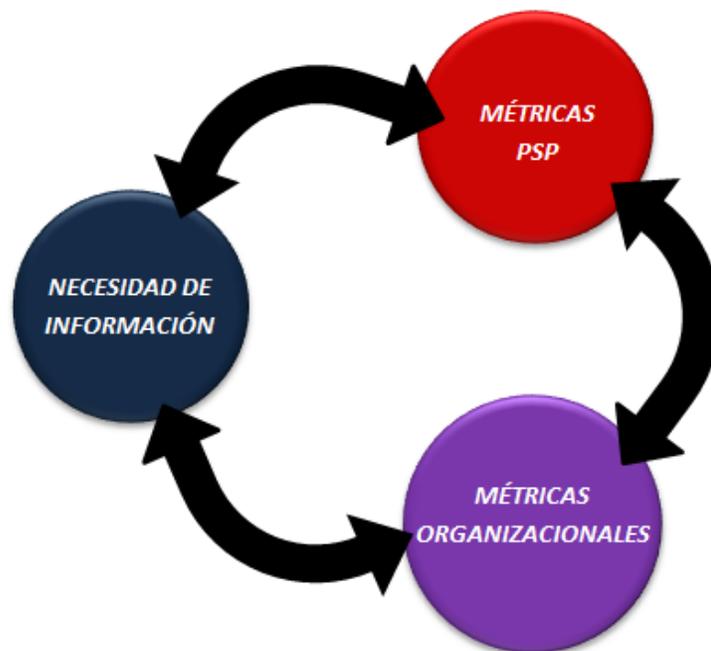


Figura 11. Enfoque Procedimiento.

- **Actividades Genéricas**
El procedimiento es un procedimiento explícito bajo estas características, sin embargo también se ha pensado que el procedimiento puede ser genérico, por lo cual se definió el flujo de actividades genéricas que lo complementan al final de cada descripción.
- **Restricciones PSP**
El procedimiento propuesto puede ser aplicado siempre y cuando las actividades que permiten obtener los valores de las métricas PSP estén dentro de la metodología de desarrollo o en su defecto sean incorporadas en dicho proceso de desarrollo. Las actividades referidas fueron nombradas en el capítulo II en la introducción de conceptos fundamentales de PSP (Ver *Figura 6*).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- Diagrama de flujo del Procedimiento

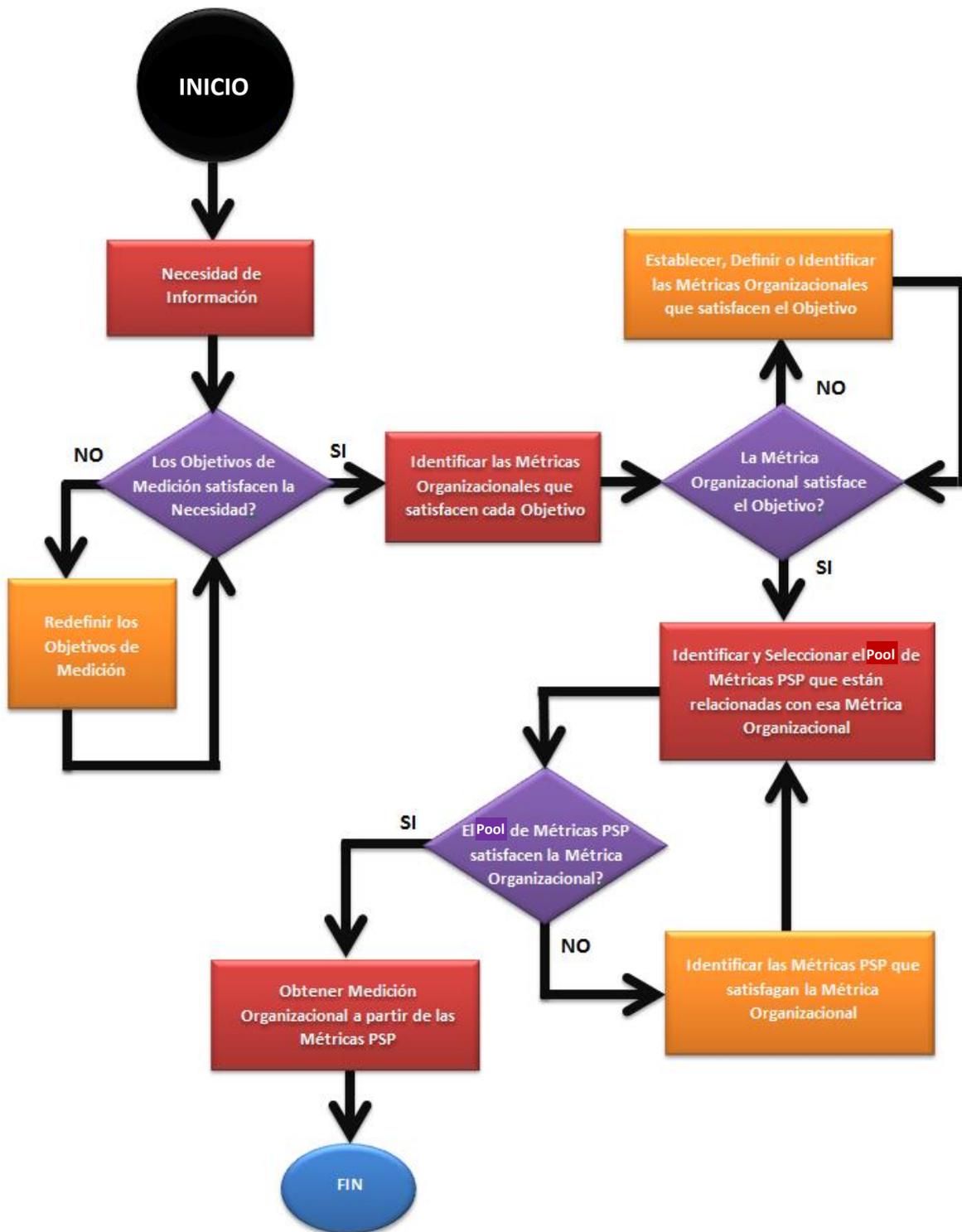


Figura 12. Diagrama de flujo del Procedimiento.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- **Recolección de los datos de PSP**

Basados en la investigación realizada acerca de la implementación del PSP, se sugiere que para la recolección de los datos individuales del PSP, se haga uso de una herramienta que facilite y simplifique esta actividad, en la literatura existen diferentes herramientas, aunque a modo de sugerencia se recomienda el *Process Dashboard*, cuyo proyecto es una iniciativa de código abierto avalado por el SEI y que entre sus funcionalidades permite:

- Recopilación de datos - Tiempo, defectos, el tamaño; plan de datos real vs. actuales
- Planificación – scripts integrados, plantillas, formularios, y los resúmenes, PROBE, valor ganado
- Seguimiento - Soporte valor ganado
- Análisis de Datos - Cuadros e informes ayuda en el análisis de tendencias de los datos históricos.
- Exportación de datos - Exportar datos a Excel o exportar los datos a formato al texto para su uso con herramientas externas.

Para información detallada y descarga de la herramienta diríjase a <http://www.processdash.com/>

DEFINICIÓN DEL PROCEDIMIENTO

A continuación se presenta la versión definitiva del procedimiento propuesto mediante una descripción de su propósito, objetivos, diagrama de actividades, actividades, tareas, roles, productos de trabajo y documentos de apoyo.

- **Propósito**

El propósito del procedimiento que consolida una medición organizacional en las SMES a partir de las métricas definidas en PSP, es permitir a las pequeñas y medianas empresas desarrolladoras de software, implantar en sus procesos un plan de medición que permita satisfacer necesidades de información sobre su desarrollo de software. Consolidando de esta manera una medida organizacional; que a su vez apoye la toma de decisiones y/o acciones dirigidas a los procesos de mejora.

- **Objetivo**

Proponer un procedimiento para la medición organizacional que guíe a las pequeñas y medianas organizaciones en la definición y ejecución de un plan de medición que satisfaga las necesidades de información sobre el desarrollo de software en la organización.

- **Actividades y Tareas**

Las actividades y tareas que componen el procedimiento para la medición organizacional a partir de PSP son:

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- **Definir Plan de Medición:** Definir con claridad las directrices del Plan de Medición para incorporarlo en la organización (Ver **Tabla 22**).

Tareas:

- ❖ Identificar y definir la(s) persona(s) para que lleve(n) a cabo el plan de medición.
- ❖ Definir los objetivos del Plan de Medición.
- ❖ Identificar las necesidades de información.

- **Elaborar Plan de Medición:** Realizar el Plan de Medición con los elementos identificados satisfaciendo los objetivos de medición (Ver **Tabla 23**).

Tareas:

- ❖ Identificar y definir las métricas organizacionales que satisfacen las necesidades de Información.
- ❖ Elegir las métricas PSP relacionadas con la métrica organizacional que satisfacen las necesidades de información.
- ❖ Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos.
- ❖ Especificar los procedimientos de recolección de datos.

- **Ejecutar Plan de Medición:** Llevar a cabo el Plan de Medición en la organización (Ver **Tabla 24**).

Tareas:

- ❖ Proporcionar la tecnología, las plantillas y demás documentos para llevar a cabo el Plan de Medición.
- ❖ Ejecutar el Plan de Medición Personal.

- **Recolectar y Disponer de los Datos:** Recolectar toda la información obtenida al ejecutar el Plan de Medición y dejar a disponibilidad todos los datos (Ver **Tabla 25**).

Tareas:

- ❖ Recolectar los datos de los empleados.
- ❖ Agrupar los datos recolectados.
- ❖ Disponibilidad de los datos.

- **Analizar e Interpretar los Datos:** Analizar todo los datos obtenidos e interpretarlos para obtener una medida organizacional (Ver **Tabla 26**).

Tareas:

- ❖ Realizar un meta-análisis de los datos
- ❖ Evaluar los datos de las métricas con los indicadores definidos.
- ❖ Interpretar los datos para la Medición Organizacional.

- **Finalizar Plan de Medición:** Dar por terminado el Plan de Medición durante ese periodo de tiempo con la obtención de las medidas organizacionales (Ver **Tabla 27**).

Tareas:

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- ❖ Obtener Medición Organizacional.
- ❖ Evaluar el Procedimiento de Medición.
- ❖ Comunicar y documentar los resultados.

• Roles

Para cada actividad es necesario asignar a las personas encargadas de llevar a cabo las distintas tareas, es por ello que se definieron los siguientes roles en términos de conocimientos y habilidades, entre los cuales se tiene:

- **Gerente (G):** Conocimiento en los procesos de la organización. Capacidad en la gestión de las actividades de la empresa.
- **Encargado Plan de Medición (EPM):** Conocimiento de las necesidades de información de la organización. Conocimiento en área de medición y análisis. Gestión del Plan de Medición. Comunicación con los desarrolladores y los involucrados en los procesos organizacionales.
- **Desarrollador de Software (DS):** Conocimiento en tecnologías de software a nivel de programación. Análisis, diseño, evaluación y documentación del desarrollo y mantenimiento de productos software. Aceptación de nuevo conocimiento.

• Productos de Trabajo

- **Necesidad de Información (NI):** Documento donde se encuentra la información necesaria para gestionar el proyecto (preguntas y objetivos).
- **Métrica Organizacional (MeO):** Documento donde se especifica o se describen las métricas organizacionales identificadas.
- **Plan de Acción (PA):** Documento donde se especifica la información (Objetivos del Plan, las necesidades a abordar, entre otros) para definir el Plan de Medición.
- **Plan de Medición (PM):** Documento generado en la ejecución del Plan donde se define la siguiente información: las métricas PSP y organizacionales elegidas, los indicadores, los procedimientos de recolección, entre otros.
- **Mediciones Individuales (MI):** Documento que contiene todas las medidas individuales de los empleados.
- **Medición Organizacional (MO):** Documento que contiene la(s) medida(s) organizacionales obtenidas o generadas.

Las plantillas de los productos de trabajo mencionados se encuentran en el **Anexo 5**.

• Productos Internos (Documentos de Apoyo)

- **Documento de Apoyo PSP:** Contiene lo siguiente:
 - ❖ Relación entre Necesidad de Información (NI) y métricas PSP.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- ❖ Definición de las métricas PSP
- ❖ Adaptación de las métricas PSP mediante la ontología de medición.
- ❖ Plantillas de recolección de las métricas PSP.

- **Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO):** Contiene lo siguiente:
 - ❖ Relación entre Necesidad de Información (NI), Métrica Organizacional (MeO) y métricas PSP.
 - ❖ Definición de las Métricas Organizacionales (MeO).
 - ❖ Adaptación de las Métricas Organizacionales (MeO) mediante la ontología de medición.

- **Diagrama de Actividades** Ver *Figura 13*.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

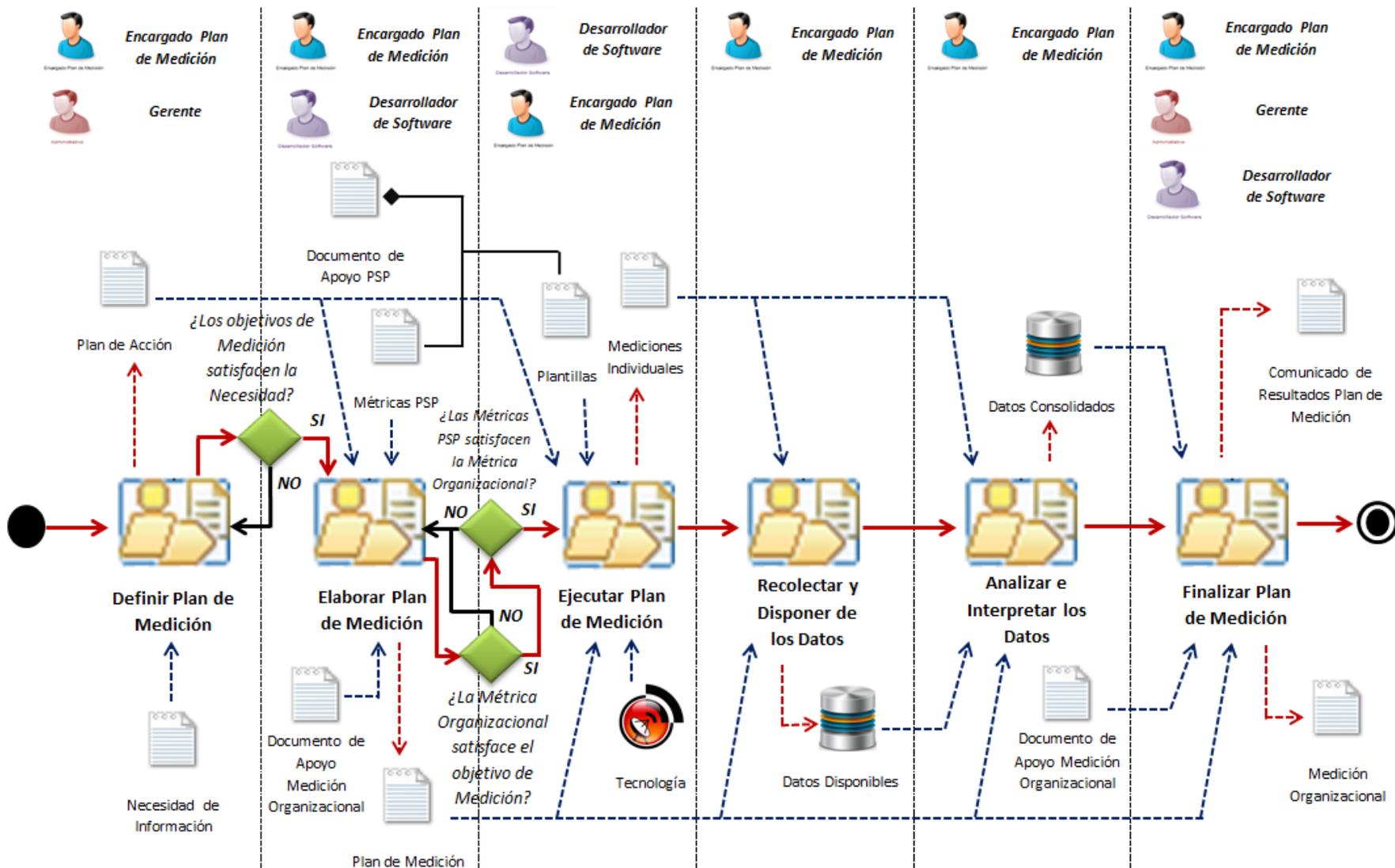


Figura 13. Procedimiento para la Medición Organizacional en SMEs a partir de la Métricas PSP.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- **Descripción**

Para realizar la descripción detallada de las actividades, tareas, roles y productos de trabajo se tomó como referencia el formato presentado en el proyecto COMPETISOFT [58]. También, al final de cada descripción se presenta el diagrama de tareas perteneciente a cada actividad y como agregado se presenta el flujo de las actividades genéricas que complementan el procedimiento.

Para que el procedimiento pueda ser generalizado las siguientes actividades deben ser genéricas: Elaborar Plan de Medición y Ejecutar Plan de Medición. Al final de cada descripción se coloca un ítem adicional, con el fin de orientar cómo se debe generalizar por si se quiere llevar a cabo el plan de medición con otro tipo de métricas que no sean las sugeridas por el PSP ni las propuestas para la medición organizacional.

Actividad	Definir Plan de Medición
Propósito	Definir y establecer el Plan de Medición (PM) identificando las principales necesidades de la organización, realizando la respectiva documentación y asignando él o los responsables de llevar a cabo dicho plan.
Descripción	La actividad Definir Plan de Medición se compone de las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Identificar y definir la(s) persona(s) para que lleve(n) a cabo el Plan de Medición (PM). • Definir los objetivos del Plan de Medición (PM). • Identificar las Necesidades de Información (NI).
Objetivos	O1. Establecer en la organización el Plan de Medición (PM). O2. Definir los requerimientos necesarios para llevar a cabo el Plan de Medición (PM) y describirlos en el Plan de Acción (PA).
Responsable	Encargado Plan de Medición, Gerente
Entradas	Fuentes
Necesidades de Información (NI)	Organización
Salidas	Destino
Plan de Acción (PA)	Elaborar Plan de Medición, Ejecutar Plan de Medición
Productos Internos	

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Tareas	
T1. Identificar y definir la(s) persona(s) para que lleve(n) a cabo el Plan de Medición (PM).	
Entradas	
Rol	Descripción
G	<p>P1. Definir la(s) persona(s) que se va(n) a hacer cargo de elaborar y ejecutar el Plan de Medición (PM).</p> <p>P2. Asignarle las responsabilidades a la(s) persona(s) elegida(s) e integrarla(s) a la procesos de la organización.</p>
Salidas	Persona encargada del Plan de Medición con sus responsabilidades
T2. Definir los objetivos del Plan de Medición (PM).	
Entradas	
Rol	Descripción
G EPM	<p>P1. Realizar una reunión entre el gerente y el encargado del Plan de Medición para definir los objetivos.</p> <p>P2. Definir los objetivos del Plan de Medición (PM) que permitan generar el Plan de Acción (PA).</p> <p>P3. Documentar los objetivos.</p>
Salidas	Objetivos del Plan de Medición (PM)
T3. Identificar las necesidades de información (NI).	
Entradas	Objetivos del Plan de Medición (PM), Necesidades de Información (NI), Persona encargada del Plan de Medición con sus responsabilidades
Rol	Descripción
G EPM	<p>P1. Identificar claramente las Necesidades de Información (NI) que estén relacionadas con los objetivos del Plan de Medición (PM) y con las métricas organizacionales.</p> <p>P2. Seleccionar las necesidades de información (NI) a abordar.</p> <p>P3. Integrar toda la información para elaborar el Plan de Acción (PA).</p> <p>P4. Documentar detalladamente el Plan de Acción (PA) con la siguiente información:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La persona encargada del Plan de Medición (PM) y sus labores. • Los objetivos del Plan de Medición (PM). • Las necesidades de información (NI) a abordar. • El proceder del Plan en su tiempo de definición, ejecución y finalización. • Y demás información relevante sugerida por la organización o el encargado del Plan de Medición que

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	permita la realización correcta del mismo (como procesos, guías o sugerencias, etc.).
Salidas	Plan de Acción (PA)

Tabla 22. Definición general de la Actividad Definir Plan de Medición.

