

Facultad de Ingeniería – UdelaR

Instituto de Computación

Proyecto de Grado

Desarrollo de un plug-in para el framework ProM (Process Mining) que implemente las medidas de ejecución de procesos de negocios y servicios definidas en BPEMM

Informe Final

Álvaro Aspiroz

José Cordero

Ignacio Infante

Tutor

Andrea Delgado

Montevideo – Uruguay

Junio 2013

Un Proceso de Negocio (Business Process) es un conjunto de actividades que son realizadas en coordinación en entorno organizacional y técnico. Por lo general, estas actividades son realizadas manualmente aunque las organizaciones obtienen beneficios adicionales si utilizan sistemas de software para coordinarlas. Es ahí donde entran los Business Process Management Systems (BPMS), los cuales permiten modelar, ejecutar y evaluar procesos de negocio mediante la integración de diversas tecnologías como ser: sistemas de Workflow, sistema de gestión de reglas de negocio, herramientas para el monitoreo y análisis de las actividades, entre otros.

El framework ProM es un entorno abierto implementado en *java* y basado en la implementación de Plug-Ins para el análisis y evaluación de la ejecución de Procesos de Negocio (PNs) aplicando técnicas de Process Mining. Este análisis se realiza sobre los datos registrados durante la ejecución de los PNs, como ser tiempos de inicio y fin de la ejecución de cada actividad, persona que la ejecuta, otros recursos involucrados, etc. El modelo de medición de la ejecución de PNs denominado BPEMM (Business Process Execution Measurement Model) parte del framework MINERVA, define una variedad de medidas de ejecución de PNs realizados con servicios, que permiten la evaluación de PNs desde el punto de vista operacional, con el objetivo de encontrar oportunidades de mejora tanto en su modelado como en su implementación en base a servicios.

Este proyecto tiene como objetivo implementar un Plug-In de ProM que provea el cálculo y visualización de las medidas definidas en BPEMM. Se deberán estudiar las medidas definidas en BPEMM, el framework ProM, así como distintos BPMS libres que implementan el estándar de modelado BPMN2 (Activiti, jBPM5) para realizar un caso de estudio real de aplicación, donde sea posible ejecutar un PN seleccionado, registrando datos de dicha ejecución para ser analizados en el Plug-In BPEMM de ProM desarrollado.

Palabras clave: Gestión de Procesos de Negocio, ciclo de vida; Medidas de ejecución de PNs; Mejora continua de PNs; ProM framework (Process Mining)

Índice General

1	INTRODUCCIÓN	5
1.1	CONTEXTO	6
1.2	OBJETIVOS	6
1.3	DESARROLLO DEL PROYECTO	6
1.4	ORGANIZACIÓN DEL DOCUMENTO	9
2	ESTADO DEL ARTE	10
2.1	BPM (BUSINESS PROCESS MANAGEMENT)	10
2.1.1	Conceptos básicos	10
2.1.2	Ciclo de vida de los PNs	13
2.1.3	BPMS (Business Process Management System)	16
2.2	MINERÍA DE PROCESOS (PROCESS MINING)	18
2.2.1	Log de eventos	18
2.2.2	Herramientas	19
2.3	MODELO DE MEDICIÓN DE LA EJECUCIÓN DE PROCESOS DE NEGOCIO (BPEMM)	22
2.3.1	Estructura del Modelo	22
2.3.2	Medidas de Ejecución	24
2.4	HERRAMIENTAS INVESTIGADAS	29
3	REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA	30
3.1	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	30
3.2	REQUERIMIENTOS NO FUNCIONALES	31
3.3	ALCANCE	33
4	SOLUCIÓN	34
4.1	DESCRIPCIÓN DEL FRAMEWORK PROM	34
4.2	DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN	35
4.3	ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN	42
5	IMPLEMENTACIÓN	47
5.1	HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍA SELECCIONADA	47
5.2	DETALLES DE IMPLEMENTACIÓN	47
5.3	ESPECIFICACIÓN DEL ACOPLAMIENTO DEL PLUG-IN CON EL FRAMEWORK PROM	49
5.4	DECISIONES TOMADAS	50
6	PRUEBAS	53
6.1	DEFINICIONES DE LAS PRUEBAS	53
6.2	CASOS DE PRUEBA	54
6.3	RESULTADOS OBTENIDOS	55
6.3.1	Casos de prueba para la Medida Throughput Time	56
6.3.2	Casos de prueba para la Medida Capacity	58
6.3.3	Casos de prueba para la Medida Cost	59
6.3.4	Casos de prueba para la Medida Final State (Type of Ending)	60
6.3.5	Casos de prueba para la Medida Path Execution (Successful Branch)	61
6.3.6	Casos de prueba para la Medida Rework	62
6.3.7	Casos de prueba para la Medida Service Response Time	63

6.4	COMPARACIONES.....	65
7	CASO DE ESTUDIO.....	66
7.1	PRESENTACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	66
7.2	REALIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	67
7.3	EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO	68
8	CONCLUSIONES Y TRABAJO A FUTURO	72
8.1	CONCLUSIONES.....	72
8.2	TRABAJO A FUTURO.....	74
9	REFERENCIAS.....	76
10	GLOSARIO DE TÉRMINOS	79
11	ANEXOS.....	81

1 Introducción

Hoy en día el funcionamiento de la mayoría de las organizaciones, la manera de llevar su negocio va variando según sea necesario y posible mediante conexiones con sus clientes, socios y el uso de diversas tecnologías de soporte, para esto las organizaciones están modelando sus procesos de negocio (PNs) de manera automática para poder extraer así la mayor información posible sobre estos con el fin de mejorarlos continuamente.

La mejora continua de los PNs no es una preocupación nueva de las organizaciones, pero si es un área que ha ido expandiéndose y cobrando cada vez más importancia en el contexto del paradigma de Gestión de Procesos de Negocio (Business Process Management, BPM) [1]. Cada vez más las organizaciones son conscientes de la importancia y beneficios de especificar explícitamente sus procesos de negocio en modelos que los describan, los que constituyen, junto con la información sobre su ejecución, las referencias principales con las que contrastar el funcionamiento de la organización hacia la obtención de sus metas estratégicas de negocio y objetivos asociados. Para esto, un elemento básico es poder medir la ejecución de dichos procesos de negocio para luego analizarla y determinar su adecuación a los objetivos definidos para los mismos, así como identificar oportunidades de mejora que permitan introducir modificaciones en la forma de realizar los procesos de negocio, para que cumplan con dichos objetivos. Otro aspecto importante a tener en cuenta en la mejora de procesos de negocio, tiene que ver con su soporte informático.

Sin embargo, una organización que no tenga definido como medir y analizar la ejecución de sus PNs, difícilmente podrá contar con información real y confiable para mejorarlos. [38]

El marco MINERVA [2] provee una guía completa para mejorar los PNs basada en un proceso de mejora continua para guiar el esfuerzo de mejora, la implementación de dichos procesos con servicios y desarrollo dirigido por modelos, y la definición de un conjunto de medidas de ejecución que permiten identificar los objetivos planteados para los procesos, información para analizar y evaluar su ejecución y oportunidades de mejora asociadas.

Este propósito busca mejorar tanto desde el punto de vista de los tiempos, como de los recursos, de la calidad de los mismos, de los costos entre otros aspectos que están relacionados tanto en forma directa como indirecta a los PNs.

Este proyecto de grado consiste en la implementación de un Plug-In para el framework ProM, que a partir de éste se puede analizar y evaluar la ejecución de PNs aplicando técnicas de Process Mining, de manera de facilitar información a los usuarios relacionados al negocio.

Este análisis se basa en el modelo de medición de la ejecución de PNs denominado BPEMM (Business Process Execution Measurement Model), prototipado inicialmente en el contexto de la realización de un doctorado del grupo COAL, descrito en [3], que define una variedad de medidas de ejecución de PNs realizados con servicios, permitiendo la evaluación desde el punto de vista operacional.

1.1 Contexto

Este trabajo se enmarca en el trabajo de investigación del grupo COAL y del grupo de Métodos Formales del InCo, en la línea de investigación de Procesos de Negocio (PNs). Entre los objetivos se incluye el estudio del marco teórico sobre medición de la ejecución de PNs, ejecución y soporte para la operación de PNs en las organizaciones, estándares asociados y aplicaciones. Asimismo, este trabajo se enmarca dentro de las colaboraciones en esta línea de investigación de PNs con el Grupo de investigación ALARCOS de la Universidad de Castilla – La Mancha, y el grupo de investigación Quality Engineering de la Universidad de Innsbruck, Austria.

1.2 Objetivos

El objetivo principal de este proyecto es implementar las medidas de ejecución de PNs realizadas con servicios definidas en el modelo de medidas de ejecución BPEMM, como Plug-In del Framework ProM de minería de procesos.

Dicho Plug-In deberá permitir el procesamiento de los datos de ejecución de los PNs obteniendo los resultados de medición asociados con cada medida, y permitiendo su visualización en forma gráfica, con opciones para movilizarse entre distintos niveles de medición (instancias de actividades, instancias de PNs y el PN completo).

Para llegar a este objetivo principal se establecieron los siguientes objetivos específicos:

- Estudio del estado del arte en medición de la ejecución de PNs, ejecución de PNs y registro de datos de ejecución asociados, estándares y referencias asociadas.
- Estudio del modelo de medidas de ejecución BPEMM.
- Investigación del Framework ProM y enfoque para desarrollo de Plug-Ins.
- Implementación del Plug-In BPEMM para ProM, comprendiendo la generación de requerimientos, su implementación y las pruebas para verificar su funcionamiento.
- Caso de estudio de aplicación con ejecución de un PN seleccionado.
- Informe final del proyecto.

1.3 Desarrollo del proyecto

En esta sección se muestra la coordinación y planificación del proyecto, comparando el cronograma inicial con el que se llevó a cabo realmente, detallando cada una de las actividades necesarias para el desarrollo del mismo.

En primera instancia se decidió usar un cliente SVN para facilitar en la gestión de versiones sobre nuestros archivos fuentes y documentos, para esto también se eligió un repositorio para el alojamiento de los archivos, el cual fue elegido del sitio web *assembla* [36].

La estructura de directorios utilizada fue la siguiente:

- *Código*, contiene el código fuente generado y utilizado para el desarrollo del producto. Dentro del directorio existen dos subdirectorios, *tags* y *trunk*, el cual el primero tiene las distintas “imágenes” del proyecto durante su desarrollo y en el segundo se encuentra la “rama” principal de desarrollo de los distintos proyectos utilizados.

- *Documentos*, contiene las distintas versiones de la documentación creada, además de toda la bibliografía y material de interés que se utilizó en el transcurso del proyecto.

A continuación se pasa a detallar las tareas planificadas y los cambios realizados en el cronograma inicial al proyecto. El cronograma establecido en la especificación del proyecto estaba definido con las siguientes etapas:

- Estudio del estado del arte en medición de la ejecución de PNs, ejecución de PNs y registro de datos de ejecución asociados, estándares y referencias asociadas. **(1 mes)**
- Estudio del modelo de medidas de ejecución BPEMM y del framework ProM **(1 mes)**:
 - Estudio del modelo definido y las medidas de ejecución asociadas
 - Investigación del framework ProM y enfoque para desarrollo de plug-ins
- Implementación del plug-in BPEMM para ProM **(4 meses)**:
 - Requerimientos (Casos de Uso)
 - Priorización CU, implementación CU de la Arquitectura, pruebas
 - implementación 2dos. CU, pruebas
 - implementación 3eros. CU, pruebas
- Caso de estudio de aplicación con ejecución de un PN seleccionado (que podrá ser de laboratorio provisto por el docente, o real en alguna organización afín), registrando datos de la ejecución para ser analizados en el plug-in BPEMM de ProM desarrollado **(1 mes)**
- Informe del proyecto de grado durante todo el proyecto por capítulos, final, correcciones y defensa **(1 mes)**

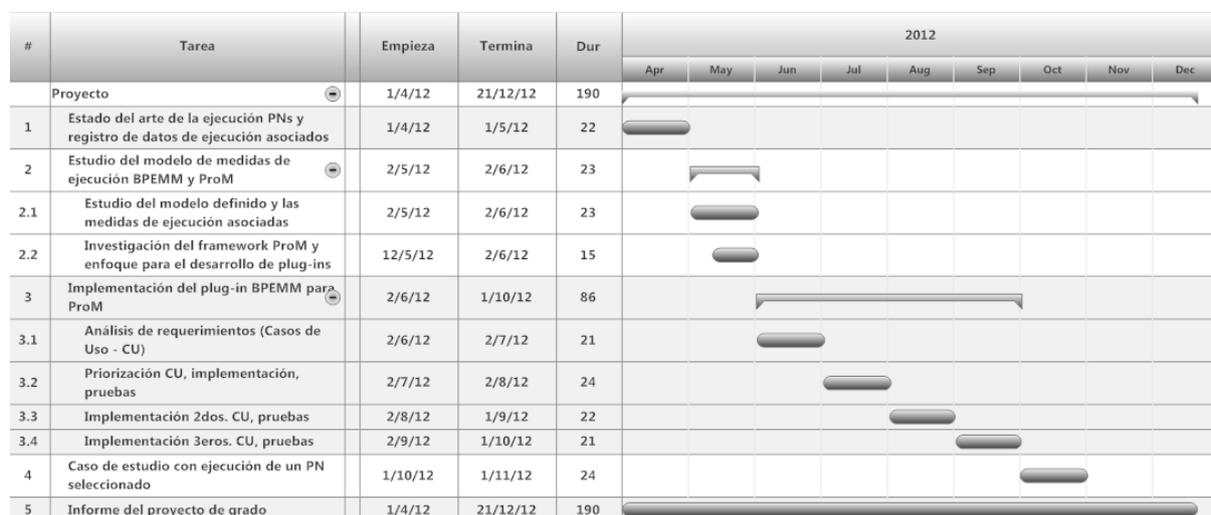


Figura 1.1 Diagrama de Gantt, cronograma inicial

Durante el desarrollo del proyecto nos encontramos con varias desviaciones del cronograma que se mostró inicialmente. En particular se extendieron las etapas de implementación y documentación, que llevaron a que no se pudiera cumplir con el cronograma establecido inicialmente. Para ver estos retrasos en forma gráfica se puede ver el diagrama de Gantt que muestra el cronograma real (figura 1.2).

Un retraso en la implementación se debió a dificultades técnicas. Uno de los casos fue en el desarrollo del prototipo, esto insumió más tiempo del estipulado. Uno de estos retrasos fue la investigación sobre el procesamiento de los archivos de entrada del plug-in, en particular el procesamiento de archivos en formato BPMN2.0, por la poca documentación disponible. Otro de estos retrasos fue la investigación sobre Swing para cumplir con el desarrollo de la interfaz de usuario diseñada, como se aclara en el capítulo 4. Otro caso de retraso fue la inconsistencia en la especificación del cálculo de algunas de las medidas definidas en BPEMM. Otro aspecto de la implementación que insumió mucho tiempo fue el método elegido para testear el producto, como también la investigación de las herramientas Activiti y JBPM5 utilizadas en la elaboración de las pruebas, como se detalla en el capítulo 6.

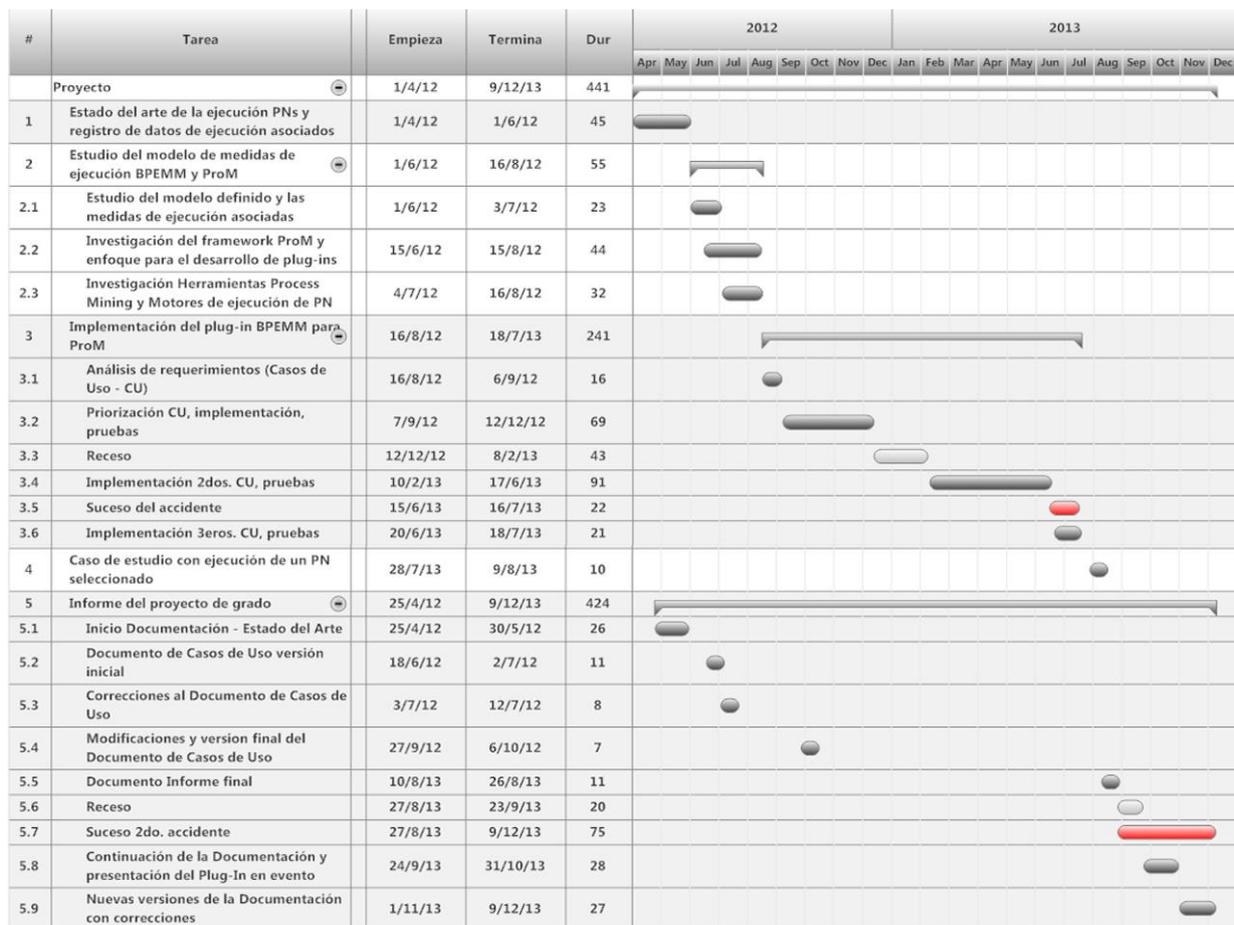


Figura 1.2 Diagrama de Gantt, cronograma real

Otro retraso durante la implementación durante la etapa de pruebas fue cuando uno de los integrantes del grupo tuvo un accidente automovilístico que lo inhabilitó a seguir con las actividades del proyecto durante un mes.

Durante la etapa de generación de la documentación también nos encontramos con retrasos, uno de estos retrasos fue un segundo accidente de mayor gravedad de uno de los integrantes dejándolo al margen por el resto del proyecto. Esto provocó que se decidiera suspender las actividades por un período de un mes. Cabe destacar que en este período ya estaba culminada la etapa de implementación, donde nos encontrábamos sólo armando el informe final. En consecuencia el proyecto se siguió con los otros dos integrantes.

1.4 Organización del documento

El documento se encuentra dividido en capítulos según el siguiente detalle:

- **Capítulo 1:** Se expone una introducción al problema, el objetivo que se busca alcanzar y la planificación comprendida durante el desarrollo del proyecto.
- **Capítulo 2:** Se presentan conceptos y tecnologías investigadas con las cuales vamos a trabajar para alcanzar el objetivo.
- **Capítulo 3:** Se realiza una descripción de los requerimientos tanto funcionales como no funcionales, y se plantea el alcance del proyecto.
- **Capítulo 4:** Se describe el diseño y la arquitectura utilizada de la solución.
- **Capítulo 5:** Se detallan las herramientas usadas al igual que los algoritmos y métodos que se necesitaron crear para la resolución del problema, además de describir decisiones tomadas durante dicha implementación.
- **Capítulo 6:** Se presenta la generación de los distintos casos de prueba realizados a lo largo del desarrollo mediante las cuales se fue comprobando el correcto funcionamiento del sistema que se estaba desarrollando.
- **Capítulo 7:** Se expone el caso de estudio y su realización utilizando el plug-in BPEMM.
- **Capítulo 8:** Se evalúan los resultados obtenidos en el proyecto y posibles mejoras a realizar.
- **Capítulo 9:** Se presentan las referencias de las cuales nos basamos para la resolución del problema planteado.
- **Capítulo 10:** Se presenta el glosario de términos utilizado.
- **Capítulo 11:** Se agregan todos los anexos pertinentes.

2 Estado del Arte

En este capítulo se expone un marco teórico acerca de los conceptos y áreas de investigación que resultan ser fundamentales para entender el desarrollo del proyecto.

El capítulo se divide en tres secciones descriptas a continuación. En la sección 2.1 se describe todo lo relacionado a BPM (Business Process Management, BPM), conceptos básicos, ciclo de vida de los procesos de negocio (PN) y las herramientas BPMS (Business Process Management System). En la sección 2.2 se presenta la técnica de minería de procesos, el registro de eventos (log de eventos) y las herramientas usadas durante esta técnica. Por último en la sección 2.3 se aborda el concepto de Modelo de medición de la ejecución de Procesos de Negocio (Business Process Execution Measurement Model, BPEMM), la estructura del modelo y las medidas definidas.

Para referirse con más detalles sobre estos temas, el lector puede dirigirse a las referencias citadas en el capítulo 9.

2.1 BPM (Business Process Management)

En esta sección se describen los conceptos básicos sobre la gestión de los procesos de negocio, su ciclo de vida y un conjunto de herramientas que den soporte necesario para cumplir con éste ciclo de vida.

2.1.1 Conceptos básicos

La gestión de los procesos de negocio está basada en la observación de que cada producto que provee una compañía al mercado es el resultado de un número de actividades realizadas. Los procesos de negocio son el instrumento clave en la organización de estas actividades, mejorando su entendimiento y relaciones. La tecnología informática y los sistemas de información tienen un rol importante en la gestión de los procesos de negocio, porque la mayoría de las actividades que una compañía realiza, es utilizando sistemas de información. Las actividades de procesos de negocio pueden ser realizadas manualmente por empleados de la compañía o con la ayuda de sistemas de información, o directamente sin que ninguna persona esté involucrada utilizando sistemas de información. [4]

De aquí en más se consideraran las siguientes definiciones:

Un **proceso de negocio (PN)** consiste en un conjunto de actividades que son realizadas en coordinación en un ambiente técnico y organizacional. Estas actividades conjuntamente realizan un objetivo de negocio. Cada proceso de negocio es ejecutado por una sola organización, pero puede interactuar con otros procesos de negocio realizados por otras organizaciones o por la misma. [4]

La **gestión de procesos de negocio (Business Process Management, BPM)** incluye conceptos, métodos y técnicas que apoyan el diseño, administración, configuración, ejecución, y análisis de procesos de negocio. Es una colaboración entre personas de negocio y tecnólogos para fomentar procesos de negocio efectivos, ágiles y transparentes. [4]

El enfoque de BPM está orientado a la forma de cómo se trabaja dentro de una empresa. El alcance de la disciplina BPM y el objetivo principal es mejorar la situación actual de

negocios mediante la planificación de iteraciones para resolver problemas bien definidos. Las empresas pueden alcanzar beneficios adicionales si utilizan sistemas de software para coordinar las actividades involucradas en los procesos de negocio. A estos sistemas de software se les llama sistemas de gestión de procesos de negocio y será visto en la última sección de este capítulo con más detalle.

Un **modelo de procesos de negocio (BP Model)** consiste en un conjunto de modelos de actividades y restricciones de ejecución entre ellos. Una instancia de proceso de negocio (*BP Cases*) representa un caso concreto en la operativa de negocio de la compañía, consistiendo de un conjunto de instancias de actividades (*Activity*). Cada modelo de proceso actúa como proyecto para un conjunto de instancias de proceso de negocio, y cada modelo de actividad como un proyecto para un conjunto de instancias de actividad. [4]

El modelado y la ejecución de procesos de negocio bajo una perspectiva BPM se basa en estándares tales como BPMN, XPD L Y BPEL, cada uno de estos estándares participa a distintos niveles de una arquitectura de desarrollo.

Los proveedores de BPM estudiaron para poder crear un estándar que unifica el panorama de BPM. Esa norma se definió como *Modelo y Notación de Procesos de Negocio (Business Process Model and Notation, BPMN)*, y es desarrollado y mantenido por el *Object Management Group (OMG)* desde 2004 [8].

BPMN es una notación gráfica que muestra los pasos a seguir por un proceso de negocio. BPMN representa el flujo completo de un proceso de negocio. La notación ha sido especialmente especificada para coordinar a los distintos participantes de un proceso. [11]

El mundo de los procesos de negocio ha cambiado dramáticamente en los últimos años. Los procesos pueden ser coordinados desde dentro y fuera de las organizaciones. Un proceso de negocio se extiende ahora a varios participantes y la coordinación puede ser compleja. Hasta BPMN, no ha habido una técnica de modelado estándar desarrollado para estos temas específicamente. BPMN ha sido desarrollado para ofrecer a los usuarios con una notación estándar. Esto beneficiará a los usuarios de una manera similar en el que el *Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling Language, UML)* estandarizó en el mundo de la Ingeniería de Software.

BPMN está dirigido a un alto nivel para los usuarios de negocio y en un nivel inferior para los ejecutores del proceso. Los usuarios de negocio deben ser capaces de leer y comprender fácilmente un diagrama BPMN del proceso. El instructor del proceso debe ser capaz de modificar un diagrama de proceso de negocio con mayor detalle a fin de representar el proceso de una ejecución física. BPMN está dirigido a usuarios, vendedores y proveedores de servicios que necesitan comunicarse los procesos de negocio de una manera estándar.

Así como UML adopta un enfoque orientado a objetos, BPMN tiene un enfoque orientado al modelado de procesos, por lo tanto BPMN y UML son compatibles entre sí. Cuando éste sea el caso, los procesos de negocio pueden incluir construcciones del estilo de los casos de uso y modelos de comunicación en UML.

La primera versión de la especificación de BPMN (versiones 1.x de versión, por primera vez en 2004) se centró en la notación gráfica única, y rápidamente se tornó muy popular dentro de la

audiencia de analistas de negocios. Esto significa que la especificación 1.x BPMN define conceptos tales como una tarea humana, un script ejecutable, las decisiones automatizadas, etc. se visualizan de una manera estandarizada de un proveedor neutral.

La segunda versión (BPMN 2.0 – versión actual [8]), extiende ese enfoque para incluir la semántica de ejecución y un formato común de intercambio, pudiendo lograr un mejor modelado de los procesos para su mejor comprensión y posterior ejecución. Esto significa que los modelos BPMN 2.0 de definición de proceso se pueden ejecutar tal como son en cualquier motor compatible con BPMN 2.0 como Activiti [5] y JBPM5 [6].

A continuación se detallaran los principales componentes del estándar BPMN (Figura 2.1), mediante la combinación de ellos se logra tener un modelo de procesos de negocios. Por más información sobre los componentes de BPMN 2.0, ver especificación BPMN 2.0 en [8].

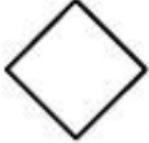
Elemento	Descripción	Notación
Evento	Un evento es algo que "sucede" en el transcurso de un proceso. Hay tres tipos de eventos: Inicio, intermedio y final.	
Actividad	Una actividad es un término genérico para el trabajo en un proceso, los tipos de actividades son: sub-procesos y tareas.	
Gateway(compuerta)	Un Gateway se utiliza para controlar la divergencia y convergencia de los flujos de secuencia en un proceso.	
Flujo	Un flujo de mensajes se utiliza para mostrar el flujo de los mensajes entre los participantes que se preparan para enviar y recibir los mismos.	
Datos	Los datos proporcionan información sobre lo que las actividades requieren para llevar a cabo y / o lo que producen.	
Grupos	Un grupo es una agrupación de elementos que están dentro de la misma Categoría.	
Pool (Recurso en común)	Actúa como un "carril" y un contenedor para la partición de un conjunto de actividades a partir de agrupaciones de otros.	

Figura 2.1 Tabla de elementos básicos de modelado [8]

A continuación se pasa a mostrar categorizaciones de los PNs modelados con BPMN2.0 con algunos de los elementos identificados en la tabla anterior.

Orquestación [8]: Son aquellos procesos que implican una perspectiva única de coordinación, representan una vista específica u organización del proceso. Cada orquestación aparece dentro de un propio pool. (Figura 2.2)

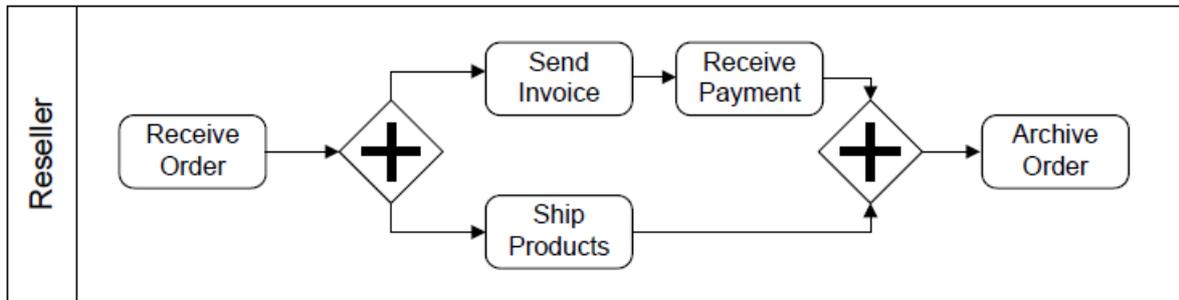


Figura 2.2 Ejemplo de una Orquestación, M. Weske, 2007 [4]

Coreografía [8]: Un modelo de proceso de coreografía es una definición del comportamiento esperado, una especie de procedimientos o protocolos entre los participantes que interactúan. Estos participantes pueden ser Roles o Entidades (empresas, organizaciones). Para ubicar una coreografía en los modelos BPMN la manera de hacerlo es entre la comunicación entre participantes, como se muestra en la figura 2.3.

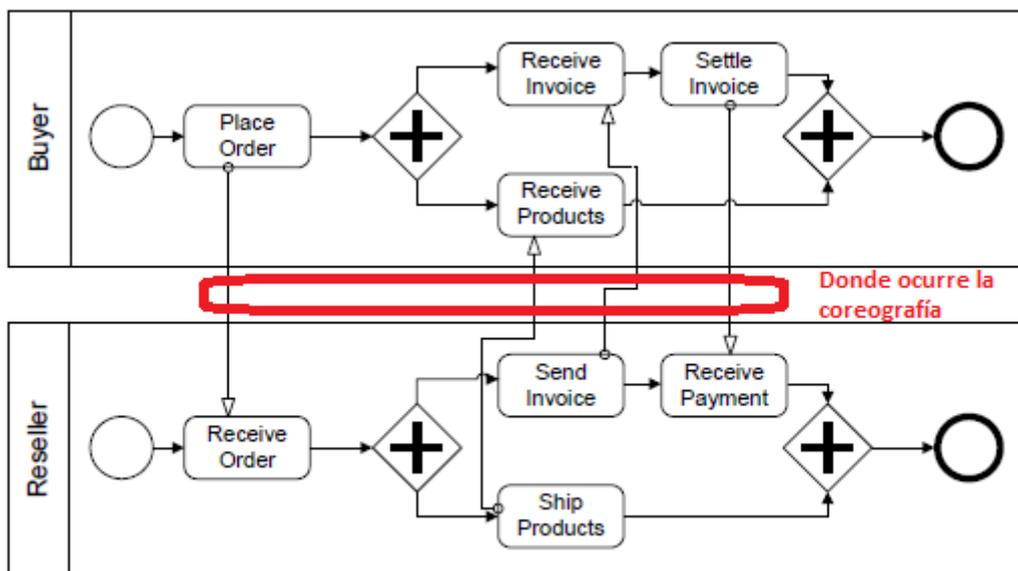


Figura 2.3 Ejemplo de Colaboración, M. Weske, 2007 [4]

Colaboración [8]: Es cualquier diagrama BPMN que contenga uno o más participantes, tiene diagramas de coreografía y orquestación. (Figura 2.3)

2.1.2 Ciclo de vida de los PNs

El ciclo de vida de los procesos de negocio [4] se compone de las etapas diseño y análisis, configuración, ejecución y evaluación (figura 2.4). Estas etapas están organizadas con una

estructura cíclica que muestra sus dependencias lógicas. Estas dependencias no implican un orden en el cual deben ser ejecutadas, por lo que actividades de las distintas etapas pueden ejecutarse concurrentemente.