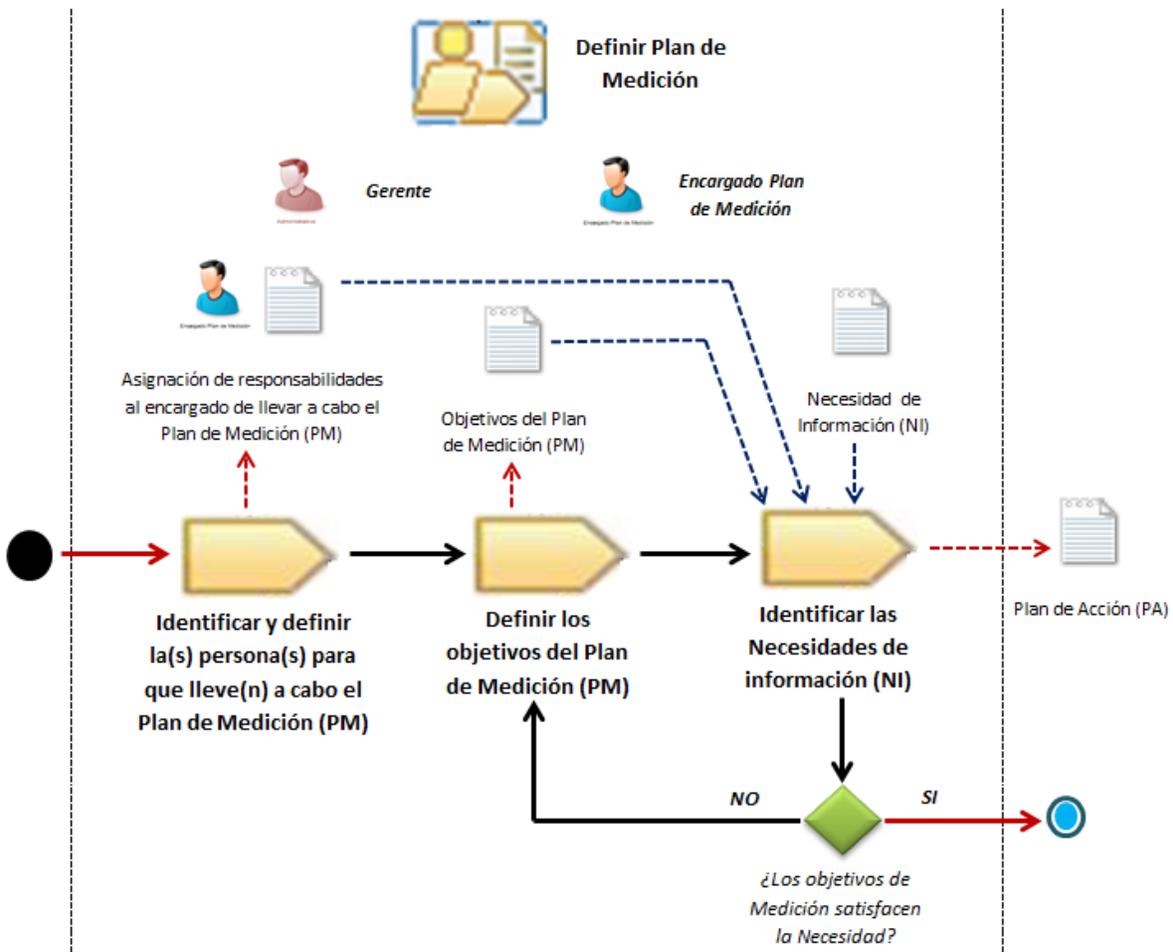


Figura 14. Diagrama Actividad Definir Plan de Medición.

Actividad	Elaborar Plan de Medición
Propósito	Elaborar o construir el Plan de Medición (PM) teniendo en cuenta la información definida en el Plan de Acción (PA), identificando las métricas tanto organizacionales como las del PSP, identificando los indicadores y los procedimientos de recolección de datos.
Descripción	La actividad Elaborar Plan de Medición se compone de las siguientes tareas:

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar y definir las Métricas Organizacionales (MeO) que satisfacen las Necesidades de Información (NI). • Elegir las métricas PSP relacionadas con la Métrica Organizacional (MeO) que satisfacen las necesidades de información (NI). • Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos. • Especificar los procedimientos de recolección de datos.
Objetivos	<p>O1. Elaborar el Plan de Medición (PM).</p> <p>O2. Definir las Métricas Organizacionales (MeO) a partir de las Necesidades de Información (NI).</p> <p>O3. Seleccionar las métricas PSP, los indicadores y los procedimientos de recolección.</p> <p>O4. Establecer el Plan de Medición (PM) en la organización.</p>
Responsable	Encargado Plan de Medición, Desarrollador de Software.
Entradas	Fuentes
Plan de Acción (PA), Documento de Apoyo PSP (Métricas PSP) (Ver Anexo 1), Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO) (Ver Anexo 4)	Organización
Salidas	Destino
Plan de Medición (PM)	Ejecutar Plan de Medición, Recolectar y Disponer de los Datos, Analizar e Interpretar los Datos y Finalizar Plan de Medición
Productos Internos	
Documento de Apoyo PSP (Ver Anexo 1), Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO) (Ver Anexo 4)	
Tareas	
T1. Identificar y definir las Métricas Organizacionales (MeO) que satisfacen las Necesidades de Información (NI).	
Entradas	Plan de Acción (PA), Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO).
Rol	Descripción
EPM	<p>P1. Identificar las métricas organizacionales que satisfacen las Necesidades de información (NI) descritas en el Plan de Acción (PA).</p> <p>P2. Definir cuales Métricas Organizacionales (MeO) serán abordadas basándose en el Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO).</p>

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Salidas	Métricas Organizacionales (MeO)
T2. Elegir las métricas PSP relacionadas con la Métrica Organizacional (MeO) que satisfacen las necesidades de información (NI).	
Entradas	Plan de Acción (PA), Documento de Apoyo PSP (Métricas PSP), Métricas Organizacionales (MeO), Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO).
Rol	Descripción
EPM DS	<p>P1. Extraer del Plan de Acción (PA) las Necesidades de Información (NI) y analizar que Métrica Organizacional (MeO) satisfacen esa necesidad.</p> <p>P2. Identificar las métricas PSP en relación con la Métrica Organizacional (MeO) teniendo en cuenta lo descrito en el Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO).</p> <p>P3. Elegir las métricas identificadas descritas en el Documento de Apoyo PSP (Métricas PSP).</p> <p>P4. Listar las métricas PSP.</p> <p>P5. Documentar las métricas PSP identificadas y las Métricas Organizacionales (MeO) en el Plan de Medición (PM).</p>
Salidas	Plan de Medición (PM)
T3. Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos.	
Entradas	Plan de Medición (PM)
Rol	Descripción
EPM DS	<p>P1. Identificar claramente los indicadores o los criterios de decisión para evaluar y poner a disponibilidad los datos recolectados y para la toma de decisión en la organización.</p> <p>P2. Especificar claramente los objetivos de cada indicador con el fin de verificar el logro de los objetivos generales del plan.</p> <p>P3. Documentar detalladamente los indicadores para evaluar la información recolectada refinando el Plan de Medición (PM).</p>
Salidas	Plan de Medición (PM)
T4. Especificar los procedimientos de recolección de datos.	
Entradas	Plan de Medición (PM), Documento de Apoyo PSP
Rol	Descripción
EPM DS	<p>P1. Identificar y especificar los procedimientos de recolección de datos a partir de lo definido en el documento de apoyo PSP.</p> <p>P2. Integrar dichos procedimientos al Plan de Medición (PM).</p> <p>P4. Documentar y completar el Plan de Medición (PM).</p>

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Salidas	Plan de Medición (PM)
----------------	-----------------------

Tabla 23. Definición general de la Actividad Elaborar Plan de Medición.

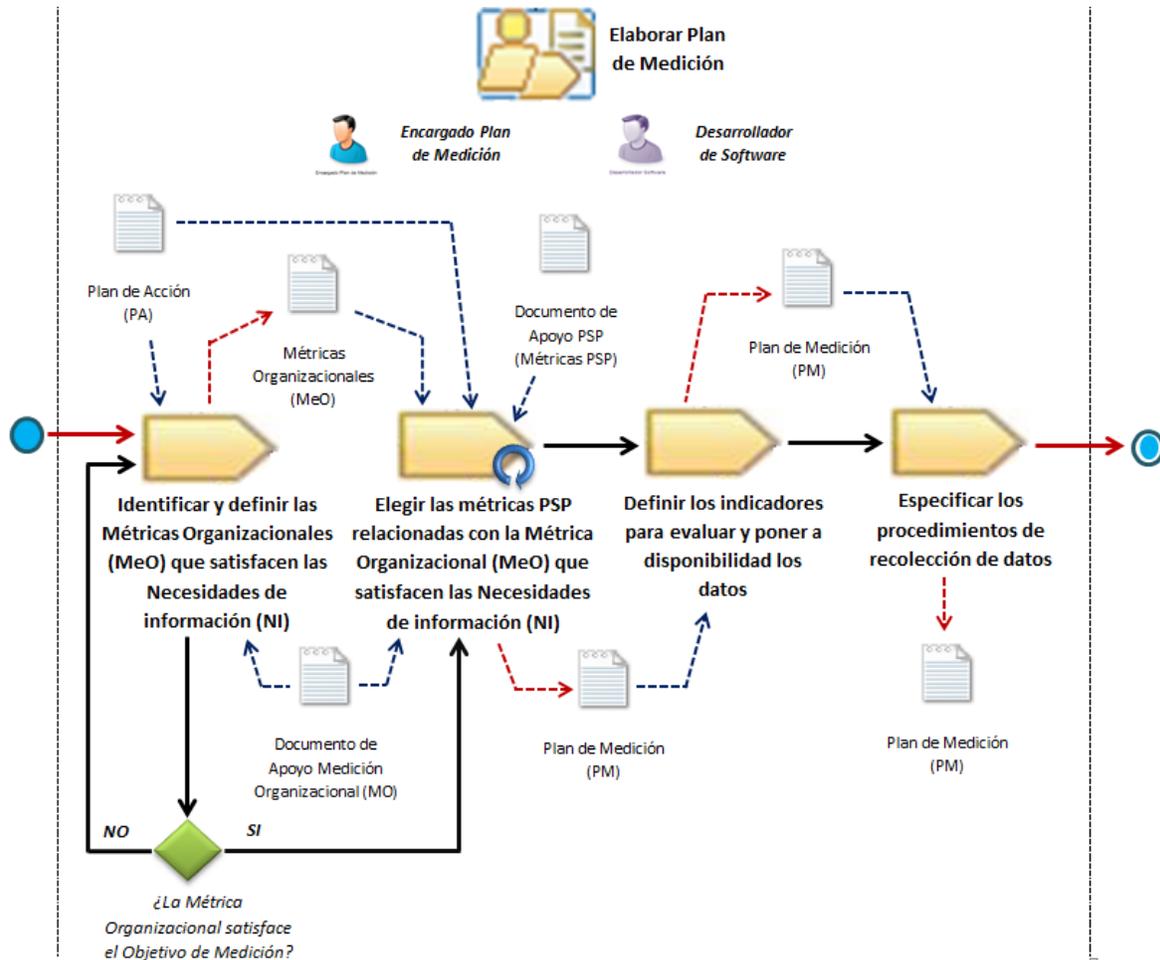


Figura 15. Diagrama Actividad Elaborar Plan de Medición.

Generalización de la Actividad “Elaborar Plan de Medición”

Para generalizar esta actividad se sugiere utilizar el método GQM en el cual a partir de una necesidad de información (en este caso las obtenidas en el Plan de Acción (PA)), se definan las métricas que satisfagan esas necesidades, para tal fin sugerimos que exista un documento de apoyo para la definición y recolección de métricas, en el cual se describa explícitamente las métricas (identificadas o elegidas y las organizacionales), las plantillas, procedimiento y demás artefactos que permitan la recolección de dichas métricas, como el propuesto “Documento de Apoyo PSP” y el “Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO)”.

A continuación se presenta el diagrama de tareas que componen la actividad generalizada con sus respectivos productos de trabajo:

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

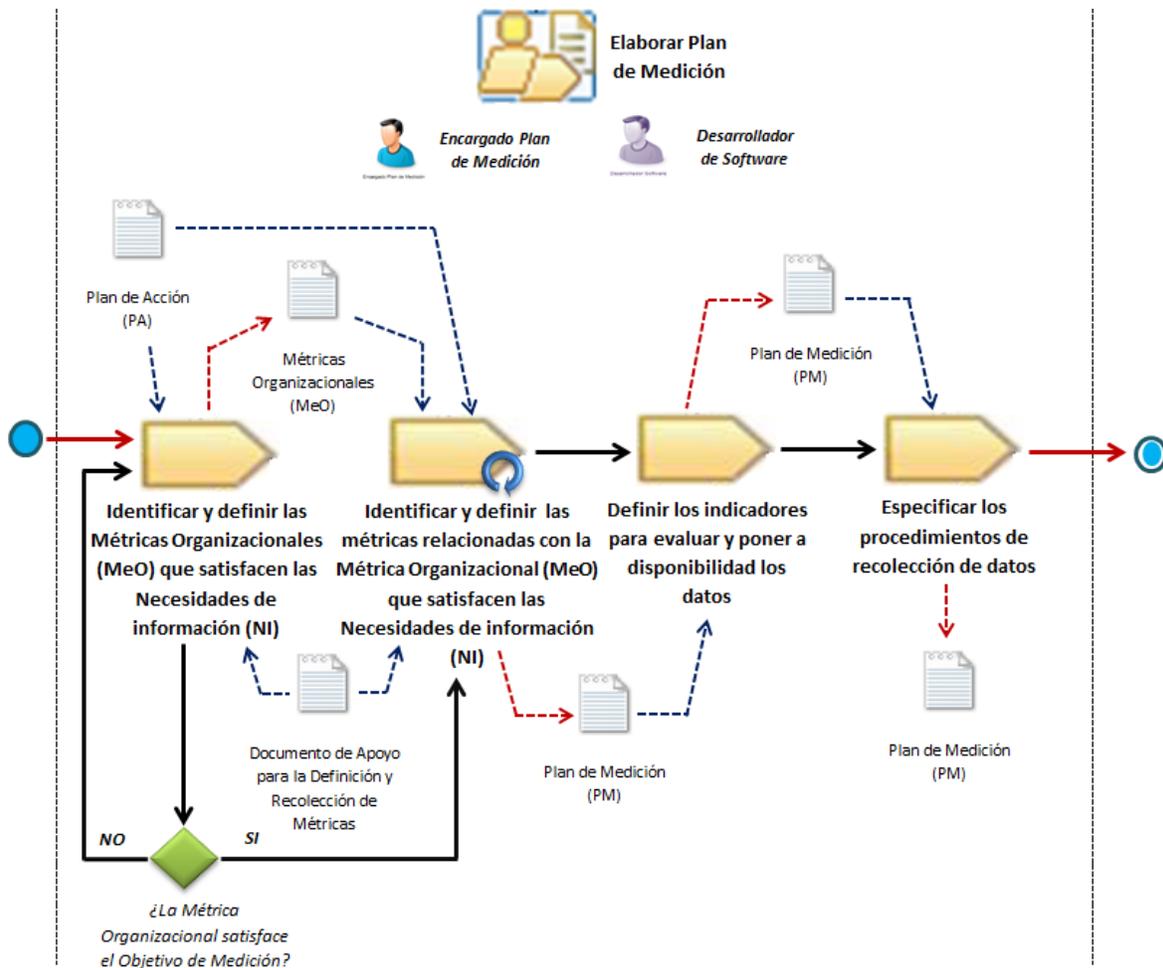


Figura 16. Diagrama Generalización Actividad Elaborar Plan de Medición.