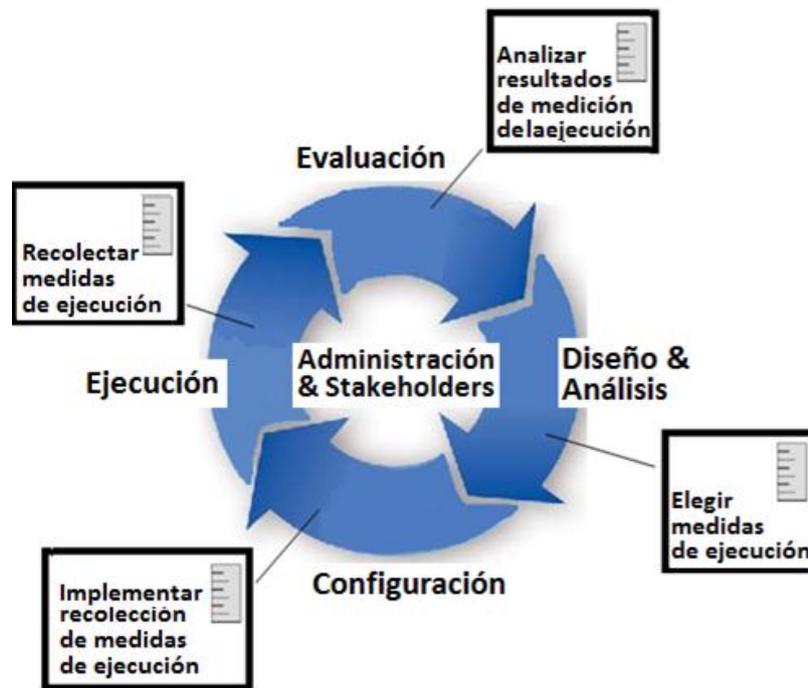


Figura 2.4 Ciclo de vida de los PNs, tomado de [4]

A continuación se resumen las principales actividades a realizar en cada etapa según se define en [4].

Diseño y análisis

En esta etapa se realizan encuestas de los procesos de negocio y de su organización y del ambiente técnico en el que son llevados a cabo. A partir de estas encuestas los procesos de negocio son identificados, revisados, validados y modelados por modelos de procesos de negocio. Estos modelos permiten transmitirlos a las partes interesadas, para que estas puedan refinarlos y mejorarlos.

Una vez que desarrolla un diseño inicial del proceso de negocio, este es validado. Una de las formas de validar el diseño de un proceso de negocio es mediante un taller, donde los participantes controlan que todas las instancias validas del proceso de negocio son reflejadas en el modelo del proceso de negocio.

Otra de las técnicas usadas para validar el diseño de un proceso de negocio es la simulación. La simulación de los procesos de negocio permite a las partes interesadas ver si el proceso de negocio expone el comportamiento esperado. Permite ver si el proceso permite secuencias de ejecución no deseadas.

Configuración

Una vez que el modelo de proceso de negocio está diseñado y verificado, necesita ser implementado. Un modelo de proceso de negocio puede ser implementado de distintas formas, puede ser implementado como conjunto de políticas y procedimientos que los empleados tienen que cumplir. Otra forma en la que un proceso de negocio puede ser implementado es usando un sistema de gestión de procesos de negocio, en este caso una plataforma es elegida durante esta fase.

El sistema necesita ser configurado de acuerdo al ambiente organizacional, esta configuración incluye interacciones de los empleados con el sistema y la integración de los sistemas de software existentes con el sistema de gestión de procesos.

Una vez que el sistema está configurado, la implementación de los procesos de negocio necesita ser testeada. A nivel de proceso, test de integración y performance son importantes para detectar potenciales problemas en tiempo de ejecución durante la etapa de configuración.

Dependiendo de la configuración, actividades adicionales pueden ser requeridas, por ejemplo entrenamiento de personal, migración de datos de aplicación a la nueva plataforma.

Ejecución

Una vez que la configuración del sistema está completa, las instancias del proceso de negocio pueden ser ejecutadas. La etapa de ejecución del proceso abarca el tiempo de ejecución actual del proceso de negocio.

El sistema de gestión de procesos de negocio activamente controla la ejecución de las instancias de procesos de negocio como están definidas en el modelo de procesos de negocio. La ejecución del proceso se necesita para atender una correcta orquestación de procesos, garantizar que las actividades de proceso son realizadas de acuerdo a las restricciones de ejecución especificadas en el modelo de proceso.

Un componente de monitoreo de un sistema de gestión de procesos de negocio visualiza el estado de las instancias de procesos de negocio. El monitoreo de procesos es un mecanismo importante que provee información precisa del estado de las instancias de proceso. Información detallada del actual estado de las instancias de proceso está disponible en el sistema de gestión de procesos de negocio. La información de estado puede ser usada para visualizar y monitorear las instancias de proceso.

Durante la ejecución de los procesos de negocio, se registra información de la misma en la forma de un archivo de log. Estos archivos de log contienen un conjunto ordenado de entradas, indicando los eventos que han ocurrido durante la ejecución de los procesos de negocio. Pueden ser armados en base a consultas a la BD de los motores de procesos y/o registros de auditorías de sistemas de información tradicionales.

Evaluación

En la etapa de evaluación se usa la información registrada de la ejecución real, para evaluar y mejorar los modelos de procesos de negocio y sus implementaciones posteriores a los resultados de la ejecución. Los registros de log son evaluados usando actividades de monitoreo

y técnicas de minería de procesos. Estas técnicas tienen como objetivo identificar aspectos a mejorar tanto en el modelo del proceso como en su implementación.

Administradores y Stakeholders

Hay numerosos aspectos en diferentes niveles de abstracción en los escenarios de la gestión de procesos de negocio que necesitan ser bien manejados y organizados. Especialmente en grandes organizaciones con cientos o miles de modelos de procesos de negocio, una buena estructura de repositorio con mecanismos de consulta es esencial. Se definen varios roles que tienen responsabilidades determinadas en todo el ciclo de vida de los PNs, para poder gestionarlos en forma exitosa. Una propuesta de estos roles y estructuras puede verse en [4], que incluye por ejemplo desde el área del negocio: Responsable de procesos, participante de procesos, e Ingeniero de Negocios, y desde el área del software Diseñador de Procesos, Arquitecto y Desarrollador.

2.1.3 BPMS (Business Process Management System)

Un **sistema de gestión de procesos de negocio (Business Process Management System, BPMS)** es un sistema de software genérico que es manejado por explícitas representaciones de procesos para coordinar la ejecución de procesos de negocio. [4]

Un proceso de negocio permite modelar sus objetivos de negocio mediante la descripción de pasos que se deben seguir para lograr ese objetivo, utilizando un diagrama de flujo. Esto mejora la visibilidad y agilidad de su lógica de negocio.

Para obtener información posterior a la ejecución de los procesos de negocio se utilizan motores de ejecución de procesos, en nuestro caso vamos a ver Activiti[5] y JBPM5[6].

Activiti es una plataforma de Business Process Management (BPM) dirigida a personas de negocios, desarrolladores y administradores de sistemas. Es de código abierto y distribuido bajo la licencia Apache. Activiti se ejecuta en cualquier aplicación *Java*, en un servidor, en un clúster o en la nube.

Activiti puede ejecutar directamente este XML. Esto tiene la ventaja de que el analista y el desarrollador trabajen con el mismo esquema de procesos y por lo tanto, con el mismo XML. Uno puede leer el trabajo del otro, y trabajar en el mismo esquema. Eso realmente mejora la eficacia en la comunicación. Activiti también proporciona un módulo adicional donde se facilita la colaboración de los roles involucrados, mejorando el proceso de desarrollo de los procesos de negocio, y también las definiciones de proceso actuales.

JBPM5, es un BPMS, es “open source”, desarrollado en *Java* y nos permite modelar, ejecutar y monitorear los procesos de negocio, a lo largo de su ciclo de vida.

JBPM se enfoca en el proceso de negocio en su ejecución, que son los procesos de negocio que contienen suficientes detalles para que se puedan ejecutar en un motor BPM.

Nos provee herramientas para permitir que desarrolladores y analistas de negocio trabajen juntos definiendo, implementando y ejecutando procesos de negocio, ya que son de alto nivel y utiliza conceptos que puedan ser entendidos por ambos.

También nos permite ejecutar nuestros procesos usando BPMN versión 2.0

En la siguiente figura 2.5 se muestran todos los componentes y sus relaciones que componen su BPMS de la herramienta Activiti.

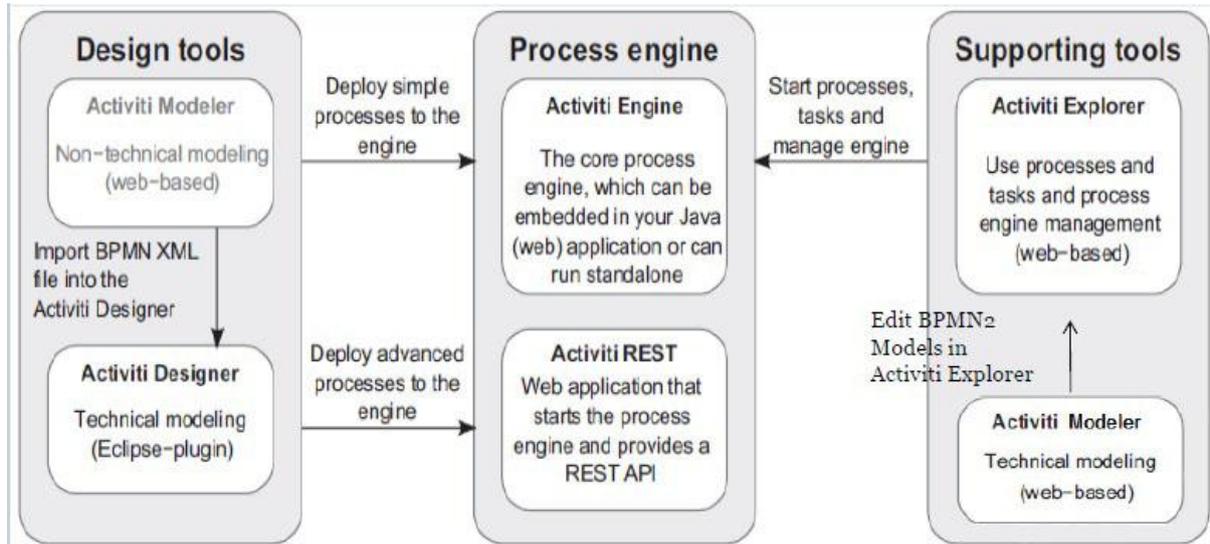


Figura 2.5 Activiti BPMS [5]

A continuación, se muestran los componentes de jBPM5 y sus relaciones que componen su BPMS (Figura 2.6).

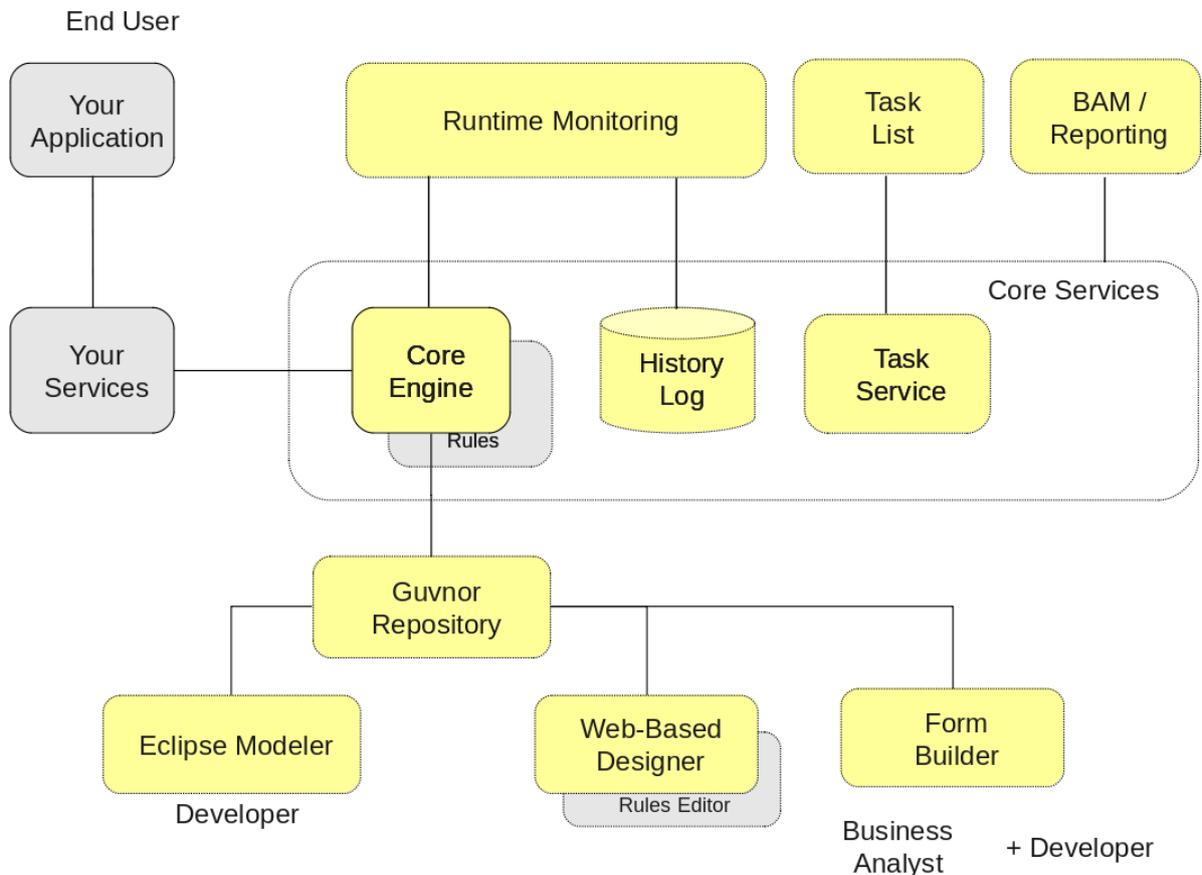


Figura 2.6 jBPM5 BPMS [6]

Lo principal en ambos casos, es el motor de procesos que es el núcleo del proyecto y es necesario si se desea ejecutar cualquier proceso de negocio. También ambas tienen un History Log (registro de historia) que registra toda la información sobre el estado actual y anterior de todas las instancias de los procesos, la cual nosotros usamos para luego poder generar el log de eventos.

En la figura 2.7 se presenta un resumen de las principales características de las herramientas en cuestión.

Característica	JBPM 5	Activiti 5
Java Process Engine	X	X
Open Source	X	X
Estándar de modelado y ejecución BPMN 2.0	X	X
Plugin para Eclipse	X	X
Web-based Modeler	X	X
Human Task Life Cycle Management	X	X
Monitoring Console	X	X
REST API	X	X

Figura 2.7 Principales características en común JBPM5 – Activiti5

2.2 Minería de Procesos (Process Mining)

Los procesos son una parte integral del mundo de hoy, los servicios, tareas internas en empresas, organismos gubernamentales y organizaciones de todo el mundo. Si bien hay un montón de sistemas disponibles para apoyar la ejecución de tales procesos, las prácticas actuales para el seguimiento y el análisis de esta ejecución en la realidad organizativa deja mucho que desear. [1]

La minería de procesos es capaz de llenar ese vacío, proporcionando los medios para el análisis y seguimiento de los procesos de la vida real, se ocupa de obtener la información acerca de un proceso (de negocios) a partir de sus registros de ejecución de procesos, generalmente se utiliza cuando no existe una descripción formal de los procesos, o cuando la información existente es de mala calidad. [1]

También se esfuerza en profundizar en diversas perspectivas, tales como el punto de vista del proceso (o del control de flujo), el rendimiento, los datos, y el punto de vista organizativo partiendo de la base de los registros de eventos. Logrando así poder mejorar en los procesos estudiados, mediante la detección de cuellos de botella en el proceso, mejores caminos para cumplir con el mismo propósito, detección temprana de congestión, entre otros.

2.2.1 Log de eventos

Para permitir aplicar la técnica de minería de procesos es esencial obtener datos de algún registro de información, como lo pueden ser bases de datos, log de eventos, etc.

En nuestro caso va a ser un log de eventos, que es un archivo donde se contiene información sobre los eventos ocurridos en un rango de tiempo en particular, generalmente

se muestra quién hizo, qué, cuándo, dónde y porqué un evento para una determinada actividad.

En la figura 2.8 se muestra a modo de ejemplo un log de eventos con cinco instancias de proceso (case A, B, C, D y E), cinco actividades (Activity A, B, C, D y E) y sus recursos (Originator John, Sue, Carl, Mike y Pete) que son quien ejecutó o inicio dicha actividad.

case id	activity id	originator	case id	activity id	originator
case 1	activity A	John	case 5	activity A	Sue
case 2	activity A	John	case 4	activity C	Carol
case 3	activity A	Sue	case 1	activity D	Pete
case 3	activity B	Carol	case 3	activity C	Sue
case 1	activity B	Mike	case 3	activity D	Pete
case 1	activity C	John	case 4	activity B	Sue
case 2	activity C	Mike	case 5	activity E	Clare
case 4	activity A	Sue	case 5	activity D	Clare
case 2	activity B	John	case 4	activity D	Pete
case 2	activity D	Pete			

Figura 2.8 Log de eventos genérico [17].

2.2.2 Herramientas

Se disponen de herramientas que utilizan la técnica de minería de procesos, una de ellas y en la que nos vamos a basar para el desarrollo del Plug-In es ProM.

ProM [1] es un framework “open source”, desarrollado en Java, que contiene Plug-Ins que soportan una gran cantidad de variedad de técnicas de Minería de Procesos, que proporciona una plataforma para los usuarios y desarrolladores de los algoritmos de minería de proceso que es fácil de usar y si se quiere fácil de extender. La idea de este framework es llegar a establecerse como la plataforma de minería de proceso estándar, mediante el establecimiento de una comunidad activa y reconocida por los usuarios.

ProM está distribuido en partes, ofreciendo la máxima flexibilidad. En primer lugar, se distingue el núcleo de ProM (ProM core) que es distribuido como un paquete descargable usando GNU Public License (GPL), licencia con código fuente abierto, esto significa que se puede descargar sin ninguna restricción, pero que si algún software quiere utilizar el ProM Core necesita ser distribuido usando la misma licencia GPL. Y en segundo lugar se encuentran los Plug-Ins que son distribuidos como paquetes por separado, y utilizan la licencia Lesser GNU Public License (L-GPL), licencia de código abierto. Lo que significa que se puede descargar e instalar un Plug-In sin restricciones, y que si se está distribuyendo gratis el software que utiliza dicho Plug-In se tiene que usar este Plug-In usando tu propia licencia.

El framework ProM utiliza como formato del log de eventos el **MXML (Mining eXtensible Markup Language)** [2] posibilitando a almacenar los registros de sucesos utilizando una sintaxis basada en XML, dicho formato surgió en 2003 y fue adoptado más adelante por ProM como formato de entrada nativo para la minería de procesos.

En las figuras 2.9 y 2.10 se muestra un modelo de clases y una estructura jerárquica de las etiquetas que contiene el archivo de log de eventos respectivamente.

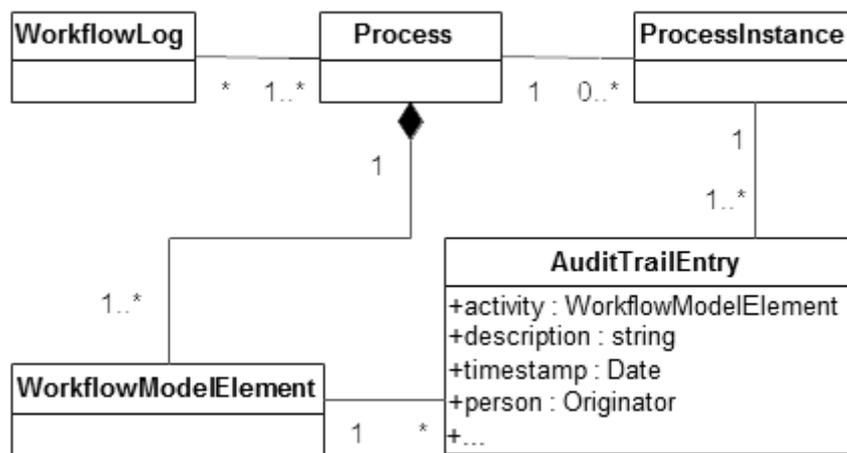


Figura 2.9 Meta Modelo UML de minería de procesos [16]

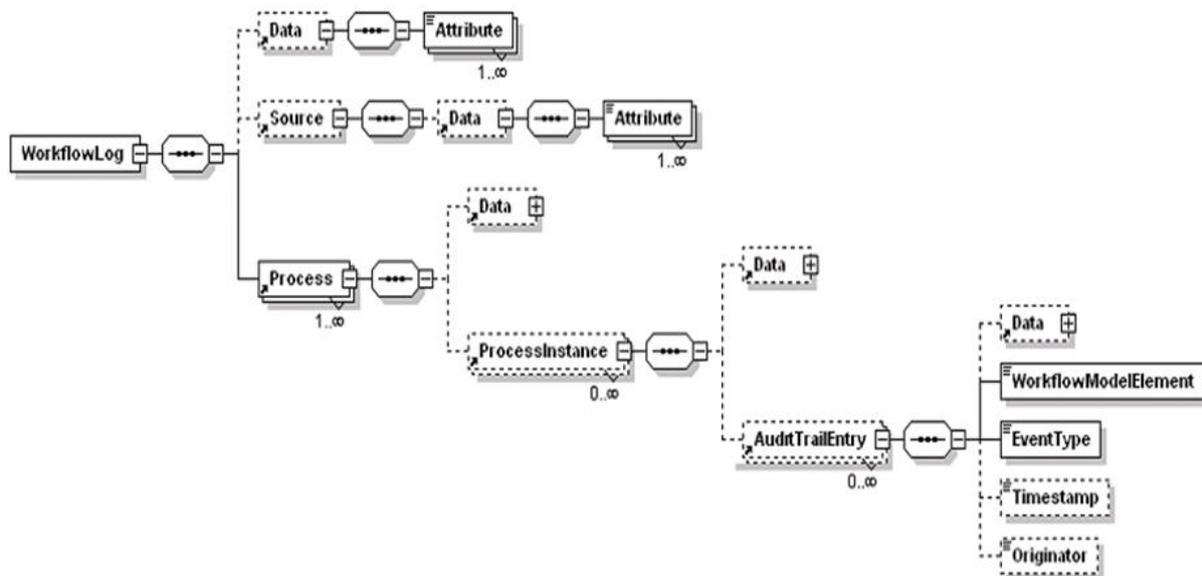


Figura 2.10 Estructura de etiquetas del archivo de Log de eventos MXML [16]

Cada archivo de log debe tener una etiqueta raíz *WorkflowLog* que dentro de ésta debe tener todas las ejecuciones de los procesos registrados en el log, en nuestro caso como el log hace referencia a un único proceso de negocio, solo va a contener una etiqueta de estas, la cual se define como *Process*, y dentro de *Process* se describen las etiquetas llamadas *ProcessInstance* que contiene una instancia de ejecución del proceso.

Dentro de ésta última etiqueta se registra cada una de las instancias de las actividades que fueron ejecutadas en esa instancia del proceso, las instancias de actividades son definidas con el nombre de etiqueta *AuditTrailEntry* y contiene su descripción de ejecución bajo las etiquetas *WorkflowModelElement*, *EventType*, *Timestamp* y *Originator* que representan el nombre, el tipo de evento, la fecha en que ocurrió y por quien fue realizada dicha actividad. También existe una etiqueta “hermana” de estas últimas llamada *Data* que se utiliza para describir información extra de la actividad distinta de las anteriores.

En la siguiente imagen (figura 2.11) se muestra a modo de ejemplo el formato del archivo MXML con las etiquetas descritas anteriormente, y también un ejemplo (figura 2.12) de una instancia de actividad bajo la etiqueta llamada *AuditTrailEntry*.

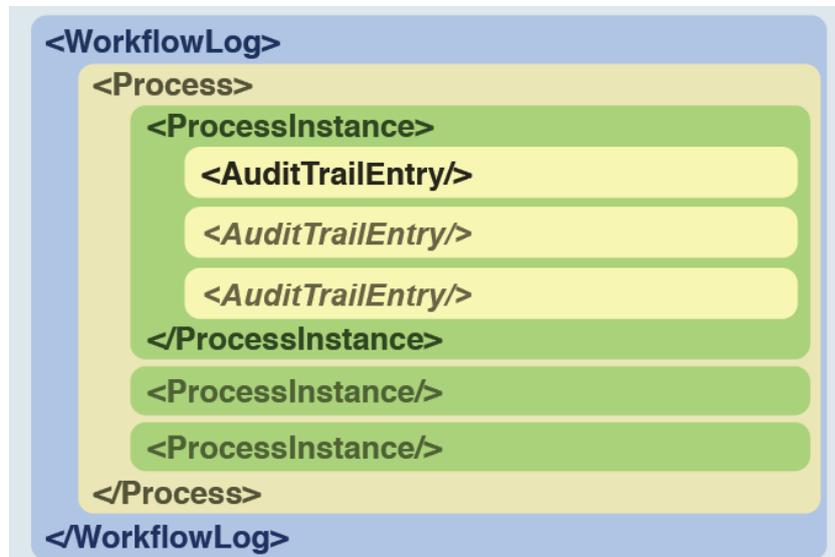


Figura 2.11 Formato MXML – *WorkflowLog*, *Process*, *Proc. Instance* [37]

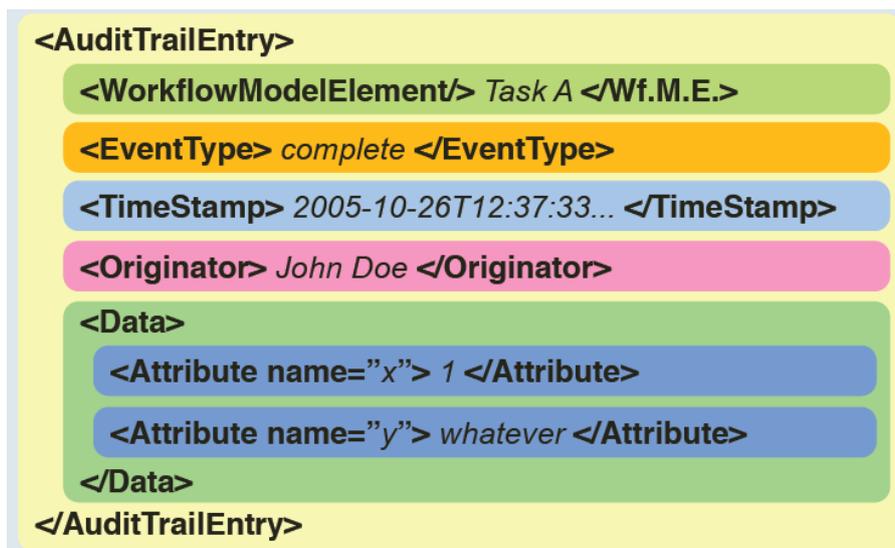


Figura 2.12 Formato MXML – Estructura de la etiqueta *Audit Trail Entry* [37]

En la sección de Materiales se encuentra el archivo *MXMLschemaDefinition.xsd* con el esquema de este tipo de archivos (XMLSchema), para conocer mayor información sobre sus etiquetas y sus valores.

XES (eXtensible Event Stream) [2], es el sucesor de MXML que emergió como el nuevo estándar para el almacenamiento de registros de eventos. En base a muchas experiencias prácticas con MXML, el formato XES se ha hecho menos restrictivo y más extensible. No define etiquetas específicas como si lo hace MXML (por ejemplo “originator” y “eventType”), se consideran todas iguales, lo más importante es que tienen asociado un tipo definido, como es el tipo *String*, también *Date*, *Integer* o valores *Boolean*, pudiendo hacer más fácil guardar información de la ejecución de los procesos. Además de esto XES agrega el concepto de

extensiones para poder saber a qué corresponde cada valor de cada etiqueta de tal tipo, algunas de estas extensiones son *Concept extension*, que define el nombre de un elemento, *Time extension*, define la fecha que ocurrió un evento, *Lyfecycle extension* define la transición en la que se encuentra la actividad y *Organizational extension* para definir el nombre del recurso que realizó el evento. [39]

ProMImport [2] es un framework que permite extraer la información de los registros de eventos del proceso de negocio desde un conjunto de sistemas de información. Estos se pueden exportar en el formato MXML, que es el formato de datos de registros de eventos estándar de técnicas de análisis de minería de procesos.

En la figura 2.13 se muestra el conjunto de herramientas definidas anteriormente desde que el proceso de negocio se ejecutó hasta que se ingresa como entrada del framework ProM para su análisis.

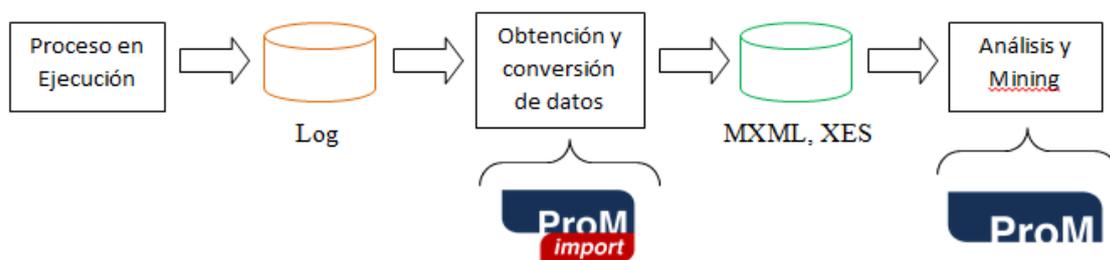


Figura 2.13 Herramientas de la cadena de Process Mining [2]

En un principio tenemos la ejecución de un proceso de negocio del cual se registra la información del mismo por ejemplo en una base de datos (del motor de procesos o en forma de auditoría de un sistema tradicional). Posteriormente se utiliza la herramienta ProMImport para que los datos obtenidos de la base en un formato de archivo adecuado, sean convertidos a un archivo en formato MXML, para luego poder utilizar este archivo como parámetro de entrada al ProM.

2.3 Modelo de medición de la ejecución de Procesos de Negocio (BPEMM)

En esta sección se muestra la estructura del Modelo de medición de la ejecución de PNs (Business Process Execution Measurement Model, BPEMM) junto a las medidas que el mismo propone. Dado que los detalles del modelo BPEMM no son parte de este proyecto, no se presentará la definición completa del mismo la cual puede consultarse en [14]. A continuación se presenta en forma resumida la información principal que permita comprender la propuesta de las medidas que implementa el plug-in para ProM desarrollado.

2.3.1 Estructura del Modelo

El modelo BPEMM definido en el framework MINERVA, se integra en el Proceso de Mejora Continua de Procesos de Negocio (Business Process Continuous Improvement Process, BPCIP) que soporta el esfuerzo de mejora en la organización. Proporciona un conjunto de medidas de

ejecución para la medición de la ejecución real de los PNs, que tienen como propósito relacionarse con el negocio y objetivos del PN definidos por la organización.

BPEMM fue definido para ser utilizado por:

* *La gente de negocio*, para seleccionar las medidas de ejecución que ellos quieren obtener desde cada ejecución del PN, basándose en un conjunto de objetivos predefinidos, y también para analizar los resultados de las medidas en base a la colección de datos que fueron provistos.

* *Los desarrolladores*, para implementar las medidas seleccionadas en los PNs y la implementación de servicios, y juntar los datos necesarios para su ejecución.

Para proporcionar trazabilidad de los resultados de la medición de ejecución de los objetivos definidos por la propia organización, BPEMM considero como referencia al paradigma de Metas, Preguntas y Medidas (GQM – Goals, Question, Metrics [Basili, 1992]), cual permite definir Metas a la organización, Preguntas para definir como cada meta se evaluará al formularse, y Medidas que responden las preguntas que fueron establecidas.

Para su especificación se utilizan elementos de la Ontología de la Medición del Software (Software Measurement Ontology, SMO) [García et al, 2005] que define conceptos como:

* *Medida base*, es una medida de la cual no depende de otra medida para ser calculada y cuya medición de la aproximación tiene su propio método de medición.

* *Medida derivada*, es una medida que depende de otra medida base u otra derivada, cuya medición se calcula en base a los cálculos de las medidas base.

* *Indicador*, es una medida derivada de otras medidas cuyo cálculo de medición tiene asociado un criterio de decisión (definiendo rangos de valores tal que los resultados de la medición pertenezcan a ellos).

Las medidas de ejecución en BPEMM son agrupadas en tres vistas conceptuales dependiendo del foco de las mismas:

* *Generic BP execution*, se incluye medidas que se pueden aplicar a cualquier tipo de PN (genéricas) y específicas asociadas al dominio del PN, a instanciar en cada caso.

* *Lean BP execution*, incluye medidas para detectar elementos tales como bucles de re-trabajo (rework loops)

* *Services execution*, incluye medidas específicas para la ejecución de los servicios con los que se implementan las actividades automáticas del PN.