Actividad	Ejecutar Plan de Medición
Propósito	Ejecutar o llevar a cabo el Plan de Medición (PM) siguiendo o teniendo en cuenta la información descrita en el Plan de Medición (PM), el Plan de Acción (PA) y el Documento de Apoyo PSP.
Descripción	La actividad Ejecutar Plan de Medición se compone de las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar la tecnología, las plantillas y demás documentos para llevar a cabo el Plan de Medición (PM). • Ejecutar el Plan de Medición Personal.
Objetivos	<p>O1. Ejecutar el Plan de Medición Personal por parte de los desarrolladores de la organización.</p> <p>O2. Obtener las medidas generadas en la ejecución del Plan de Medición (PM).</p>
Responsable	Desarrollador de Software, Encargado Plan de Medición

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Entradas		Fuentes	
Plan de Acción (PA), Plan de Medición (PM), Documento de Apoyo PSP (Plantillas) (Ver Anexo 1), Tecnología		Organización	
Salidas		Destino	
Mediciones Individuales (MI)		Recolectar y Disponer de los datos, Analizar e Interpretar los Datos.	
Productos Internos			
Documento de Apoyo PSP (Plantillas) (Ver Anexo 1), Tecnología			
Tareas			
T1. Proporcionar la tecnología, las plantillas y demás documentos para llevar a cabo el Plan de Medición (PM)			
Entradas		Plan de Acción (PA), Plan de Medición (PM), Documento de Apoyo PSP (Plantillas), Tecnología	
Rol		Descripción	
EPM		<p>P1. Seleccionar las plantillas que vayan conforme a las métricas elegidas, teniendo en cuenta los objetivos y las necesidades de información (NI) descritos en los planes de Acción (PA) y de Medición (PM).</p> <p>P2. Proporcionar la información adicional relevante para la ejecución del plan como por ejemplo: procesos de la organización, estándares, entre otros, si es necesario.</p> <p>P3. Elegir la tecnología adecuada para ejecutar el Plan de Medición Personal.</p>	
Salidas		Listado de plantillas y documentación, Tecnología elegida	
T2. Ejecutar el Plan de Medición Personal			
Entradas		Listado de plantillas y documentación, Tecnología elegida	
Rol		Descripción	
DS		<p>P1. Documentar la información personal en las plantillas proporcionadas por cada uno de los desarrolladores.</p> <p>P2. Llevar un registro de las medidas generadas de cada desarrollador según las métricas elegidas anteriormente.</p> <p>P3. Apoyarse con la tecnología brindada (como por ejemplo: aplicaciones software) para realizar tanto el registro de las medidas generadas, como para la detección de defectos, entre otros.</p>	
Salidas		Mediciones Individuales (MI)	

Tabla 24. Definición general de la Actividad Ejecutar Plan de Medición.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

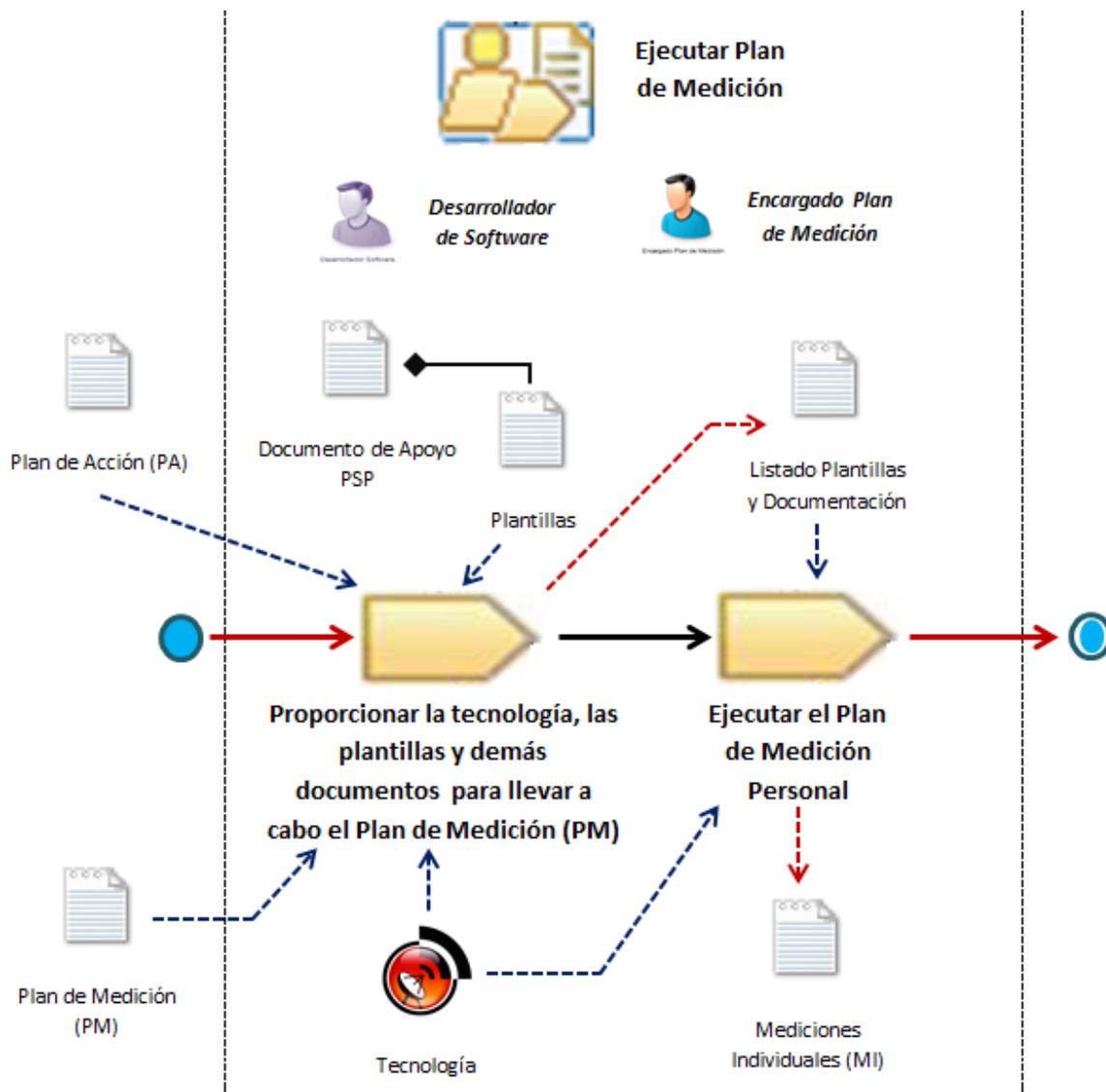


Figura 17. Diagrama Actividad Ejecutar Plan de Medición.

Generalización de la Actividad “Ejecutar Plan de Medición”

Para generalizar esta actividad se debe seguir el documento de apoyo para la definición y recolección de métricas sugerido en la generalización de la actividad Elaborar Plan de Medición, en el cual se definen explícitamente las métricas (identificadas o elegidas), las plantillas, procedimiento y demás artefactos que permitan la recolección de dichas métricas. Para el caso puntual de la actividad generalizada, se deben utilizar las plantillas sugeridas dependiendo del tipo de métricas a abordar.

A continuación se presenta el diagrama de tareas que componen la actividad generalizada con sus respectivos productos de trabajo:

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

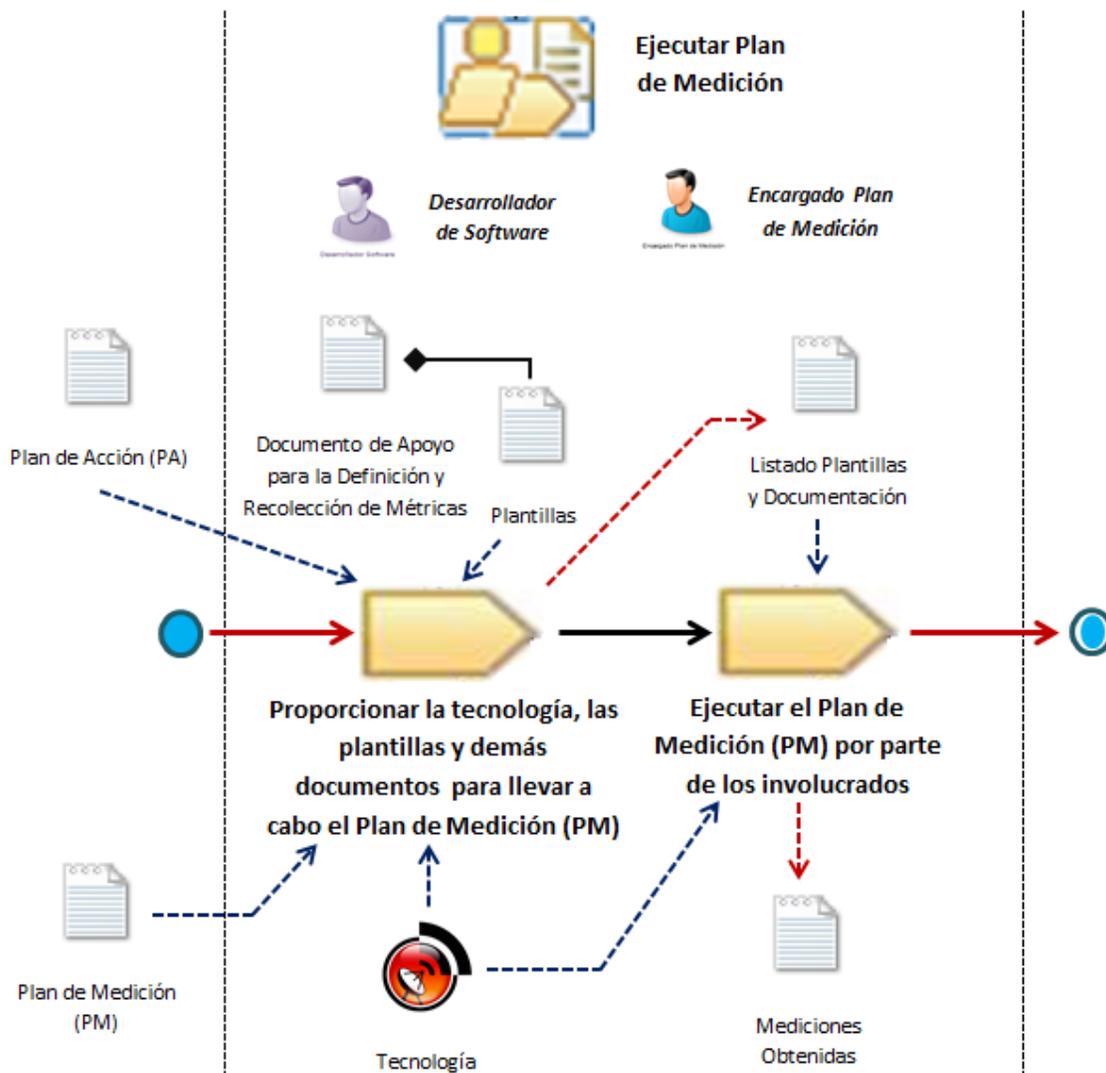


Figura 18. Diagrama Generalización Actividad Ejecutar Plan de Medición.

Actividad	Recolectar y Disponer de los Datos
Propósito	Recolectar los datos obtenidos al ejecutar el plan siguiendo lo descrito en el Plan de Medición (PM) y posteriormente dejarlos a disposición.
Descripción	La actividad Recolectar y Disponer de los Datos se compone de las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> Recolectar los datos de los empleados. Agrupar los datos recolectados. Disponibilidad de los datos.
Objetivos	O1. Recolectar y dejar disponibles todos los datos obtenidos con el fin de estructurar y recopilar toda la información.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	O2. Organizar la información obtenida para posteriormente ser analizada.
Responsable	Encargado Plan de Medición
Entradas	Fuentes
Plan de Medición (PM), Mediciones Individuales (MI)	Organización
Salidas	Destino
Datos Disponibles	Analizar e Interpretar los Datos
Productos Internos	
Tareas	
T1. Recolectar los datos de los empleados	
Entradas	Plan de Medición (PM), Mediciones individuales (MI)
Rol	Descripción
EPM	P1. Siguiendo lo descrito en el Plan de Medición (PM) y lo obtenido en las Mediciones individuales (MI) definir la manera o la forma de recolectar todos los datos obtenidos. P2. Recolectar toda la información registrada por los empleados de la organización con el fin unificarla y poder acceder a ella.
Salidas	Datos Recolectados
T2. Agrupar los datos recolectados	
Entradas	Datos Recolectados
Rol	Descripción
EPM	P1. Identificar algunos elementos con características comunes para proceder a agrupar la información. P2. Agrupar los datos identificados.
Salidas	Datos Agrupados
T3. Disponibilidad de los datos	
Entradas	Datos Agrupados
Rol	Descripción
EPM	P1. Definir los métodos para disponer de la información. P2. Asegurar la disponibilidad de los Datos Agrupados.
Salidas	Datos Disponibles

Tabla 25. Definición general de la Actividad Recolectar y Disponer de los Datos.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

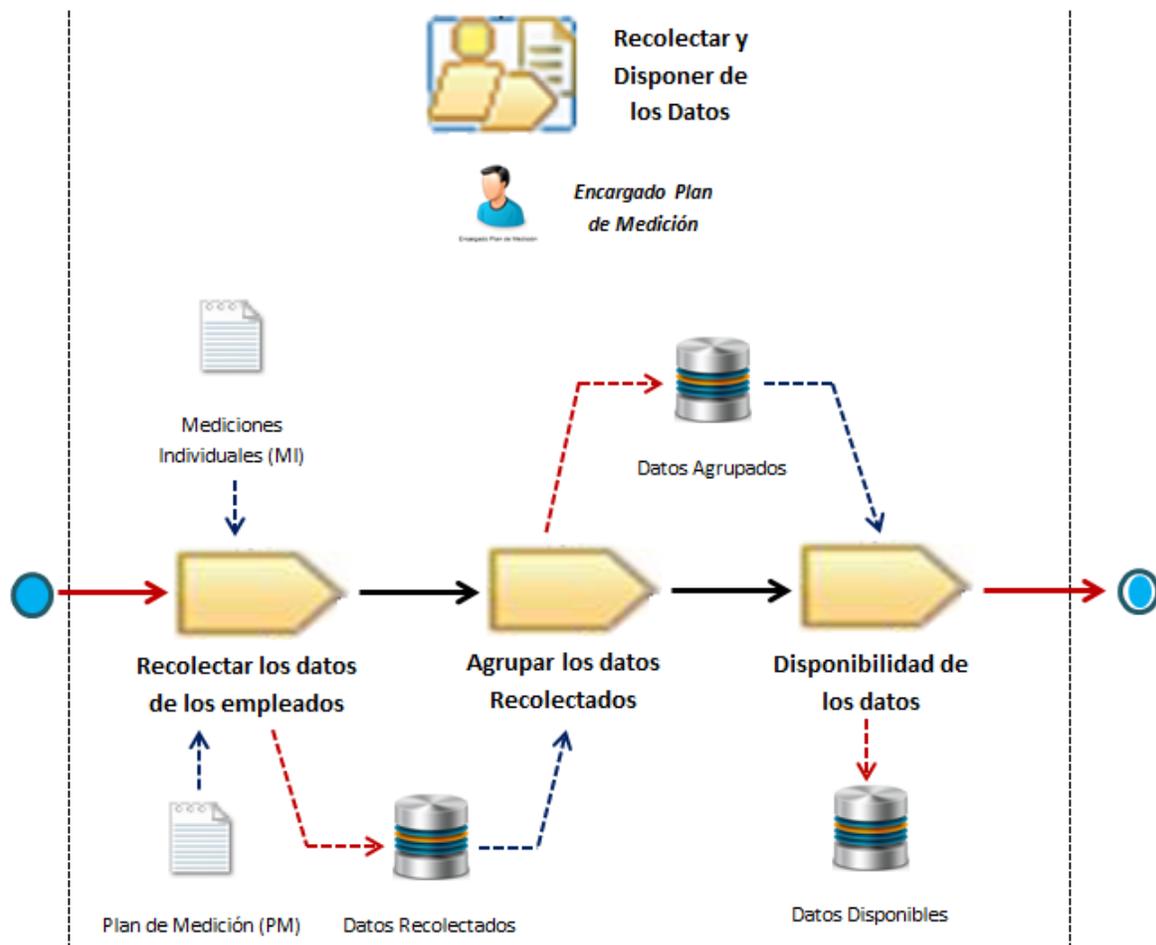


Figura 19. Diagrama Actividad Recolectar y Disponer de los Datos.

Actividad	Analizar e Interpretar los Datos
Propósito	Analizar e interpretar la información obtenida con el fin de poder dar un primer esquema de Medición Organizacional (MO).
Descripción	La actividad Analizar e Interpretar los Datos se compone de las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Realizar un meta-análisis de los datos. • Evaluar los datos de las métricas con los criterios definidos. • Interpretar los datos para la Medición Organizacional (MO).
Objetivos	<p>O1. Analizar e interpretar los datos.</p> <p>O2. Consolidar los datos analizados para poder obtener una Medición Organizacional (MO).</p>

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Responsable	Encargado Plan de Medición
Entradas	Fuentes
Plan de Medición (PM), Mediciones Individuales (MI), Datos Disponibles	Organización
Salidas	Destino
Datos Consolidados	Finalizar Plan de Medición
Productos Internos	
Tareas	
T1. Realizar un meta-análisis de los datos	
Entradas	Plan de Medición (PM), Datos Disponibles
Rol	Descripción
<i>EPM</i>	<p>P1. Realizar un análisis previo de los Datos Disponibles con el fin de identificar con mayor precisión subgrupos de datos comunes, todo esto sin perder de vista lo descrito en el Plan de Medición (PM).</p> <p>P2. Sesgar la información obtenida.</p> <p>P3. Obtener y documentar esa información analizada para compararlos con los identificadores definidos.</p>
Salidas	Datos Analizados
T2. Evaluar los datos de las métricas con los criterios definidos.	
Entradas	Plan de Medición (PM), Mediciones Individuales (MI), Datos Analizados.
Rol	Descripción
<i>EPM</i>	<p>P1. Teniendo en cuenta los criterios definidos en el Plan de Medición (PM) se debe comparar si los Datos Analizados van de acuerdo con estos criterios, siguiendo lo descrito en el Plan.</p> <p>P2. Evaluar si los datos obtenidos de las métricas elegidas (Mediciones Individuales (MI)) cumplen con lo establecido en lo criterios del Plan de Medición (PM).</p> <p>P3. Documentar los datos que cumplen con lo establecido en los criterios.</p>
Salidas	Datos Evaluados
T3. Interpretar los datos para la Medición Organizacional (MO).	
Entradas	Datos Evaluados
Rol	Descripción
<i>EPM</i>	P1. Asegurar la consistencia de los Datos Evaluados.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	P2. Consolidar la información obtenida con el fin de generar una medida organizacional.
Salidas	Datos Consolidados

Tabla 26. Definición general de la Actividad Analizar e Interpretar los Datos.

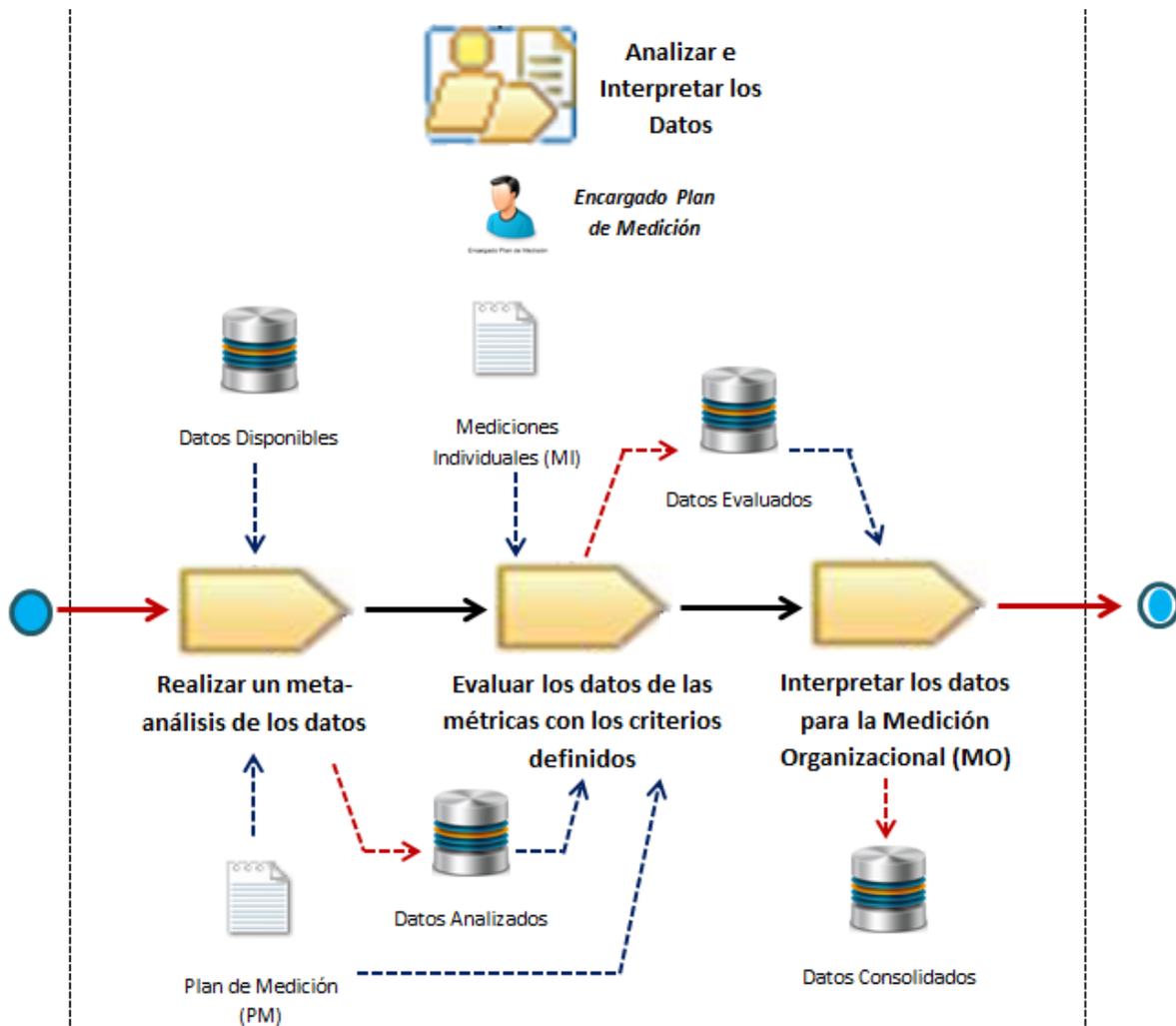


Figura 20. Diagrama Actividad Analizar e Interpretar los Datos.

Actividad	Finalizar Plan de Medición
Propósito	Finalizar o dar por terminado el Plan de Medición (PM) comunicando a los interesados los resultados obtenidos en la elaboración y ejecución del mismo, así como los resultados de la evaluación del procedimiento.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Descripción	La actividad Finalizar Plan de Medición se compone de las siguientes tareas: <ul style="list-style-type: none"> • Obtener Medición Organizacional (MO). • Evaluar el procedimiento de medición. • Comunicar y documentar los resultados.
Objetivos	O1. Dar por finalizado el Plan de Medición (PM). O2. Obtener una Medición Organizacional (MO). O3. Comunicar los resultados del Plan de Medición (PM) a los interesados.
Responsable	Encargado Plan de Medición, Administrativo, Desarrollador de Software
Entradas	Fuentes
Plan de Medición (PM), Datos Consolidados, Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO) (Ver Anexo 4)	Organización
Salidas	Destino
Medición Organizacional (MO), Comunicado Resultados Plan de Medición	
Productos Internos	
Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO) (Ver Anexo 4)	
Tareas	
T1. Obtener Medición Organizacional (MO)	
Entradas	Plan de Medición (PM), Datos Consolidados, Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO)
Rol	Descripción
EPM	P1. Con base en el Documento de Apoyo Medición Organizacional (MO) realice los pasos (operaciones matemáticas, etc.) con los Datos Consolidados para obtener la medida organizacional. P2. Obtener la Medición Organizacional (MO). P2. Analice los datos obtenidos teniendo en cuenta los criterios definidos en el Plan de Medición (PM), para la toma de decisión que se crean pertinentes para la organización.
Salidas	Medición Organizacional (MO)
T2. Evaluar el procedimiento de medición	
Entradas	Medición Organizacional (MO)
Rol	Descripción
EPM	P1. Planear la evaluación del procedimiento estableciendo

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

G DS	<p>los elementos y procedimientos para el debate.</p> <p>P2. Definir los grupos de discusión para llevar a cabo el debate.</p> <p>P3. Ejecutar los procedimientos establecidos teniendo en cuenta lo obtenido en la Medición Organizacional (MO) para llevar el debate.</p> <p>P4. Analizar la información y reportar los resultados.</p>
Salidas	Evaluación procedimiento
T3. Comunicar y documentar los resultados	
Entradas	Medición Organizacional (MO), Evaluación procedimiento
Rol	Descripción
EPM G DS	<p>P1. Realizar una reunión que incluya a todos los involucrados en la elaboración y ejecución del Plan de Medición (PM), con el fin de comunicar y discutir los principales resultados obtenidos en este.</p> <p>P2. Discutir y analizar los resultados de la evaluación del procedimiento con el fin de fortalecerlo y retroalimentarlo.</p> <p>P3. Documentar todo lo obtenido para la Medición Organizacional (MO).</p> <p>P4. Documentar todo lo relacionado con el procedimiento como: sugerencias, mejoras, fortalezas, etc. Con el fin de realizar una mejora continua.</p>
Salidas	Medición Organizacional (MO), Comunicado Resultados Plan de Medición

Tabla 27. Definición general de la Actividad Finalizar Plan de Medición.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

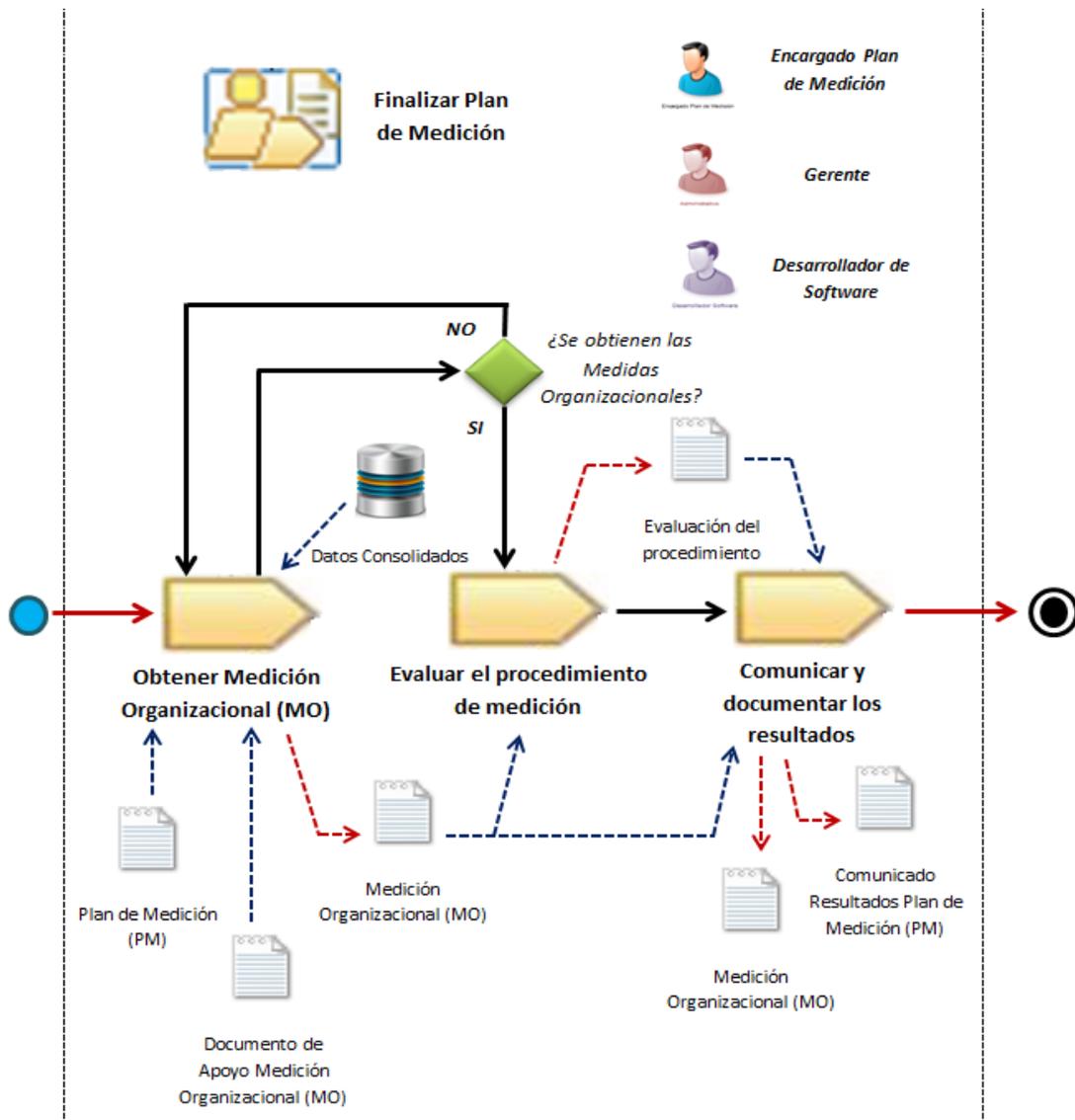


Figura 21. Diagrama Actividad Finalizar Plan de Medición.

3.3.2 Identificar las necesidades de información que satisfacen las métricas organizacionales.

De acuerdo al estándar internacional ISO/IEC 15504-2 la completitud de las métricas según el atributo de proceso de medición del proceso está dada en términos de: (i) la definición de las métricas, (ii) las medidas y (iii) la satisfacción de una necesidad de información de la organización. A continuación se describen un conjunto de necesidades de información las cuáles están basadas en el análisis de datos propuesto por [59]; estos datos están relacionados con: el atributo de medición de la métrica, los objetivos de la organización relacionados a la necesidad de información, y la pregunta o el criterio a analizar (Ver **Tabla 28**). Para ver en su totalidad las necesidades de información adaptas de PSP junto con algunas otras que fueron propuestas en [50] dirigirse al **Anexo 4**.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

NECESIDADES DE INFORMACIÓN CON BASE EN EL ANÁLISIS DE DATOS PROPUESTO POR PSP			
Atributo	Identificador / Necesidad de Información	Objetivo	Pregunta o criterio a analizar
Tamaño	NIPSP1 / Cómo determinar las posibles causas de malas estimaciones del tamaño del software	Conocer que tan acertadas son las estimaciones de tamaño de software	¿Con qué frecuencia está lo estimado contra lo real dentro del 70% de intervalo de predicción?
		Determinar la completitud de las estimaciones	¿Hay una tendencia a omitir partes en el diseño conceptual?
		Analizar las estimaciones de tamaño de diferentes proyectos	¿Las estimaciones de tamaño mejoran con el tiempo?
Esfuerzo	NIPSP2 / Determinar las posibles causas de malas estimaciones entre esfuerzo estimado y esfuerzo real	Conocer que tan acertadas son las estimaciones de esfuerzo	¿Con qué frecuencia está lo estimado contra lo real dentro del 70% del intervalo de predicción?
		Encontrar similitudes del proceso de estimación	¿Los errores de estimación de tamaño se correlacionan con los errores de estimación del esfuerzo?
Yields de Fase	NIPSP3 / Identificar problemas y generar PIP's para posibles mejoras.	Analizar las revisiones de código	¿Existe una relación entre el yield y la tasa de revisión (tamaño revisado por hora) para las revisiones de diseño de código?
		Conocer la cantidad de defectos encontrados en diferentes fases	¿Se encuentran suficientes defectos en las fases adecuadas?
		Analizar los defectos encontrados	Determinar qué tipos de defectos tardan más en encontrarse y corregirse.

Tabla 28. Necesidades de Información con base en el análisis de datos
propuesto por PSP.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

3.3.3 Relacionar métricas organizacionales, necesidades de información y métricas PSP.

Para llevar a cabo el proceso de medición para obtener la medición organizacional, se lleva a cabo la relación del conjunto de necesidades de información tanto con las métricas organizacionales, (ya que estas responden a estas necesidades de información) y las métricas de PSP, (los datos proporcionados por estas, nos permiten el cálculo de las métricas organizacionales). A continuación en la **Tabla 29** se muestra un ejemplo de la relación mencionada con las necesidades de información y las métricas organizacionales y las de PSP. Para mayor detalle diríjase al **Anexo 4**.

Necesidad de Información	Métricas Organizacionales		Métricas PSP	
ID	IDE	Métrica	IDE	Métrica
NIPSP1	MO1	Tiempo real de Proyecto	PSPM35	PV for each task
NIPSP2			PSPM36	PV for each time period
NICE1	MO2	Esfuerzo Real	PSPM37	Cumulative PV for a given time period
NICE2	MO3	Tiempo Estimado	PSPM38	EV to-date against PV to-date
	MO4	Esfuerzo estimado		

Tabla 29. Ejemplo relación Necesidad de Información, Métrica Organizacional y Métricas PSP.

3.3.4. Modelado del Procedimiento

Luego de definir el procedimiento para la medición organizacional en SMEs de software a partir de métricas PSP, se procede a modelarlo empleando la herramienta BonitaSoft. Esta herramienta es un gestor de procesos de negocios en software libre (BPM: Business Process Management), su principal objetivo es democratizar el BPM como una solución fácil e intuitiva que permita minimizar el costo de implantación, sus principales aspectos son: modelación de procesos, desarrollo, ejecución, experiencia del usuario y monitoreo [60]. Una vez se haya modelado el procedimiento, se publica utilizando el despliegue de la herramienta Bizagi⁸ generando así una guía electrónica de procesos que sirve de soporte para las personas encargadas de llevar a cabo el plan de medición en los procesos y/o proyectos de la organización.

A continuación, se presentan las actividades realizadas para modelar el procedimiento propuesto y obtener la guía electrónica de proceso.

8. Bizagi: Herramienta para el Modelado de Procesos de Negocio (www.bizagi.com).

3.3.4.1. Creación de los Elementos del Procedimiento

Para comenzar con el modelado del procedimiento, se crea un nuevo proceso, el cual genera un diagrama que contiene un pool con todos los elementos involucrados en este. Este pool permite establecer y definir el flujo de proceso creando inicialmente una o varias sendas, las cuales ayuda a definir los roles que están involucrados en el proceso, después se procede a generar el flujo principal creando las actividades y los productos de trabajo del procedimiento. Por cada actividad y producto de trabajo creado se describen sus nombres, su descripción, el rol asociado, entre otros. De manera similar se hace con cada rol ingresado, se debe describir su nombre y una descripción de sus capacidades. Para crear las tareas la herramienta genera otro pool por cada una de las actividades creadas, donde se procede a definir el flujo principal de cada actividad, definiendo así sus tareas, productos de trabajo y roles asociados. Por último, cuando se hayan creado todos los elementos del procedimiento para la medición organizacional en la herramienta, se procede a exportar los diagramas y las vistas correspondientes para ser desplegado.

3.3.4.2. Establecimiento del Procedimiento

La secuencia de actividades a desarrollar en el procedimiento para la medición organizacional se representa mediante un proceso, creado dentro de una vista general que contiene las actividades que lo compone. En la estructura de desglose del proceso se definen estas actividades, cada una refiriéndose mediante un conector a su actividad predecesora con el fin de establecer el flujo del proceso. Luego, para cada actividad dentro de la misma estructura de desglose, se visualiza un nuevo diagrama el cual contiene cada una de sus tareas e ilustra las relaciones entre ellas, los roles y los productos de trabajo.

Por último, se generan las vistas para la configuración del procedimiento, las cuales son las presentaciones de los elementos del mismo publicadas usualmente en formato html. Dando una visión general y detallada del procedimiento propuesto para la medición organizacional.

3.3.4.3. Publicación del Procedimiento

Para elaborar la guía electrónica de proceso que detalle los elementos del procedimiento para la medición organizacional, se procede a publicar la configuración del procedimiento junto con sus respectivas vistas. La publicación se realiza en forma de sitio web estático, para visualizar el sitio dirigirse al siguiente link: <http://artemisa.unicauca.edu.co/~dgaviria/Procedimiento/>.

A continuación se presentan alguna de las vistas del modelado del procedimiento para mayor detalle dirigirse a la carpeta **Anexos Modelado Procedimiento**, donde encontrará el proyecto de modelado en la herramienta BonitaSoft, las imágenes del procedimiento modelado en BonitaSoft y la capeta que contiene la publicación del procedimiento.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

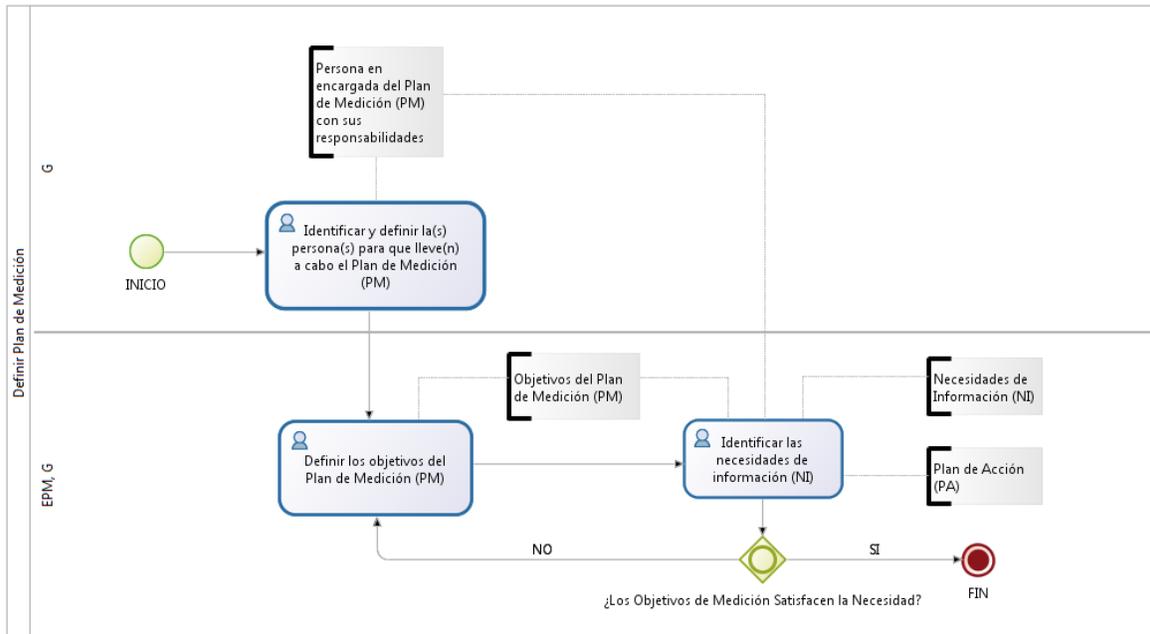


Figura 22. Actividad “Definir Plan de Medición” Modelada en BonitaSoft.