Estas vistas se organizan teniendo en cuenta las dimensiones del Cuadrante del Diablo (Devil's Quadrant) [Brand and van der Kolk, 1995, Reijers, 2003] tiempo, costo, flexibilidad y calidad. El uso de estas dimensiones ayudan a analizar las ventajas y desventajas que tienen que tenerse en cuenta en el diseño o el rediseño de un PN, ya que los cambios en una dimensión pueden impactar negativamente en otra, es decir, la eliminación de una actividad puede mejorar la duración de tiempo de un PN, pero puede afectar negativamente a su calidad [3].

Las medidas también están organizadas de forma jerárquica en tres niveles como se muestra en la figura 2.14, que define el nivel de granularidad de las medidas de ejecución.

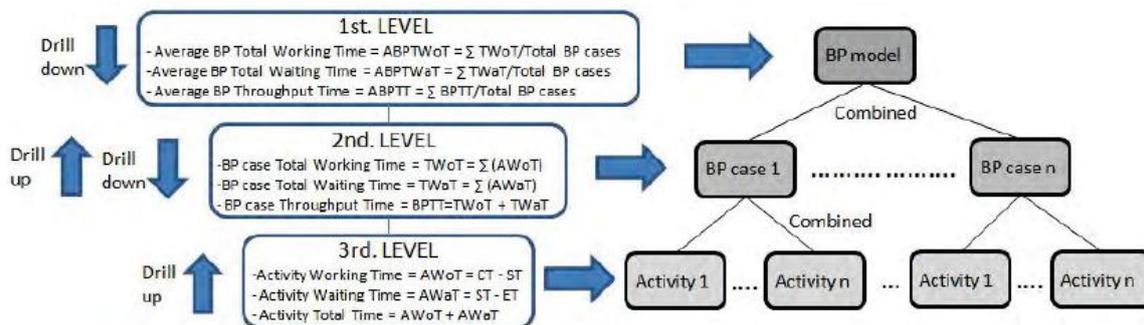


Figura 2.14: Jerarquía de las medidas de ejecución definidas en BPEMM

Como se puede ver en la figura 2.14, en el tercer nivel se registran las medidas para cada instancia de la actividad, en el segundo nivel se combinan estas medidas para calcular las medidas para cada BP Case (instancia de PN) correspondiente, y finalmente en el primer nivel las medidas de los BP Cases se combinan para calcular las medidas del PN, como por ejemplo pueden ser promedios, porcentajes, entre otros.

Entonces, cada nivel tiene una correspondencia, la cual es la siguiente, primer nivel: BP Model, segundo nivel: BP Cases (instancias de BP Model) y tercer nivel: Activity y sus correspondientes instancias de actividad.

2.3.2 Medidas de Ejecución

En esta sección se intenta dar una breve reseña de las medidas que fueron definidas en BPEMM, como también los supuestos para el cálculo de las mismas, por detalles se puede consultar [14].

Vamos a empezar por las decisiones que fueron supuestas para el cálculo de las medidas de ejecución definidas y especificadas en BPEMM.

En primer lugar decimos que una actividad debe tener un mínimo conjunto de datos para que pueda ser calculada, estos datos corresponden a tres tiempos, que son los que comúnmente nos proporcionan los motores de ejecución de procesos de negocio, que son *enabled time* (tiempo en el cual a partir de ese momento puede empezar a ejecutarse la actividad), *start time* (tiempo en el que efectivamente se inició la ejecución de la actividad) y *complete time* (tiempo en el que se terminó de ejecutar la actividad).

En la siguiente figura se muestran los tiempos explicados anteriormente de manera ilustrativa (Figura 2.15).

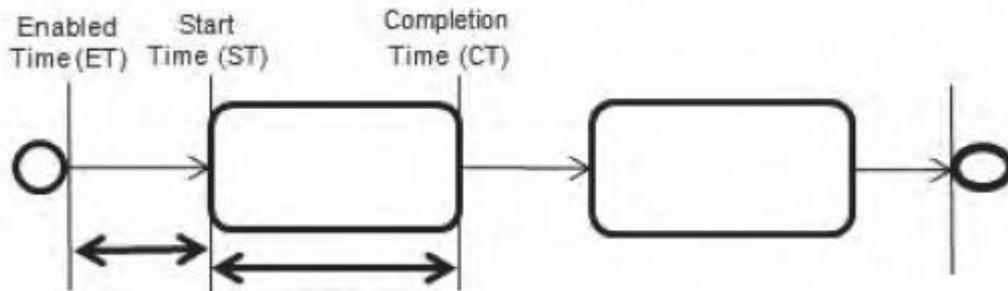


Figura 2.15 Tiempos de las actividades [14]

Sin embargo el *enabled time* de las actividades no siempre está registrado, por lo que se asume que en el caso que no se tenga este tiempo, el *enabled time* es igual al *complete time* de la actividad anteriormente ejecutada. En el peor de los casos que previo a esta actividad sin su *enabled time* (Test Repair, según Figura 2.16) tenga un *parallel Gateway*, se considera igual a la actividad ejecutada por último de todas las asociadas con este Gateway (Repair (Sample) o Repair (Complex) según Figura 2.16).

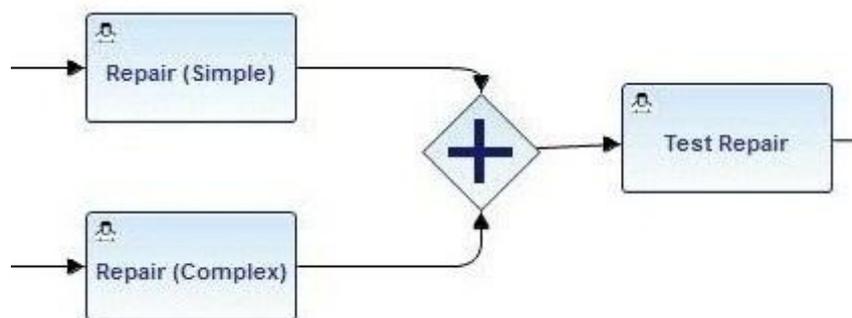


Figura 2.16 Ejemplo *Parallel Gateway*

Se asume también que el tiempo total de una actividad es desde que empieza su *enabled time* hasta que finaliza su *complete time*.

En lo que se refiere al tiempo total de un BP Case, comienza desde que inicia el *enabled time* de su primer actividad hasta que termine la última actividad del BP Case, generalmente estos tiempos están registrados por BP Case, pero si no lo están derivan en los tiempos de las actividades, los estados que se tiene por BP Case son "complete" o "failed", todas las actividades del flujo del BP Case son terminadas correctamente o alguna de las actividades terminaron con estado "failed" respectivamente.

Para determinar si una instancia de proceso de negocio termina de forma exitosa todas las instancias de actividades que se ejecutaron en la instancia de proceso de negocio tienen que tener registrado el Complete Time, y ser un flujo valido del proceso de negocio. Si las instancias de actividades ejecutadas de una instancia de proceso de negocio no forman un flujo valido del modelo de proceso de negocio, ya sea porque alguna actividad del flujo falta o la actividad esta abortada, entonces la instancia de proceso de negocio se considera abortada.

Para los casos en que los modelos de proceso de negocio terminan con gateways se toma la siguiente postura para determinar si la instancia de proceso de negocio termina de forma exitosa. Si el tipo de gateway es exclusivo(Figura 2.17), entonces en la instancia del proceso de negocio tiene que estar una de las instancias de actividades User Task 1 o User Task 2 y tiene que tener registrado el Complete Time para que la instancia de proceso de negocio se considere terminada de forma exitosa.

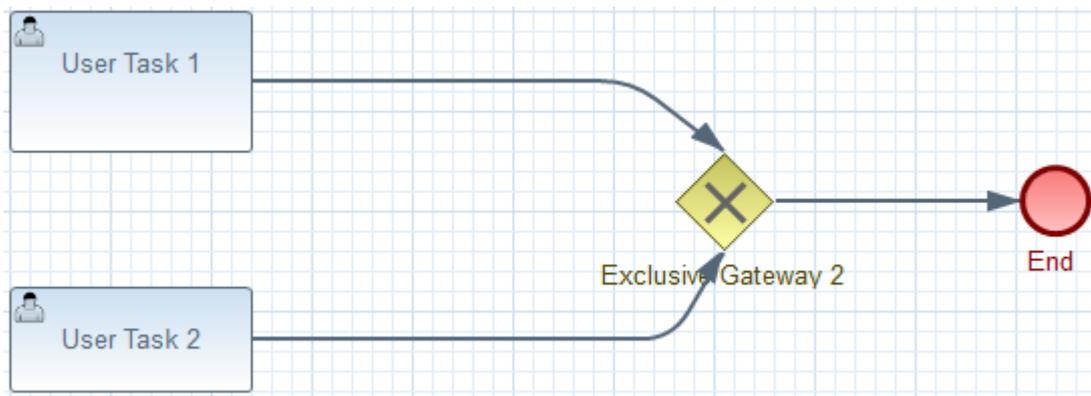


Figura 2.17 Ejemplo de flujo de proceso de negocio que contiene un gateway de tipo Exclusive

Si el tipo de gateway es paralelo (Figura 2.18), entonces en la instancia del proceso de negocio tienen que estar las instancias de actividades User Task 1 y User Task 2 y ambas tienen que tener registrado el Complete Time para que la instancia de proceso de negocio se considere terminada de forma exitosa.

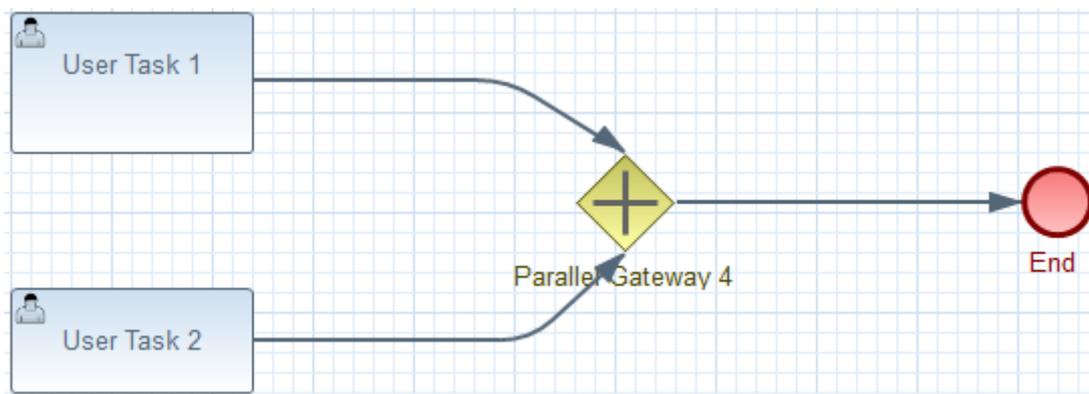


Figura 2.18 Ejemplo de flujo de proceso de negocio que contiene un gateway de tipo Parallel

Si el tipo de gateway es inclusivo(Figura 2.19), entonces en la instancia del proceso de negocio tiene que estar por lo menos una de las instancias de actividad User Task 1 o User Task 2 y tiene que tener registrado el Complete Time para que la instancia de proceso de negocio se considere terminada de forma exitosa.

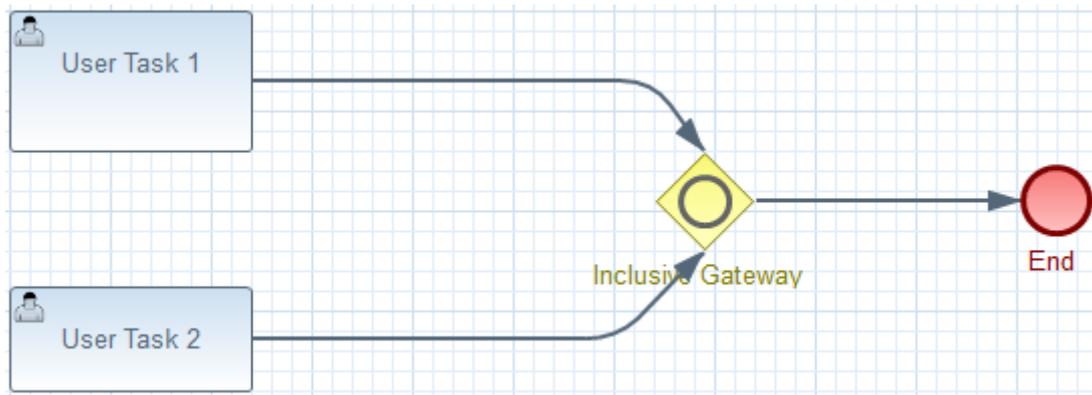


Figura 2.19 Ejemplo de flujo de proceso de negocio que contiene un gateway de tipo Inclusive

Respecto al *BP Model*, asumimos que cada una de las actividades pertenecientes al modelo tendrá una única etiqueta que lo identifique, que es el nombre de la actividad, por lo que no pueden existir dos o más actividades con el mismo nombre.

Toda la demás información que se necesite y no pueda ser obtenida del conjunto de datos de la ejecución del proceso de negocio, será proporcionada en un “archivo de configuración”, que se encargará de proveer el área de negocio. Esto incluye la información como la definición de una lista de actividades de re-trabajo, el camino exitoso de actividades, salario de cada recurso que participa en el proceso de negocio para luego calcular el costo asociado a los recursos humanos que se tiene, y también información sobre los recursos asignados a cada rol en el modelo del proceso de negocio permitiendo calcular la capacidad del proceso.

Con la información correspondiente, se pasa a mencionar cada una de las medidas de ejecución definidas por BPEMM, junto a su objetivo.

- **Throughput Time (TT)**, tiempo total desde el momento en el cual es inicializado el BP Case hasta que se termine, su objetivo es minimizar este tiempo.
- **Capacity**, números de BP Cases por unidad de tiempo que el Proceso de Negocio puede administrar, por recurso (cuellos de botella), su objetivo es minimizar estos cuellos de botella, maximizando su capacidad. Para esta medida se definen en un archivo de configuración, que recursos pertenecen a que roles existentes en el modelo del Proceso de Negocio.
- **Cost**, costo de recursos humanos o materiales para producir o entregar un buen servicio, su objetivo es minimizar el costo. Se definen en el archivo de configuración que costo por unidad de tiempo tiene asignado cada recurso.
- **Path Execution (Successful Branch)**, ejecución del camino exitoso contra el camino no exitoso, el camino exitoso se define con el conjunto de actividades entre las cuales el flujo de control de ejecución de actividades pertinente ejecute cada una de ellas, por lo que el camino no exitoso es el cual un flujo de control no contenga alguna de las actividades pertenecientes al “camino exitoso”, este camino es

definido por los analistas de negocio y se define en el archivo de configuración. El objetivo es maximizar la cantidad de ejecuciones de procesos que sean exitosos.

- **Final State (Type of ending)**, Estado en que termina el Proceso de Negocio (Complete, Failed), el objetivo es minimizar la cantidad de ejecuciones de procesos que terminen con falla.
- **Rework**, ciclo en el Proceso de Negocio con criterios de control que se especifican para permitir un trabajo para continuar con el procesamiento, su objetivo es minimizar las ejecuciones de re-trabajo.
Se consideran solo las actividades pertenecientes en la lista de actividades del *rework loop* definidas en el archivo de configuración. Estas actividades tienen que ser definidas por un grupo de analistas de negocio, la idea de estas actividades es que sean las que perjudique el flujo de control del modelo, retrasándolo en el tiempo, en el sentido que se tiene que volver a ejecutar, por ejemplo una actividad "reparar", si se verifica posteriormente y lo que se reparó no ha quedado arreglado, se vuelve a ejecutar el flujo de control para que vuelva a re-ejecutar la actividad "reparar", esta es una actividad candidata a agregar en la lista de re-trabajo, no así una actividad "agregar producto" que se puede mostrarse ejecutada varias veces eligiendo un producto, lo cual no representa re-trabajo pero es una manera de modelar la secuencia de elegir productos y agregarlos.
- **Response Time (Services)**, intervalo de tiempo de garantía para la ejecución de la respuesta de un evento, su objetivo es garantizar la respuesta en ese intervalo de tiempo.

A continuación se muestra parte de la tabla de *Throughput Time* (Figura 2.20), la tabla completa y el resto de las tablas de las otras medidas se pueden ver en el Anexo B – Documento de medidas BPEMM.

Goal	G1	Minimize the Throughput Time (TT) of the BP
Question	Q1	which is the actual TT of the BP
Measures	M1 (base)	Start time of an Activity (ST)
	M2 (base)	Completion time of an Activity (CT)
	M3 (derived)	Working time of an Activity (AWoT = CT - ST)
	M4 (derived)	Throughput Time of a BP case (BPTT = TWoT + TWaT)
	M5 (indicator)	Average BP Throughput Time for all BP cases ($ABPTT = \sum BPTT / \text{Total BP cases}$) Decision criteria = Inverse Percentage DC
Decision Criteria	Percentage DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{"LOW"} = \text{RED}$; R2: $L1 < TTI < L2 = \text{"MEDIUM"} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI \leq L3 = \text{"HIGH"} = \text{GREEN}$

Figura 2.20 Parte de la tabla de Throughput Time

2.4 Herramientas investigadas

Durante la etapa del Estado del arte, se realizó una investigación sobre las herramientas que podrían llegar a realizar algo similar, a nivel de plug-ins se logró ver uno existente en el repositorio de ProM, llamado Basic Performance Analysis [41] (la documentación existente es sobre la versión de ProM 5, no se encontró documentos sobre la nueva versión de ProM), con lo cual no realiza los mismos cálculos de las medidas definidas en BPEMM, pero se puede ver que llega a hacer cálculos similares a los que se hacen con la medida Throughput Time, que es la métrica más común en el análisis de ejecución en el proceso de negocio. Este plug-in se basa solo en el log de eventos que recibe como entrada. La versión actual de este plug-in posee una interfaz que no es amigable ni intuitiva y con la falta de documentación hizo muy difícil probar esta herramienta.

A nivel del framework ProM se vio que existen herramientas que usan la técnica de minería de procesos pero en su mayoría son comerciales, en nuestro caso se pudo conseguir una licencia académica para la herramienta Disco [40] y se pudo ver sus funcionalidades, y vimos que llega a hacer cálculos similares a los que se hacen con la medida Throughput Time y que se contemplaban la mayoría de ellas, aunque fuesen presentadas de otra manera. Esta herramienta se basa solo en el log de eventos y permite desde la interfaz aplicar filtros a la información contenida en log de eventos, por ejemplo para considerar instancias de proceso que cumplen alguna propiedad. Mediante estas funciones sería posible obtener mediciones similares a las que se presentan en las tablas de medida Succesfull branch, Type of ending, aunque esto implicaría que el log de eventos registre más información, además de la que se especifica en la sección 2.2.1. También genera animaciones sobre la ejecución de procesos de negocio.

3 Requerimientos del Sistema

En este capítulo se presentan los requerimientos que se relevaron para la elaboración del sistema a construir, en el mismo detallaremos los aspectos que son relevantes como requerimientos no funcionales además de los funcionales en sí mismos. En el Anexo A se presenta el documento completo de Casos de Uso del sistema definidos.

3.1 Requerimientos funcionales

El Plug-In BPEMM debe permitir el procesamiento de los datos de ejecución de los procesos de negocio obteniendo los resultados de medición asociados a cada medida, y permitiendo la visualización en forma gráfica, con opciones de navegación entre los distintos niveles de medición (Activity, BPCase y BPMModel). Para esto se identificaron los casos de uso que se ilustran en la figura 3.1.

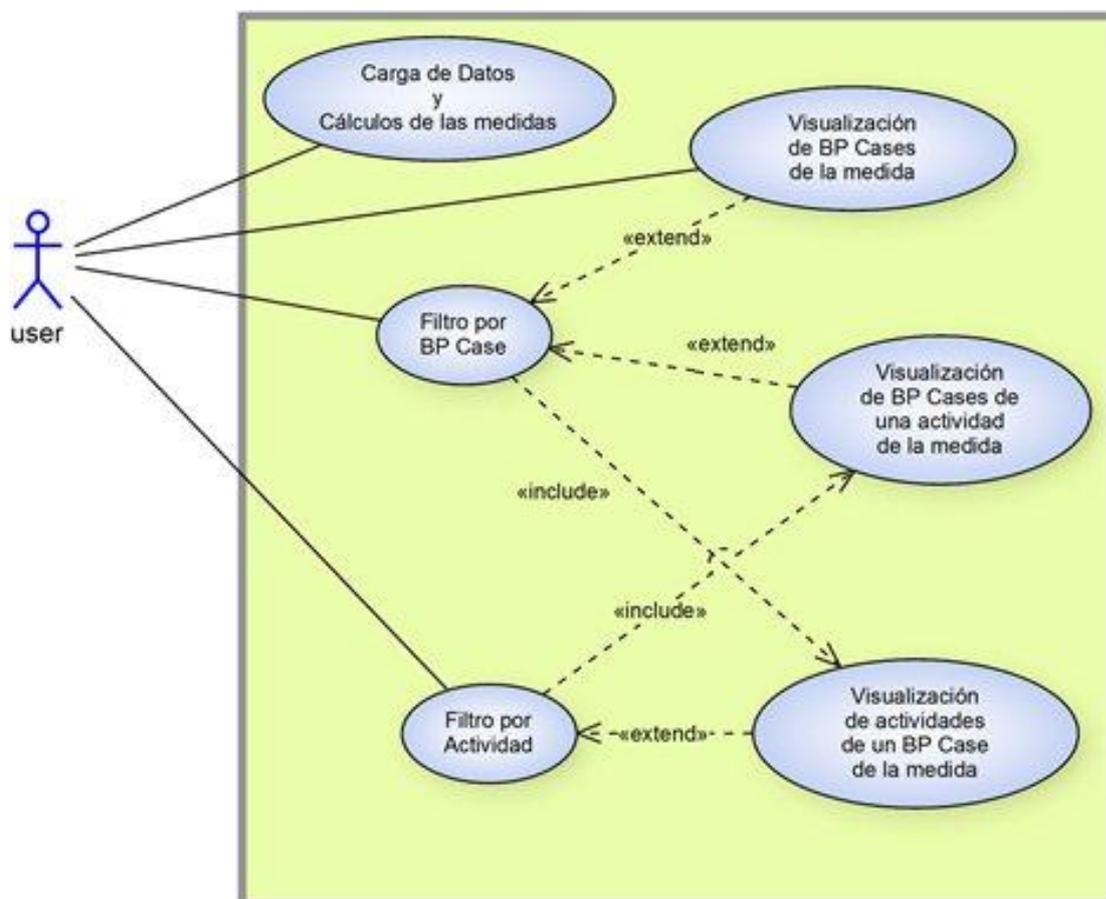


Figura 3.1 Diagrama de casos de uso.

A continuación se da una breve descripción de los casos de uso del plug-in BPEMM.

Carga de datos y Cálculos de las medidas

Permite al usuario cargar los archivos que componen la entrada del Plug-In BPEMM en el framework ProM, y ejecutar el Plug-In realizando el cálculo de todas las medidas implementadas. Los archivos que componen la entrada del plug-in se especifican en los requerimientos no funcionales.

Visualización de BPCases de la medida

Permite al usuario visualizar las derivadas de las instancias de proceso de negocio (BPCases) registradas en el Log de eventos y los indicadores del nivel BPCModel para la medida seleccionada por el usuario.

Visualización de las actividades de un BPCase de la medida

Permite al usuario visualizar las derivadas de las instancias de actividad de una instancia de proceso de negocio, y los indicadores de la instancia de proceso de negocio correspondientes al nivel BPCCase, para la instancia de proceso de negocio y la medida seleccionada por el usuario.

Visualización de BPCases de una actividad de la medida

Permite al usuario visualizar las derivadas de las instancias de proceso de negocio, que ejecutaron la actividad seleccionada por el usuario y los indicadores de la actividad correspondientes al nivel Activity, para la medida seleccionada por el usuario.

Filtro por BPCase

Permite al usuario seleccionar un BPCase específico y ejecutar el caso de uso " Visualización de las actividades de un BPCase de la medida" para el BPCase seleccionado.

Filtro por Actividad

Permite al usuario seleccionar un instancia de actividad específica y ejecutar el caso de uso "Visualización de BPCases de una actividad de la medida" para la instancia de Actividad seleccionada.

Una especificación más detallada de los casos de uso se encuentra en el Anexo A- Documento de casos de uso. En este documento los casos de uso se especifican para cada medida las derivadas e indicadores que se despliegan y otros detalles que difieren según la medida. También se dividieron los casos de uso en dos grupos, el primer grupo referido a los procesos que no ejecutan servicios externos y el segundo grupo a los que si los ejecutan (pertenecientes a la vista de ejecución de servicios definida en BPEMM).

Cuando se especifica en un caso de uso que un dato se muestra mediante un semáforo, hace referencia que se le adjunta la imagen de un semáforo y el color del mismo está dado por un rango definido para ese dato en la tabla de la medida correspondiente.

3.2 Requerimientos no funcionales

En esta sección vamos a estar hablando a cerca de los requerimientos no funcionales en los cuales se enmarca la implementación del Plug-In que se nos solicitó desarrollar.

El principal requerimientos no funcional y más importante, es que el sistema a desarrollar debe ser un Plug-In el cual debe acoplarse y ejecutar dentro del entorno provisto en el framework ProM.

Otro requerimiento es que la etapa de cálculos se haga por completo al principio de la ejecución del Plug-In, una vez que se seleccionan los archivos de entrada y se comienza con la

ejecución del mismo. Esto se solicitó para que cuando se comience con la visualización y la navegación entre las distintas pantallas y las distintas medidas que se implementaron, no haya retrasos debido a nuevos cálculos.

Un tercer requerimiento refiere a la manera en la que se quería presentar la información referente a los indicadores de las medidas, esta manera de presentar la información al usuario será mediante la utilización de imágenes de semáforos junto con el valor correspondiente del indicador. Los indicadores definidos en las medidas de BPEMM tienen definido el *decision criteria*, que establece el color que le corresponde al indicador amarillo, verde o rojo según el valor del indicador y un rango previamente definido.

Como requerimiento no funcional sobre el input de datos, se definió tener cuatro archivos de entrada del plug-in, tres de estos son obligatorios y el otro es opcional. Los cuatro archivos definidos son: el Modelo del Proceso de Negocio en notación BPMN 2.0, el log de eventos en formato MXML, un archivo de configuración en formato XML definido, y el log de eventos de servicios en formato XML también. A continuación se describe que son y que contiene cada uno de estos archivos.

Modelo del Proceso de Negocio

En este archivo viene dado el modelo del proceso de negocio que será el contemplado en el momento de analizar la ejecución, dicho modelo es necesario para poder determinar el orden de ejecución de las tareas, si son paralelas o contiguas y que tipo de rol es el permitido para que la realice.

Este archivo viene dado en un formato BPMN, más precisamente en el estándar BPMN2.0.

Log de eventos

El log de eventos es el archivo en el cual se cargan los datos correspondientes a las distintas ejecuciones del proceso de negocio, es decir, el log posee la información precisa de cada ejecución a lo largo del tiempo de un determinado proceso, tiempos de ejecución, quién realizó qué actividad, etc. El formato de este archivo tiene que ser el formato MXML.

Archivo de configuración

En este archivo viene dada la información estática del proceso de negocios junto con la que se utilizará para la correcta configuración del sistema que se está construyendo.

En este archivo vienen dados entre otros argumentos el costo de los recursos que participan en las actividades del proceso, así mismo también vienen dados los rangos de los indicadores para determinar el color del indicador, los recursos asignados a cada rol, las actividades que componen el camino exitoso, y los ciclos de re-trabajo.

Log de eventos de servicios

Este archivo cumple la misma función y el mismo formato que el Log de eventos, pero a diferencia del primero, este es utilizado para cargar la información relacionada con los servicios externos con los cuales el proceso de negocio en estudio se comunica para su completa ejecución. Las instancias de servicios de las instancias de proceso de negocio contenidas en

este log contienen los tiempos de invocación y ejecución de los servicios externos de las actividades que los invocaron.

Este archivo es opcional al momento de seleccionarlos con la ejecución del plug-in, si no se ingresa este archivo no se realizan los cálculos de las medidas relacionadas con servicios y en la visualización no se despliega la opción de elegir estas medias.

3.3 Alcance

A lo largo del proyecto se fue modificando el alcance del proyecto, por razones de tiempo en algunos casos y en otros casos por falta de claridad y/o inconsistencias en las expresiones que describen las medidas a ser implementadas. En estos últimos casos lo que sucedió es que durante la implementación se encontraron ciertas inconsistencias a nivel del planteo de las mismas, estas impiden su realización, por lo tanto lo que se decidió es no contemplar las medidas en las que se detectaron inconvenientes.

A continuación detallaremos el conjunto de las medidas sobre las que nos estamos refiriendo:

La medición M9 (Percentage of rework time for an activity due to execution of rework loops in all BPCases) perteneciente a la tabla de Rework Loop.

Las mediciones M8 (Throughput rate of BP) y M9 (Capacity utilization for a resource) pertenecientes a la tabla de Capacity.

Como se habló anteriormente el proyecto se divide en dos grupos de casos de uso, consideramos que para el alcance del mismo, el primer grupo entra por completo, mientras que del segundo grupo (medidas que pertenecen a la vista de ejecución de servicios) solo se va a contemplar las mediciones que se detallan en la tabla Service Response Time.

4 Solución

En este capítulo describiremos la solución y su integración en el framework ProM [17][20][1]. Presentaremos su arquitectura y explicaremos como se construyen Plug-Ins para este framework. También veremos los archivos que recibe como entrada el Plug-In BPEMM y mencionaremos sus aspectos más importantes, y veremos la salida generada por el Plug-In. Finalizaremos viendo la arquitectura del Plug-In BPEMM.

4.1 Descripción del Framework ProM.

Como se indicó en el estado del arte el framework ProM está basado en la implementación de Plug-Ins para el análisis y evaluación de la ejecución de PNs aplicando técnicas de minería de procesos. Una de las características importantes del framework ProM es que nos permite interactuar con una gran cantidad de otros Plug-Ins de manera que pueda agregarse un Plug-In nuevo al framework con relativa facilidad sin necesidad de modificar el framework (por ejemplo: recompilando el código). En la figura 4.1 se muestran los diferentes tipos de Plug-Ins y su relación con el framework y el formato del log de procesos.

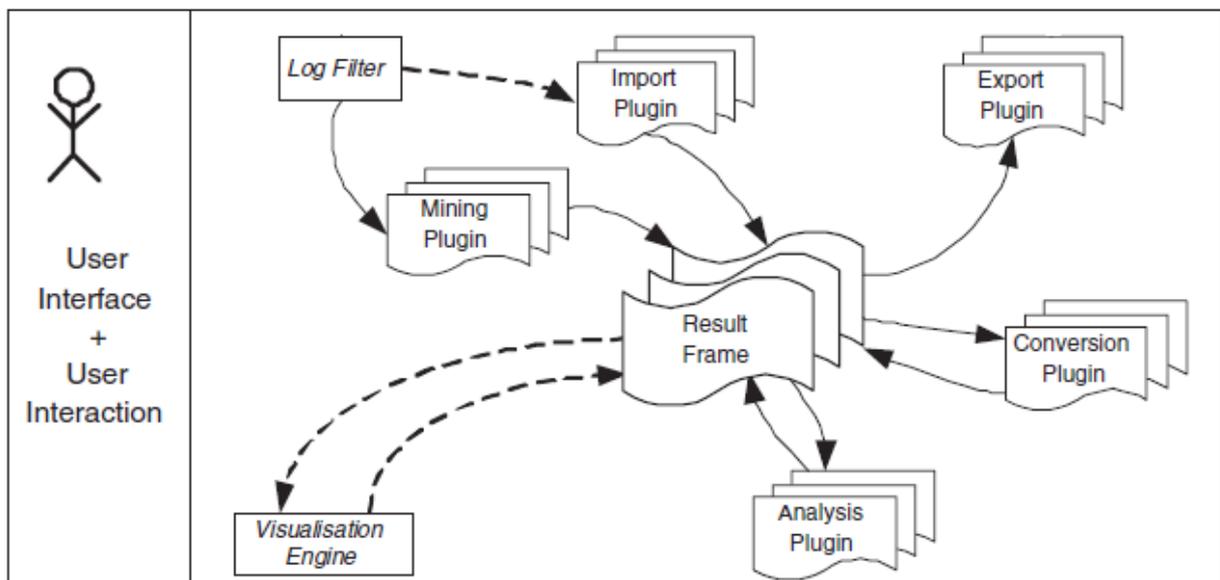


Figura 4.1 Interacción ProM framework con Plug-Ins [17]

El ProM framework puede leer archivos en el formato XML a través del componente *Log filter*, como por ejemplo el log de eventos de un PN, siendo este la base de todas las técnicas de minería de procesos como se indicó en el estado del arte.

A través de los *Import Plug-Ins* una amplia variedad de modelos pueden ser cargados que van desde redes de Petri a fórmulas lógicas. Los *Mining Plug-Ins* hacen la actual minería y el resultado es cargado en memoria, y en una ventana en el área de escritorio de ProM. Los *Analysis Plug-Ins* toman el resultado de los Plug-Ins de minería y lo analizan por ejemplo para mejorar cálculos en base del resultado de una red de Petri. Los *Conversion Plug-Ins* toman un resultado de minería y transforman en otro formato. Otra característica importante del framework es que permite a los Plug-Ins operar entre ellos con sus resultados de una forma estandarizada.

Como se indicó en el estado del arte el framework ProM versión 6 en adelante está distribuido en partes, lo cual ofrece máxima flexibilidad. Primero está el ProM Core que es distribuido como un paquete y segundo los ProM plug-ins que son distribuidos como paquetes separados. Un paquete es una unidad de distribución que puede contener modelos, librerías, Plug-Ins. Como ya se indicó el framework de ProM permite a los Plug-Ins operar entre ellos con sus resultados, como los Plug-Ins vienen distribuidos en paquetes, esto provoca que un paquete pueda depender de otros paquetes. En la figura 4.2 se muestra una vista del framework ProM que presenta estos conceptos.

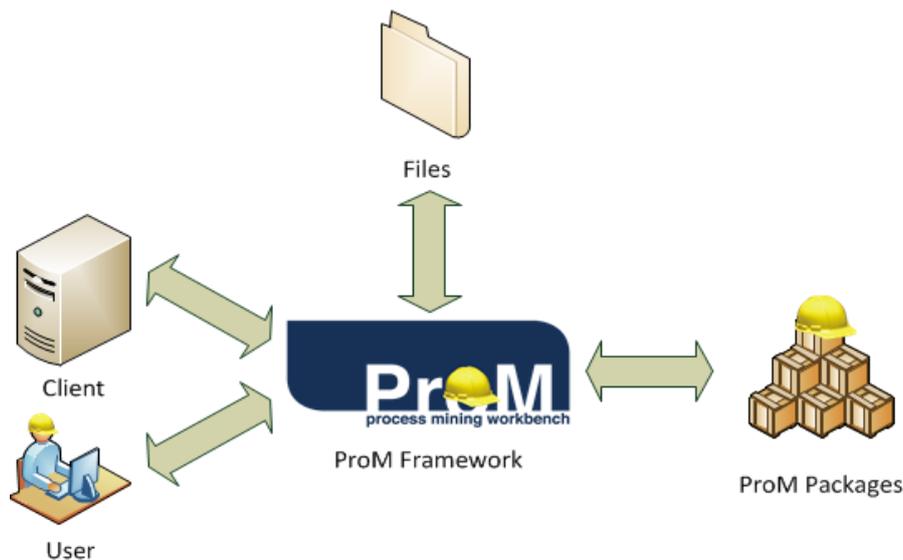


Figura 4.2 Visión general de ProM Framework [2]

4.2 Descripción de la solución

La solución propuesta se basa en la creación del Plug-In BPEMM para el framework de ProM, el cual ofrece procesamiento de los datos de ejecución de los procesos de negocio de forma rápida y eficiente, obteniendo las derivadas e indicadores asociados a cada medida definida en BPEMM, permitiendo la visualización en forma gráfica de las derivadas e indicadores de cada medida, y permitiendo la visualización por distintos niveles de medición definidos en BPEMM.

También se decidió que el tiempo de procesamiento en realizar los cálculos de las medidas (el cual puede extenderse por muchos segundos dependiendo del tamaño de la entrada de datos) se haga al comienzo y no en el momento de la visualización de los datos que arroja el Plug-In.

Para resolver este requerimiento lo que se hace es mantener todos los datos que se van a calcular a partir de las entradas en memoria, para poder obtener un buen tiempo de respuesta por parte del sistema.

Como el framework ProM está desarrollado en java, nos vimos obligados a utilizar el lenguaje *Java* para el desarrollo del plug-in, ya que es en el cual se ha construido el entorno donde ejecutara nuestro Plug-In.

La figura 4.3 ilustra las entradas que recibe el Plug-In y la salida generada, como se indicó en los requerimientos las entradas o insumos del Plug-In constan de 4 archivos que son el

Modelo de proceso de negocio, el log de eventos, el archivo de configuración y el log de eventos de servicios y la salida consiste en una visualización grafica de los resultados de las medidas calculados.

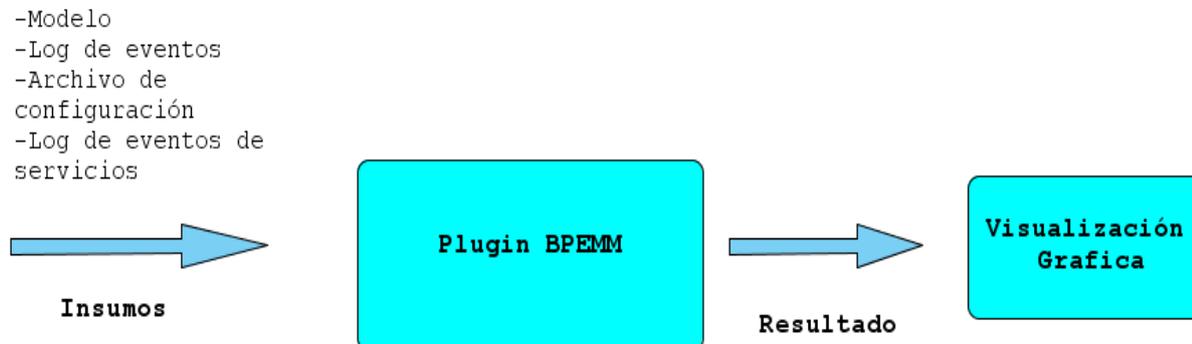


Figura 4.3 Entradas y salida del Plug-In BPEMM

A continuación se pasan a detallar las entradas y la salida del Plug-In BPEMM.

Log de eventos

En este archivo viene el log de eventos que contiene los datos registrados durante la ejecución del proceso de negocio, en este archivo vienen los datos necesarios para realizar la minería de procesos, las instancias de proceso de negocio, las instancias de actividades, como se indicó en el estado del arte. El formato de este archivo es el formato MXML que es el formato estándar del framework de ProM que herramienta utilizada para realizar la minería de procesos como se indicó en el estado del arte.

Modelo de proceso de negocio

Como se indicó en los requerimientos en el modelo viene dado el flujo del proceso de negocio en formato BPMN2. El modelo nos proporciona información necesaria para poder realizar los cálculos de las medidas definidas en BPEMM.

A partir del modelo obtenemos cuáles son las actividades que componen el proceso de negocio, cuales son los roles de las actividades, como se ejecutan las actividades en el tiempo, ósea que actividades se ejecutan de forma serial, cuales se ejecutan en paralelo, los flujos validos del proceso de negocio en cuestión.

El modelo lo utilizamos por ejemplo para calcular la medida base M1 (Enable Time) de la medida correspondientes a Throughput Time, esta medición no viene suministrada en el log de eventos y por lo tanto la calculamos a partir del log de eventos y del modelo. El Enable Time de una instancia de actividad se define como el tiempo entre el Complete Time de la instancia de actividad que se ejecuta antes y Start Time de la instancia de actividad en cuestión. Por lo tanto utilizamos el modelo para saber para cada actividad cual es la actividad anterior. Del modelo también obtenemos los roles de las actividades, este dato se usa para realizar los cálculos de la medida correspondiente a Capacity.

Otro uso que le damos al modelo es para determinar cuáles instancias de proceso de negocio que terminaron de forma exitosa y cuales terminaron abortadas, esta información es necesaria para calcular las medidas de Type of ending y Successful branch.

Para ver las medidas mencionadas anteriormente con más detalle, ver Anexo B - Documento de medidas BPEMM.

Archivo de configuración

Como se indicó en los requerimientos en este archivo se incluye información necesaria para poder realizar los cálculos de las medidas definidas en BPEMM, los costos de los recursos, los rangos de valores de los indicadores, el camino exitoso, los recursos asignados a cada rol, los ciclos de re-trabajo.

El tipo de este archivo también se optó para que sea un XML, utilizando el estándar MXML facilitando el acceso a los datos del mismo a través de Librería OpenXES.

Pasamos a detallar el diseño e información de configuración que contiene archivo.

El archivo de configuración está dividido en cinco partes, como se dijo previamente se utilizó el tipo de archivo MXML, por lo tanto tiene que disponer de la misma estructura descrita en la sección anterior.

```
<WorkflowLog xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://is.tm.tue.nl/research/processmining/WorkflowLog.xsd">
  <Process id="configHospital.xml"
    description="Configuration parameters in the Hospital Model">
    <ProcessInstance id="config">
      <!-- **Decision criteria**
      low //l1// medium //l2// high
      (1)- index dc /low:green/medium:yellow/high:red
      (2)- percentage dc /low:red/medium:yellow/high:green
      (3)- inverse percentage dc /low:green/medium:yellow/high:red
      -->
      <AuditTrailEntry>
        <Data>
          <!-- ***** -->
          <!-- Throughput Time -->
          <!-- ***** -->
          <!-- awot vs. awat index (1) m10-->
          <Attribute name="tt.ati.l1">2</Attribute>
          <Attribute name="tt.ati.l2">5</Attribute>
          <!-- total bp wot vs total bp wat index (1) m11-->
          <Attribute name="tt.tti.l1">0.30</Attribute>
          <Attribute name="tt.tti.l2">0.85</Attribute>
          <!-- pwot (2) m12-->
          <Attribute name="tt.pwot.l1">30</Attribute>
          <Attribute name="tt.pwot.l2">65</Attribute>
          <!-- pwat (3) m13-->
          <Attribute name="tt.pwat.l1">30</Attribute>
          <Attribute name="tt.pwat.l2">80</Attribute>
        </Data>
      </AuditTrailEntry>
    </ProcessInstance>
  </Process>
</WorkflowLog>
```

Figura 4.4 Información del archivo de configuración en Throughput Time

La primer parte del archivo se encuentra bajo el contenido de la etiqueta *ProcessInstance* con identificador “config”, dentro de esta etiqueta se encuentra los limites tanto inferior (L1) como superior (L2) de cada medición de cada medida definidos en su tabla [ver Anexo

B], para dividir los parámetros de cada medida se eligió definirlos bajo la etiqueta *Data*, representando cada uno de sus valores en el contenido de la etiqueta *Attribute* (Figura 4.4).

La segunda parte, contiene la información referida a los roles, dicha información es utilizada en la medida de Capacidad, e indica cuales y cuantos recursos por rol están definidos en el proceso de negocio, dentro el contenido de la etiqueta *ProcessInstance* con identificador "rol", por cada rol se define una de éstas, y dentro de la etiqueta *Data* se muestran cada uno de los recursos pertenecientes a este rol, por cada etiqueta *Attribute* se tiene como atributo de etiqueta *name* el nombre del recurso, y como valor que contiene la etiqueta se tiene el nombre del rol adjudicado a dicho recurso. La figura 4.5 muestra un ejemplo de los valores de las etiquetas en este caso.

```

<!-- ***** -->
<!-- **Capacity=> Nro de recursos por rol (NRRBP) -->
<!-- ***** -->
<ProcessInstance id="rol">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="System">Secretary</Attribute>
      <Attribute name="John">Secretary</Attribute>
      <Attribute name="Mary">Secretary</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>
<ProcessInstance id="rol">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="Lisa">Nurse</Attribute>
      <Attribute name="Sue">Nurse</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>
<!-- ***** -->

```

Figura 4.5 Información del archivo de configuración – Capacidad

En la tercer parte se adjudican los costos de cada recurso que participan en la ejecución del proceso de negocio, estos costos son mostrados dentro de la etiqueta *ProcessInstance* con el identificador "resource" para cada uno de los recursos que existen en el proceso de negocio, y dentro de la etiqueta *Data* se encuentran dos etiquetas *Attribute*, una que tiene como atributo de la etiqueta *name* el valor name que corresponde al recurso y otra con el atributo de la etiqueta *name* el valor cost, que corresponde al costo del recurso por hora. La figura 4.6 muestra un ejemplo de los valores de las etiquetas en este caso.

```

<!-- ***** -->
<!-- **Cost=> Resource cost per hour(RCT) ** -->
<!-- ***** -->
<ProcessInstance id="resource">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="name">John</Attribute>
      <Attribute name="cost">400</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>
<ProcessInstance id="resource">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="name">Mary</Attribute>
      <Attribute name="cost">550</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>

```

Figura 4.6 Información del archivo de configuración – Costo

En la cuarta parte del archivo se establecen los ciclos de re-trabajo que son utilizados en la medida de Rework Loop [ver Anexo B], estos ciclos están definidos dentro de la etiqueta *ProcessInstance* con el identificador “reworkloop”, cada uno de estos ciclos son determinados dentro de la etiqueta *Data*, mostrando dentro de ellas cada una de las actividades pertenecientes al ciclo. En la figura 4.7 se muestra un ejemplo de los valores de las etiquetas en este caso.

```

<!-- ***** -->
<!-- **Rework loop=> definir actividades pertenecientes al retrabajo(NARL) -->
<!-- ***** -->
<ProcessInstance id="reworkloop">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="act1">Activity1</Attribute>
      <Attribute name="act2">Activity2</Attribute>
      <Attribute name="act3">Activity3</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="act1">Activity7</Attribute>
      <Attribute name="act2">Activity8</Attribute>
      <Attribute name="act3">Activity9</Attribute>
      <Attribute name="act4">Activity10</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>

```

Figura 4.7 Información del archivo de configuración – Re-trabajo

La última parte del archivo de configuración hace referencia al camino exitoso de un proceso de negocio, utilizado en la medida de Successful Branch [ver Anexo B]. Este camino

exitoso que lo compone un conjunto de actividades esta definido dentro de la etiqueta *ProcessInstance* con el identificador "successfulbranch", dentro de ésta existe la etiqueta *Data*, y dentro de *Data* se encuentran las etiquetas *Attribute* que son las contenedoras de los nombres de las actividades. La figura 4.8 se muestra un ejemplo de los valores de las etiquetas en este caso.

```

<!-- ***** -->
<!-- **Successful Branch=> definir camino exitoso(NBPBE) -->
<!-- ***** -->
<ProcessInstance id="successfulbranch">
  <AuditTrailEntry>
    <Data>
      <Attribute name="act1">Receive request appointment</Attribute>
      <Attribute name="act2">Assign and send date for surgery</Attribute>
      <Attribute name="act4">Request Patient medical record</Attribute>
      <Attribute name="act5">Receive Patient medical record</Attribute>
      <Attribute name="act6">Receive surgery order</Attribute>
      <Attribute name="act7">Check preconditions for MAS</Attribute>
      <Attribute name="act8">Register Patient for MAS</Attribute>
      <Attribute name="act9">Give clothes to change for MAS</Attribute>
      <Attribute name="act10">Assign place for MAS</Attribute>
      <Attribute name="act11">Give information about MAS</Attribute>
    </Data>
  </AuditTrailEntry>
</ProcessInstance>

```

Figura 4.8 Información del archivo de configuración – SuccessfulBranch

Log de eventos de servicios

Este log cumple la misma función del que el log de eventos y tiene el mismo formato, solo que este log registra las ejecuciones de los servicios externos invocados por las actividades del proceso de negocio, estos datos son utilizados para calcular las medidas relacionadas con los servicios externos [ver Anexo B].

Interfaz gráfica

El diseño de la interfaz del Plug-In BPEMM tenía que permitir seleccionar las distintas medidas de ejecución en BPEMM y desplegar los valores de las derivadas e indicadores de las mismas.

Como se explicó en capítulos anteriores estas medidas están agrupadas en vistas: Generic BP execution, Lean BP execution y Service execution. Estas vistas están organizadas considerando las dimensiones de time, cost, flexibility y quality según el "Devil's quadrant" [14]. Las medidas también están organizadas en una jerarquía de tres niveles que define el nivel de granularidad de las medidas de ejecución. Por lo tanto la interfaz tenía que permitir seleccionar vista de ejecución, dimensión, medida y nivel de la medida.

Los posibles niveles de medida son BPMModel, BPCase y Activity, la información mostrada para cada nivel de medida varía según la medida seleccionada. La especificación de las derivadas e indicadores mostrados para cada medida en cada nivel se especifica en el Anexo A – Documentos de Caso de Uso.

La interfaz también tenía que desplegar los valores calculados de la medida seleccionada, que como se aclaró en capítulos anteriores estos son derivadas e indicadores. Las derivadas tenían que desplegarse mediante gráficas, y los indicadores tenían que desplegar el valor calculado seguido de la imagen de un semáforo (indicador). Cada indicador perteneciente a cada medida tiene que tener un rango definido en el archivo de configuración para luego en base a esos valores, al criterio de decisión asignado y al valor del indicador calculado, mostrar el color correspondiente en el semáforo. La tutora proporciono las imágenes de los semáforos que se muestran en la figura 4.9 para utilizar en la interfaz con los indicadores.



Figura 4.9 Semáforos utilizados en los indicadores

El diseño proporcionado por la tutora utiliza un control de selección con listas desplegables que se puede mostrar u ocultar haciendo clic en la flecha de control (Combo Boxes) en la parte superior de la pantalla para que se pueda seleccionar la vista de ejecución, la dimensión, la medida y el nivel de medida. También se puede ver la cantidad total de BP Cases y de Actividades que se ejecutaron, éstas calculadas según el Log de eventos ingresado como entrada del Plug-In. En el caso de las medidas de dimensión Time también se utiliza un Combo Box para seleccionar la unidad de tiempo a mostrar en las derivadas e indicadores.



Figura 4.10 Vista del Plug-In BPEMM de la medida Throughput Time

El diseño muestra para la medida seleccionada un conjunto de BP Cases, para cada BP Case muestra el nombre y los valores de las derivadas correspondientes mediante gráficas, junto a los indicadores de la medida seleccionada y su valor con el correspondiente semáforo. Se

decidió utilizar como diseño de interfaz el diseño propuesto por la tutora, que fue modificado y mejorado logrando construir la interfaz de usuario que se muestra en la figura 4.10.

En la figura 4.10 se está mostrando el nivel medida BPMModel de la medida Throughput Time en la Vista de Ejecución de PN genéricos. Se determinó agregar una etiqueta, en el ángulo superior derecho de la pantalla donde se muestra cual es el contenido en el panel de las gráficas, en el caso de la figura 4.10 son BP Cases.

4.3 Arquitectura de la solución

Para el desarrollo del Plug-In BPEMM se utilizó el proyecto ProM-Framework que se obtiene de la página de ProM [25] y que contiene el ProM core sobre el cual se construye el plug-in. El plug-in estará implementado en el directorio src-Plugins del proyecto ProM-Framework.

Los plug-ins implementados en ProM tienen que especificar los parámetros recibidos y la salida generada así como también información básica como el nombre, autor, etc. En página de ProM también se puede obtener el proyecto "GettingStarted package" el cual se usa como template para crear un paquete que almacene el Plug-In desarrollado, en caso de querer contribuir con la comunidad de ProM.

Para poder manipular la información que vienen en los archivos de entrada del Plug-In BPEMM, que como ya se especificó estos archivos vienen en formato BPMN2.0 y MXML, se utilizaron los plug-ins de import *Import BPMN model from BPMN 2.0 file* [32] y *Open XES Log File* [33], que se obtienen de los paquetes BPMNMeasures y Log [34] respectivamente, estos paquetes se obtiene del repositorio de ProM [26]. Estos plug-ins generan objetos de clases diseñadas para almacenar la información contenida en los archivos que reciben como entrada. Una observación sobre estos plug-ins es que no tienen documentación disponible sobre su implementación y las clases que generan como resultado. Para la utilización de estas clases, se estudió el código de estas. La figura 4.11 muestra cómo interactúan los plug-ins.

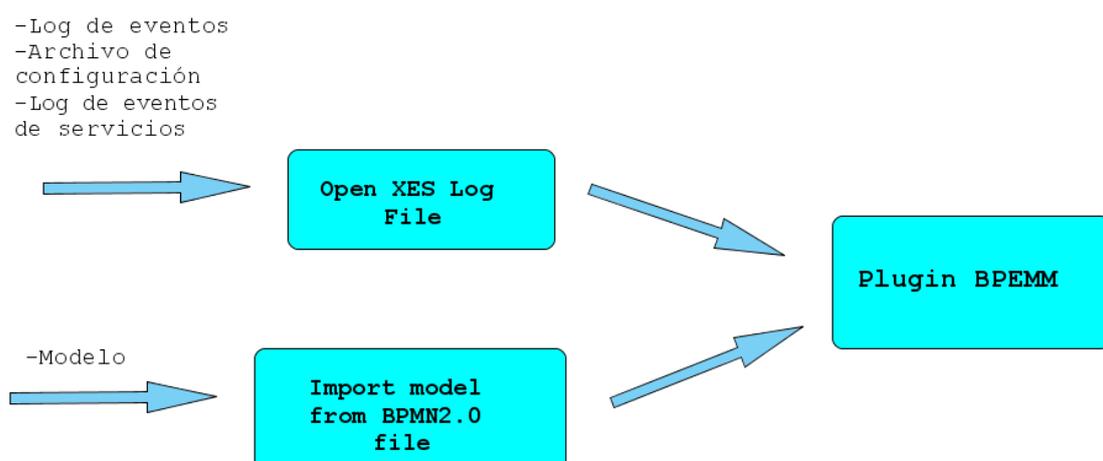


Figura 4.11 Interacción entre plug-ins

Como ya se indicó ProM es un framework para algoritmos de minería de procesos y esta se basa en obtener información a partir de los registros de ejecución de los procesos de

negocio, y estos registros de ejecución se ingresan al framework de ProM en formato MXML que es su estándar. Por lo tanto el paquete Log que contiene plug-ins para dar soporte para archivos en formato MXML ya viene por defecto en el framework de ProM.

El paquete que da soporte para el formato BPMN2.0 no viene por defecto en el proyecto y por lo tanto se agrega el archivo BPMN.jar y el archivo BPMNMeasures.jar al conjunto de librerías referenciadas por el proyecto ProM-Framework tal como se indica en la documentación de ProM [29]. El archivo BPMN.jar ofrece soporte para la utilización de las clases que componen el modelo generado por el plug-in *Import BPMN model from BPMN 2.0 file* y el archivo BPMNMeasures.jar nos proporciona el plug-in de import.

El Plug-In BPEMM está compuesto por tres componentes que se muestran en la figura 4.12 y que se pasan a detallar. En cada componente vamos a especificar las clases involucradas, en Materiales se puede encontrar el diagrama de clases en el archivo DiagramaDeClases.png con todas las clases del sistema.

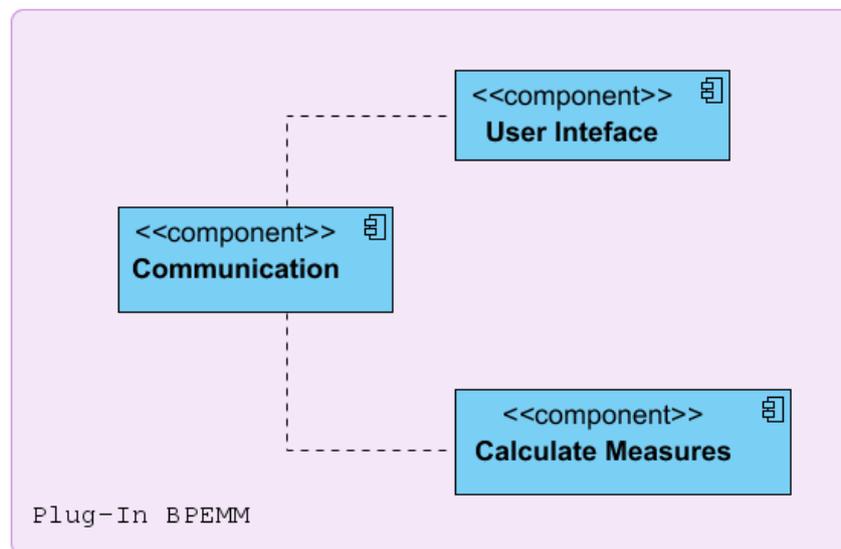


Figura 4.12 Arquitectura del Plug-In BPEMM

Componente User Interface

Este componente es el encargado de la interfaz de usuario, se encarga de la interacción con el usuario y de desplegar los resultados de las medidas al usuario.

La tecnología usada para el desarrollo de la interfaz es Swing [22], dado que las pautas de la interfaz de usuario para los desarrolladores de Plug-Ins para ProM [21], indican utilizar la biblioteca Slickerbox 1.0 con objetivo de lograr una interfaz en armonía con la del framework. Esta librería contiene un conjunto de componentes de Swing modificados para ajustarse a los estilos de la interfaz del framework de ProM.

En el diseño de la interfaz se aplicó el patrón *Model View Controller* (MVC) por las ventajas que provee en el caso que se quiera cambiar las vistas de la interfaz o agregar una nueva medida. En la figura 4.13 se muestran las clases definidas en el componente UserInterface, las medidas de BPEMM implementan la interfaz *IMeasureView* que representa el modelo en el patrón MVC, por lo tanto si se quiere agregar una nueva medida basta que la nueva medida implemente la interfaz *IMeasureView*.

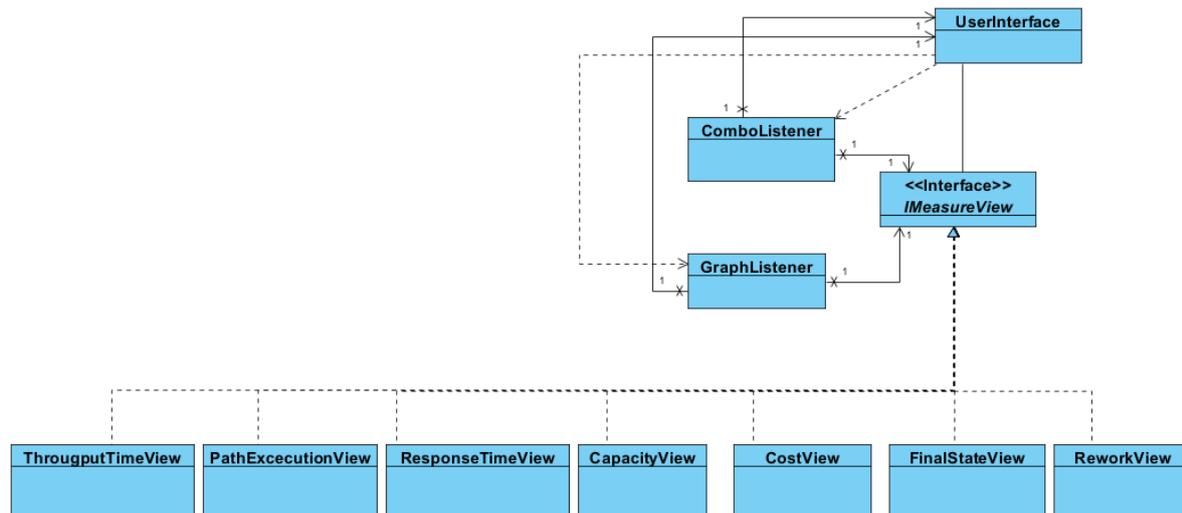


Figura 4.13 Implementación de patrón Model View Controller con Swing

La interfaz `IMeasureView` define un conjunto de operaciones, estas operaciones retornan los elementos que se tienen que desplegar en la interfaz de usuario, por ejemplo la lista de elementos a graficar, las referencias, los indicadores a desplegar, etc. Estas operaciones están definidas para los tres niveles de medida definidos en BPEMM (BPMModel, BPCase, Activity), de esa forma se diferencia que operaciones invocar dependiendo del nivel seleccionado. Las clases `ComboListener` y `GraphListener` representan el componente controller del patrón MVC y la clase `UserInterface` representa el componente view en el patrón MVC, esta clase implementa la interfaz definida en secciones anteriores.

Componente Communication

Este componente es el encargado de procesar los modelos recibidos como entrada en el plug-in y de generar los objetos java que los representan, en este componente también se realiza acoplamiento con el framework de ProM.

Después de analizar los modelos recibidos como entrada en el plug-in se llegó al siguiente diseño que se muestra en la figura 4.14 para representar a la información contenida en los modelos. En la clase `PromPlugin` es donde se realiza el acoplamiento con el framework ProM y por lo tanto donde se obtienen los modelos recibidos como entrada en el Plug-In BPEMM. El acoplamiento con el framework ProM implementado en la clase `PromPlugin` se especifica en mayor detalle al final del capítulo.

En la clase `PromPlugin` se realiza el procesamiento del Log de eventos, obteniendo las instancias de procesos de negocio y las instancias de actividades contenidas en el log que son representadas por las clases `BPCase` y `ActivityInstance` y `Originator`. En esta clase también se procesa el log de eventos de servicios, para representar las instancias de servicio también se utiliza la clase `ActivityInstance`, dado que la instancia de actividad y la instancia de servicio almacenan la misma información, se decidió reutilizar esta clase para realizar los cálculos de las medidas correspondientes a servicios.

En esta clase también se procesa el modelo de proceso de negocio de donde se obtienen las actividades y los roles, que son representadas por las clases `Activity` y `Rol`. En la clase

Configuration se procesa y almacena la información contenida en el archivo de configuración.

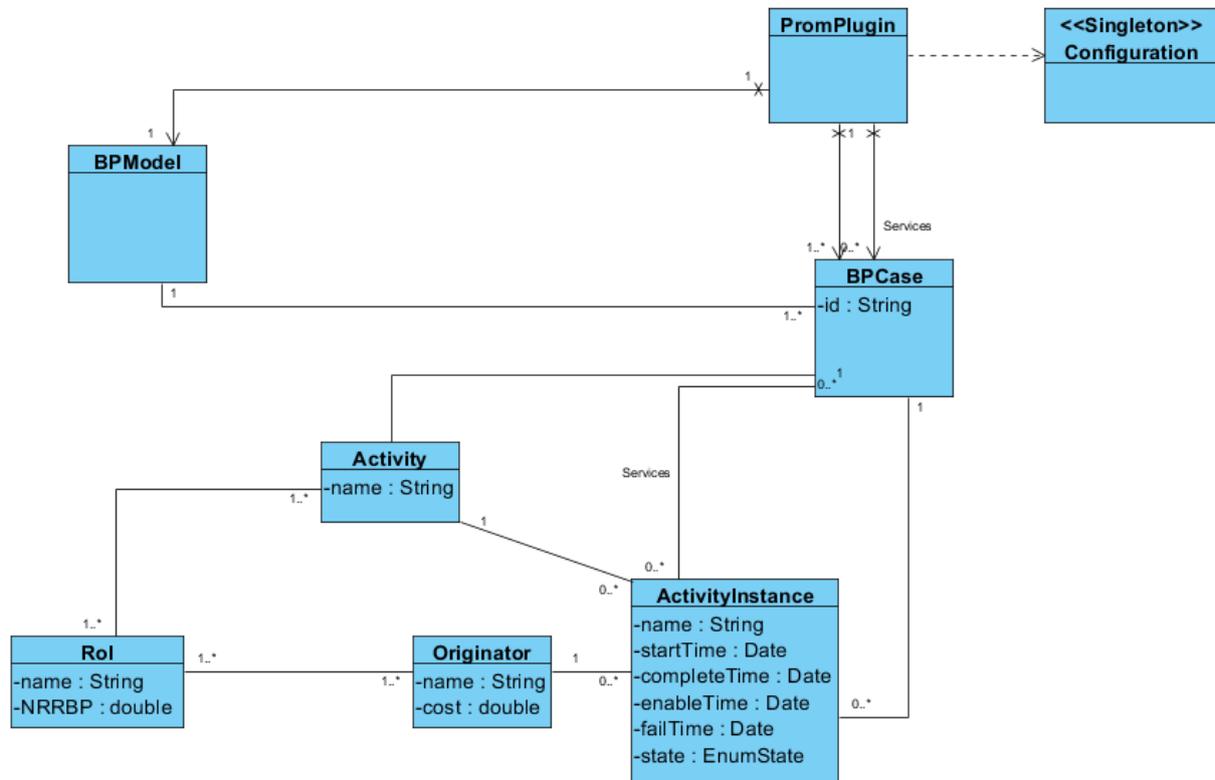


Figura 4.14 Diagrama de clases del componente communication

Componente Calculate Measures

En este componente se realizan los cálculos de las medidas definidas en BPEMM y se generan los objetos de las clases que representan los resultados de las medias, ósea las derivadas e indicadores definidos en cada medida. Después de procesados los modelos recibidos como entrada en el Plugin se disponen de los objetos de las clases BPCase, ActivityInstance, Rol, etc., que son los elementos que se toman como base en los cálculos de las medidas definidas en BPEMM.

En el figura 4.15 se muestra el diagrama de clases que conforman el componente calculate meares, por claridad en el diagrama de clases solo se consideró las derivadas y los indicadores de la medida Throughput Time, puede verse el diagrama de clases completo en Materiales en el archivo DiagramaDeClases.png.