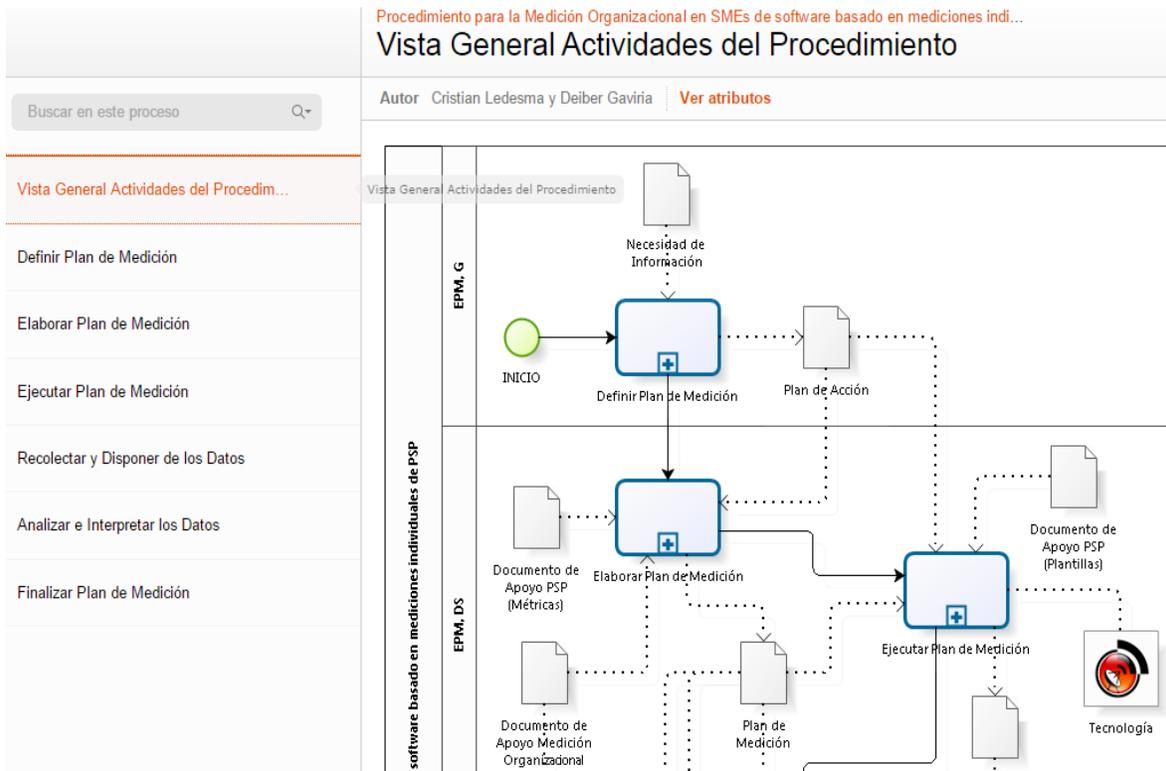


Figura 23. Vista general procedimiento publicado en sitio web estático.

CAPÍTULO IV: EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

En este capítulo se realiza la evaluación del procedimiento propuesto en el presente trabajo de investigación. El ciclo de evaluación que se usó se basa en el método Focus Group [10]. Para esto, se crea un espacio de interacción con los participantes escogidos a través de una sesión de discusión sobre la idoneidad, comprensibilidad y facilidad de aprendizaje del procedimiento en las SMEs. El capítulo está estructurado en 2 secciones; en la primera se realiza una breve introducción al Focus Group y en la segunda se lleva a cabo la evaluación del procedimiento propuesto.

En la introducción al Focus Group se hace una caracterización del proceso de evaluación, y se da a conocer la estructura teórica presentada en los referentes empleados. En la evaluación del procedimiento aplicando Focus Group, se describe el proceso llevado a cabo para realizar la evaluación del procedimiento para la medición organizacional en SMEs a partir de métricas PSP. La evaluación se realizó con usuarios potenciales del procedimiento, quienes contaban con conocimientos en el área de calidad de software. Finalmente se muestran los resultados, el análisis general y los cambios realizados al procedimiento luego de la evaluación con éste método.

4.1. INTRODUCCIÓN AL FOCUS GROUP

Focus Group "es un método empírico de investigación, rentable y rápido para obtener información cualitativa y realimentación (desde un grupo específico), el cual se puede utilizar en varias fases y tipos de investigación" [61]. Además en él se promueve el consenso y la diversidad entre participantes y permite comparar experiencias y puntos de vista [62].

4.1.1. Estructura teórica del Focus Group.

A continuación se describe la estructura procedimental usada para llevar a cabo el Focus Group, la cual fue tomada de [10], y que se compone de cuatro fases descritas a continuación.

1. **Planeamiento de la investigación**, cuyo propósito es establecer los elementos de contenido y de procedimiento que serán aplicados al debate de los participantes.
Productos de trabajo de entrada: Recursos objetos de debate.
Productos de trabajo de salida: Recursos de planeamiento.
2. **Definición de grupos de discusión**, cuyo propósito es identificar los participantes y constituir los grupos de debate.
Productos de trabajo de entrada: Recursos objetos de debate.
Productos de trabajo de salida: Reporte de participantes.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

3. **Conducción de la sesión de debate**, cuyo propósito es ejecutar los procedimientos establecidos en la primera fase, dando cumplimiento al debate pretendido.
Productos de trabajo de entrada: Recursos de planeamiento, reporte de participantes.
Productos de trabajo de salida: Memorias de debate.
4. **Análisis de información y reporte de resultados**, cuyo propósito es obtener información de valor sobre el debate cumplido
Productos de trabajo de entrada: Recursos de planeamiento, memorias de debate.
Productos de trabajo de salida: Análisis de resultados.

A continuación, se detallan estas fases describiendo la aplicación del método para la evaluación del procedimiento para la medición organizacional propuesto.

4.2. EVALUACIÓN DEL PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL CON FOCUS GROUP

Para la evaluación del Procedimiento se crea un espacio de interacción entre los participantes escogidos, a través de una sesión de discusión sobre la idoneidad, la comprensibilidad y la facilidad de aprendizaje del procedimiento de medición organizacional. Inicialmente a los participantes se les hace una contextualización de la propuesta, luego el grupo es segmentado para realizar un ejercicio de modelado de las 6 actividades del procedimiento, igualmente se realiza un cuestionario grupal sobre la actividad modelada y finalmente se diligencia una encuesta individual con preguntas generales acerca del procedimiento y se realiza el debate.

La planeación, ejecución y resultados de dicha evaluación están enmarcados en las fases que se detallan a continuación. Para llevar a cabo estas fases se tuvo en cuenta la ejecución del Focus Group presentado en [10].

4.2.1. Fase de planeamiento de la investigación

4.2.1.1. Definición del problema de investigación

En esta actividad, el grupo de investigación define los objetivos del debate para la aplicación del método Focus Group, a partir del contexto de evaluación y de los “Recursos objetos de debate”. A continuación se presentan los objetivos de evaluación planteados.

Objetivo general:

Evaluar el “Procedimiento para la medición organizacional en las SMEs de software basado en mediciones individuales de PSP” obteniendo información acerca del grado de aceptación o rechazo por parte de usuarios potenciales del

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Procedimiento, enfocándose en los aspectos de idoneidad, comprensibilidad y facilidad de aprendizaje relativos a las pequeñas organizaciones software.

Objetivos específicos:

- Presentar las características del procedimiento propuesto.
- Conocer las experiencias y expectativas relativas a los contenidos fundamentales del procedimiento.
- Realizar una realimentación del procedimiento con las apreciaciones, recomendaciones y observaciones de los invitados al debate.
- Obtener elementos de juicio para la proposición de futuros trabajos.

4.2.1.2. Preparación de materiales y métodos, a cumplir por parte del grupo investigador.

En esta actividad, el grupo de investigación elabora los elementos necesarios para llevar a cabo la planeación, la presentación de los elementos de discusión, la conducción de la sesión de debate, el análisis y el reporte de resultados. Además se elaboran los “Recursos de planeamiento” a partir de los “Recursos objetos de debate”. A continuación se presenta la descripción de las tareas que se realizan para elaborar estos elementos:

- **Definición de estructura, en la que se definen los aspectos protocolarios para el debate**

En esta tarea se definen los aspectos protocolarios de la sesión de debate junto con la agenda a tratar. El protocolo contiene la información de la sesión de debate (tema, fecha, hora y lugar), la información de los integrantes del grupo de investigación y de los participantes. En esta tarea se asignan los siguientes roles:

- **Supervisor:** Es el líder del grupo de investigación, encargado de tomar las decisiones relativas al caso de evaluación.
- **Moderador:** Es un miembro del grupo investigador encargado de coordinar el debate. Debe evitar interferir o influenciar las opiniones de los participantes y debe controlar la sesión a fin de evitar la dispersión y pérdida del contexto definido.
- **Relator:** Es un miembro del grupo investigador encargado de ejecutar los procedimientos de captura y registro de información.
- **Participante:** Es un actor que aporta su criterio en el debate.

La información mencionada anteriormente se registra en la sección “Reporte de estructura”, del documento “Recursos de planeamiento” (dirijase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 2** para más detalles).

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- **Definición de instrumentos, materiales y métodos a ser empleados.**

En esta tarea se definen los elementos a ser empleados dentro de la estructura definida del proceso de debate. Los elementos empleados en el proceso de evaluación son:

Material:

- ✓ Reporte de contexto y presentación.
- ✓ Reporte de estructura.
- ✓ Documento sintetizado del procedimiento a evaluar.
- ✓ Plantillas de productos de trabajo.
- ✓ Cuestionario grupal para evaluación de las actividades del Procedimiento
- ✓ Cuestionario para la evaluación del Procedimiento.
- ✓ Soporte de discusiones.
- ✓ Formulario de perfil de evaluador.

Instrumento

- ✓ Dispositivos electrónicos para la captura de audio y video.
- ✓ 2 computadores.
- ✓ Acceso a internet por cable o inalámbrico.
- ✓ Parlantes, micrófono y cámara fotográfica.
- ✓ Suite de herramientas ofimáticas.
- ✓ Cliente de correo electrónico.
- ✓ Cronometro o herramienta para medición del tiempo.

Métodos

- ✓ Presentación de información en forma de exposición.
- ✓ Utilización de gráficas para análisis de datos.

- **Formalización de documentos:**

En esta tarea se recopilan los productos de trabajo generados anteriormente, y se elabora un compendio que recibirán los participantes e instancias necesarias, según el planeamiento se entregan los siguientes documentos:

- Documento sintetizado de Procedimiento
- Productos de trabajo del Procedimiento
- Presentación
- Formulario de información de evaluador
- Cuestionario acerca del Procedimiento.
- Soporte de discusiones

- **Definición de métodos de captura y registro de información derivada del debate.**

En esta actividad se planean y seleccionan los métodos, técnicas e instrumentos útiles para recolectar la información derivada del debate. El

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

grupo de investigación define los aspectos de evaluación del Procedimiento, los cuales son una adaptación de las subcaracterísticas de algunos de los atributos de calidad propuestos en el referente internacional ISO/IEC FDIS 9126-1:2000. Los aspectos del Procedimiento a evaluar se presentan a continuación:

- ❖ **Idoneidad:** La idoneidad es la capacidad del Procedimiento para proveer un conjunto apropiado de actividades y tareas específicas de medición las cuales están orientadas y adecuadas para pequeñas organizaciones desarrolladoras de software. Los objetivos a evaluar de esta subcaracterística son:
 - ✚ **Objetivo 1:** Ser una propuesta ligera en términos de pocas actividades, pocos roles y pocos productos de trabajo.
 - ✚ **Objetivo 2:** Adaptarse a las limitaciones de recursos económicos de este tipo de empresas.

- ❖ **Comprensibilidad:** La comprensibilidad es la capacidad del Procedimiento para permitirle al usuario entender si este es adecuado para llevar a cabo el proceso de medición, e identificar los elementos que lo componen. Los objetivos a evaluar de esta subcaracterística son:
 - ✚ **Objetivo 3:** Permitir identificar con claridad cada una de las tareas, roles y productos de trabajos de cada actividad.
 - ✚ **Objetivo 4:** Ser una propuesta con una secuencia lógica de pasos que permita una fácil interpretación por parte de los usuarios.

- ❖ **Facilidad de aprendizaje:** La capacidad del procedimiento para permitir al usuario aprender su forma de ejecución. Los objetivos a evaluar son:
 - ✚ **Objetivo 5:** Permitir la interpretación correcta de las tareas y pasos de las actividades del Procedimiento en un tiempo apropiado.

Una vez establecidos los aspectos de la propuesta a evaluar, se procede a definir las actividades a realizar para la evaluación del procedimiento. En la actividad inicial, el grupo evaluador realiza un ejercicio de modelado de una de las actividades del procedimiento y de la relación entre roles, tareas y productos de trabajo, además de una encuesta grupal; el ejercicio está enfocado a evaluar las subcaracterísticas de comprensibilidad y facilidad de aprendizaje. En la segunda actividad se presenta el “Cuestionario para la evaluación del Procedimiento” y se busca evaluar la subcaracterística de la idoneidad del procedimiento. A continuación se especifican las actividades mencionadas anteriormente junto con el aspecto que se desea evaluar.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Actividad 1.1 Modelado

IDE	Actividad	Aspecto a evaluar
A1.1	Elaborar el diagrama de tareas de la actividad	Comprensibilidad objetivos 1 y 2 Facilidad de aprendizaje objetivo 5
A1.2	Elaborar el diagrama que involucre el rol, las tareas en las que interviene y los productos de trabajo que se generan en cada tarea.	

Tabla 30. Actividad de Modelado.

Actividad 1.2 Cuestionario Grupal

IDE	Actividad	Aspecto a evaluar
A1.3	¿Cree usted que la actividad propuesta es importante?	Comprensibilidad Objetivo 4
A1.4	¿La actividad es fácil de entender o comprender?	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.5	En qué grado cree usted que la descripción presentada de la actividad cumple con propósito de la misma.	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.6	En qué grado cree usted que los objetivos descritos en la actividad pueden ser alcanzados o satisfechos.	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.7	En qué grado las tareas que componen la actividad permiten alcanzar los objetivos propuestos.	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.8	En qué grado considera usted que los roles definidos son pertinentes para el procedimiento propuesto.	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.9	¿Cuál de las siguientes descripciones en términos de conocimiento cree usted que corresponde al rol “ Administrativo ”?	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.10	¿Cuál de las siguientes descripciones en términos de conocimiento cree usted que corresponde al rol “ Encargado Plan de Medición ”?	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.11	¿Cuál de las siguientes descripciones en términos de conocimiento cree usted que corresponde al rol “ Desarrollador de Software ”?	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.12	Cree usted que los roles descritos e identificados son los necesarios para el desarrollo de esta actividad.	Idoneidad Objetivo 1
A1.13	La cantidad de tareas de esta actividad son las necesarias para cumplir con su propósito.	Idoneidad Objetivo 1
A1.14	Lo descrito en cada una de las tareas es claro y fácil de comprender.	Comprensibilidad Objetivo 3
A1.15	Los pasos de cada una de las tareas son	Comprensibilidad

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	fáciles de entender y realizar.	Objetivo 4
A1.16	¿Considera usted que los productos de trabajo propuestos son los indicados para el desarrollo de esta actividad? (Si la respuesta es No, por favor indique cual o cuales faltarían)	Idoneidad Objetivo 1
A1.17	¿Los nombres de los productos de trabajo generados en esta actividad son fáciles de entender y permiten inferir lo que se diligencia en cada uno de ellos? (Si la respuesta es No, por favor indique cual o cuales no se entienden)	Idoneidad Objetivo 1
A1.18	Describa mínimo un aspecto positivo y un aspecto negativo de la actividad propuesta.	Sugerencia

Tabla 31. Actividad Cuestionario Grupal.

Actividad 2 Cuestionario de evaluación del Procedimiento

IDE	Actividad	Aspecto a evaluar
A2.1	Considera usted que el procedimiento propuesto ayudaría a implementar un proceso de medición en pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivo 2
A2.2	Considera usted que las actividades propuestas en el procedimiento pueden ser utilizados en pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivos 1 y 2
A2.3	Considera usted que las tareas propuestas en las actividades del procedimiento pueden ser utilizadas en pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivos 1 y 2
A2.4	Considera usted que los productos de trabajo propuestos en el procedimiento pueden ser utilizados por pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivos 1 y 2
A2.5	Considera usted que los roles propuestos en el procedimiento pueden ser asumidos por pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivos 1 y 2
A2.6	Considera usted que el número de roles propuesto en el procedimiento es apropiado para pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivo 1
A2.7	Considera usted que los productos de trabajo generados en el procedimiento son los	Idoneidad Objetivo 1

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

	adecuados.	
A2.8	Los diagramas presentados describen de forma clara el procedimiento.	Comprensibilidad Objetivo 3 y 4
A2.9	De acuerdo a su experiencia, el procedimiento propuesto es fácil para ser aplicado o desarrollado en pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas).	Idoneidad Objetivos 1 y 2
A2.10	¿Considera usted que el procedimiento propuesto está completo o le hacen falta algunos elementos (como actividades, tareas, roles o productos de trabajo)?	Sugerencias
A2.11	¿Considera usted que hay aspectos limitantes en el procedimiento propuesto? (Si la respuesta es No, por favor indique cual o cuales serían)	Sugerencias

Tabla 32. Actividad Cuestionario Evaluación Procedimiento.

Con las preguntas asociadas a los aspectos de evaluación, se elabora la plantilla del Cuestionario para la evaluación del Procedimiento, la cual se diligencia una vez haya terminado la sesión de debate. En esta tarea también se elaboran las plantillas de “Soporte de discusiones” y de “Formulario de perfil para evaluador”, y se decide registrar la sesión mediante grabaciones en formatos de audio WMA y MP3. La información mencionada anteriormente se registra en la sección “Reporte de métodos de captura y registro”, del documento “Recursos de planeamiento” (diríjase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 2** para más detalles).

- **Definición de métodos de análisis de información para generar el procesamiento de lo generado en el debate.**

En esta tarea se describe la forma de procesar la información obtenida en el debate. Para ello, el grupo de investigación realiza un análisis de la información obtenida de las grabaciones de audio y los documentos completados por los participantes en el debate. Las grabaciones se transcriben en un documento de texto, registrando las intervenciones que hace una persona en un tiempo determinado. Posteriormente, se realiza una realimentación de los “Elementos de captura y registro de información aplicados” de cada participante, procurando crear un documento que concentre los aportes y observaciones relacionados a actividades, productos de trabajo y roles del Procedimiento.

- **Definición de estrategias de publicación**

En esta tarea se definen las estrategias con las que serán socializados los resultados obtenidos. A partir del cuestionario de evaluación grupal, de los resultados del ejercicio de modelado y del “Cuestionario para la evaluación

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

del Procedimiento” se generan tablas y gráficos que contrasten la opinión de los participantes respecto a los aspectos de idoneidad, comprensibilidad y facilidad de aprendizaje del Procedimiento. Finalmente se presentan las correcciones que se extraen de las sesiones de debate, y las modificaciones a realizar en el Procedimiento. Con los resultados del análisis de la evaluación, el grupo de investigación refina el Procedimiento, creando la versión 1.2 (final) que será incluida en la monografía de trabajo de grado y un artículo con fines de publicación en una revista indexada.

4.2.2. Fase de definición de grupos de discusión

4.2.2.1. Selección de participantes

En esta actividad, el grupo de investigación caracteriza y define la estrategia de selección del grupo de discusión, procurando garantizar la naturalidad de los participantes de forma que el criterio de los investigadores no sesgue o promueva conclusiones. En esta actividad se elabora el documento denominado “Reporte de selección de participantes” (diríjase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 3** para más detalles). A continuación se presentan las tareas que integran esta actividad.

- **Definición del perfil de participantes:** En esta tarea se especifican los criterios para considerar a una persona como participante. El grupo de investigación describe las características deseadas de los participantes del proceso de evaluación, dadas las características del procedimiento propuesto, se decide buscar participantes que estén próximos a convertirse en empleados de la industria del software; bajo este criterio y teniendo en cuenta los aspectos a evaluar definidos anteriormente, se buscan participantes que cuenten con los conocimientos necesarios de modelado de procesos. La información mencionada anteriormente se registra en la sección “Reporte de perfil de participantes”, del documento “Reporte de participantes” (diríjase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 3** para más detalles).
- **Conformación grupo de participantes:** En esta tarea se filtran los potenciales participantes y se registra la población efectiva para el debate. La información mencionada anteriormente se registra en la sección “Reporte de selección de participantes”, del documento “Reporte de participantes” (diríjase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 3** para más detalles).

4.2.2.2. Segmentación de grupos

En esta actividad, el grupo de investigación especifica la conformación de subgrupos para llevar a cabo las actividades de evaluación. En esta actividad se elabora el “Reporte final de participantes” a partir del “Reporte de selección

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

de participantes”. A continuación se presenta la descripción de las tareas que constituyen la actividad.

- **Definición de criterios de agrupamiento:** En esta tarea se especifican los criterios para segmentar el grupo de participantes seleccionados. Dado que la actividad de modelado requiere que el grupo sea segmentado en 6 subgrupos, se tiene como criterio indispensable que aquellos participantes cuyos conocimientos de modelado sean mínimos queden acompañados de aquellos que si los poseen para no dejar subgrupos desequilibrados en cuanto al conocimiento de la actividad que se pretende realizar. Para la actividad de debate se decide no segmentar el grupo para obtener una realimentación plena de todo el procedimiento. La información mencionada anteriormente se registra en la sección “Compilado de criterios de agrupamiento”, del documento “Reporte de participantes” (diríjase a la carpeta Anexos, **Anexos Focus group, Anexo 3** para más detalles).
- **Aplicación de criterios de agrupamiento:** En esta tarea se conforman los subgrupos para el desarrollo de la actividad de modelado acordes a los criterios definidos (Ver **Tabla 33**). Luego en una sesión previa al desarrollo de la actividad de evaluación se realiza una contextualización de la propuesta de investigación, dando a conocer el modelado general del procedimiento, para en la sesión posterior realizar toda la actividad de evaluación del mismo.

G	Nombre	E-mail	Con/tos de modelado
1	Guillermo Dulcey	Dulcey.hernan@unicauca.edu.co	No
	Isis V. Pizo	isisvictoria@unicauca.edu.co	
	Andrea Zambrano	aczambrano@unicauca.edu.co	
2	Álvaro Echeverría	ajecheverria@unicauca.edu.co	
	Karen Bolaños	karenjperez@unicauca.edu.co	
	Viviana Gómez	vygomez@unicauca.edu.co	
	María del Mar Granda	mgranda@unicauca.edu.co	
3	Cristian D. Yanza	cdyanza@unicauca.edu.co	
	Cristhian Fernández	cristhiam@unicauca.edu.co	
	Gustavo Salazar	gsalazar@unicauca.edu.co	
4	Cesar Restrepo	cerestrepo@unicauca.edu.co	
	Juan Pinto	jdpinto@unicauca.edu.co	
	Cristian Manzano	cristianmanzano@unicauca.edu.co	
5	Daniel A Quintana	davidq@unicauca.edu.co	
	Luis Fernando Yanza	lfyanza@unicauca.edu.co	
	Edward A Molina	eamolina@unicauca.edu.co	
6	Adrian Muñoz	jorgevelasco@unicauca.edu.co	
	Andrés F Ceballos	andresfcebas@unicauca.edu.co	
	Ricardo A Ordoñez	ricardordonez@unicauca.edu.co	

Tabla 33. Subgrupos de participantes.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

4.2.3. Fase de conducción de la sesión de debate

4.2.3.1. Secuencia básica

En la primera parte de la actividad de evaluación, el grupo seleccionado realizó una actividad de modelado de las 6 actividades del procedimiento propuesto junto con una encuesta grupal, con el fin de evaluar los aspectos de comprensibilidad y facilidad de aprendizaje. Seguidamente se realizó la ejecución del debate, para el cuál se utilizaron los artefactos resultantes de la primera fase. A continuación se describen las tareas realizadas en esta actividad.

- **Ejecución del protocolo:**

En esta tarea se presenta una breve descripción del contexto del procedimiento propuesto junto con una vista general del modelado del procedimiento; todo esto fue realizado en una sesión inicial en la cual solo se pretendía contextualizar a los participantes de la propuesta de investigación presentada. En la segunda sesión el relator presenta el protocolo de debate, y los objetivos de evaluación, junto con los materiales de modelado para la evaluación de las actividades del procedimiento. (Para más detalles, consulte la carpeta de Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 2** “Recursos de planeamiento”).

- **Aplicación de técnicas, materiales y métodos:**

En esta tarea el grupo participante hace uso de los elementos de captura y registro de información creados en fases anteriores. El moderador hace entrega de los documentos “Captura de información” (Cuestionario de modelamiento de actividades, cuestionario grupal, Formulario de información de evaluador, cuestionario individual).

4.2.3.2. Captura de información

En esta actividad, el relator registra los conceptos, eventos y características del debate los cuales quedan plasmados en el documento “Memorias del debate”, además de los documentos de evaluación e información de los participantes. (Para más detalles, consultar la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 4**, “Memorias del debate”).

4.2.4. Fase de análisis de información y reporte de resultados

4.2.4.1. Análisis de información

El análisis de información se realizó de la siguiente manera: En primer lugar se analizan los resultados del ejercicio de modelado de las actividades, se analizaron las sugerencias descritas por los grupos con respecto a estas; luego se realiza una comparación gráfica del modelado de cada una de las actividades del procedimiento que realizaron los subgrupos, con el fin de analizar el nivel de comprensión y facilidad de entendimiento del procedimiento. Luego se analiza la

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

información de la sesión de debate y las encuestas individuales acerca del procedimiento en general.

4.2.4.2. Reporte de resultados

Observaciones extraídas de la Encuesta Grupal

- (+) El plan de acción permite a la empresa identificar necesidades y solventarlas.
- (-) La actividad (Definir plan de medición) puede incrementar el uso de recursos de la organización
- (+) Se cuenta con todos los elementos necesarios para definir el Plan de Medición
- (-) En las tareas t2, t3 y t4 se elabora el mismo documento
- (+) Permite tomar decisiones respecto a la ejecución de un proyecto
- (-) Genera (requiere) más tiempo su ejecución
- (+) Es importante tener la información agrupada y disponible
- (-) Solo hay un rol dispuesto para esta actividad.
- (+) Existe un plan de medición que guía toda la actividad
- (-) No se puede conocer la interrelación de esta actividad, con las demás del proceso general
- (+) Ya hay establecida una estructura para el desarrollo de la actividad y sus correspondiente tareas
- (-) Se pone en duda la participación del rol administrador ya que sus funciones son más organizacionales

Análisis de resultado de la actividad de modelamiento

A continuación se presentan los resultados obtenidos al aplicar la encuesta de preguntas a nivel grupal de las actividades, el diligenciamiento de esta encuesta por los participantes se puede ver en la carpeta Anexos, **Anexos Focus Group, Anexo 4**, "Memorias del debate".

Los resultados del ejercicio de modelado se presentan teniendo en cuenta el cumplimiento de los objetivos de la subcaracterística de comprensibilidad y de facilidad de aprendizaje. Para ello se identifican el número de tareas, roles y

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

productos de trabajo junto con la secuencia lógica de las actividades modeladas por los subgrupos evaluadores, y el tiempo invertido por cada uno de ellos. Estos datos se comparan con los de la propuesta del grupo investigador para analizar el cumplimiento de los aspectos evaluados.

De acuerdo con los resultados, el número de tareas y roles identificados en cada una de las actividades es correcto en un 100% con los definidos en la propuesta; en tanto que en la identificación de los productos de trabajo presenta tan solo 1 error en todo el modelado de las actividades, este se detectó en el modelado de la actividad 3, donde se incluyó por parte del grupo evaluador un producto de trabajo derivado de uno existente. La secuencia lógica del modelado por su parte aunque nos muestra un total de 3 errores en todo el modelado, el grupo investigador los considera no críticos ya que son errores de inclusión equivocada de un producto de trabajo en más de una actividad o de la direccionalidad errónea de un producto del mismo, debido a la especificación confusa en alguno de los pasos, dichos errores se tuvieron en cuenta para realizar mejoras a la propuesta. De acuerdo a lo anterior se considera que los aspectos del procedimiento evaluados en el modelado son satisfactorios y están acordes a lo esperado por el grupo investigador. A continuación se presenta la información mencionada en los gráficos de la **Figura 24**.

❖ Comprensibilidad objetivos 3 y 4 (Modelado de las actividades)

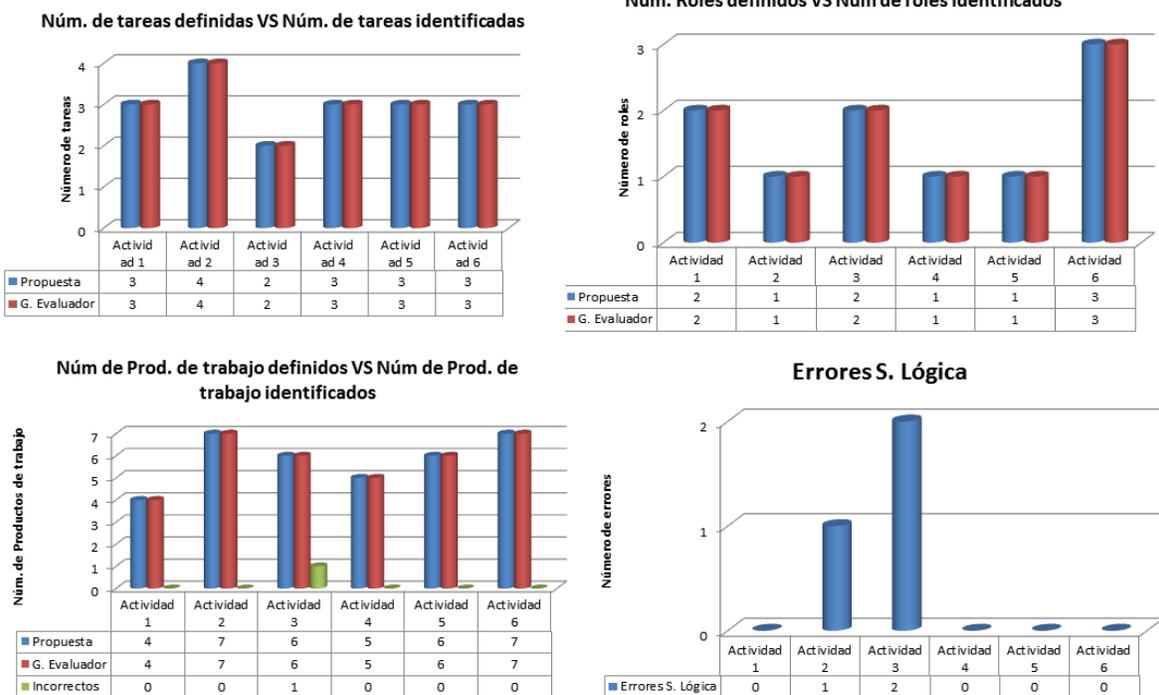


Figura 24. Comprensibilidad objetivos 3 y 4.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Para el objetivo 1 del aspecto de la facilidad de aprendizaje, se cronometraron los tiempos que cada grupo tardó en realizar los ejercicios de modelado dando como resultado como un mínimo de 18 minutos y un máximo de 27 minutos, en este aspecto consideramos la incidencia de que en algunos grupos no todos los participantes poseen conocimientos de modelado, sin embargo el grupo evaluador considera que el tiempo invertido es el adecuado ya que en principio se consideró asignar 35 minutos a la actividad, pero los grupos la finalizaron en un tiempo inferior. En la **Figura 25** se muestran los resultados de este aspecto.

❖ Facilidad de aprendizaje objetivo 5 (Tiempo invertido en las actividades de modelado)

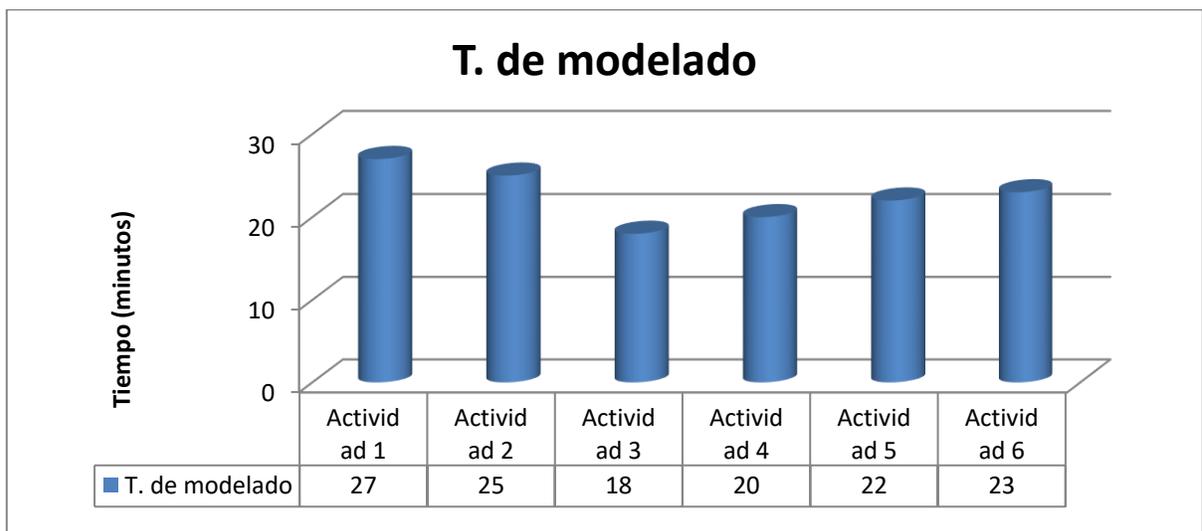


Figura 25. Facilidad de aprendizaje objetivo 5.

Análisis de encuestas

A continuación se presentan los resultados de la encuesta grupal, las preguntas están agrupadas de acuerdo al tipo de pregunta y al objetivo del aspecto que se desea evaluar. A las preguntas A1.3 ¿Cree usted que la actividad propuesta es importante? y A1.4 ¿La actividad es fácil de entender o comprender? (Opciones SI, NO, No sabe) La respuesta fue Si para todas las 6 actividades del procedimiento propuesto.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

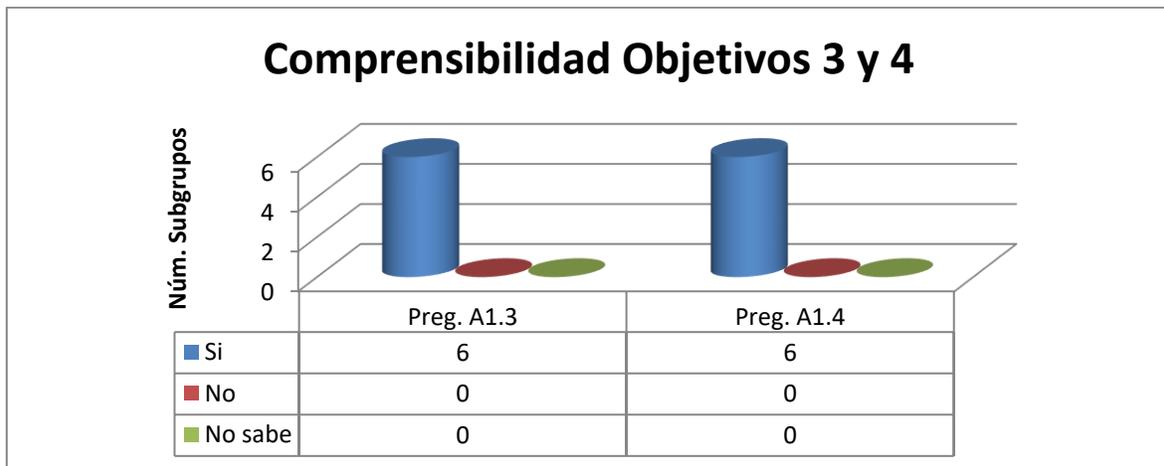


Figura 26. Análisis encuesta preguntas A1.3 y A1.4.