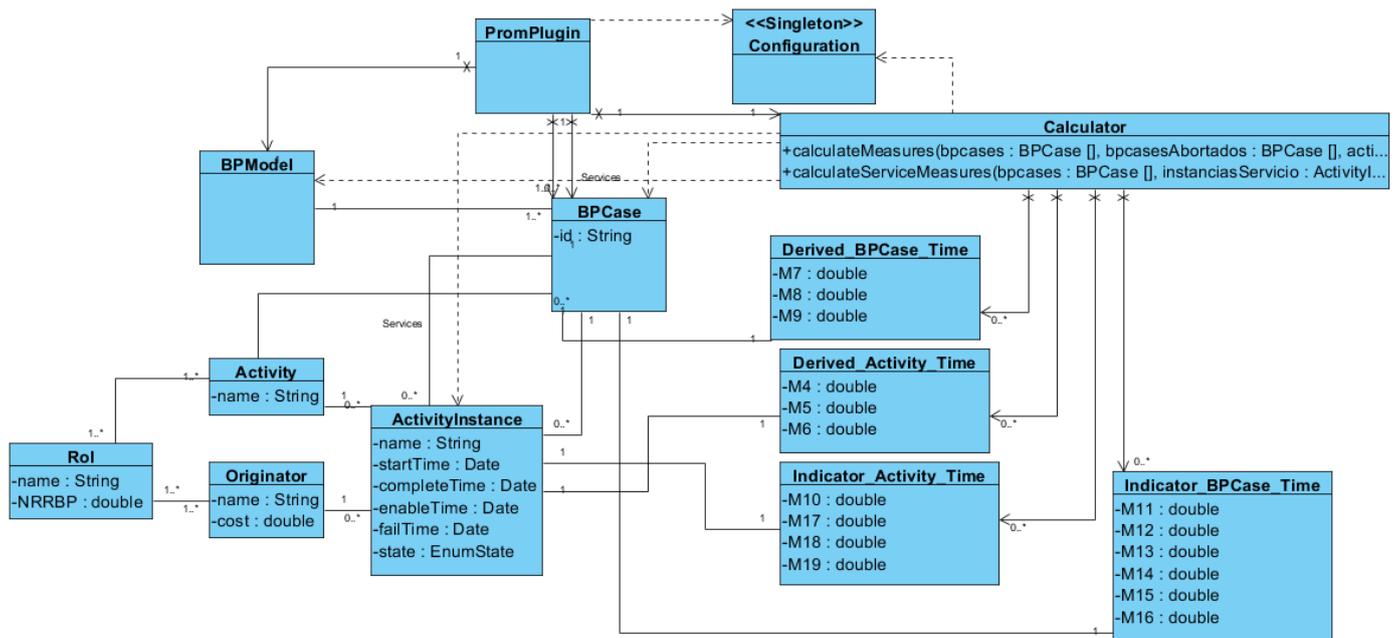


Figura 4.15 Diagrama de clases del componente calculate measures

Otro aspecto a tener en cuenta sobre este diseño es que, se decidió agregar todas las navegabilidades necesarias para evitar búsquedas y "casteos" y por lo tanto minimizar el tiempo de cálculo de las medidas.

Los cálculos de las medidas se realizan en la clase Calculate, esta clase posee dos métodos, calculateMeasures y calculateServiceMeasures, estos son los más importantes en todo el desarrollo del Plug-In, dado que con ellos es que se realizan todos los cálculos para las medidas que contemplamos en el alcance del desarrollo del sistema en cuestión.

En estos métodos se crean los objetos de las clases Derived e Indicator de cada medida para cada BPCase y activityInstance, en el caso de la medida Throughput Time las clases DerivedBPCaseTime, DerivedActivityTime, IndicatorActivityTime y IndicatorBPCaseTime. Estas clases contienen las derivadas e indicadores a nivel de instancias de actividad e instancia de proceso definidas en la tabla Throughput Time, los objetos creados de estas clases se asocian a su correspondiente ActivityInstance y BPCase como se muestra en la figura 4.15. Las clases Derived e Indicator de cada medida contienen las derivadas e indicadores de la correspondiente medida.

Los dos métodos sobre los cuales hablamos son uno para realizar los cálculos de las medidas las cuales no trabajan con servicios, y otro para los que si trabajan con servicios.

En ellos se trata de aprovechar al máximo cada una de las recorridas de los datos que se tienen cargados (BP Cases, Activity Instances), por lo que en cada iteración se van realizando distintos cálculos de distintas medidas simultáneamente. Esto permite también poder reutilizar resultados que se van generando en el cálculo de otras medidas, como es el caso por ejemplo de la medida costo que depende de los resultados de la medida Throughput Time. Esto esta implementado de esta forma para reducir el tiempo de cálculo de las medidas. La razón de implementar el cálculo de las medidas de servicio por separado, es que las medidas de servicio son opcionales al usuario, los cálculos se realizan sobre las instancias de servicio y estos datos no se utilizan en las otras medidas que no están relacionadas con servicios.

5 Implementación

En este capítulo se presenta una descripción de las herramientas y tecnologías utilizadas en el desarrollo del Plug-In, también se incluyen los detalles y las decisiones más importantes tomadas durante la implementación.

5.1 Herramientas y tecnología seleccionada

Herramientas utilizadas en el desarrollo del proyecto

<i>Herramienta</i>	<i>Versión</i>	<i>Descripción</i>
ProM Import Framework	7.0	Transforma archivos de una gran variedad de formatos al formato MXML
PostgreSQL	9.2.4	Base de datos relacional
Eclipse	Indigo(Service Release 2)	IDE
Activiti	5.12.1	Aplicación utilizada para simular la ejecución de PNs
Activiti Eclipse BPMN 2.0 Designer	5.12.0	Permite diseñar procesos BPMN2.0
ProM Framework	6.1	Framework que soporta una gran variedad de técnicas de procesos de minería

A parte de las anteriores herramientas usadas, durante la solución del Plug-In se decidió utilizar un repositorio de código fuente con versionado instalado en Eclipse (subclipse) para mantener el código fuente de manera de tenerlo centralizado y trabajar en forma paralela y organizada. El cliente SVN utilizado fue TortoiseSVN.

5.2 Detalles de implementación

En esta sección se mencionan los detalles más importantes de la implementación del Plug-In BPEMM. Uno de los aspectos más importantes de la implementación que tienen que ver con los cálculos de BPEMM es el cálculo del Enable Time.

El cálculo del enable time se realiza de la siguiente forma, para la primera actividad del modelo de proceso, el enable time es igual al start time de la actividad. Para el resto de las actividades el enable time se calcula como el tiempo transcurrido entre el complete time de la actividad anterior inmediata y el start time de la actividad en cuestión.

Otros de los aspectos más importantes de la implementación, tienen que ver con los parámetros de entrada del Plug-In. Como se especificó en capítulos anteriores los parámetros de entrada son el Log de eventos, el modelo de proceso y el archivo de configuración, pudiendo existir de forma opcional otro Log de eventos específico de los Servicios.

El modelo de proceso debe cumplir condiciones para que el Plug-In funcione correctamente, las cuales pasamos a detallar.

- El modelo de proceso debe contener roles. Los roles son utilizados en los cálculos de BPEMM correspondientes a costo y quality.
- El modelo de proceso debe contener solo el pool del proceso de negocio a evaluar. Es común que en los modelos de procesos contengan más de un pool como es el ejemplo del Buyer y el Reseller en la Figura 5.1, en el que se puede ver el pool del Buyer y el pool del Reseller para mostrar la interacción entre las actividades de dos procesos de negocio. Pero en la implementación del Plug-In BPEMM, se espera que el modelo de proceso contenga solo el proceso de negocio a evaluar.

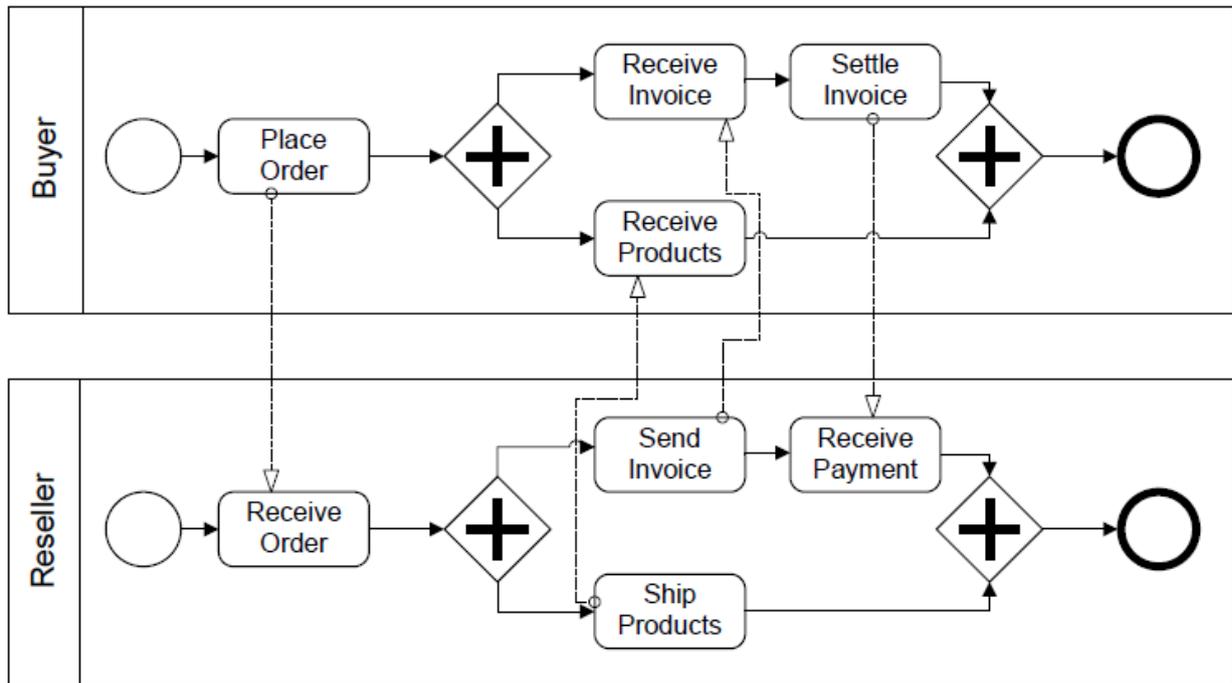


Figura 5.1 Interacción entre procesos de negocio [4]

El log también debe cumplir condiciones para que el Plug-In funcione correctamente. Las cuales pasamos a detallar.

- Todas las actividades registradas en el log deben contener eventos de start y complete o abort.
- Los eventos de complete o abort de una actividad no tiene que estar enseguida del evento start de la misma actividad, puede estar separado por eventos de otras actividades. Pero el evento complete o abort de una actividad no puede estar antes del evento start de la misma.

El log de servicio también debe cumplir condiciones para que el Plug-In funcione correctamente. Las cuales pasamos a detallar.

- Todos los servicios registrados en el log de servicio deben contener eventos de start y complete o abort.
- El evento de complete o abort de un servicio no tiene que estar enseguida del evento start del mismo servicio, puede estar separado por eventos de otros servicios. Pero el evento complete o abort de un servicio no puede estar antes del evento start del mismo.

El indicador de progreso que se despliega en la interfaz cuando el plug-in realiza el procesamiento de los archivos de entrada y el cálculo de las medidas, es una herramienta que provee ProM y se implementó como especifica la documentación de ProM [42]. Sin embargo se observó que en algunas ejecuciones el indicador no se despliega.

5.3 Especificación del acoplamiento del plug-in con el framework ProM

Para crear un plug-in en ProM se siguió la documentación disponible en la página de ProM [24][23]. Como se explicó en el capítulo 4 el plug-in esta implementado en el proyecto ProM-Framwork, y el acoplamiento del plugin con el framework de ProM se implementa en la clase PromPlugin.java como se especifica en la documentación [24].

Como lo indica la documentación de ProM, un plug-in para ProM se crea creando una clase que contiene un método que contiene la lógica del plug-in, en nuestro caso la clase es PromPlugin.java, el hecho de que el método constituye un plug-in de ProM son las annotations que contiene. La annotation @Plugin le indica al framework ProM que el método constituye un plug-in. Cuando se ejecuta ProM todas las clases son escaneadas por esta annotation y los plug-ins son registrados. En la figura 5.2 se muestra un ejemplo de la clase PromPlugin.java.

```
@Plugin(  
    name = "Prom Plugin BPEMM",  
    parameterLabels = {"Modelo", "Log", "Config", "Log Service"},  
    returnLabels = { "Plugin BPEMM" },  
    returnTypes = { JComponent.class },  
    userAccessible = true, help = "Produces the JPanel: Plugin"  
)  
public class PromPlugin {  
  
    @PluginVariant(variantLabel = "Prom Plugin BPEMM", requiredParameterLabels = {0,1,2})  
    @UITopiaVariant(  
        uiLabel = "Prom Plugin BPEMM",  
        affiliation = "P2012_0028",  
        author = "A. Aspiroz, J. Cordero , I. Infante",  
        email = "pgprom@fing.edu.uy"  
    )  
  
        public static JComponent helloWorld(PluginContext context, BPMNDiagram modelo,  
        XLog log, XLog config) {  
  
        }  
  
        @PluginVariant(variantLabel = "Prom Plugin BPEMM with Services",  
        requiredParameterLabels = {0,1,2,3})  
        @UITopiaVariant(  
            uiLabel = "Prom Plugin BPEMM with Services",  
            affiliation = "P2012_0028",  
            author = "A. Aspiroz, J. Cordero , I. Infante",  
            email = "pgprom@fing.edu.uy"  
        )  
  
        public static JComponent helloWorldService(PluginContext context,  
        BPMNDiagram modelo, XLog log, XLog config, XLog logService) {  
  
        }  
    }  
}
```

Figura 5.2 Extracto de PromPlugin.java

Uno de los requerimientos del proyecto es que se tenga como opcional la inclusión o no de un parámetro de entrada al plug-in. Como se indica en la documentación de ProM "Optional inputs" [24] las annotations se usan de forma distinta, la annotation @Plugin le indica al framework que el Plug-In está sobrecargado, por lo que se tendrá más de una opción de ejecución, en este caso en concreto son dos.

El nombre del Plug-In y las etiquetas de los parámetros de entrada del mismo son especificadas en la annotation @Plugin así como el tipo de retorno de todas las variantes. Típicamente estos métodos retornan un tipo de visualización, en este caso ambos métodos retornan un JComponent dado que la interfaz esta implementada con Swing. Como no se encontró documentación sobre cómo implementar plug-ins que retornan visualización, tomamos como referencia la implementación de los plug-ins disponibles en el repositorio de ProM, como por ejemplo el plug-in Basic Performance Analysis [27] y Visualize Global Settings Data [28].

El Plug-In tiene dos variantes, una es cuando el Plug-In es invocado con los parámetros (Modelo, Log, Config) y la otra cuando es invocado con los parámetros (Modelo, Log, Config, Log Services). Las dos variantes son especificadas por medio de dos métodos, los métodos contienen la lógica del plug-in para cada caso, cada uno con las annotations @PluginVariant y @UITopiaVariant que especifican, el nombre del Plug-In para cada variante y los parámetros que recibe en cada caso.

La clase XLog utilizada en los parámetros de entrada en los métodos de la clase PromPlugin nos permite acceder a la información contenida en archivos de formato MXML, esta clase es provista por el paquete que contiene el plug-in de import utilizado para los archivos de formato MXML como se especificó en el capítulo 4. La clase BPMNDiagram utilizada en el parámetro de entrada en los métodos de la clase PromPlugin nos permite acceder a la información contenida en el archivo de formato BPMN2.0, esta clase es provista por el archivo BPMN.jar como se indicó en el capítulo 4. Un punto a destacar sobre la clase BPMNDiagram es que modela la información del flujo de proceso de negocio como un grafo, por lo tanto para obtener la información que se mencionó en capítulos anteriores, que viene en este parámetro se implementaron consultas sobre el grafo, que tienen su impacto en la performance.

5.4 Decisiones tomadas

Se decidió elegir que el formato del archivo de configuración sea de extensión MXML, debido a que es uno de los formatos soportados junto a XES del framework ProM.

Se decidió que la interfaz del Plug-In BPEMM se implementaría con la librería *SlickerBox* dado que en la documentación del framework ProM, las pautas de interfaz sugieren utilizar esta librería.

Dado que existen medidas definidas en BPEMM como son la medida capacity y costo, que utilizan los roles asignados a las actividades, se decidió no aceptar modelos en los cuales no contengan esta asignación, mostrando el correspondiente tipo de error.

Se decidió incluir las actividades abortadas solo en los cálculos de las medidas *type of ending* y *successfull path* definidas en BPEMM. Para el resto de las medidas no se utilizan las actividades abortadas, dado que estas medidas utilizan los resultados de la medida *throughput time* y en ésta no se consideran las actividades abortadas.

Modificaciones en los cálculos de BPEMM. Cambios en el cálculo de las mediciones de las medidas y eliminación de algunas por estar mal definidas.

- a. En la medida Capacity, se concluyó que las mediciones M8 (Throughput rate of the BP) y M9 (Capacity utilization for a resource) no estaban bien definidas para lograr obtener el valor deseado y por lo tanto fueron excluidas. En esta misma medida, en los casos que se refiere a *resources* se comprobó que en realidad se refiere a *type of resources*, o sea el rol.
- b. En la medida Type of ending se decidió quitar el indicador M3 (Percentage of BP ending in terminated state in total BP cases) debido a que no existía una relación del estado de actividad Terminated y los estados soportados por el formato del log de eventos MXML.
- c. En la medida Rework loop en las derivadas M3 (Total Working time for the rework in a loop of the BP) y M4 (Total Working time for rework in all loops of BP case) se comprobó que sus cálculos son en base a un BPCase y no a un BP, como estaban definidas en un principio.
- d. También en el indicador M8 (Percentage of BP cases with execution of rework loops), se agregó que el criterio de decisión sea el mismo que M7 (Percentage of rework time in BP case due to loops in the total BP TT), ya que tampoco estaba definido. Y el indicador M9 (Percentage of rework time for an activity due to execution of rework loops in all BP cases) se decidió quitar por estar mal calculado en su definición.
- e. En la medida Service response time se comprobó que las mediciones base M1 (Invoke time of a service from the activity in the BP), M6 (Answer time from the service to the activity in the BP) no correspondían, y por lo tanto llevo a quitar también M10 (Service answer time from the BP) y M13 (Average service answer time in all BP cases) que eran calculadas con los valores anteriores. Las restantes medidas referidas a los servicios, se decidieron quitar ya que había dificultades con su definición, dejándolas para trabajo a futuro.

Elección de la herramienta para la simulación de la ejecución de los procesos de negocio. Dicha comparación de herramientas se realizó sobre Activiti y JBPM5 que fueron las recomendadas por la tutora de un principio, por lo que se le dio énfasis a estas herramientas más que a otras.

Cabe destacar que durante el desarrollo del proyecto ambas herramientas fueron generando distintas actualizaciones, por lo que en nuestro caso en un principio se utilizó JBPM 5 versión 5.2 (Diciembre 2011) que en ese entonces la última versión de Activiti era la 5.9 (Marzo 2012), la simple razón por la que se eligió JBPM 5 fue porque ya tenía todas las herramientas que se iban a utilizar, comprimidas y listas para instalarse y usarse a través de la herramienta Ant, la cual ya te instalaba el servidor de aplicaciones JBoss AS y sus aplicaciones de jBPM, el IDE Eclipse y sus

plug-Ins necesarios, que para el inicio de la etapa de desarrollo era lo principal tener el ambiente ya creado.

Paralelamente en la última fase de desarrollo, se volvió a analizar las herramientas y viendo que la última actualización de ambas, fue la de la herramienta Activiti y notando las mejoras de ésta comparando a la última versión que habíamos probado, se decidió elegir Activiti para la simulación de la ejecución de las pruebas.

En la tabla 5.3 se encuentran las distintas versiones y la fecha correspondiente a cada una de las herramientas.

Activiti 5.12.1	Abril 2013	jBPM 5.4	Noviembre 2012
Activiti 5.12	Marzo 2013	jBPM 5.3	Mayo 2012
Activiti 5.11	Diciembre 2012	jBPM 5.2	Diciembre 2011
Activiti 5.10	Agosto 2012		
Activiti 5.9	Marzo 2012		

Tabla 5.3 Fechas de versiones Activiti5 – jBPM5

También se pudo concluir que para el uso que íbamos a darle a la herramienta, no había tanta diferencia entre ellas, o sea que ambas proporcionaban lo necesario para nuestra utilidad, teniendo también una buena documentación para cualquier inquietud que tuvimos referido a cada herramienta.

6 Pruebas

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos producto de las pruebas ejecutadas sobre distintos ejemplos de procesos de negocio. Se encuentra dividido en las siguientes secciones: sección 6.1 que contiene la definición de las pruebas, sección 6.2 que describe la definición de casos de prueba que fueron propuestos para realizar las pruebas, la sección 6.3 presenta los resultados obtenidos luego de ejecutarse las pruebas y como última la sección 6.4 muestra la comparación de los resultados obtenidos con los esperados.

6.1 Definiciones de las pruebas

En el desarrollo del Plug-In se generaron juegos de datos de prueba con el objetivo de probar el su correcto funcionamiento, parte de estos juegos de datos consistían en los archivos que recibe como entrada el Plug-In. En capítulos anteriores se especificó que los archivos que recibe como entrada son el log de eventos, el modelo del proceso, el archivo de configuración y opcionalmente el log de eventos de servicios. A continuación se describen las herramientas utilizadas para generar los archivos de entrada del plug-in.

Para generar el modelo de proceso se utilizó la herramienta *Activiti Eclipse BPMN 2.0 Designer* que nos brinda las funcionalidades para poder diseñar procesos BPMN 2.0 y guardarlos en archivos de extensión BPMN2.0 (.bpmn), y éstos poder ejecutarlos en el *Activiti Engine*.

Para generar los logs se utilizó la herramienta *Activiti*, que logra realizar una simulación de la ejecución de los procesos de negocio a partir de un modelo del proceso en formato BPMN 2.0 que recibe como entrada. La herramienta *Activiti* se integra con una base de datos relacional, y persiste en la base los datos de las ejecuciones de las actividades del proceso.

Dicha herramienta facilita la ejecución de los procesos para usuarios a través de una aplicación web "*Activiti Explorer*" [31] que incluye el *Activiti* al descargarse, la cual permite ejecutar cada instancia de las actividades de manera manual. Asimismo, otra forma que ofrece la herramienta de ejecutar una instancia del proceso de negocio completo es mediante la generación de código [30].

En ambos casos se registra toda la información de cada una de las actividades ejecutadas en una base de datos que se puede configurar para elegir entre los siguientes gestores, H2, DB2, MySQL, PostgreSQL y Oracle. En nuestro caso se configuró en PostgreSQL por el conocimiento de cada integrante del grupo que ya tenía sobre este lenguaje.

Para llegar a generar los logs de eventos en formato MXML, lo que se hizo fue generar un script, que su objetivo es de obtener los datos de nuestro interés del *History Log* de la base de datos, generando un archivo CSV con el formato a nuestro interés, por lo que la salida de este script va a ser un archivo .csv que posteriormente va a ser utilizado como archivo de entrada del *ProMImport*, para que finalmente éste último genere el archivo MXML que va a ser utilizado como una de las entradas de nuestro Plug-In.

Cada prueba se fue llevando a cabo por medida, por lo que en algunas medidas por el cálculo definido, nos vimos obligados a ir modificando los modelos para que tengan sentido dicho cálculo. Por ejemplo, en el caso de la medida *ReworkLoop*, que su objetivo es ver cuánto re-trabajo existe en un proceso, se realizaron pequeñas variaciones sobre el modelo

modificando las actividades pertenecientes al conjunto de actividades del *ReworkLoop*, así como también se cambió el flujo de actividades ejecutadas para abarcar la mayor cantidad de casos posibles.

Los datos de la ejecución de las simulaciones se establecieron de tal manera de que la ejecución entre el final de una actividad y el principio de la siguiente actividad sea una diferencia de minutos, simplificando los valores numéricos resultantes de las mediciones de cada medida.

6.2 Casos de Prueba

Los casos de pruebas se realizaron básicamente sobre dos modelos de procesos de negocio (PNs), que se detallan a continuación.

El primero se trata de una breve descripción de la realidad de una casa de reparaciones, el log de ejecuciones de este ejemplo fue obtenido desde el tutorial de ProM Framework [2], en base a éste log se creó el modelo siguiente. En la figura 6.1 se presenta el modelo realizado en BPMN 2.0.

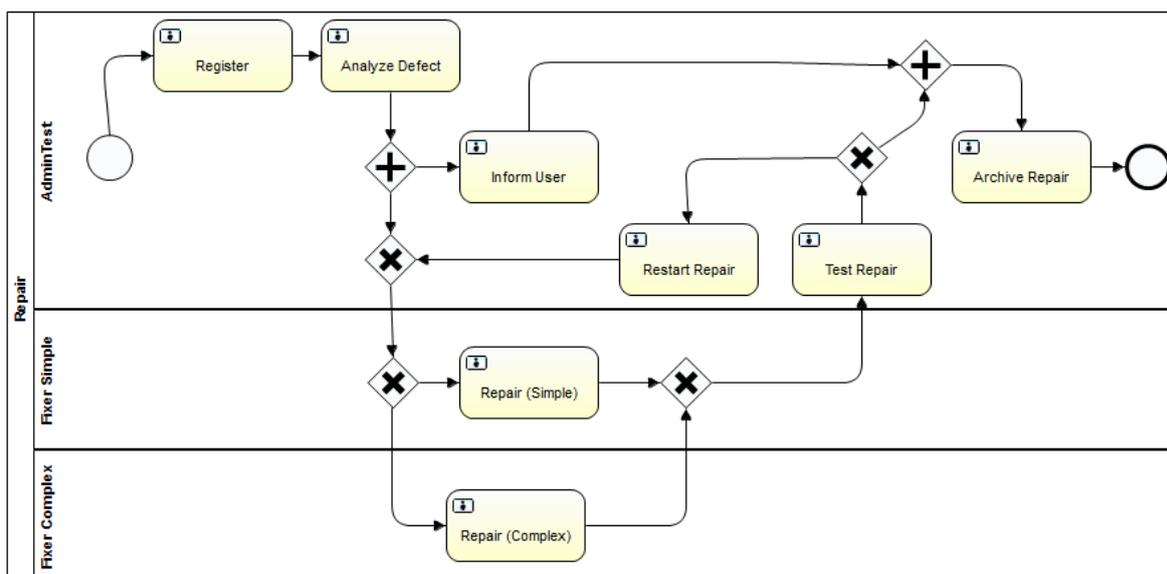


Figura 6.1 Modelo de Repair Process [1]

Fue necesario para los casos de prueba de nuestras medidas asignarles roles a las actividades del modelo, por ese motivo se crearon los roles "AdminTest", "Fixer Simple" y "Fixer Complex".

El segundo modelo describe una realidad sobre un proceso correspondiente con el Hospital General de Ciudad Real (España), de "Admisión y Registro de Paciente para Cirugía Mayor Ambulatoria (CMA)". Este modelo del proceso describe la participación del "Hospital Público Local", interactuando este último con otros actores como el "Paciente" y el "Registro Central de Salud". En la figura 6.2 se presenta el modelo realizado en BPMN 2.0.

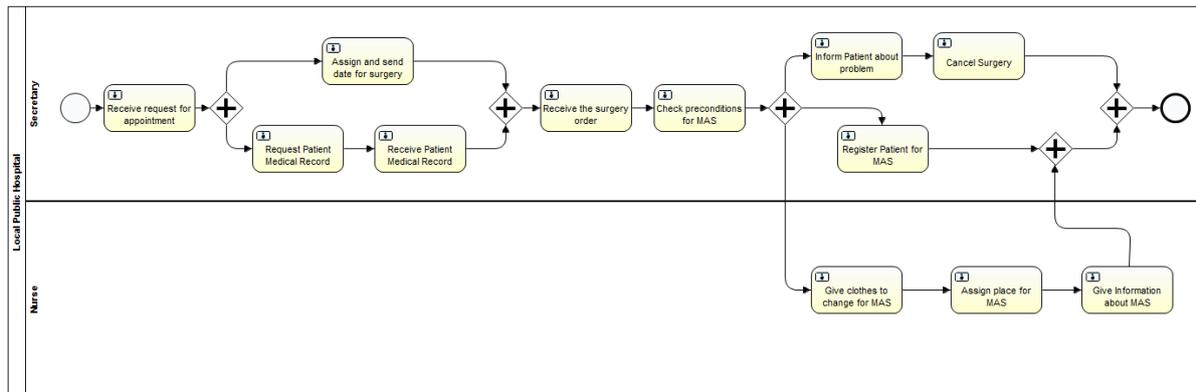


Figura 6.2 Modelo del Proceso del Hospital [14]

Con el objetivo de poder ejecutar este modelo en nuestro Plug-In, el modelo necesita tener un único participante (ilustrado por el *pool*), por lo que se eligió dejar el principal participante que es el Hospital, dejando de lado el paciente y el registro central de Salud del modelo original, en el capítulo del Caso de Estudio (Capítulo 9) se explicará brevemente el modelo en su completitud. El modelo del Hospital muestra que contiene dos roles, “Secretary” y “Nurse”.

A partir de estos modelos fueron simuladas las ejecuciones para luego obtener los valores resultantes de las mismas. Y a partir de éstas poder llevar a cabo los cálculos de las medidas definidas en BPEMM. Para llegar a estos resultados se pasa a detallar la secuencia de pasos que se procedieron a ejercer y que herramientas fueron utilizadas en cada uno.

Como primer paso se decidió buscar modelos existentes donde tuvieran casos que nos faciliten en la ejecución de las pruebas, sea así como ciclos de actividades, como también distintos tipos de gateways. En base a los modelos elegidos fueron simuladas ejecuciones del proceso de negocio, utilizando la herramienta *Activiti*, registrando esta información en una base de datos, para luego ser usada en la generación del log de eventos.

Y como último paso se extendió el modelo agregando la información que solicita el archivo de configuración, como recursos pertenecientes a cada rol (que tienen que ser consistentes con los que tiene el log de eventos), el costo de cada uno de ellos, el camino exitoso de actividades, las actividades pertenecientes al re-trabajo, así como también los límites inferiores (I1) y superiores (I2) para los indicadores de cada medida.

6.3 Resultados Obtenidos

La verificación se fue realizando de manera incremental, en la que se fueron desarrollando y ejecutando los casos de prueba por cada medida, se dividieron en iteraciones, en base a los resultados obtenidos de la primera, se corrigieron y se volvieron a ejecutar estos y otros nuevos casos de prueba hasta que se llegara a tener cero casos con falla.

Para mejor visualización de los casos de prueba decidimos mostrar los cálculos realizados de cada medición agrupándolos según la jerarquía definida en BPEMM, como fue mostrado en el capítulo 2 – sección 2.3.1. Por cada indicador existente en cada medida se tuvieron que

definir su correspondiente límite inferior (I1) y su superior (I2). A continuación se resumen los casos de prueba ejecutados, contando los casos exitosos, fallidos y observados a modo ilustrativo mediante gráficas, teniendo una visión general de la verificación realizada.

6.3.1 Casos de prueba para la Medida Throughput Time

Los primeros casos de prueba fueron los referidos a la medida *Throughput Time* ya que esta medida es base para el cálculo de otras medidas, como por ejemplo *Capacity*, *Cost* y *Rework Loops*. En la figura 6.3 se presentan la cantidad de mediciones a probar según a qué nivel de medida pertenece.

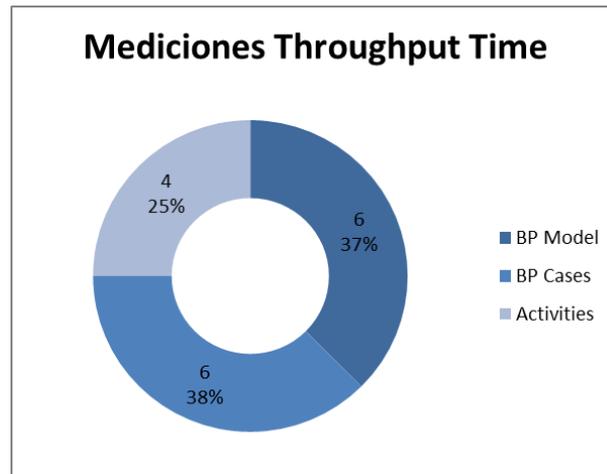


Figura 6.3 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Throughput Time dividida por niveles

En la figura 6.4 se presentan las gráficas de resultados, posterior a la ejecución de los casos de prueba de la iteración I de la medida Throughput Time, cada gráfica representa los casos de prueba pertenecientes a las mediciones según el nivel de medida a la que pertenezca (BP Model, BP Cases y Activities). En esta primera instancia los casos fallidos eran por errores de programación en el cálculo de las medidas. Además de estos, cabe destacar que ocurrieron errores a nivel de la interfaz de usuario, como desplegar los elementos en la pantalla y de navegación entre los distintos niveles.