Para las preguntas A1.5 a la A1.8 en las que se evalúan igualmente el objetivo 3 del aspecto de la comprensibilidad, y en las que se pedía asignar un valor de 0 a 5 de acuerdo a la claridad de las descripciones de tareas, roles, productos de trabajo y la pertinencia de los mismos en el procedimiento propuesto; las respuestas de los subgrupos evaluadores estuvieron en su mayoría entre 4 (Alto grado) 5 (Muy alto grado). A continuación se presenta los resultados graficados en la **Figura 27**

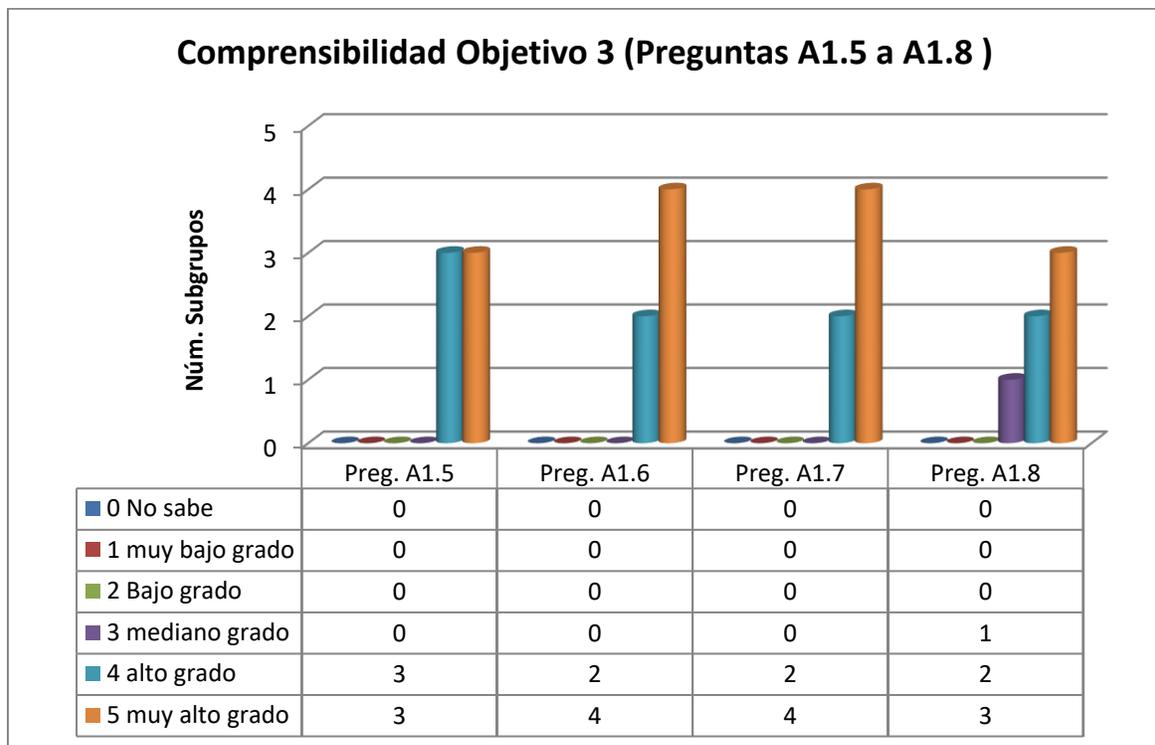


Figura 27. Análisis encuesta preguntas A1.5 y A1.8.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

En las preguntas A1.9, A1.10 y A1.11 se presentó un conjunto de definiciones de los roles involucrados en el procedimiento propuesto y se pedía a los subgrupos evaluadores identificar cuáles eran las definiciones correctas evaluar así la comprensibilidad del perfil de los roles; los 6 subgrupos coincidieron en la definición correcta para cada uno de los roles. En la **Figura 28** se presentan los resultados.

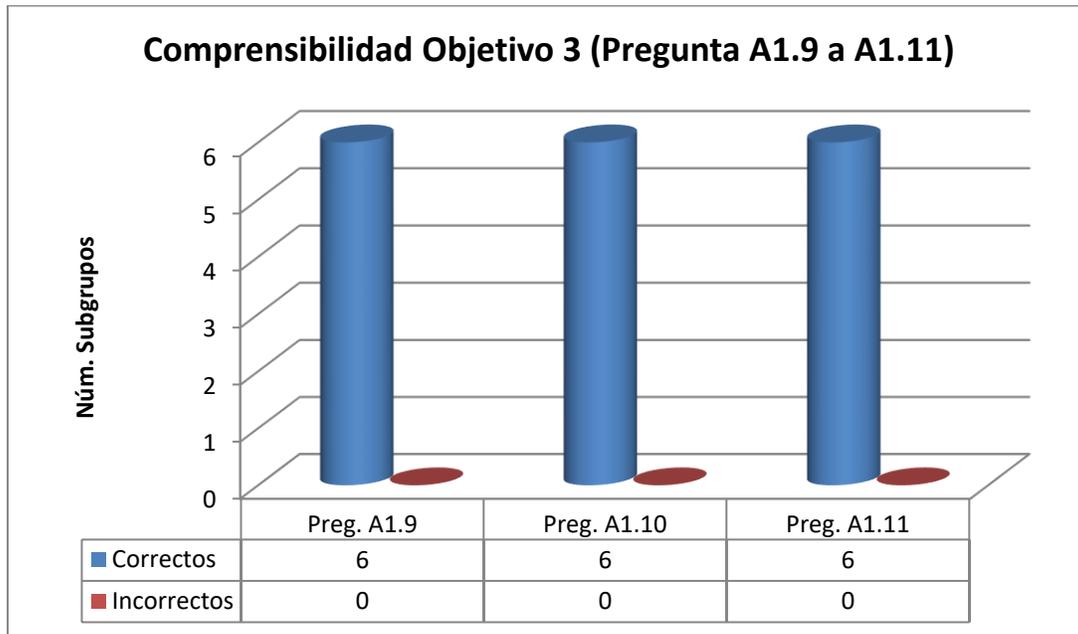
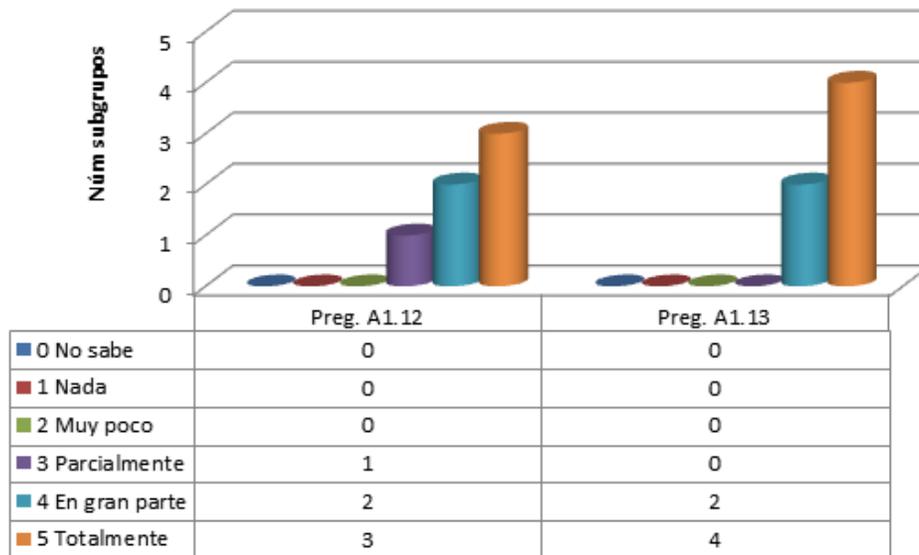


Figura 28. Análisis encuesta preguntas A1.9 y A1.11.

Para las preguntas A1.12 (¿Cree usted que los roles descritos e identificados son los necesarios para el desarrollo de esta actividad?) y A1.13 (La cantidad de tareas de esta actividad son las necesarias para cumplir con su propósito), con las que se evaluó el objetivo 1 de la subcaracterística de idoneidad, presenta igualmente la mayor parte de las respuestas en 4 (Alto grado) 5 (Muy alto grado). Lo mismo sucede para las preguntas A1.14 (Lo descrito en cada una de las tareas es claro y fácil de comprender) y A1.15 (Los pasos de cada una de las tareas son fáciles de entender y realizar) con las que se evalúan los objetivos 3 y 4 del aspecto de comprensibilidad. A continuación se presentan los resultados en las gráficas de la **Figura 29**.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Idoneidad Objetivo 1 (Preguntas A1.12 y A1.13)



Comprensibilidad Objetivos 3 y 4 (Preg. A1.14 y A1.15)

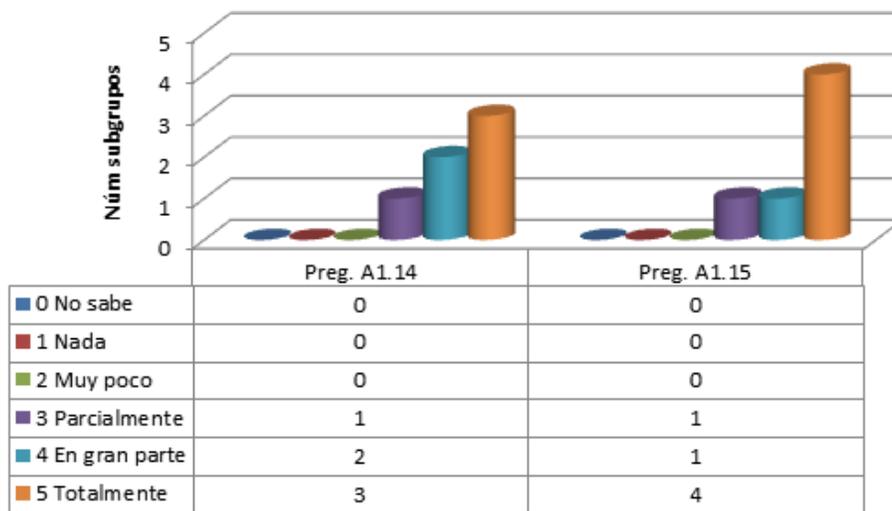


Figura 29. Análisis encuesta preguntas A1.12, A1.13, A1.14 y A1.15.

En las preguntas A1.16 ¿Considera usted que los productos de trabajo propuestos son los indicados para el desarrollo de esta actividad? y A1.17 ¿Los nombres de los productos de trabajo generados en esta actividad son fáciles de entender y permiten inferir lo que se diligencia en cada uno de ellos? Las cuáles se relacionan con el objetivo 1 de la subcaracterística de Idoneidad, los 6 subgrupos contestaron SI a las 2 preguntas.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

Análisis de la encuesta individual.

La encuesta individual realizada al grupo evaluador, estaba dirigida principalmente a evaluar la idoneidad del procedimiento en forma general, con excepción de la pregunta A2.8 que estaba dirigida a los objetivos 3 y 4 del aspecto de comprensibilidad. En todas las preguntas se pedía contestar de 0 a 5 (0 No sabe, 1 Nada, 2 Muy poco, 3 parcialmente, 4 en gran parte y 5 Totalmente) de acuerdo a su criterio.

Los resultados muestran que la mayoría de los participantes consideraron sus respuestas en (4 en gran parte) o (5 Totalmente); sin embargo las preguntas A2.5 ¿considera usted que los roles propuestos en el procedimiento pueden ser asumidos por pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas)? y A2.6 ¿Considera usted que el número de roles propuesto en el procedimiento es apropiado para pequeños grupos de desarrollo de software (menos de 25 personas)?, tienen un gran número de respuestas de (3 parcialmente), lo cual fue tenido en cuenta en las modificaciones incluidas en la propuesta final. Las **Figuras 30 y 31** detallan la información de la encuesta individual sobre el procedimiento.

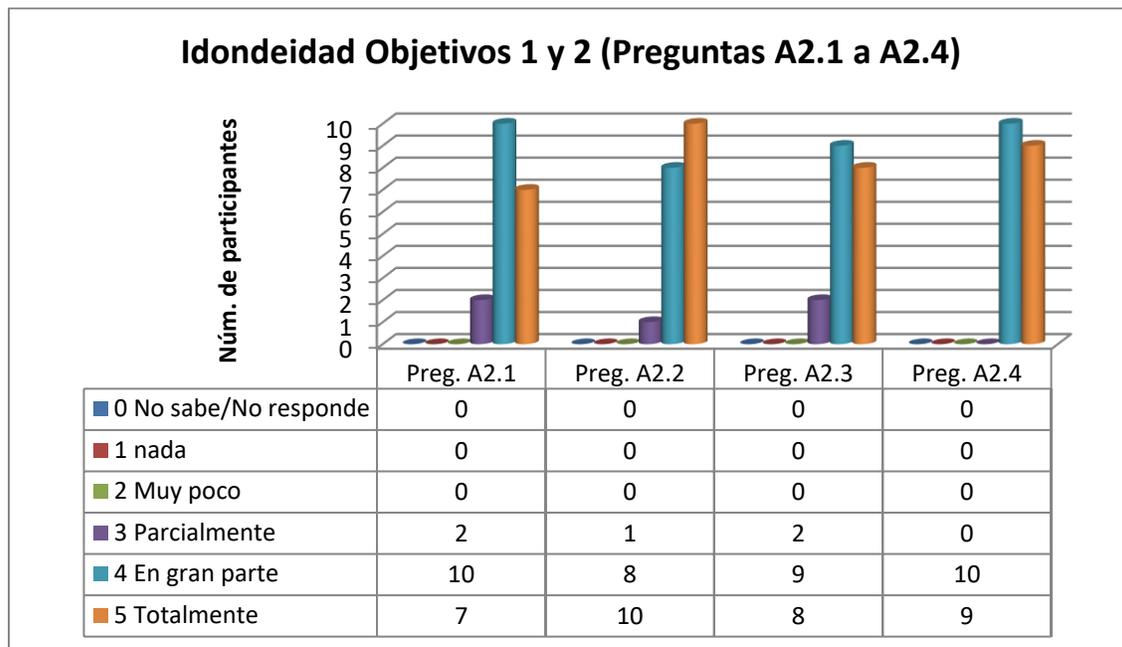


Figura 30. Análisis encuesta preguntas A2.1 y A2.4.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

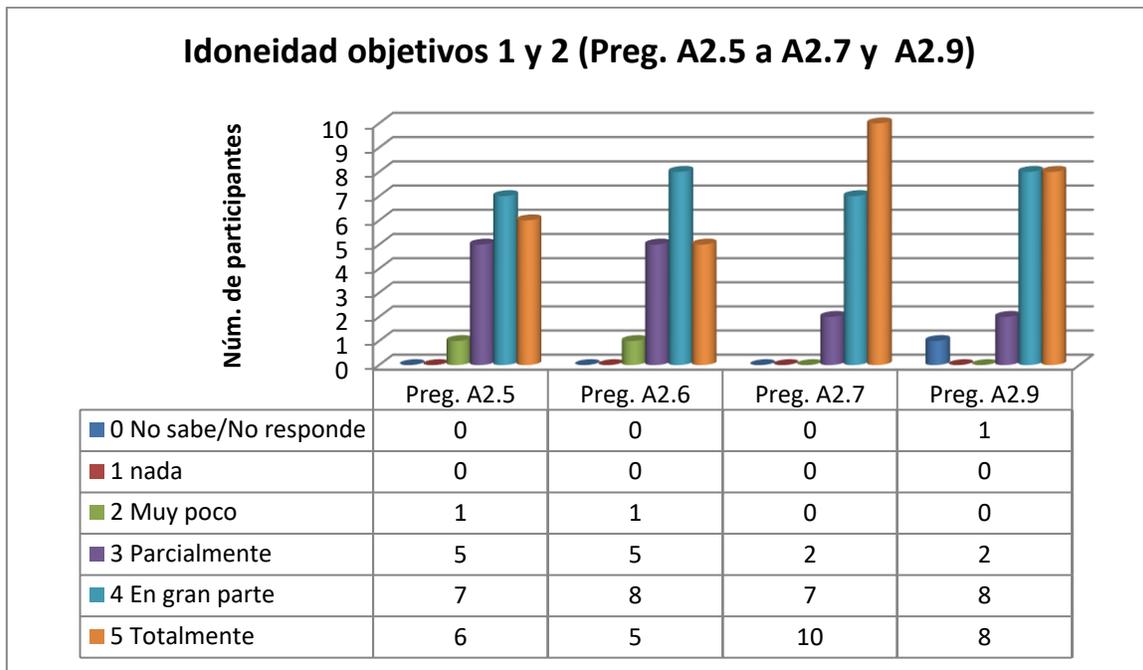


Figura 31. Análisis encuesta preguntas A2.5, A2.7 y A2.9.

Las actividades realizadas en la evaluación del procedimiento, permitieron obtener un conjunto de sugerencias y aspectos a mejorar en el procedimiento, algunas de las cuales fueron incluidas en la versión final del mismo. Además la evaluación permitió divisar la idoneidad, comprensibilidad y facilidad de aprendizaje del mismo, aunque los resultados no puedan tomarse de manera concluyente y se usan para estimar su aplicabilidad en pequeñas organizaciones desarrolladoras de software.

4.3. CAMBIOS INTRODUCIDOS AL PROCEDIMIENTO

A continuación se presenta en la **Tabla 34** el detalle de los cambios realizados a la propuesta inicial versión 1.0, basados en la evaluación del procedimiento realizada mediante Focus Group.

Antes	Que se hizo	Después
Rol Administrativo (AD)	Se cambió el nombre	Rol Gerente (G)
Actividad 1. Definir Plan de Medición. + Tarea 3. Identificar las Necesidades de Información. • Paso 4. Documentar detalladamente el Plan de Acción con la siguiente información. ➤ Ítem 4. Proceder del	Se modificó el ítem 4	Ítem 4. Proceder del plan en su tiempo de definición, ejecución y finalización.

**PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs
DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP**

plan en su tiempo de ejecución.		
Actividad 2. Elaborar Plan de Medición. <ul style="list-style-type: none"> ✚ Tarea 2. ✚ Tarea 3. ✚ Tarea 4. 	Se involucra un rol	Rol Desarrollador de Software (DS)
Actividad 2. Elaborar Plan de Medición. <ul style="list-style-type: none"> ✚ Tarea 3. Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos los datos. <ul style="list-style-type: none"> • Paso 1. Identificar claramente los indicadores o los criterios de decisión para evaluar y poner a disponibilidad los datos recolectados 	Se modificó el paso 1	Paso 1. Identificar claramente los indicadores o los criterios de decisión para evaluar y poner a disponibilidad los datos recolectados y para para la toma de decisión en la organización.
Actividad 2. Elaborar Plan de Medición. <ul style="list-style-type: none"> ✚ Tarea 3. Definir los indicadores para evaluar y poner a disponibilidad los datos los datos. <ul style="list-style-type: none"> • Paso 3. Documentar detalladamente en el Plan de Medición los indicadores para evaluar la información recolectada. 	Se modificó el paso 3	Paso 3. Documentar detalladamente los indicadores para evaluar la información recolectada refinando el Plan de Medición.
Actividad 4. Recolectar y Disponibilidad de Datos.	Se cambió el nombre de la actividad	Actividad 4. Recolectar y Disponer de los Datos.
Actividad 5. Analizar e Interpretar.	Se cambió el nombre de la actividad	Actividad 5. Analizar e Interpretar los Datos.
Actividad 5. Analizar e Interpretar los Datos. <ul style="list-style-type: none"> ✚ Tarea 1. ✚ Tarea 2. ✚ Tarea 3. 	Se refinaron o redefinieron los pasos de todas las tareas de la actividad	

Tabla 34. Cambios introducidos al Procedimiento.