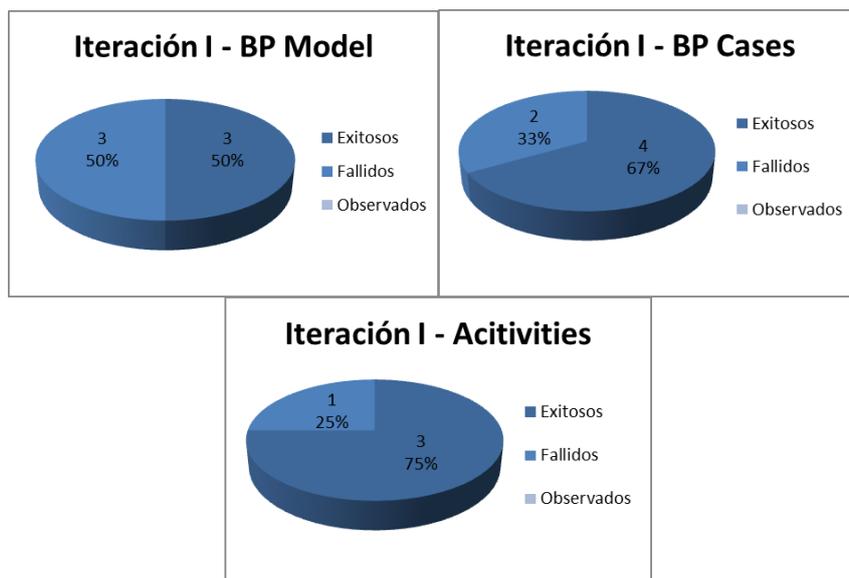


Figura 6.4 – Resultados de la medida Throughput Time en la iteración I

En esta segunda iteración (figura 6.5) se redujo el porcentaje de fallas con respecto a la anterior, teniendo las mediciones a nivel de las actividades el 100% de los casos exitosos. En los otros niveles (BP Model y BP Cases), disminuyó el porcentaje de fallas pero se corroboró que seguía habiendo distinción entre el valor resultante de algunas mediciones con el valor esperado. Estos errores eran debidos a que seguían quedando errores de cálculo de las medidas.

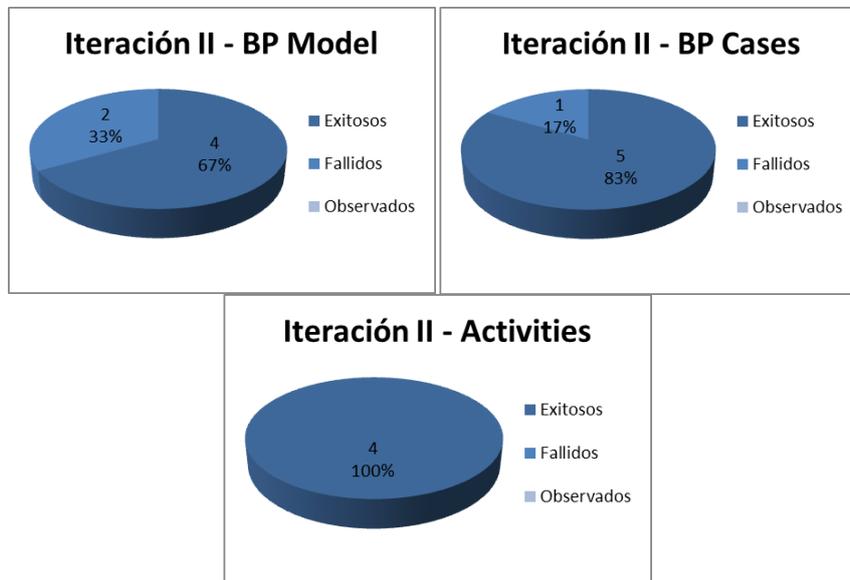


Figura 6.5 – Resultados de la medida Throughput Time en la iteración II

En la tercer y última iteración (figura 6.6) se corroboró que el 100% de los casos de pruebas dieran exitosos.

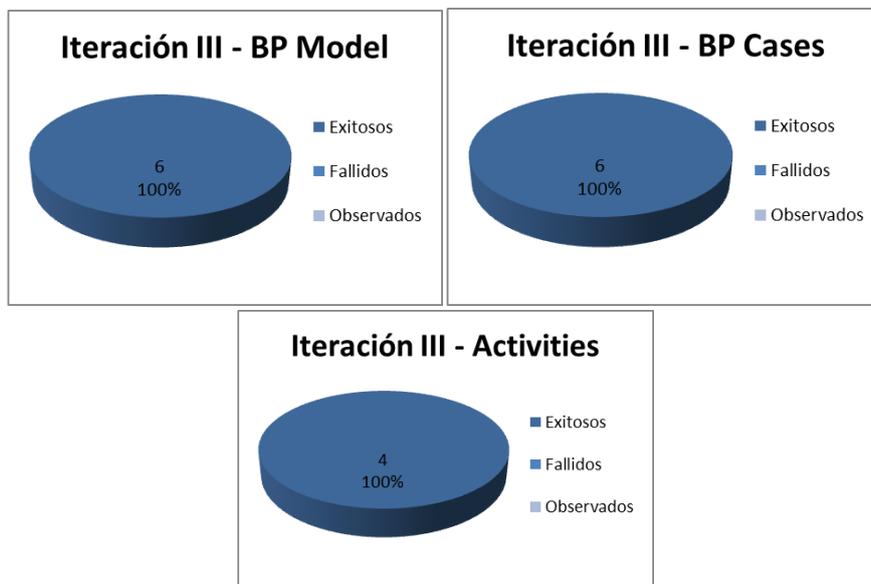


Figura 6.6 – Resultados de la medida Throughput Time en la iteración III

6.3.2 Casos de prueba para la Medida Capacity

En esta medida para poder ser probada, se definen los recursos existentes (tienen que ser consistentes con los del modelo del proceso de negocio) y a qué rol están asociados, como se especificó en el Capítulo 4 – Sección 4.2. En la figura 6.7 se presentan la cantidad de mediciones a probar según a qué nivel de medida pertenece.

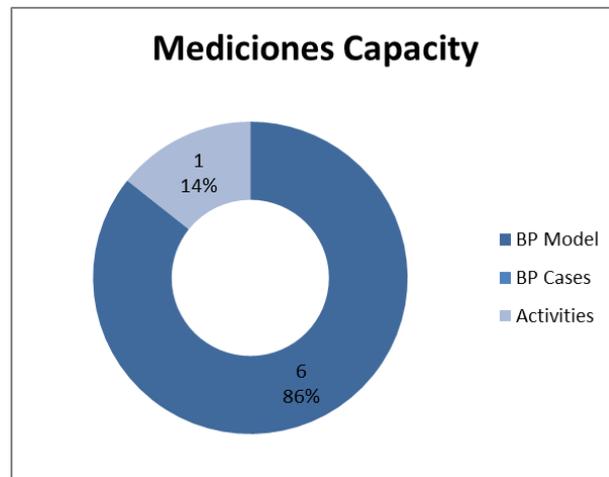


Figura 6.7 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Capacity dividida por niveles

En la primera iteración (figura 6.8) tuvimos errores de cálculo de las mediciones. Además de esto se establecieron dos mediciones como observadas por no estar bien definidas, como ya se mencionó en el Capítulo 5 – Sección 5.4.

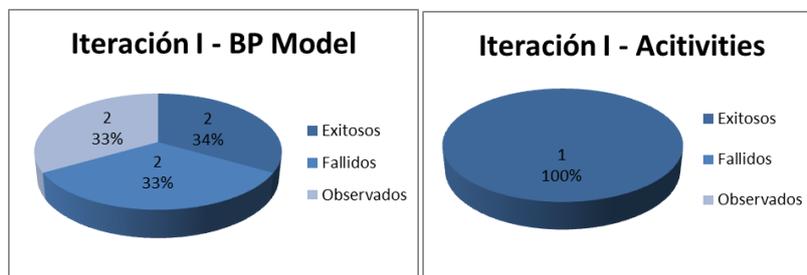


Figura 6.8 – Resultados de la medida Capacity en la iteración I

En la segunda iteración (figura 6.9) se corrigieron los errores de cálculo, no dejando casos fallidos. Como trabajo a futuro se dejaron las mediciones observadas.

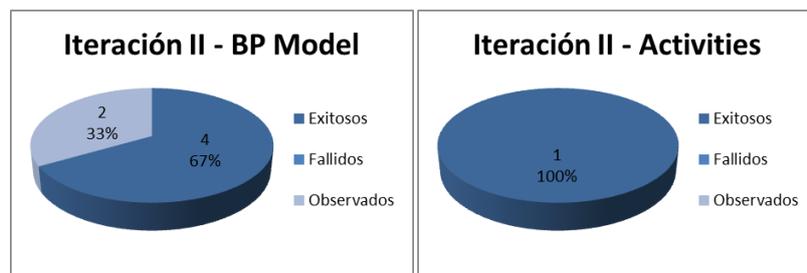


Figura 6.9 – Resultados de la medida Capacity en la iteración II

6.3.3 Casos de prueba para la Medida Cost

En esta medida, se definen los costos asociados a cada recurso existente (además de los valores límites de los indicadores), como se especificó en el Capítulo 4 – Sección 4.2. En la figura 6.10 se presentan la cantidad de mediciones a probar según a qué nivel de medida pertenece.

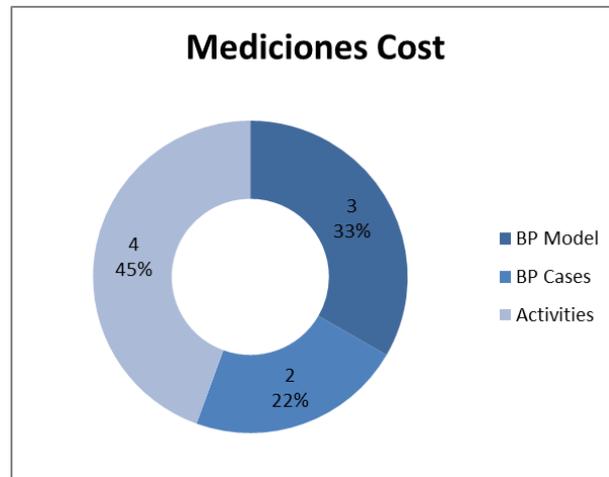


Figura 6.10 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Cost dividida por niveles

En la figura 6.11 se presentan los resultados de la primera iteración a través de las gráficas. En esta primera instancia los casos fallidos eran por errores de programación en los cálculos de las medidas.

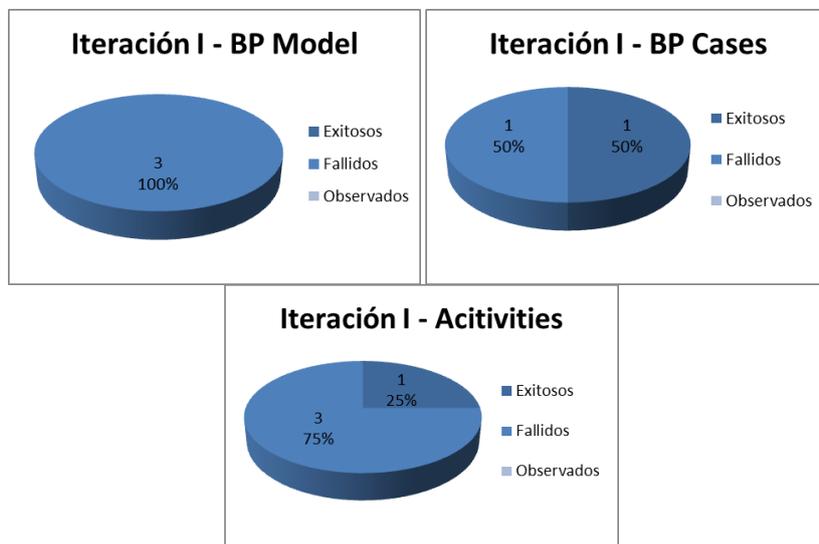


Figura 6.11 – Resultados de la medida Cost en la iteración I

Luego de identificar los errores, se corrigieron, dejando como resultado de las pruebas el 100% de los casos exitosos (figura 6.12).

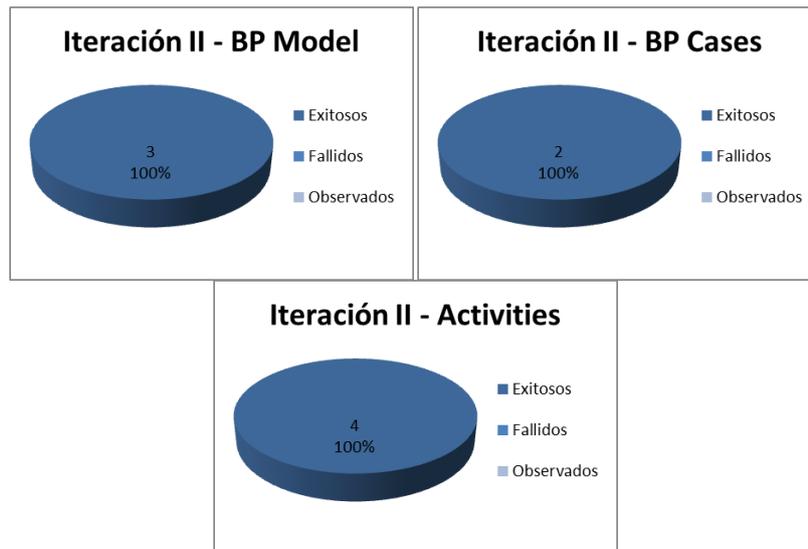


Figura 6.12 – Resultados de la medida Cost en la iteración II

6.3.4 Casos de prueba para la Medida Final State (Type of Ending)

En esta medida para poder ser probada, se fueron modificando alguna de las instancias de las actividades registradas en el log de eventos, de “complete” a “aborted”. En la figura 6.13 se presentan la cantidad de mediciones a probar, al tener solamente tres indicadores a nivel global del proceso, estos se encuentran a nivel de BP Model.

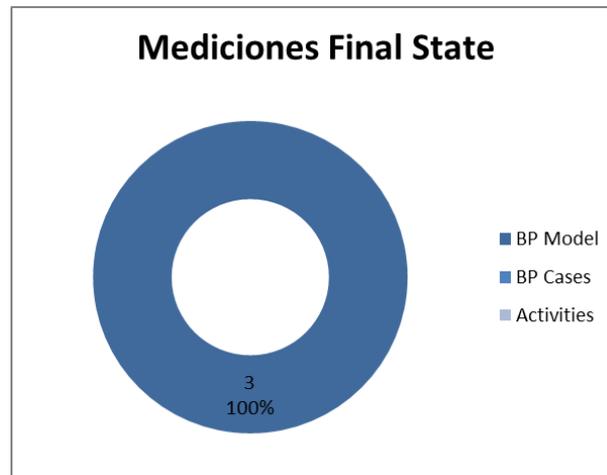


Figura 6.13 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Final State dividida por niveles

En la primera iteración (figura 6.14) de la medida Final State, nos encontramos con que una de las mediciones no iba a ser utilizada, dado que el estado que se especifica no está claro a lo que se refiere, dejando esta medición como observada para un futuro re-análisis. Además se encontró una falla en un indicador, donde en los casos bordes no se mostraba el color esperado del semáforo.

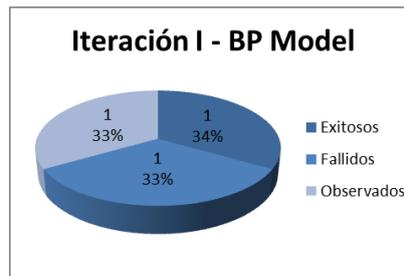


Figura 6.14 – Resultados de la medida Final State en la iteración I

En la segunda iteración (figura 6.15) se corrigió el caso que fallaba.

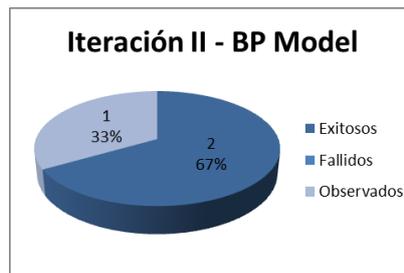


Figura 6.15– Resultados de la medida Final State en la iteración II

6.3.5 Casos de prueba para la Medida Path Execution (Successful Branch)

En esta medida, para ser probada se tiene que definir un conjunto de actividades que pertenecen al camino exitoso (además de los límites de los indicadores), como se especificó en el Capítulo 4 – Sección 4.2. En la figura 6.16 se presentan la cantidad de mediciones a probar, igual que la medida anterior, sólo hay mediciones que son indicadores y se encuentran a nivel de BP Model.

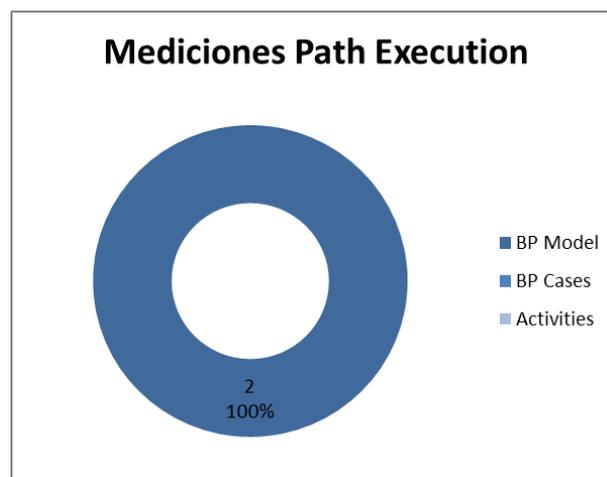


Figura 6.16 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Path Execution dividida por niveles

En estos casos no se tuvo ninguna falla, dejando el 100% de los casos como exitosos (figura 6.17).

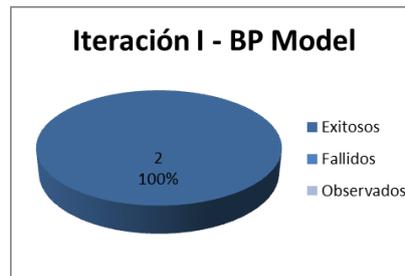


Figura 6.17 – Resultados de la medida Path Execution en la iteración I

6.3.6 Casos de prueba para la Medida Rework

En esta medida se quiere conocer cuánto re-trabajo existe en el proceso, y que actividades son las que generan retrasos, por lo que para esto se debe definir qué actividades son las candidatas a generar este re-trabajo (además de los límites de los indicadores) como se especificó en el Capítulo 4 – Sección 4.2. En la figura 6.18 se presentan la cantidad de mediciones a probar según a qué nivel de medida pertenece.

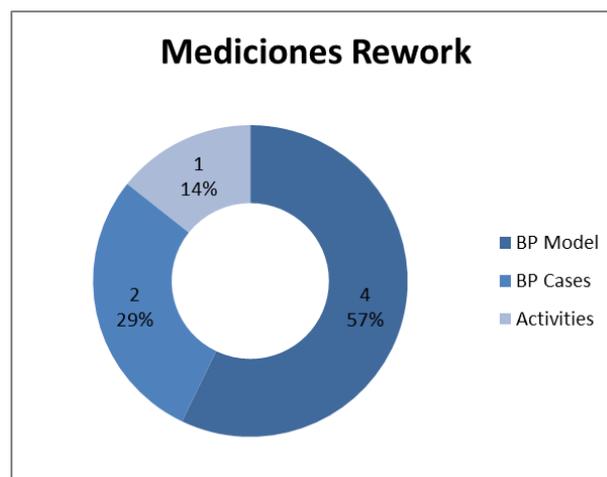


Figura 6.18 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Rework dividida por niveles

En la primera iteración (figura 6.19) tuvimos problemas con esta medida, ya que en la descripción que especificaban las mediciones no estaba del todo claro, una incertidumbre que tuvimos fue con el tiempo de una actividad considerada como re-trabajo, si su primer ejecución, la considerábamos para el cálculo o no. Otros errores fueron de programación al realizar el cálculo de las mediciones. Además de esto se identificó un indicador que no estaba bien definido, dejándolo como observado.

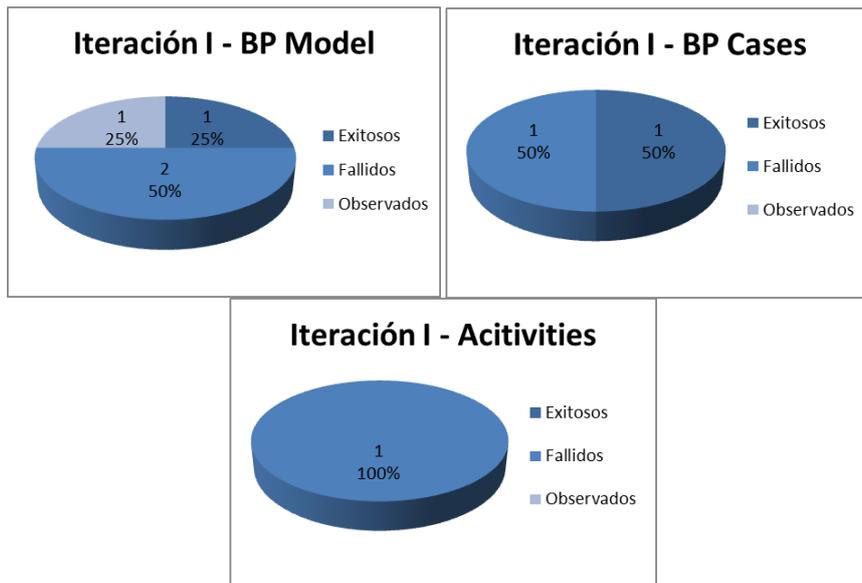


Figura 6.19 – Resultados de la medida Rework en la iteración I

Luego de identificar los errores, se solucionaron, dejando como resultado de las pruebas ningún caso con falla (figura 6.20).

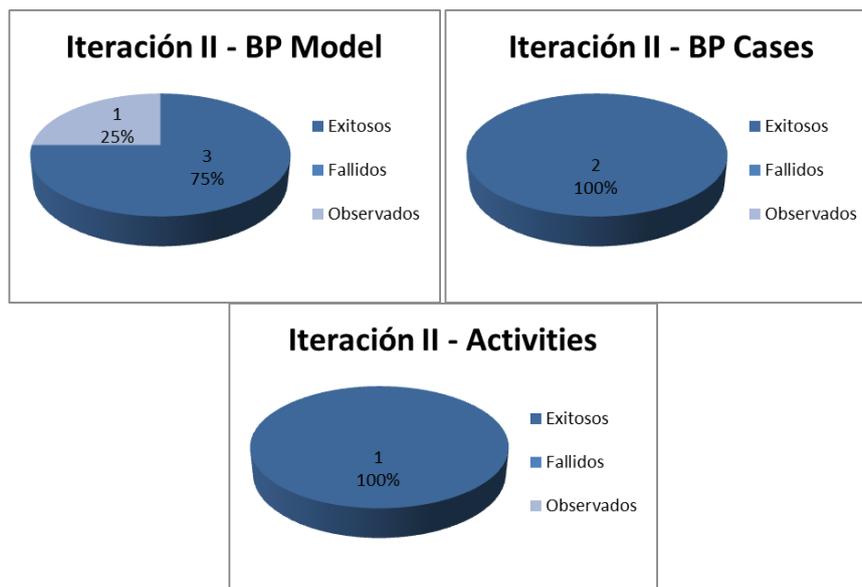


Figura 6.20 – Resultados de la medida Rework en la iteración II

6.3.7 Casos de prueba para la Medida Service Response Time

En esta medida para poder ser probada, se generó un archivo de log de eventos de servicios, definido en el Capítulo 4 – Sección 4.2. En la figura 6.21 se presentan la cantidad de mediciones a probar según a qué nivel de medida pertenece.

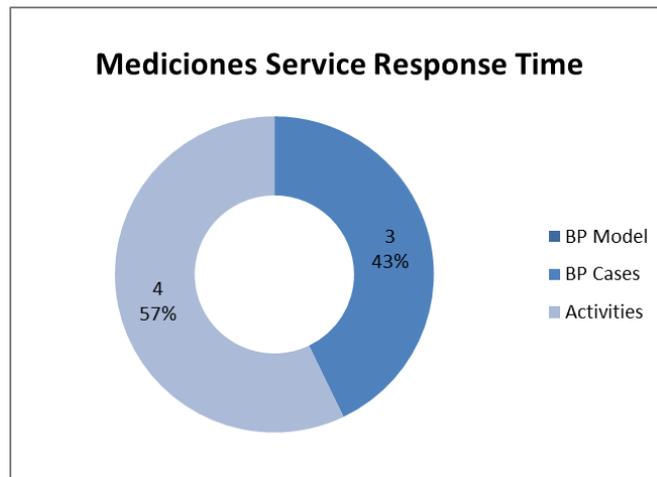


Figura 6.21 – Cantidad de mediciones a probar de la medida Service Response Time dividida por niveles

En la primera iteración (figura 6.22) se encontraron errores de procesamiento del log de servicios, las instancias de servicio creadas no estaban correctamente asociadas. Además al consultar con la tutora se determinaron quitar las mediciones base, como *Invoke time of a service from the activity in the BP (M1)* y *Answer time from the service to the activity in the BP (M6)*, que dejó como consecuencia dejar un indicador y una derivada como mediciones observadas.

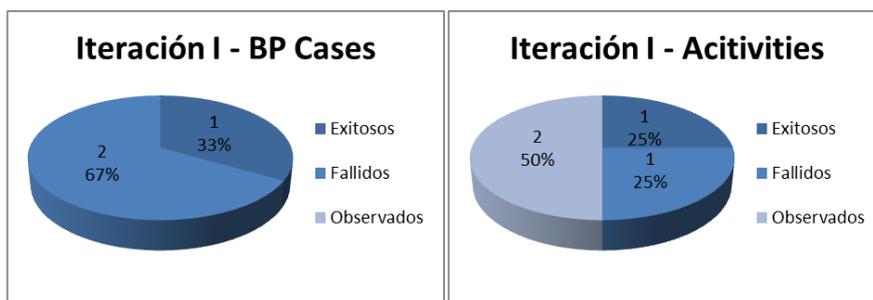


Figura 6.22 – Resultados de la medida Service Response Time en la iteración I

En la segunda iteración (figura 6.23), realizando las correcciones pertinentes se corroboró que los casos que fallaban fueron solucionados.

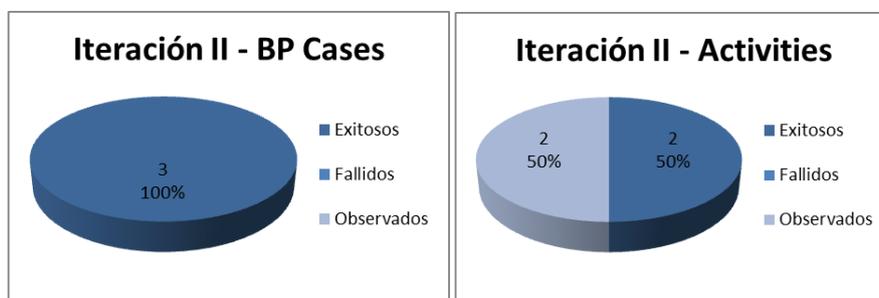


Figura 6.23 – Resultados de la medida Service Response Time en la iteración II

6.4 Comparaciones

A modo ilustrativo se muestra en la figura 6.24 la tabla generada por la aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo correspondiente a la ejecución de una instancia del modelo del proceso de negocio del Hospital, para luego compararlas con los resultados que retorna nuestro Plug-In. El resto de las tablas de esta medida y de las demás medidas se pueden ver en el Anexo D – Tablas Verificación Medidas BPEMM.

BPCase 1																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment	20	0	20				0							17,667	0	17,667
Request Patient Medical Record	10	10	20				1							14	3,333	17,333
Assign date for surgery	10	10	20				1							20	14	34
Receive Patient Medical Record	15	0	15				0							9	5	14
Send assign date for surgery	25	0	25				0							15	6,667	21,667
Receive the surgery order	20	5	25				0,25							11,667	9,333	21
Check preconditions for MAS	8	22	30				2,75							8,667	10,333	19
Inform Patient about problem	2	4	6				2							11	19	30
Cancel Surgery	14	4	18				0,286							12	2,5	14,5
				124	55	179		0,444	69,274	30,726	191	121,333	69,667			

Figura 6.24 Caso de Prueba Hospital, medida Throughput Time

Posterior a estos resultados mostrados se puede decir que se obtuvieron resultados favorables en las pruebas, llegando a los resultados esperados que se calcularon por cada medida de nuestro Plug-In.

7 Caso de estudio

El caso de estudio para probar el Plug-In desarrollado fue realizado a partir de un proceso de negocio correspondiente con el Hospital General de Ciudad Real (España) [14], cual fue un proceso proporcionado por la tutora del proyecto. El material otorgado para la realización del caso de estudio fue un log de eventos de dicho proceso de negocio el cual contenía mil ejecuciones, el formato del archivo es MXML.

El modelo del caso de estudio es el mismo que se utilizó durante el periodo de casos de pruebas, con la diferencia que el modelo tuvo que ser modificado para ajustarse a los nombres y cantidad de actividades que contenía el log de eventos.

El capítulo se organiza en tres secciones. En la sección 7.1 se presenta el caso de estudio, en la sección 7.2 se muestra la realización del mismo junto al modelo del proceso de negocio y en la última sección 7.3 se evalúa los resultados obtenidos del Plug-In.

7.1 Presentación del Caso de Estudio

En esta sección se explica brevemente en qué consiste el caso de estudio, en el cual se tomó de referencia el proceso de negocio “Admisión y Registro de Paciente para Cirugía Mayor Ambulatoria (CMA)” [14], ya utilizado en el capítulo de Pruebas.

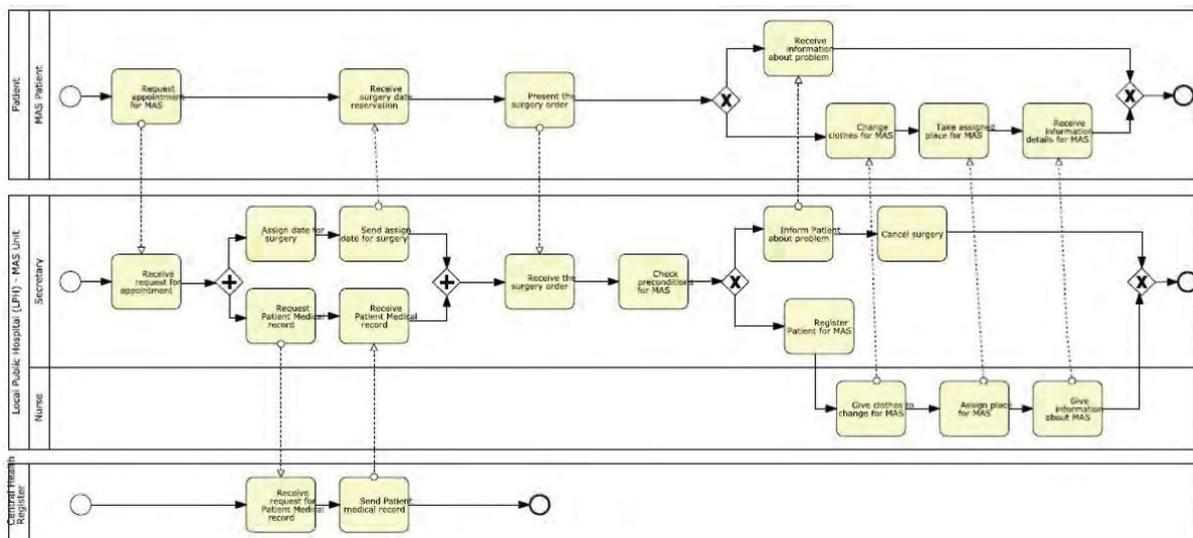


Figura 7.1 Modelo BPMN2 “Admisión y Registro de Paciente para Cirugía Mayor Ambulatoria (CMA)”

Dicho proceso contiene tres participantes (Figura 7.1), el “Hospital Público Local”, el “Paciente” y el “Registro Central de Salud” que se comunican de la siguiente manera:

- Un paciente solicita agendar una fecha con la CMA
- La secretaria del Hospital reserva día y hora tentativos que le son enviados al paciente a la vez que se solicita el registro médico del paciente al Registro Central de Salud
- El paciente se presenta el día asignado en la CMA entregando la orden para la cirugía dada por el médico.

- Se chequean las precondiciones para la CMA
- Si hay algún problema se informa al paciente y se cancela la cirugía.
- En caso contrario se registra al paciente en la CMA y la nurse realiza los pasos definidos para preparar al paciente para la CMA.

7.2 Realización del Caso de Estudio

En esta sección se presenta la realización del caso de estudio en base al log de eventos brindado por la tutora.

Como se tomó como referencia el modelo que se vio en la sección anterior, lo primero que se hizo fue verificar que el modelo del proceso de negocio, tuviera identificadas las mismas actividades que existen en el log de eventos, para esto tienen que coincidir con el nombre de las actividades en el modelo y en el log de eventos, con que una actividad tuviera como diferencia una letra, ya significa que identifica a otra actividad.