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

En este capítulo se presenta inicialmente un resumen de la propuesta de investigación, después se listan las conclusiones junto con las lecciones aprendidas por parte de grupo investigador y por último se describe el trabajo futuro.

5.1. RESUMEN

Este trabajo de investigación presenta un procedimiento que permite obtener medición organizacional, a partir de mediciones individuales basadas en PSP; la revisión de la literatura nos permitió identificar un conjunto de referentes internacionales de medición software, entre ellos la norma ISO 15939 y MIS-PyME entre otros, los cuáles sirvieron de base para estructurar de manera adecuada el procedimiento propuesto.

Luego de la identificación de los referentes internacionales, se realizó una comparación para agrupar actividades y tareas comunes, y con base en ellas poder definir las que harían parte de nuestra propuesta, a su vez de manera paralela se profundizó en conocer en detalle los conceptos fundamentales del PSP, con el fin de definir la forma más adecuada para integrar las métricas en las actividades de la propuesta. Finalmente el procedimiento quedó definido con base en los siguientes tres componentes: métricas PSP, métricas organizacionales y necesidades de información; dichos componentes están relacionados y ejemplificados en la propuesta para que la organización se guíe y pueda definir sus propios objetivos de medición.

Una vez definido el procedimiento para obtener una medición organizacional, se realizó una evaluación de la propuesta con usuarios potenciales del mismo, los objetivos principales fueron evaluar la idoneidad la comprensibilidad y la facilidad de aprendizaje del procedimiento, los resultados obtenidos de dicha actividad de evaluación permitieron refinar el procedimiento y evidenciar con base en los objetivos de la evaluación, que si puede convertirse en un procedimiento aplicable en las SMEs.

5.2. CONCLUSIONES

Según la literatura, la implementación de un programa o proceso de medición en las pequeñas organizaciones de software (SMEs) ha sido una tarea difícil. Si bien, aunque existen muchas propuestas para que las SMEs integren o adecuen planes, programas, métodos o procesos de medición en sus prácticas de desarrollo de software, estas empresas no toman en consideración estas propuestas, debido a que implementarlas conlleva a invertir recursos tanto económicos como de personal o tecnología, ya sea para la capacitación o contratación de quienes se hagan cargo de estos procesos o incluso en

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

adquisición de software. Por lo tanto, las nuevas propuestas deben estar encaminadas en permitir a las SMEs implementar los procesos de medición sin efectuar una excesiva inversión económica.

Por su parte, los aspectos de facilidad de aprendizaje y comprensibilidad del procedimiento, evaluados mediante el focus group a través del modelado de cada una de las actividades del procedimiento, permitió afianzar la estructura de este ya que la identificación de las tareas, roles y productos de trabajo fue realizada satisfactoriamente para cada una de las 6 actividades; y aunque no son resultados definitivos y concluyentes, son un buen inicio en la búsqueda de una alternativa de medición que se ajuste a las necesidades de las SMEs.

La implantación del procedimiento propuesto, conlleva a que los desarrolladores integren dentro de su proceso algunas de las buenas prácticas propuestas por PSP, ya que para la recolección de ciertas métricas es necesario incorporar prácticas como las revisiones de código y de diseño, cuya finalidad es ayudar a la creación de software de calidad; por lo que el procedimiento se convierte en un precursor de estas buenas prácticas en el desarrollo de software.

El procedimiento propuesto, está diseñado de tal manera que pueda ajustarse a las necesidades de las pequeñas organizaciones desarrolladoras de software en cuanto a la inversión de recursos económicos y de personal, ya que solo demanda de una persona que dedique parcialmente su tiempo en la conducción del procedimiento, puesto que la información de los desarrolladores siempre ha estado presente y solo se necesita un poco de organización que permita su recolección.

Por último, el procedimiento propuesto permite a las SMEs contar con otra alternativa para implementar planes de medición en sus procesos, que posibiliten la obtención de mediciones organizacionales que sirvan de apoyo en la búsqueda mejoras en los procesos y en los productos. Además, en cuanto al alcance, esta investigación abre un nuevo camino para que las SMEs implementen procesos de medición basado en mediciones individuales de PSP, y aunque no es un enfoque con el que se pueda abarcar todas las necesidades de información de una organización, si se pueden satisfacer algunos objetivos organizacionales relacionados con el desarrollo de software.

5.3. REFLEXIÓN Y LECCIONES APRENDIDAS

- Para la realización del trabajo de investigación es importante tener en cuenta que este debe tener un enfoque iterativo e incremental, que permita tener una buena planeación y retroalimentación. De igual manera, la monografía debe ser escrita de manera paralela al desarrollo de la parte investigativa, de esta forma no se perderán detalles de todo realizado durante el trabajo de grado.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- La estrategia de investigación utilizada fue de gran ayuda en la culminación del presente trabajo de investigación, debido a que cada uno de los ciclos permitió desarrollar de manera continua los objetivos del trabajo. El ciclo conceptual contextualizó el problema a abordar, el ciclo metodológico facilitó la creación del procedimiento y el ciclo técnico junto con el de evaluación permitieron evaluar y modelar el procedimiento propuesto.
- Por su parte, la evaluación del procedimiento permitió al grupo investigador, conocer la perspectiva de los futuros desarrolladores de software, en cuanto a la adopción de un procedimiento de medición, ya que entre los inconvenientes más comunes para su implantación es el tiempo que deben quitarle a la programación y dedicárselo a la recolección de datos (sea o no automático); lo cual consideramos que es uno de los principales aspectos a mejorar por parte de los futuros ingenieros desarrolladores de software, ya que no se puede controlar aquello que no se mide.
- Por último, se realizó la divulgación del trabajo realizado mediante la generación y publicación de un artículo titulado “Utilizando PSP para la medición organizacional en pequeñas organizaciones”. El artículo se ha sometido para su posible publicación a la revista “TECCIENCIA”. Este proceso de redacción del artículo nos permitió aclarar, sintetizar la información más relevante generando una reflexión y una autocrítica del trabajo realizado.

5.4. TRABAJO FUTURO

A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación a continuación se describen los siguientes aspectos que pueden ser abordados en un futuro por otros estudios de investigación.

- Al procedimiento propuesto se le podrían incorporar o modificar sus elementos constitutivos como actividades, tareas, roles o productos de trabajo cuando los referentes internacionales en medición software presenten mejoras, actualizaciones o adaptaciones según las necesidades específicas de cada organización.
- Basados en la experiencia estructurar una guía más completa que permita obtener las métricas organizacionales teniendo en cuenta la relación necesidad de información, objetivos de medición y métricas PSP.
- Incorporar una de las herramienta existentes en la literatura que automatizan los procesos de PSP como por ejemplo “Process dash board”, la cual recolecta la información y analiza los datos obtenidos en los procesos PSP.
- Para complementar la evaluación del procedimiento se puede llevar a cabo un caso de estudio en alguna empresa de desarrollo de software (preferiblemente una SMEs) para comprobar su utilidad e identificar opciones de mejora.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

REFERENCIAS

- [1] F. Pino, F. García, and M. Piattini, "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] A. Nomi Baruah, "Contribution of software process improvement approaches for small and medium scale enterprises," *International Journal of Computing and Corporate Research*, vol. 2, 2012.
- [3] C. G. von Wangenheim, T. Punter, and A. Anacleto, "Software measurement for small and medium enterprises," in *Proceeding 7th International Conference on empirical Assessment in Software Engineering (EASE)*, 2003.
- [4] M. Díaz-Ley, F. García, and M. Piattini, "MIS-PyME software measurement capability maturity model—Supporting the definition of software measurement programs and capability determination," *Advances in Engineering Software*, vol. 41, pp. 1223-1237, 2010.
- [5] I. Richardson and C. G. v. Wangenheim, "Why are small software organizations different," *IEEE software*, vol. 24, pp. 18-22, 2007.
- [6] ESI, "Europe Software Institute www.esi.es," 2007.
- [7] W. S. Humphrey, "The Personal Software Process (PSP)," 2000.
- [8] M. Díaz-Ley, F. García, and M. Piattini, "Software measurement programs in SMEs—defining software indicators: a methodological framework," in *Product-Focused Software Process Improvement*, ed: Springer, 2007, pp. 247-261.
- [9] S. Esponda, "Ambiente para la ayuda a la mejora de procesos en las PyMEs," Facultad de Informática, 2013.
- [10] M. Mendoza-Moreno, C. Gonzalez-Serrano, and F. J. Pino, "FOCUS GROUP AS A SOFTWARE ENGINEERING PROCESS: AN EXPERIENCE FROM THE PRAXIS," *DYNA*, vol. 80, pp. 51-60, 2013.
- [11] F. J. Pino, M. Piattini, and G. H. Travassos, "Managing and developing distributed research projects in software engineering by means of action-research Gestión y desarrollo de proyectos de investigación distribuidos en ingeniería del."
- [12] J. McNiff, *Action research: Principles and practice*: Routledge, 2013.
- [13] F. García, F. Ruiz, M. Bertoa, C. Calero, M. Genero, L. Olsina, M. Martín, C. Quer, N. Tondori, and S. Abrahao, "Una ontología de la medición del software," *Universidad de Castilla-La Mancha, Technical report UCLM DIAB-04-02-2*, 2004.
- [14] F. Ruiz and M. Polo, "Mantenimiento del Software," *Grupo Alarcos, Departamento de Informática de la Universidad de Castilla-La Mancha*, 2001.
- [15] M. Piattini, F. García, J. Garzás, and M. Genero, "Medición y estimación del software: técnicas y métodos para mejorar la calidad y productividad del software. 2008," ed: Rama.
- [16] R. Van Solingen and E. Berghout, *The Goal/Question/Metric Method: a practical guide for quality improvement of software development* vol. 40: McGraw-Hill London, 1999.
- [17] R. E. Park, W. B. Goethert, and W. A. Florac, "Goal-Driven Software Measurement. A Guidebook," DTIC Document1996.
- [18] B. Clark, "Practical Software and Systems Measurement: A Foundation for Objective Project Management," 2001.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- [19] I. S. O. a. I. E. Commission, "ISO/IEC 15939 Software Engineering – Software Measurement Process.," *International Standard Organization/International Electrotechnical Commission, Geneva, 2007.*
- [20] C. P. Team, "CMMI for Development, version 1.2," 2006.
- [21] ISO, "ISO/IEC 12207 Systems and software engineering - Software life cycle processes.," 2008.
- [22] W. E. Deming, "Out of the Crisis, MIT Center for Advanced Engineering Study," *Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, 1986.*
- [23] J. M. Juran, "The quality function," *JJM & FM Gryna (Eds.), Juran's Quality Control Handbook*, pp. 2.1-2.13, 1988.
- [24] M. E. Fagan, "Advances in software inspections," in *Pioneers and Their Contributions to Software Engineering*, ed: Springer, 2001, pp. 335-360.
- [25] J. Herbsleb, D. Zubrow, D. Goldenson, W. Hayes, and M. Paulk, "Software quality and the capability maturity model," *Communications of the ACM*, vol. 40, pp. 30-40, 1997.
- [26] W. S. Humphrey, "A discipline for software engineering," 1995.
- [27] L. Pérez Queiruga and D. Vallespir, "Adaptación de RUP para PSP: Modelo de Proceso y Casos de Estudio," in *XV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación*, 2009.
- [28] W. S. Humphrey, "Introducción al Proceso Software Personal (PSP)," *Edición Addison Wesley*, 2001.
- [29] F. García, M. F. Bertoa, C. Calero, A. Vallecillo, F. Ruíz, M. Piattini, and M. Genero, "Towards a consistent terminology for software measurement," *Information and Software Technology*, vol. 48, pp. 631-644, 2006.
- [30] A. MAYERLY FUQUENE, O. FERNANDO CASTELLANOS, and S. L. Fonseca, "Bases de la implementación de un modelo de inteligencia para fortalecer el desarrollo tecnológico de la industria del software y servicios asociados en Colombia," *Ingeniería e Investigación*, vol. 27, pp. 182-192, 2007.
- [31] K. C. Palomino Zuluaga, "Estudio del comportamiento de la industria del software en Colombia ante escenarios de capacidades de innovación y ventajas comparativas por medio de dinámica de sistemas," Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, 2011.
- [32] "Informe Sectorial de la Industria de Software y Servicios Asociados de Colombia," 2012 *Bogotá, DC*, 2012.
- [33] O. Hazzan and I. Hadar, "Why and how can human-related measures support software development processes?," *Journal of Systems and Software*, vol. 81, pp. 1248-1252, 2008.
- [34] W. S. Humphrey, *Psp (sm): a self-improvement process for software engineers*: Addison-Wesley Professional, 2005.
- [35] W. Hayes and J. W. Over, "The Personal Software Process (PSPSM): An Empirical Study of the Impact of PSP on Individual Engineers," DTIC Document 1997.
- [36] A. Wesslén, "A Replicated Empirical Study of the Impact of the Methods in the PSP on Individual Engineers," *Empirical Software Engineering*, vol. 5, pp. 93-123, 2000.
- [37] D. Rombach, J. Münch, A. Ocampo, W. S. Humphrey, and D. Burton, "Teaching disciplined software development," *Journal of Systems and Software*, vol. 81, pp. 747-763, 2008.
- [38] I. Etxaniz, "Software projects improvement using PSP: an approach for a R&D center," in *Proceedings of the 6th WSEAS international conference on Applied computer science*, 2006, pp. 60-65.
- [39] M. J. Shen, G. P. Rong, and D. Shao, "Integrating PSP with agile process: a systematic review," *Advanced Materials Research*, vol. 765, pp. 1697-1703, 2013.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- [40] E. Salinas, N. Cerpa, and P. Rojas, "Arquitectura orientada a servicios para software de apoyo para el proceso personal de software," *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, vol. 19, pp. 40-52, 2011.
- [41] A. Sillitti, A. Janes, G. Succi, and T. Vernazza, "Collecting, integrating and analyzing software metrics and personal software process data," in *Euromicro Conference, 2003. Proceedings. 29th*, 2003, pp. 336-342.
- [42] R. Sison, "Personal software process (psp) assistant," in *Software Engineering Conference, 2005. APSEC'05. 12th Asia-Pacific*, 2005, p. 8 pp.
- [43] P. M. Johnson, H. Kou, J. Agustin, C. Chan, C. Moore, J. Miglani, S. Zhen, and W. E. Doane, "Beyond the personal software process: Metrics collection and analysis for the differently disciplined," in *Proceedings of the 25th international Conference on Software Engineering*, 2003, pp. 641-646.
- [44] E. Verbo, I. Caballero, R. Pérez-Castillo, C. Calero, and M. Piattini, "Una Metodología Basada en ISO/IEC 15939 para la Elaboración de Planes de Medición de Calidad de Datos," in *JISBD*, 2008, pp. 253-264.
- [45] F. García, M. Serrano, J. Cruz-Lemus, F. Ruiz, and M. Piattini, "Managing software process measurement: A metamodel-based approach," *Information Sciences*, vol. 177, pp. 2570-2586, 2007.
- [46] J. C. Ruiz, Z. B. Osorio, J. Mejia, M. Muñoz, A. M. Chávez, and B. A. Olivares, "Definition of a hybrid measurement process for the models ISO/IEC 15504-ISO/IEC 12207: 2008 and CMMI Dev 1.3 in SMEs," in *Electronics, Robotics and Automotive Mechanics Conference (CERMA), 2011 IEEE*, 2011, pp. 421-426.
- [47] C. Gencel, K. Petersen, A. A. Mughal, and M. I. Iqbal, "A decision support framework for metrics selection in goal-based measurement programs: GQM-DSFMS," *Journal of Systems and Software*, vol. 86, pp. 3091-3108, 2013.
- [48] O. Gómez, H. Oktaba, M. Piattini, and F. García, "Calidad de Productos de Software: Un estado del arte de la medición," in *IV SIMPOSIO INTERNACIONAL DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN E*, p. 145.
- [49] J. M. M. de Oliveira, K. B. de Oliveira, and A. D. Belchior, "Institutionalization of an Organizational Measurement Process," in *Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, ed: Springer, 2007, pp. 253-258.
- [50] J. M. M. de Oliveira, K. B. de Oliveira, A. K. A. de Castro, P. R. Pinheiro, and A. D. Belchior, "Application of multi-criteria to perform an organizational measurement process," in *Advances and Innovations in Systems, Computing Sciences and Software Engineering*, ed: Springer, 2007, pp. 247-252.
- [51] F. J. Pino, F. García, M. Serrano, and M. Piattini, "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, pp. 17-30, 2006.
- [52] M. G. Estayno, G. N. Dapozo, L. R. Cuenca Pletsch, and C. L. Greiner, "Modelos y métricas para evaluar calidad de software," in *XI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación*, 2009.
- [53] N. E. Fenton and S. L. Pfleeger, *Software metrics: a rigorous and practical approach*: PWS Publishing Co., 1998.
- [54] F. J. Pino, M. T. Baldassarre, M. Piattini, and G. Visaggio, "Harmonizing maturity levels from CMMI-DEV and ISO/IEC 15504," *Journal of Software Maintenance and Evolution: Research and Practice*, vol. 22, pp. 279-296, 2010.

PROCEDIMIENTO PARA LA MEDICIÓN ORGANIZACIONAL EN LAS SMEs DE SOFTWARE BASADO EN MEDICIONES INDIVIDUALES DE PSP

- [55] M. Pomeroy-Huff, R. Cannon, T. A. Chick, J. Mullaney, and W. Nichols, "The Personal Software ProcessSM (PSPSM) Body of Knowledge, Version 2.0," DTIC Document2009.
- [56] G. G. Garzón and P. F. Miranda, "Métricas del Proceso de Construcción de Software para Control Estadístico de Procesos en Pequeñas Organizaciones ", Universidad del Cauca, 2013.
- [57] A. D. Carleton, R. E. Park, W. B. Goethert, W. A. Florac, E. K. Bailey, and S. L. Pfleeger, "Software Measurement for DoD Systems: Recommendations for Initial Core Measures," DTIC Document1992.
- [58] P. COMPETISOFT, "COMPETISOFT-Mejora de Procesos para Fomentar la Competitividad de la Pequeña y Mediana Industria del Software de Iberoamérica. Versión 0.2," *Diciembre*, 2006.
- [59] M. Pomeroy-Huff, J. L. Mullaney, R. Cannon, and M. Seburn, "The Personal Software Process (PSP) Body of Knowledge, Version 1.0," 2005.
- [60] P. A. A. Castillo, "BONITA SOFT: Gestor de procesos de negocios BPM," 2011.
- [61] J. Kontio, L. Lehtola, and J. Bragge, "Using the focus group method in software engineering: obtaining practitioner and user experiences," in *Empirical Software Engineering, 2004. ISESE'04. Proceedings. 2004 International Symposium on*, 2004, pp. 271-280.
- [62] D. L. Morgan, "Focus groups," *Annual review of sociology*, pp. 129-152, 1996.