Luego de esto se vio que había algunas actividades con algunas de estas diferencias por lo que se llevó a un mismo nombre.

Otra diferencia con el modelo fue que las actividades "Assign date for surgery" y "Send assign date for surgery" estaban unificadas en el log en una actividad llamada "Assign and Send date for surgery" por lo que en este caso se llevó a cabo este último caso al modelo.

Y como ya se ha hablado en capítulos anteriores el Plug-In para ser utilizado debe recibir como entrada un modelo que represente solo un participante, en este caso el log de eventos viene con los registros de las actividades que pertenecen al "Hospital Público Local".

Junto con estas modificaciones del modelo original, también se creó un archivo de configuraciones con los límites (l1 y l2) con valores acordes a los que tienen los resultados del log de eventos, también se especificó que el camino exitoso fuese cuando se hayan completado de ejecutar todas las actividades anteriores al primer "Exclusive Gateway" y las actividades posteriores al mismo Gateway que fuesen por el camino de la actividad "Register Patient for MAS". También se establecieron valores para los costos por cada recurso existente, en el log de eventos son los siguientes, "System", "John" y "Mary" son recursos pertenecientes al rol de "Secretary" y "Lisa" y "Sue" son recursos pertenecientes al rol de "Nurse".

Para terminar de realizar el caso de estudio, se vio necesario determinar actividades que sean interpretados como servicios externos, para poder ser posible probar el caso de servicios, las actividades elegidas como tales fueron "Receive request appointment" y "Receive Patient Medical Record". Por requerimiento del Plug-In, se pide que los registros de las ejecuciones de las actividades de los servicios estén en un log aparte, por lo cual se generó un log para esta información.

A continuación se muestra el modelo con los cambios realizados para que corresponda con los datos obtenidos del log de eventos entregado.

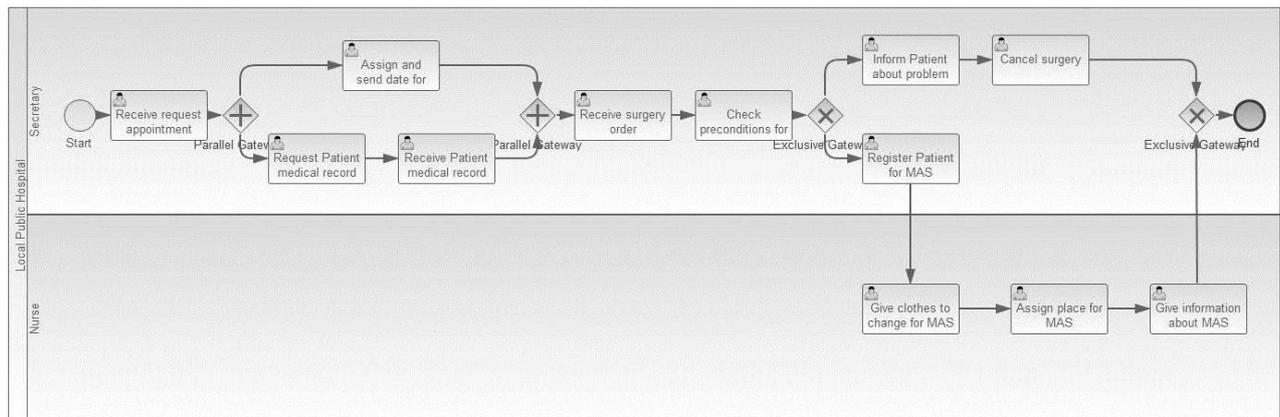


Figura 7.2 Modelo BPMN2 utilizado para el caso de estudio

7.3 Evaluación del Caso de Estudio

Posteriormente a la realización del caso de estudio, se continuó con la ejecución del mismo en el Plug-In. El log de eventos utilizado contiene una importante cantidad de instancias de ejecuciones del proceso de negocio, en este caso son mil ejecuciones.

Llevado a cabo la ejecución se puede decir que se realizó de manera correcta no encontrando problemas que impidieran el cálculo y visualización del modelo y log utilizados.

De todas formas se notó un tiempo de espera considerable pero no excesivo (menor a 30 segundos) al iniciar la aplicación para este caso de estudio, recordando que los cálculos se realizan en este intervalo de tiempo, evitándolo en cada pasaje de pantallas de un nivel a otro o entre cambio de medidas.

A modo ilustrativo a continuación se muestran imágenes verificando la visualización de las medidas con este caso de estudio. Se muestran los tres niveles de medición con las medidas *Throughput time* y *Cost*. Se comprobó que las cantidades de los *BP Cases* y *Activities* fueran las correctas.

Lo que no se hizo por no corresponder al alcance del proyecto, fue verificar la correctitud de los resultados, dejando esto como un trabajo a futuro.



Figura 7.3 Medida Throughput Time, vista BP Model



Figura 7.4 Medida Throughput Time, vista BP Case



Figura 7.5 Medida Throughput Time, vista Activity



Figura 7.6 Medida Cost, vista BP Model



Figura 7.7 Medida Cost, vista BP Case

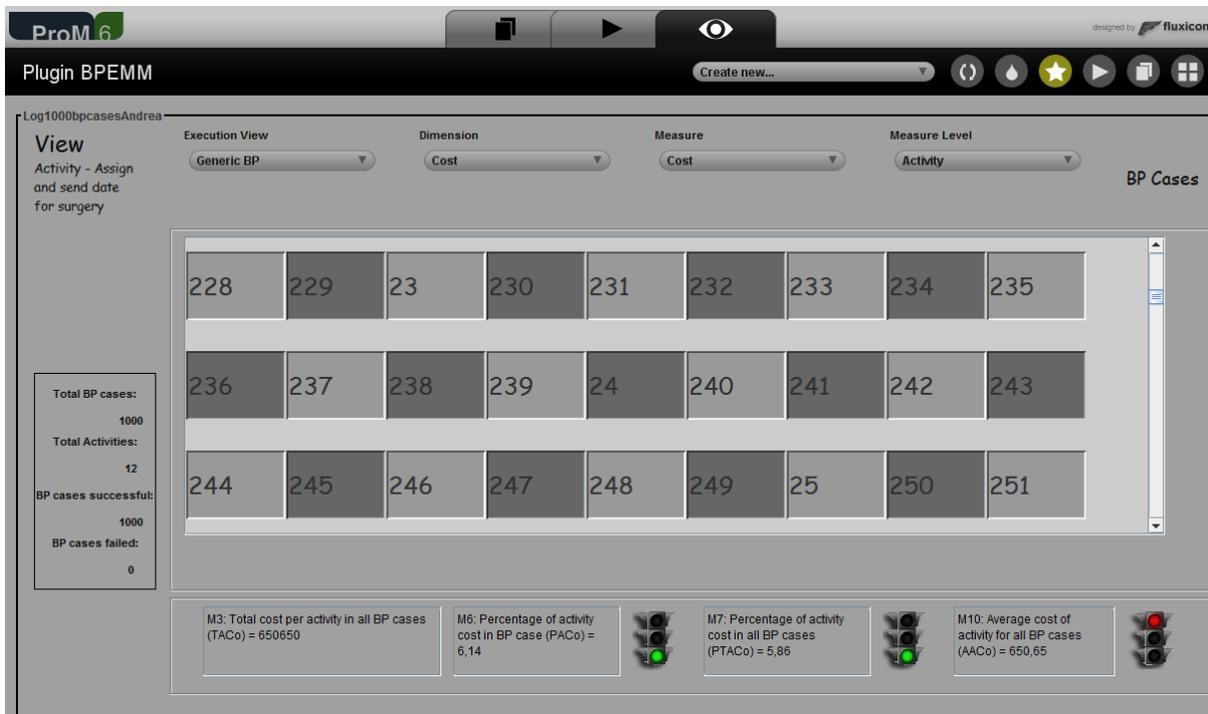


Figura 7.8 Medida Cost, vista Activity

8 Conclusiones y trabajo a futuro

En esta sección se presentan las conclusiones de nuestro proyecto y algunos puntos que consideramos que se deberían tener en cuenta para continuar con el desarrollo de esta solución.

8.1 Conclusiones

En este proyecto se implementaron las medidas de ejecución de procesos de negocio realizados con servicios definidas en el modelo de medidas de ejecución BPEMM, como plug-in del framework ProM de minería de procesos, permitiendo como parámetros de entrada el modelo del proceso de negocio en formato BPMN versión 2.0 y el log de eventos en formato MXML.

Este plug-in permite el procesamiento de los datos de ejecución de los procesos de negocio obteniendo los resultados de medición asociados a cada medida, y permite la visualización en forma gráfica, con opciones para visualizar los diferentes niveles de medición definidos en BPEMM. Una de los puntos a destacar del plug-in BPEMM es que su diseño gráfico facilita la identificación de indicadores que se encuentran en estado crítico (según el rango previamente definido). También ofrece la opción de procesar y visualizar las medidas definidas en BPEMM relacionadas con servicios. El plug-in implementado ofrece al usuario una interfaz amigable para la visualización de las medidas además de procesamiento rápido y eficiente de los datos de ejecución del proceso de negocio.

También se logró modificar y adaptar a nuestra herramienta un caso de estudio brindado por la tutora, obteniendo los resultados descritos en el capítulo 7.

Para la realización del proyecto se realizó un estudio de bibliografía de los procesos de negocio, minería de procesos de negocio y el *paper* de modelo de medición de la ejecución de procesos de negocio denominado BPEMM, para entender la realidad del proyecto. También se realizó un estudio del estándar *Business Process Model and Notation* (BPMN) versión 2.0 utilizado para representar el flujo de procesos de negocio.

En cuanto a las tecnologías utilizadas se realizó un estudio de la documentación provista por la tutora sobre el framework ProM, se realizó una investigación sobre el desarrollo de plug-ins para el framework ProM enfocado en los requerimientos del plug-in BPEMM. Esto implicó un estudio del formato estándar para el registro de los eventos Mining eXtensible Markup Language (MXML), que es el formato estándar utilizado en ProM. Se realizó también una investigación sobre manejo de archivos en formato BPMN desde el framework ProM, lo que llevó al estudio de los paquetes BPMN y BPMNMeasures del framework ProM, que provee soporte para archivos de formato BPMN. También se realizó un estudio sobre cómo se manipulan este tipo de archivos en formato MXML desde el framework ProM. El desarrollo de la interfaz del plug-in implicó estudio de la tecnología Swing.

Para la generación de logs de eventos de procesos de negocio que se utilizaron como casos de prueba, se realizó un estudio de los motores de ejecución de procesos de negocio Activiti y jBPM5, que se utilizaron para generar datos de ejecución de procesos de negocio, lo que implicó también el estudio del manejador de base de datos PostgreSQL, ya que los motores de ejecución de procesos de negocio registran los datos de ejecución en una base de datos.

También se realizó un estudio de la herramienta Activiti Eclipse BPMN 2.0 que se utilizó para generar flujos de procesos de negocio en formato BPMN. También se realizó un estudio de la herramienta ProM Import, utilizada para transformar archivos de log de eventos en formato *Comma Separated Values* (CSV) al formato MXML.

Durante el desarrollo del diseño de la herramienta se puso énfasis en la performance de la misma, para que el procesamiento de las medidas requiriera el menor tiempo posible. Siendo este tiempo proporcional al tamaño del log de eventos.

Sobre el conocimiento adquirido podemos destacar que se obtuvieron conocimientos sobre la teoría de procesos de negocio, junto a su implementación con servicios y tecnologías asociadas, el registro de datos de ejecución, la medición de la ejecución de PNs y servicios. También se adquirió conocimiento sobre las herramientas Framework ProM, para integrar funcionalidades en forma de plug-ins, Activiti y jBPM5 para poder simular la ejecución de los procesos de negocio con el estándar BPMN2 y ProM Import para transformar formatos de log de eventos.

En el plug-in desarrollado no se implementaron todas las medidas definidas en BPEMM, algunas medidas no se implementaron por inconsistencias en su especificación y otras por temas de tiempo. En la figura 8.1 se muestran las medidas implementadas, las que quedan como trabajo a futuro y las que requieren correcciones.

Execution View	Measure	Dimension	Definition	Goals
Generic	Throughput Time (TT)	time	Tiempo total desde el momento en cual es inicializado el BP Case hasta que se termine	min tt, max efficiency
	Capacity	time	Nro de BP Cases por unidad de tiempo que el PN puede administrar, por recurso asociado a los roles que ejecutan las actividades en ese PN	max capacity, min bottlenecks
	Cost	cost	Costo de recursos humanos o materiales para producir o entregar un buen servicio	min cost
	Path execution	quality	Ejecución del camino exitoso vs. camino no exitoso	max successful, min unsuccessful
	Final state	quality	Estado en que termina el PN (Complete o Failed)	max normal, min abnormal
	Resources			
	Quality			
	Flexibility			
Lean	Rework	time	Bucle en el PN con criterios de control que se especifican para permitir un trabajo para continuar con el procesamiento	min execution of rework loops
	Value-adding activities			
	Non value-adding activities			
	Defects/errors			
Services	Response time	time	Intervalo de tiempo de garantía para la ejecución de la respuesta de un evento	guarantee a defined response time
	Throughput	time	Nro de respuestas de evento completos en un intervalo de observación dado	guarantee a defined throughput
	Capacity	time	Rendimiento máximo alcanzable sin violar tiempo de respuesta específico	guarantee a defined capacity
	Availability	quality	Servicio disponible para el uso	guarantee a defined availability
	Reliability	quality	Capacidad del servicio para seguir operando en el tiempo	guarantee a defined reliability
	Confidentiality	quality	Propiedad de que los datos sean inaccesibles a los usuarios no autorizados	guarantee a defined confidentiality
	Integrity			
Implementadas				
falta definir				
trabajo a futuro				

Figura 8.1 Resumen de medidas implementadas en el plug-in BPEMM

Creemos que el producto logrado es fácilmente extensible para agregar nuevas medidas de ejecución y análisis de procesos, cuenta con una interfaz amigable que es muy fácil de entender y utilizar por usuarios no expertos como son los del negocio que analizarán los resultados de las medidas.

Por lo expresado anteriormente concluimos entonces que se cumplió con los objetivos principales del proyecto (ver Capítulo 1 – sección 1.2). Como las otras herramientas de minería de procesos investigadas no proveen todas las medidas definidas en BPEMM, consideramos que se hizo una contribución a la comunidad de ProM aportando una herramienta que permite el análisis de la ejecución de los procesos de negocio en base a las medidas definidas en BPEMM, para encontrar oportunidades de mejora tanto en su modelado como en su implementación.

También cabe destacar que se realizó una presentación del plug-in en las “Segundas Jornadas Uruguayas de Gestión y Tecnologías de Procesos de Negocio” [35], permitiéndonos mostrar el producto desarrollado.

Dentro de los imprevistos que surgieron durante el desarrollo del proyecto, queremos destacar los accidentes sufridos por uno de los integrantes del proyecto, lo que afectó a todos los integrantes teniendo que suspender toda actividad en la segunda ocasión. También la poca documentación disponible sobre el procesamiento de archivos BPMN2 desde el framework ProM.

8.2 Trabajo a Futuro

No todos los requerimientos relevados y sugeridos entraron en el alcance del proyecto, por lo que un subconjunto de estos queda como trabajo a futuro.

Como se especificó antes los casos de uso para este proyecto están agrupados en dos grupos, en uno de los grupos están los casos de uso donde se consideran las interacciones con servicios externos y en el otro grupo los casos de uso que no las consideran. Queda como trabajo a futuro implementar los casos de uso del grupo que considera las interacciones con los servicios externos. Para implementar esos casos de uso se deberá corregir las inconsistencias en la especificación del cálculo de las medidas correspondientes a las medidas *Service Throughput*, *Service Capacity* y *Service execution view & quality dimension*.

El plug-in permite el cambio de unidades para las medidas definidas en BPEMM de dimensión tiempo, las unidades implementadas son segundos, minutos y horas. Queda como trabajo a futuro seguir extendiendo las unidades a días, semanas, meses, años.

Se deberá corregir el mal funcionamiento del indicador de progreso que se despliega en la interfaz cuando el plug-in realiza el procesamiento de los archivos de entrada y realiza los cálculos de las medidas.

Se deberá corregir las inconsistencias en la especificación del cálculo del indicador *M9 – Percentage of rework time for an activity due to execution of rework loops in all BP Cases*, perteneciente a la medida *Rework Loop* y las derivadas *M8 – Throughput rate of the BP*, *M9*

– *Capacity utilization for a resource type*, pertenecientes a la medida *Capacity*, también se deberá implementar dichas medidas en los casos de uso correspondientes.

Otra funcionalidad deseable es un chequeo de consistencia entre el log de los procesos de negocio y el log de servicios. Este chequeo consiste en controlar que el tiempo ejecución de cada servicio que se encuentra en el log de servicio está dentro del tiempo de ejecución del proceso de negocio que se encuentra en el log de procesos de negocio que lo invocó.

Otra extensión deseable es poder ingresar como parámetro modelos sin roles y que el Plug-In despliegue solo medidas que se pueden calcular sin los roles del modelo. También otra extensión deseable sobre el parámetro modelo es que el Plug-In acepte modelos con la participación con más de un pool (actor, participante), ósea que sea capaz de identificar el pool que contiene las actividades a evaluar a partir del log de procesos de negocio que se ingresa como parámetro.

Otra mejora deseable es que en el cálculo de las medidas de *Measures for Generic BP execution view & cost dimension* se consideren las actividades abortadas. Los cálculos de estas medidas de costo se hacen en base a los resultados de las medidas de *Throughput Time* y estas medidas por definición solo consideran actividades que se ejecutaron de forma exitosa. En las medidas de *Throughput Time* no se consideran actividades abortadas y por lo tanto tampoco se consideran en las medidas de costo las actividades abortadas. Por lo tanto en las medidas de costo no se está teniendo en cuenta las actividades abortadas, en las que se emplea tiempo de ejecución y recursos.

Otra función deseable es poder imprimir un resumen en PDF de las medidas calculadas a partir de los parámetros ingresados.

Una importante mejora podría ser el ingreso de valores del archivo de configuración se realice mediante la interfaz gráfica, a través de un formulario que solicite al usuario toda la información referida al archivo.

9 Referencias

- [1] ProM, <<http://www.promtools.org/prom6/>>
- [2] Process Mining <<http://www.processmining.org/>>
- [3] Phd MINERVA, tesis de doctorado Andrea Delgado, Marzo 2012 (publicación PEDECIBA)
- [4] Business Process Management – Concepts, Languages, Architectures – Mathias Weske
- [5] Herramienta BPMS Activiti <<http://www.activiti.org>>
- [6] Herramienta BPMS JBPM 5 <<http://www.iboss.org>>
- [7] A Generic Import Framework For Process Event Logs Industrial Paper, Christian W. Günther and Wil M.P. van der Aalst
- [8] BPMN, version 2.0 OMG standard document <<http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0>>
- [9] Tool support for Service Oriented development from Business Processes, Delgado, A., García - Rodríguez de Guzmán, I., Ruiz, F., Piattini, M.
- [10] Eclipse, The Eclipse Foundation <<http://www.eclipse.org>>
- [11] Object Management Group, Business Process Model and Notation <<http://www.bpmn.org/>>
- [12] Process Mining: Using CPN Tools to Create Test Logs for Mining Algorithms Ana Karla Alves de Medeiros and Christian W. Günther, Technische Universiteit Eindhoven
- [13] Proyecto de grado, PluginSoaML, Andrés Pastorini, Sofía Larrocca
- [14] Marco MINERVA para mejora continua de procesos de negocio implementados con servicios Andrea Delgado, Francisco Ruiz, Ignacio García-Rodríguez de Guzmán, Barbara Weber
- [15] Proceso Software y Gestión del Conocimiento, Procesos de Negocio, Francisco Ruiz Grupo Alarcos, Dep. de Tecnologías y Sistemas de Información, Esc. Sup. de Informática Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real
- [16] Business Process Mining: An Industrial Application, W.M.P. van der Aalst, H.A. Reijers, A.J.M.M. Weijters, B.F. van Dongen, A.K. Alves de Medeiros, M. Song, and H.M.W. Verbeek
- [17] The ProM Framework: A New Era in Process Mining Tool Support, B.F. van Dongen, A.K.A. de Medeiros, H.M.W. Verbeek, A.J.M.M. Weijters, and W.M.P. van der Aalst, Department of Technology Management, Eindhoven University of Technology
- [18] XES, XESame, and ProM 6, H.M.W. Verbeek, J.C.A.M. Buijs, B.F. van Dongen, and W.M.P. van der Aalst, Technische Universiteit Eindhoven, Department of Mathematics and Computer Science
- [19] An integrated approach based on execution measures for the continuous improvement of business processes realized by services, A. Delgado, B. Weber, F. Ruiz, I. Garcia-Rodríguez de Guzmán, M. Piattini, Information and Software Technology , 2013
- [20] ProM Open Source Project <<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/>>

- [21] Pautas de interfaz, [Citado Julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/UIGuidelines>>
- [22] Documentación de Swing, [Citado Julio 2012]
<<http://docs.oracle.com/javase/tutorial/uiswing/>>
- [23] ProM Wiki, [Citado Julio 2012] <<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/OldHome>>
- [24] How to create plug-ins in ProM? [Citado Julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/setup/HowToCreatePluginsInProM>>
- [25] Proyecto ProM Framework [Citado Julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/GettingStarted>>
- [26] Repositorio de ProM, [Citado Julio 2012] <<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/browser>>
- [27] Implementación del plug-in Basic Performance Analysis [Citado Julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/browser/Packages/BasicPerformance/Trunk/src/org/processmining/analysis/performance/basicperformance>>
- [28] Implementación del plug-in Visualize Global SettingsData [Citado Julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/browser/Packages/Performance/Trunk/src/org/processmining/plugins/performancemeasurement>>
- [29] Dependencia de paquetes de ProM [Citado Marzo 2013]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/Packs>>
- [30] Interacción de un proceso definido a través del ActivitiEngine API. [Citado Julio 2013]
<<http://www.activiti.org/userguide/index.html#bpmn20>>
- [31] Activiti Explorer [Citado Julio 2013]
<<http://www.activiti.org/userguide/index.html#activitiExplorer>>
- [32] Implementación del plug-in *Import BPMN model from BPMN 2.0 file* [Citado Junio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/browser/Packages/BPMNMeasures/Trunk/src/org/processmining/plugins/bpmn/importing/BPMN20ImportPlugin.java>>
- [33] Implementación del plug-in *Open XES Log File* [Citado Junio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/browser/Packages/Log/Trunk/src/org/processmining/plugins/log/OpenLogFilePlugin.java>>
- [34] Package Log, H. M. W. Verbeek
- [35] Presentación del plug-in en las segundas jornadas Uruguayas de gestión de tecnologías de procesos de negocio. [Citado Octubre 2013]
<<http://www.fing.edu.uy/inco/eventos/bpmuy/presentaciones.html>>
- [36] Repositorio de alojamiento de archivos Assembla [Citado Abril 2012]
<<https://www.assembla.com/home>>
- [37] Process Mining, Discovery - Conformance and Enhancement of Business Processes, Wil M. P. van der Aalst
- [38] Medidas para Procesos de Negocio y su alineamiento en BPMN, Laura Sánchez, Andrea Delgado
- [39] An Introduction to the XES Standard [Citado Junio 2012] <<http://fluxicon.com/blog/>>

[40] Herramienta Disco [Citado mayo 2012] < <http://www.fluxicon.com/disco/>>

[41] Plug-in Basic Performance Analysis, [Citado mayo 2012]
<<http://www.processmining.org/online/basicperformanceanalysis>>

[42] Manual de implementación del indicador de progreso, [citado julio 2012]
<<https://svn.win.tue.nl/trac/prom/wiki/setup/Contexts/Progress>>

10 Glosario de términos

Ant- herramienta de programación informática para la realización de tareas mecánicas y repetitivas, normalmente durante la fase de compilación y construcción (build).

BAM - Business Activity Monitor, esta es una aplicación de administración que permite gestionar los procesos y servicios, gráficamente se pueden ver indicadores de performance, y SLA (ServiceLevelAgreements, niveles de servicio a cumplir). También puede proveer datos reales a los modelos (Business Modeler) para ajustar las simulaciones (y lograr mejoramiento continuo).

BPCIP- Business ProcessContinuousImprovementProcess, proporciona una guía para llevar a cabo los esfuerzos de mejora en la organización, proporcionando una manera sistemática para integrar las oportunidades de mejoras que se encuentran en implementación de procesos de negocio y servicios.

BPEMM- Modelo de medidas de ejecución de los procesos de negocio, el cual proporciona un conjunto de medidas el cual forma la base para la ejecución de mediciones de los procesos de negocio, en el contexto de obtener una mejora continua de dichos procesos.

BPM – La gestión de procesos de negocio permite tener una metodología corporativa cuyo objetivo es mejorar el desempeño (eficiencia y eficacia) de la organización, donde se deben diseñar, modelar, organizar, documentar y optimizar de forma continua.

BPMN - Es una notación gráfica estandarizada que permite el modelado de procesos de negocio, en un formato de flujo de trabajo (workflow).

BPMS - Es el conjunto de servicios y herramientas que facilitan la administración de procesos de negocio. Por administración de procesos entendemos: análisis, definición, ejecución, monitoreo, y control de los procesos.

CSV - Comma-SeparatedValues, son un tipo de documento en formato abierto sencillo para representar datos en forma de tabla, en las que las columnas se separan por un separador (coma o punto y coma por ejemplo) y las filas por saltos de línea.

ESB- Enterprise Service Bus, consiste en un combinado de arquitectura de software que proporciona servicios fundamentales para arquitecturas complejas a través de un sistema de mensajes (el bus) basado en las normas y que responde a eventos.

Log – Es un registro oficial de datos durante un rango de tiempo en particular.

MINERVA -ModelDriven and ServiceOrientedframeworkforthecontinuousimproVement of businessprocess&relatedtools, es un framework que toma en cuenta todos los aspectos en el cual los paradigmas de Computación Orientada aServicios (ServiceOriented Computing, SOC) y Desarrollo Dirigido por Modelos (ModelDrivenDevelopment, MDD) se aplican a los PNs con foco en su mejora continua, extendiendo un ciclo de vida del PN existente con actividades y elementos explícitos para la medición de la ejecución y mejoradePNs.

ProcessMining- Es la extracción de información de los procesos a partir de un log de eventos.

MXML–Es un lenguaje basado en XML que describe interfaces de usuario, crea modelos de datos y tiene acceso a los recursos del servidor.

ProM– Framework que soporta la implementación de herramientas que utilizan la técnica de minería de procesos en un entorno estándar.

Swing - biblioteca para implementar una interfaz gráfica de usuario para Java.

SVN - es un sistema de control de versiones de software libre.

XES - es un estándar basado en XML para registros de eventos. Su propósito es proporcionar un formato reconocido para el intercambio de registro de eventos de datos.

XML– eXtensibleMarkupLanguage (Lenguaje de Marcado Extensible). Es un conjunto de normas para la codificación de documentos electrónicos.

11 Anexos

- Anexo A - Documento especificación de casos de uso
- Anexo B - Documento especificación de medidas BPEMM
- Anexo C - Manual de Usuario
- Anexo D - Tablas de verificación de las medidas para los casos de prueba
- Esquema MXML
- Resumen componentes BPMN 2.0
- Diagrama de clases

Facultad de Ingeniería – UdelaR
Instituto de Computación

Proyecto de Grado

*Desarrollo de un plug-in para el framework ProM
(Process Mining) que implemente las medidas de
ejecución de procesos de negocios y servicios
definidas en BPEMM*

Especificación de casos de uso

Álvaro Aspiroz

José Cordero

Ignacio Infante

Tutor

Andrea Delgado

Montevideo – Uruguay

Junio 2012

1 Especificación de casos de uso

A continuación se presentan los casos de uso que fueron relevados a partir de la realidad planteada.

Obs.: En la descripción de los casos de uso se aclara ver (Ver Table x.x) para encontrar la especificación de las medidas utilizadas, estas tablas se encuentran en el Anexo B – Documento de medidas BPEMM.

Los casos de uso del 2 al 15 corresponden a medidas que no consideran invocaciones a servicios externos y del 16 en adelante corresponden a medidas que si consideran invocaciones a servicios externos.

CU_01 – Carga de datos y Cálculo de datos

Escenario	El usuario desea comenzar la ejecución del Plug-in, para ello primero debe seleccionar los parámetros de entrada solicitados por la aplicación.
Sinopsis	El usuario comienza con la ejecución del Plug-in.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema te da a elegir dos opciones para ejecutar el Plug-in, una con tres archivos de entrada y otro con cuatro archivos de entrada (archivo de configuración para los servicios) 2. El usuario selecciona el Plug-in con tres entradas solicitadas para comenzar la ejecución. 3. El sistema le indica que debe seleccionar tres archivos de entrada, estos son el modelo del proceso de negocios en un formato .BPMN2, un log en formato .MXML y un archivo de configuración en formato .MXML. 4. El usuario selecciona los tres archivos requeridos. 5. El sistema habilita la opción de comenzar con la ejecución del Plug-in. 6. El usuario selecciona ejecutar plug-in. 7. El sistema realiza los cálculos de las medidas definidas en BPEMM
Flujo Alternativo 2A - Selecciono Plug-in con cuatro entradas solicitadas	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona el Plug-in con cuatro entradas solicitadas para comenzar la ejecución. 2. El sistema le indica que debe seleccionar cuatro archivos de entrada, estos son el modelo del proceso de negocios en un formato .BPMN2, un log en formato .MXML, un archivo de configuración en formato .MXML y un archivo conteniendo información referente a los

	<p>servicios en formato .MXML.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. El usuario selecciona los cuatro archivos requeridos. 4. Retorna a <i>Paso 5</i>.
Flujo Alternativo 5A.1 - El modelo y el log ingresado no son compatibles	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema le indica que el modelo y el log ingresados no se corresponden. 2. Retorna a <i>Paso 2</i>.
Flujo Alternativo 5A.2 - Alguna de las actividades definidas como successful Branch en el archivo de configuración no pertenece al modelo.	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema indica que una de las actividades definidas como successful Branch en el archivo de configuración no pertenece al modelo ingresado. 2. Retorna a <i>Paso 2</i>.
Flujo Alternativo 5A.3 - Alguna de las actividades definidas como rework Loop en el archivo de configuración no pertenece al modelo.	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema indica que una de las actividades definidas como rework Loop en el archivo de configuración no pertenece al modelo ingresado. 2. Retorna a <i>Paso 2</i>.
Flujo Alternativo 5A.4 - El modelo no contiene roles	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema indica que el modelo ingresado no contiene roles. 2. Retorna a <i>Paso 2</i>.

CU_02 – Visualización de medidas Throughput Time (TT) – Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona "Generic BP" de las "Execution View". 2. El sistema habilita las "Dimension" correspondientes.

	<ol style="list-style-type: none"> 3. El usuario selecciona “Time” de las “Dimension”. 4. El sistema habilita las “Measure” correspondientes. 5. El usuario selecciona la medida “Throughput Time” de las “Measure”. 6. El sistema habilita las “Measure Level”. 7. El usuario elige “BP Model” de “Measure Level”. 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP Model utilizado. Junto a las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> • tiempo total de trabajo de un BP (M7). • tiempo total de espera de un BP (M8). • tiempo total de ejecución de un BP (M9). <p>(estos datos los muestra mediante graficas) para cada uno de los BP Cases y además se detallan las medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo promedio de ejecución de un BP para todos los BP Cases (M14). • tiempo promedio de trabajo de un BP para todos los BP Cases (M15). • tiempo promedio de espera de un BP para todos los BP Cases (M16). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores), aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo de la medida M9 para todos los BP Cases del listado. (Ver Table 6.3)</p>
Extensiones	
Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “BP Case i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_03.

CU_03 – Visualización de medidas Throughput Time (TT)–Level BP Case (Activities)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de las actividades que fueron ejecutadas en un BP Case existente en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de las Actividades junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener una Actividad en particular.

Flujo típico	
	<p>1. El sistema muestra un listado con todas las actividades existentes en ese BP Case seleccionado. Junto a las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo de trabajo de una actividad (M4). • tiempo de espera de una actividad (M5). • tiempo total de una actividad (M6). <p>(estos datos los muestra mediante graficas) para cada Actividad y además se detallan las medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • índice de tiempo total de trabajo de un BP vs. tiempo total de espera de un BP (M11). • porcentaje del tiempo total de trabajo de un BP sobre el tiempo total de ejecución del BP (M12). • porcentaje del tiempo total de espera de un BP sobre el tiempo total de ejecución del BP (M13). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores), aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo de la medida M6 para todas las actividades del listado. (Ver Table 6.3)</p>
Extensiones	
Filtro por Actividad	<p>1. El usuario selecciona una “Activity i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de Activities.</p> <p>2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar.</p> <p>3. Continúa a CU_04.</p>

CU_04 – Visualización de medidas Throughput Time (TT)–Level Activity (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases en la que fue ejecutada dicha actividad.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<p>1. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases en los cuales se ejecuta la actividad seleccionada anteriormente. Junto a la siguientes medidas:</p>

	<ul style="list-style-type: none"> • tiempo de trabajo de una actividad (M4). • tiempo de espera de una actividad (M5). • tiempo total de una actividad (M6). (correspondientes a la instancia de la actividad seleccionada en cada BP Case) <p>(estos datos los muestra mediante gráficas) para cada uno de los BP Cases y además se detallan las medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • promedio del tiempo de trabajo total de una actividad en todos los BP Cases donde dicha actividad ha sido ejecutada (M17). • promedio del tiempo de espera total de una actividad en todos los BP Cases donde dicha actividad ha sido ejecutada (M18). • promedio del tiempo total de una actividad en todos los BP Cases donde dicha actividad ha sido ejecutada (M19). • índice de tiempo de trabajo de una actividad vs. tiempo de espera de la misma (M10). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores), aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo para M6 de todos los BP Cases del listado. (Ver Table 6.3)</p>
Extensiones	
Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “BP Case <i>i</i>”, siendo <i>i</i> un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_03.

CU_05 – Visualización de medidas Capacity– Level BP Model (Activities)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de las actividades que se ejecutaron en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de las actividades del Modelo junto a los valores de la medida seleccionada.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona “Generic BP” de las “Execution View”. 2. El sistema habilita las “Dimension”

	<ol style="list-style-type: none"> 3. El usuario selecciona "Time" de las "Dimension" 4. El sistema habilita las "Measure" 5. El usuario selecciona la medida "Capacity" de las "Measure" 6. El sistema habilita las "Measure Level" 7. El usuario elige "BP Model" de "Measure Level". 8. El sistema habilita las "Measure SubLevel" 9. El usuario elige "Activities" de "Measure SubLevel" 10. El sistema muestra un listado con todas las actividades existentes en el BP Model. Junto a la siguiente medida: <ul style="list-style-type: none"> • número de trabajos procesados por cada actividad en el BP (M3). (este dato se muestra mediante una gráfica) para cada una de las actividades y además se indican el mínimo y máximo para M3 de todas las actividades del listado (Ver Table 6.4)
--	--

CU_06 – Visualización de medidas Capacity– Level BP Model (Rol)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los roles que existen en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado de los roles en las que se permiten ejecutar las actividades del Modelo junto a los valores de la medida seleccionada.
Flujo típico	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona "Generic BP" de las "Execution View". 2. El sistema habilita las "Dimension" 3. El usuario selecciona "Time" de las "Dimension" 4. El sistema habilita las "Measure" 5. El usuario selecciona la medida "Capacity" de las "Measure" 6. El sistema habilita las "Measure Level" 7. El usuario elige "BP Model" de "Measure Level". 8. El sistema habilita las "Measure SubLevel" 9. El usuario elige "Roles" de "Measure SubLevel" 10. El sistema muestra un listado con todos los roles existentes en el BP Model. Junto a las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> • unidad de carga de un rol en los BP (M4).

	<ul style="list-style-type: none"> • unidad de capacidad para cada rol (M5). • capacidad de atención por cada rol en el BP (M6). (estos datos los muestra mediante graficas) para cada uno de los roles. Además se detalla la medida • capacidad del proceso en el BP (M7) (Ver Table 6.4)
--	--

CU_08 – Visualización de medidas Cost–Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona “Generic BP” de las “Execution View”. 2. El sistema habilita las “Dimension”. 3. El usuario selecciona “Cost” de las “Dimension”. 4. El sistema habilita las “Measure”. 5. El usuario selecciona la medida “Cost” de las “Measure”. 6. El sistema habilita las “Measure Level”. 7. El usuario elige “BP Model” de “Measure Level”. 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP Model utilizado. Junto a la medida: <ul style="list-style-type: none"> • costo total para un BP Cases (M4) (este dato lo muestra mediante graficas) y además se detallan las medidas: <ul style="list-style-type: none"> • costo total para un BP Case en todos los BP Cases (M5) • costo promedio de la BP para todos los BP Cases (M9) <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores, excepto para M5 por ser derivada, el valor de esta medida se muestra normalmente), aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo de M4 en todos los BP Cases del listado. (Ver Table 6.5)</p>
Extensiones	

Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “BP Case i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_09.
--------------------	--

CU_09 – Visualización de medidas Cost -Level BP Case (Activities)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de las actividades que fueron ejecutadas en un BP Case existente en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de las Actividades junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener una Actividad en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un listado con todas las actividades existentes en ese BP Case seleccionado. Junto a la siguiente medida: <ul style="list-style-type: none"> • Costo por actividad en un BP Cases (M2). (este dato lo muestra mediante graficas), y además se detalla la medidas: <ul style="list-style-type: none"> • porcentaje del costo del BP Case en todos los BP Cases (M8). (este dato se muestra mediante semáforos, por ser este un indicador) aparte de ésta medida también se indican el mínimo y máximo de M2 en todas las Actividades del listado.
Extensiones	
Filtro por Actividad	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una “Activity i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de Activities. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_10.

CU_10 – Visualización de medidas Cost –Level Activity (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases en la que fue ejecutada dicha actividad.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener

	un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases en los cuales se ejecuta la actividad seleccionada anteriormente. Junto a las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> • costo total por actividad en todos los BP Cases (M3). • porcentaje del costo de la actividad en un BP Cases (M6). • porcentaje del costo de la actividad en todos los BP Cases (M7). • costo promedio de actividad para todos los BP Cases (M10). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores, excepto para M3 por ser derivada, el valor de esta medida se muestra normalmente. (Ver Table 6.5)</p>
Extensiones	
Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “BP Case <i>i</i>”, siendo <i>i</i> un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_09.

CU_11 – Visualización de medidas Type of ending (Final State) –Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona “Generic BP” de las “Execution View”. 2. El sistema habilita las “Dimension”. 3. El usuario selecciona “Quality” de las “Dimension”. 4. El sistema habilita las “Measure”. 5. El usuario selecciona la medida “Type of ending” de las “Measure”. 6. El sistema habilita las “Measure Level”. 7. El usuario elige “BP Model” de “Measure Level”. 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP

	<p>Model utilizado. Junto a las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • porcentaje de BP de estado completado en el total de los BP Cases (M2). • porcentaje de BP de estado abortado en el total de los BP Cases (M4). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores). (Ver Table 6.6)</p>
--	---

CU_12 – Visualización de medidas Successful branch (Path Execution) –Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona “Generic BP” de las “Execution View”. 2. El sistema habilita las “Dimension”. 3. El usuario selecciona “Quality” de las “Dimension”. 4. El sistema habilita las “Measure”. 5. El usuario selecciona la medida “Successful branch” de las “Measure”. 6. El sistema habilita las “Measure Level”. 7. El usuario elige “BP Model” de “Measure Level”. 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP Model utilizado. Junto a la medida: <ul style="list-style-type: none"> • número de BP Cases que terminan con éxito o sin éxito (M1). • porcentaje de BP Case que terminan con éxito en todos los BP Cases (M2). • porcentaje de BP Case que terminan sin éxito en todos los BP Cases (M3). <p>(estos datos los muestra mediante semáforos, por ser estos indicadores).</p> <p>(Ver Table 6.7)</p>

CU_13 – Visualización de medidas Rework–Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona "Lean" de las "Execution View". 2. El sistema habilita las "Dimension". 3. El usuario selecciona "Time" de las "Dimension". 4. El sistema habilita las "Measure". 5. El usuario selecciona la medida "Rework" de las "Measure". 6. El sistema habilita los "Measure Level". 7. El usuario elige "BP Model" de "Measure Level". 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP Model utilizado. Para cada BP Case se muestra <ul style="list-style-type: none"> • El identificador del BP Case También se muestran las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> • porcentaje de BPCASES con la ejecución de los bucles de reproceso (M8). • total de BP Cases con la ejecución de los bucles de reproceso (M6). Las mismas se muestran para todos los BP Cases del listado (M8, se muestra mediante con un semáforo, por ser este indicador). (Ver Table 6.8)
Extensiones	
Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un "BP Case i", siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de "Measure Level" de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_14.

CU_14 – Visualización de medidas Rework -Level BP Case (Activities)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de las actividades que fueron ejecutadas en un BP Case existente en el BP Model utilizado.
-----------	--

Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de las Actividades junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener una Actividad en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un listado con todas las actividades existentes en ese BP Case seleccionado. Junto a la medida: <ul style="list-style-type: none"> • tiempo de trabajo para la reanudación de una actividad en un bucle (M2). <p>(este dato lo muestra mediante graficas) y además también se muestran las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • porcentaje del tiempo de retrabajo en por BPCase debido a bucles en los BPCases totales (M7). <p>La misma se muestran para todos los BP Cases del listado (M7 se muestra mediante con un semáforo, por ser este indicador) , aparte de ésta medida también se indican el mínimo y máximo de M2 en todas las Actividades del listado. (Ver Table 6.8)</p>
Extensiones	
Filtro por Actividad	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona una "Activity i", siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de Activities. 2. El sistema modifica el valor de "Measure Level" de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_16.
Vista de Loops	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona "Loops". 2. El sistema muestra un listado con todos los loops existentes en el BP Case seleccionado. Junto a la medida : <ul style="list-style-type: none"> • tiempo total de trabajo para la reanudación en un bucle de los BP Cases (M3). <p>(este dato lo muestra mediante graficas) y además también se muestran la medida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo total de trabajo de reproceso en todo bucle de los BP Cases (M4). <p>Esta medida se muestran para todos los BP Cases del listado, aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo de M3 en todos los Loops del listado. (Ver Table 6.8)</p> 3. El usuario selecciona "Return" 4. Regresa a 1 flujo típico

CU_15 – Visualización de medidas Rework–Level Activity (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases en la que fue ejecutada dicha actividad.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases en los cuales se ejecuta la actividad seleccionada anteriormente. Para cada BP Case se muestra <ul style="list-style-type: none"> • El identificador del BP Case. También se muestran las siguientes medidas: <ul style="list-style-type: none"> • tiempo total de trabajo de reproceso de una actividad en todos los BP Cases (M5). La misma se muestran para todos los BP Cases del listado. (Ver Table 6.8)
Extensiones	
Filtro por BP Case	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “BP Case <i>i</i>”, siendo <i>i</i> un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_14.

CU_16 – Visualización de medidas Service Response Time – Level BP Model (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases existentes en el BP Model utilizado
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona “Services” de las “Execution View”. 2. El sistema habilita las “Dimension” 3. El usuario selecciona “Time” de las “Dimension”

	<ol style="list-style-type: none"> 4. El sistema habilita las “Measure” 5. El usuario selecciona la medida “Response Time” de las “Measure” 6. El sistema habilita las “Measure Level”. 7. El usuario elige “BP Model” de “Measure Level”. 8. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el BP Model. Para cada BP Case muestra: <ul style="list-style-type: none"> • El identificador del BP Case.
Filtro por Actividad	<ol style="list-style-type: none"> 1. El usuario selecciona un “Service i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de Services. 2. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar. 3. Continúa a CU_18.

CU_17 – Visualización de medidas Service Response Time – Level BP Case (Services)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de todos los servicios que fueron ejecutados en un BP Case existente en el BP Model utilizado.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los Servicios junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un Servicio en particular.
Flujo típico	
	<ol style="list-style-type: none"> 1. El sistema muestra un listado con todos los Services existentes en el BP Case. Para cada Service se muestra: <ul style="list-style-type: none"> • tiempo de proceso de un servicio (M7). • tiempo de latencia de un servicio (M8). • tiempo de respuesta de un servicio (M9). <p>(estos datos los muestra mediante graficas) aparte de éstas medidas también se indican el mínimo y máximo de M9 en todos los Sevices del listado. (Ver Table 6.9)</p>
Extensiones	
Filtro por	<ol style="list-style-type: none"> 4. El usuario selecciona un “Service i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de Services.

Service	<p>5. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar.</p> <p>6. Continúa a CU_18.</p>
---------	---

CU_18 – Visualización de medidas Service Response Time – Level Activity (BP Cases)

Escenario	El usuario desea obtener un listado de los BP Cases en el que fue ejecutado dicho Servicio.
Sinopsis	Se puede obtener un listado del total de los BP Cases junto a los valores de la medida seleccionada, o mediante la extensión del caso de uso, obtener un BP Case en particular.
Flujo típico	
	<p>1. El sistema muestra un listado con todos los BP Cases existentes en el Service. Para cada BP Case se muestra:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El identificador del BP Case <p>También se muestran las siguientes medidas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tiempo de procesamiento vs tiempo de latencia (M11). • tiempo de respuesta promedio de todos los BP Cases (M12). <p>Las mismas se muestran para todos los BP Cases del listado (estas medidas se muestra con un semáforo, por ser estas indicadores).</p> <p>(Ver Table 6.9)</p>
Extensiones	
Filtro por Service	<p>7. El usuario selecciona un “BP Case i”, siendo i un entero entre 1 y la cantidad total de BP Cases.</p> <p>8. El sistema modifica el valor de “Measure Level” de manera que quede consistente con los nuevos datos a mostrar.</p> <p>9. Continúa a CU_17.</p>

Facultad de Ingeniería – UdelaR

Instituto de Computación

Proyecto de Grado

*Desarrollo de un plug-in para el framework
ProM (Process Mining) que implemente las
medidas de ejecución de procesos de negocios y
servicios definidas en BPEMM*

Medidas de ejecución BPEMM

Álvaro Aspiroz

José Cordero

Ignacio Infante

Tutor

Andrea Delgado

Montevideo – Uruguay

Junio 2012

1 Especificaciones de medidas

Se presenta el conjunto de medidas de ejecución definidas en BPEMM clasificadas en tres vistas de ejecución que ya fueron definidas (ver Informe Final, capítulo 2 – Estado del Arte): Generic BP, Lean y Services. Para su mayor comprensión se dejaron con la numeración que poseen originalmente.

Throughput Time

Table 6.3.: Measures for Generic BP execution view & time dimension – Throughput Time

Goal	G1	Minimize the Throughput Time (TT) of the BP
Question	Q1	what is the actual TT of the BP
Measures	M1 (base)	Enabled time of an Activity (ET)
	M2 (base)	Start time of an Activity (ST)
	M3 (base)	Completion time of an Activity (CT)
	M4 (derived)	Working time of an Activity ($AWoT = CT - ST$)
	M5 (derived)	Waiting time of an Activity ($AWaT = ST - ET$)
	M6 (derived)	Total time of an Activity ($ATT = AWoT + AWaT$)
	M7 (derived)	Total Working time of a BP case ($TWoT = \sum (AWoT)$)
	M8 (derived)	Total Waiting time of a BP case ($TWaT = \sum (AWaT)$)
	M9 (derived)	Throughput Time of a BP case ($BPTT = \sum (ATT)$) or ($TWoT + TWaT$) for the corresponding paths
	M10 (indicator)	Activity Working time vs. Activity Waiting time index ($ATI = AWaT/AWoT$) Decision criteria = Index DC.
	M11 (indicator)	Total BP Working time vs. Total BP Waiting time index ($TTI = TWaT/TWoT$) Decision criteria = Index DC.
	M12 (indicator)	Percentage of total BP Working time in total BP TT ($PWoT = TWoT * 100 / BPTT$) Decision criteria = Percentage DC.
	M13 (indicator)	Percentage of Total BP Waiting time in Total BP TT ($PWaT = TWaT * 100 / BPTT$) Decision criteria = Inverse Percentage DC
	M14 (indicator)	Average BP Throughput Time for all BP cases ($ABPTT = \sum BPTT / \text{Total BP cases}$) Decision criteria = Inverse Percentage DC
	M15 (indicator)	Average BP total Working time for all BP cases ($ABPTWoT = \sum TWoT / \text{Total BP cases}$) Decision criteria = Percentage DC
	M16 (indicator)	Average BP total Waiting time for all BP cases ($ABPTWaT = \sum TWaT / \text{Total BP cases}$) Decision criteria=Inverse Percentage DC
	M17 (indicator)	Average Activity total Working time for all BP cases ($AATWoT = \sum AWoT / \text{Number of BP cases in which the activity was executed}$) Decision criteria=Inverse Percentage DC
	M18 (indicator)	Average Activity total Waiting time for all BP cases ($AATWaT = \sum AWaT / \text{Number of BP cases in which the activity was executed}$) Decision criteria=Inverse Percentage DC
	M19 (indicator)	Average Activity total time for all BP cases ($AATT = \sum ATT / \text{Number of BP cases in which the activity was executed}$) Decision criteria=Inverse Percentage DC
Decision criteria	Index DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{GREEN}$; R2: $L1 \leq TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{RED}$
	Percentage DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{RED}$; R2: $L1 \leq TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{GREEN}$

Capacity

Table 6.4.: Measures for Generic BP execution view & time dimension - Capacity

Goal	G2	Maximize the capacity of the BP
Question	Q1	what is the actual capacity of the BP
Measures	M1 (base)	Number of resources per role defined in the BP = NRRBP (from context data)
	M2 (base)	Number of execution of each activity in all BP cases (NEA = count the times the activity is executed in all BP cases execution)
	M3 (derived)	Number of jobs processed by each activity in the BP (NJA = NEA/Total BP cases)
	M4 (derived)	Unit load for a resource in the BP ($ULR = \sum (AATWoT*NJA)$)
	M5 (derived)	Unit capacity for each resource (UCR = 1/ULR indicates the number of jobs each resource can complete per unit of time)
	M6 (derived)	Pool capacity for each role in the BP (PCR = UCR*NRRBP)
	M7 (derived)	Process capacity of the BP (PCBP = Bottleneck of the BP = smallest of measure 6)
	M8 (derived)	Throughput rate of the BP = arrival rate to the system corresponding to the average number of jobs eventually served per unit of time (TRBP = total of BP cases / number of time periods)
	M9 (derived)	Capacity utilization for a resource (CUR = TRBP / PCR)

Cost

Table 6.5.: Measures for Generic BP execution view & cost dimension

Goal	G3	Minimize the cost of the BP
Question	Q1	What is the actual cost of the BP
Measures	M1 (base)	Resource cost per unit of time = RCT (from context data)
	M2 (derived)	Cost per activity in a BP case ($ACo = AWoT*RCT$)
	M3 (derived)	Total cost per activity in all BP cases ($TACo = \sum ACoBP_{(ij)}$)
	M4 (derived)	Total cost of BP case ($TCo = \sum ACo_{(ij)}$)
	M5 (derived)	Total cost of BP for all BP cases ($TBPCo = \sum TCo$)
	M6 (indicator)	Percentage of activity cost in BP case ($PACo = ACo*100/TCo$) Decision criteria = Cost DC
	M7 (indicator)	Percentage of activity cost in all BP cases ($PTACo = TACo*100/TBPCo$) Decision criteria = Cost DC
	M8 (indicator)	Percentage of BP case cost in all BP cases ($PTCo = TCo*100/TBPCo$) Decision criteria = Cost DC
	M9 (indicator)	Average cost of BP for all BP cases ($ABPCo = TBPCo / Total BP cases$) Decision criteria = Cost DC
	M10 (indicator)	Average cost of activity for all BP cases ($AACo = TACo / Total BP cases$) Decision criteria = Cost DC
Decision criteria	Cost DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1$ ='LOW'=GREEN; R2: $L1 < TTI < L2$ ='MEDIUM'=YELLOW; R3: $L2 \leq TTI$ ='HIGH'=RED

Type of ending (Final State)

Table 6.6.: Measures for Generic BP execution view & quality dimension - Type of ending (Final State)

Goal	G4	Maximize the number of BP cases ending normally
Question	Q1	What is the actual number of cases ending normally
Measures	M1(base)	Number of BP cases ending in the selected state = NBPE (count BP cases ending in states: COMPLETED, TERMINATED, ABORTED)
	M2 (indicator)	Percentage of BP ending in completed state in total BP cases (PBPCo = $NBPE \cdot 100 / \text{Total BP cases}$) for state = COMPLETED. Decision criteria = Percentage Completed DC
	M3 (indicator)	Percentage of BP ending in terminated state in total BP cases (PBPTe = $NBPE \cdot 100 / \text{Total BP cases}$) for state = TERMINATED. Decision criteria = Inverse Percentage Complete DC
	M4 (indicator)	Percentage of BP ending in aborted state in total BP cases (PBPCo = $NBPE \cdot 100 / \text{Total BP cases}$) for state = ABORTED. Decision criteria = Inverse Percentage Complete DC
Decision criteria	Percentage Comp DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{RED}$; R2: $L1 < TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{GREEN}$

Successful Branch (Path Execution)

Table 6.7.: Measures for Generic BP execution view & quality dimension - Successful branch

Goal	G5	Maximize the number of BP cases ending successfully (executes the successful branch of the BP)
Question	Q1	What is the actual number of BP cases ending successfully
Measures	M1 (base)	Number of BP cases ending successfully or unsuccessfully = NBPBE (count BP cases with activities in the successful or unsuccessful branch as defined in the context data)
	M2 (indicator)	Percentage of BP ending successfully in total BP cases (PBPSB = $NBPBE \cdot 100 / \text{Total BP cases}$) for successful branch. Decision criteria = Percentage Successful DC
	M3 (indicator)	Percentage of BP ending unsuccessfully in total BP cases (PBPUUB = $NBPBE \cdot 100 / \text{Total BP cases}$) for unsuccessful branch. Decision criteria = Inverse Percentage Successful DC
Decision criteria	Percentage Successful DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{RED}$; R2: $L1 < TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{GREEN}$

Rework Loops

Table 6.8.: Measures for Lean execution view & quality dimension

Goal	G1	Minimize the rework in loops of the BP
Question	Q1	What is the actual quantity of rework due to BP loops
Measures	M1 (base)	Number of executions of an activity in a rework loop = NARL (counts the times each activity is executed in a rework loop as defined in the context data)
	M2 (derived)	Activity Working time for the rework in a loop (AWoTRL = \sum AWoT (ei) being ei each execution of the activity in the loop)
	M3 (derived)	Total Working time for the rework in a loop of the BP (TWOTRL = \sum AWoTRL (ai) where ai represents an activity in the loop)
	M4 (derived)	Total Working time for rework in all loops of BP case (BPTWoTRL = \sum TWOTRL (li) where li represents a loop in the BP)
	M5 (derived)	Total Working time for rework of an activity in all BP cases (TAWoTRL = \sum AWoTRL)
	M6 (derived)	Total of BP cases with execution of rework loops (TBPERL = counts the BP cases with execution of rework loops)
	M7 (indicator)	Percentage of rework time in BP case due to loops in the total BP TT (PBPTWoTRL = BPTWoTRL*100/BPTT) Decision criteria = Percentage DC
	M8 (indicator)	Percentage of BP cases with execution of rework loops (PTBPERL = TBPERL*100/Total BP cases)
	M9 (indicator)	Percentage of rework time for an activity due to execution of rework loops in all BP cases (AAWoTRL = TAWoTRL*100/ Number of BP cases in which the activity was executed)
Decision criteria	Percentage DC:	R1: 0 <= TTI <= L1='LOW'=GREEN; R2: L1 <= TTI < L2 = 'MEDIUM'=YELLOW; R3: L2 <= 100 = 'HIGH'=RED

Service Response Time

Table 6.9.: Measures for Service execution view & time dimension - Service Response Time

Goal	G1	Guarantee (average) service response time to (L1) seconds (L1 label to be changed)
Question	Q1	What is the actual (average) response time of the service
Measures	M1 (base)	Invoke time of a service from the activity in the BP (IT = timestamp)
	M2 (base)	Enabled time of a service (ET = timestamp)
	M3 (base)	Start time of a service (ST = timestamp)
	M4 (base)	Completion time of a service (CT = timestamp)
	M5 (base)	Failed time of a service (FT = timestamp)
	M6 (base)	Answer time from the service to the activity in the BP (AT = timestamp)
	M7 (derived)	Service processing time (SPoT = CT - ST)
	M8 (derived)	Service latency time (SLaT = ST - ET)
	M9 (derived)	Service response time (SRpT = SPoT + SLaT)
	M10 (derived)	Service answer time from the BP (SAnT = AT - IT)
	M11 (indicator)	Service Processing time vs. Service Latency time index (STI = SLaT/SPoT) Decision criteria = Index DC
	M12 (indicator)	Average service response time in all BP cases (ASRpT = \sum (SRpT / Total service executions in all BP cases) Decision criteria = Index DC
	M13 (indicator)	Average service answer time in all BP cases (ASAnT = (SAnT / Total service executions in all BP cases) Decision criteria=Index DC
Decision criteria	Index DC:	R1: 0<=TTI<= L1='LOW'=GREEN; R2: L1<= TTI< L2='MEDIUM'=YELLOW; R3: L2<= TTI='HIGH'=RED

Service Throughput

Table 6.10.: Measures for Service execution view & time dimension - Service Throughput

Goal	G2	Guarantee service throughput to (S) service execution completed per period (P1) (S and P1 labels to be changed)
Question	Q1	What is the actual service throughput S1 service execution completed over the period P1
Measures	M1 (base)	Number of S1 services execution over the period P1 = NSEOP (count services execution COMPLETED, FAILED or IN PROGRESS in the period P1)
	M2 (indicator)	Percentage of S1 service execution completed over the period P1 (PSECP = $NSEOP * 100 / \text{Total services execution including in progress}$) Decision criteria = SE completed DC
	M3 (indicator)	Percentage of S1 service execution failed over the period P1 (PSEFP = $NSEOP * 100 / \text{Total services execution including in progress}$) Decision criteria = Inverse SE completed DC
Decision criteria	SE completed DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{RED}$; R2: $L1 < TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{GREEN}$

Service Capacity

Table 6.11.: Measures for Service execution view & time dimension - Service Capacity

Goal	G3	Guarantee service capacity to (S) service execution maintaining the (L1) seconds defined for service response time (S and L1 labels to be changed)
Question	Q1	What is the actual service capacity
Measures	M1 (base)	Number of S1 service execution completed in $\leq L1$ seconds over the period P1 ($NSECLP = \sum SECLP$ in the period P1)
	M2 (base)	Number of S2 service execution completed in $L2 > L1$ seconds violating agreements over the period P1 ($NSECVLP = \sum SECVLP$ in the period P1)
	M3 (base)	Number of S3 service execution in progress in $L2 > L1$ seconds violating agreements over the period P1 ($NSEIPVLP = \sum SEIPVLP$ in the period P1)
	M4 (indicator)	Service capacity (SCA = $NSECLP * 100 / (NSECLP + NSEIPVLP + NSECVLP + NSEFP)$) Decision criteria = Percentage SCA DC
	M5 (indicator)	Service capacity violation rate (SCVR = $(NSECVLP + NSEIPVLP) * 100 / (NSECLP + NSEIPVLP + NSECVLP + NSEFP)$) Decision criteria = Inverse Percentage SCA DC
Decision criteria	Percentage SCA DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = \text{'LOW'} = \text{RED}$; R2: $L1 < TTI < L2 = \text{'MEDIUM'} = \text{YELLOW}$; R3: $L2 \leq TTI = \text{'HIGH'} = \text{GREEN}$

Service quality dimension

Table 6.12.: Measures for Service execution view & quality dimension

Goal	G1	Guarantee (A1) availability for the service (A1 label to be changed) - Dependability
Question	Q1	What is the actual availability of the service
Measures	M1 (derived)	Service down time (SDT = ET - FT being ET the time when the service is back up)
	M2 (derived)	Total service down time over the period P1 ($TSDT = \sum SDT$ in the period P1)
	M3 (indicator)	Service Availability over the period P1 ($SA = P1 - TSDT / P1 * 100$) Decision Criteria = Percentage SR DC
Goal	G2	Guarantee (R1) reliability for the service (R1 label to be changed) - Dependability
Question	Q1	What is the actual reliability of the service
Measures	M1 (base)	Number of service execution initiated over the period P1 = NSEIP (counts the services ST initiated in the period P1)
	M2 (indicator)	Service Reliability (SR = $NSRECP / NSEIP * 100$) Decision criteria = Percentage SR DC
Goal	G3	Guarantee (C1) confidentiality level for the service (C1 label to be changed) - Security
Question	Q1	What is the actual confidentiality level of the service
Measures	M1 (base)	Number of service invocations rejected due to invalid credentials over the period P1 = NSIR (counts the service invocations rejected in the period P1)
	M2 (indicator)	Percentage of service invocations rejected in all services invocations over the period P1 ($PSIRSI = NSIR * 100 / NSIR + NSEIP$) Decision criteria = Inverse Percentage SR
Decision criteria	Percentage SR DC:	R1: $0 \leq TTI \leq L1 = 'LOW' = RED$; R2: $L1 < TTI < L2 = 'MEDIUM' = YELLOW$; R3: $L2 \leq TTI = 'HIGH' = GREEN$

Facultad de Ingeniería – UdelaR

Instituto de Computación

Proyecto de Grado

*Desarrollo de un plug-in para el framework
ProM (Process Mining) que implemente las
medidas de ejecución de procesos de negocios y
servicios definidas en BPEMM*

Manual de Usuario

Álvaro Aspiroz

José Cordero

Ignacio Infante

Tutor

Andrea Delgado

Montevideo – Uruguay

Agosto 2013

Resumen

En este documento se pretende explicar la forma de utilizar el framework ProM sobre la ejecución de nuestro PlugIn BPEMM. Se describirá brevemente la secuencia de pasos desde que se ejecute el ProM hasta la ejecución del mismo Plug-In.

1 Manual de Usuario

El Plug-In BPEMM consiste en dos partes, la primera es la configuración que se debe realizar correspondiente al modelo y log de eventos utilizados para ser posible la ejecución del Plug-In y la segunda es el resultado mostrado a través de graficas e indicadores según la medida seleccionada.

La primera parte se pasa a explicar de forma breve, por cualquier duda se puede ir al capítulo 4 del informe en la sección de 4.2 donde se definen los valores a ingresar para el archivo de configuración.

El archivo tiene el formato siguiente:

```
<WorkflowLog xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:noNamespaceSchemaLocation="http://is.tm.tue.nl/research/processmining/WorkflowLog.xsd">
  <Process id="configHospital.xml" description="Configuration parameters in the Hospital Model">
    <ProcessInstance id="config">
      <!-- **Decision criteria**
      low //l1// medium //l2// high
      (1)- index dc /low:green/medium:yellow/high:red
      (2)- percentage dc /low:red/medium:yellow/high:green
      (3)- inverse percentage dc /low:green/medium:yellow/high:red
      -->
      <AuditTrailEntry>
        <Data>
          <!-- ***** -->
          <!-- Throughput Time -->
          <!-- ***** -->
          <!-- awot vs. awat index (1) m10-->
          <Attribute name="tt.ati.l1">2</Attribute>
          <Attribute name="tt.ati.l2">5</Attribute>
          <!-- total bp wot vs total bp wat index (1) m11-->
          <Attribute name="tt.tti.l1">0.30</Attribute>
          <Attribute name="tt.tti.l2">0.85</Attribute>
          <!-- pwot (2) m12-->
          <Attribute name="tt.pwot.l1">30</Attribute>
          <Attribute name="tt.pwot.l2">65</Attribute>
          <!-- pwat (3) m13-->
          <Attribute name="tt.pwat.l1">30</Attribute>
          <Attribute name="tt.pwat.l2">80</Attribute>
          .....
          .....
        </Data>
        <Data>
          <!-- ***** -->
        </Data>
      </AuditTrailEntry>
    </ProcessInstance>
  </Process>
</WorkflowLog>
```

Figura 1 Archivo de configuración, valores Throughput Time

Cada etiqueta “ProcessInstance” representa un conjunto de parámetros de configuración referidos al “id” asignado en cada etiqueta, hay cinco opciones posibles, de las cuales se explican a continuación:

config, dentro de la misma se definen los parámetros que son solicitados para el cálculo de cada indicador de cada medida (l1 y l2), para mantener un orden, se asignaron los valores correspondientes a cada una de las medidas dentro la etiqueta “Data”, la referencia al significado de cada parámetro se puede ver en la definición de las tablas que se encuentran en el Anexo del Informe.

rol, se definen los recursos por rol (utilizado en la medida Capacity), el nombre de los roles deben coincidir con los del modelo ingresado.

resource, se definen los costos de los recursos por hora (utilizado en la medida Cost), el nombre de los recursos deben coincidir con los del log de eventos ingresado.

successfulbranch, se define el camino exitoso (utilizado en la medida Successful Branch), el nombre de las medidas del camino exitoso deben coincidir con las del modelo ingresado.

reworkloop, define las actividades que se quieran considerar pertenecientes al retrabajo (utilizado en la medida Rework Loop), el nombre de las actividades deben coincidir con las del modelo ingresado.

En esta segunda parte se muestra y se explica brevemente las pantallas transcurridas desde el inicio de la ejecución del Prom hasta que se visualicen los cálculos referidos a la medida seleccionada.

Al iniciar el Prom se muestra el “workspace” para poder importar archivos, que es una pantalla como se puede ver en la Figura 2, en este caso ya existen archivos importados.

Por cada archivo se debe ir al botón Import, ubicado en la parte superior derecha de la pantalla, elegir primero el tipo de archivo y luego seleccionarlo para aceptarlo.

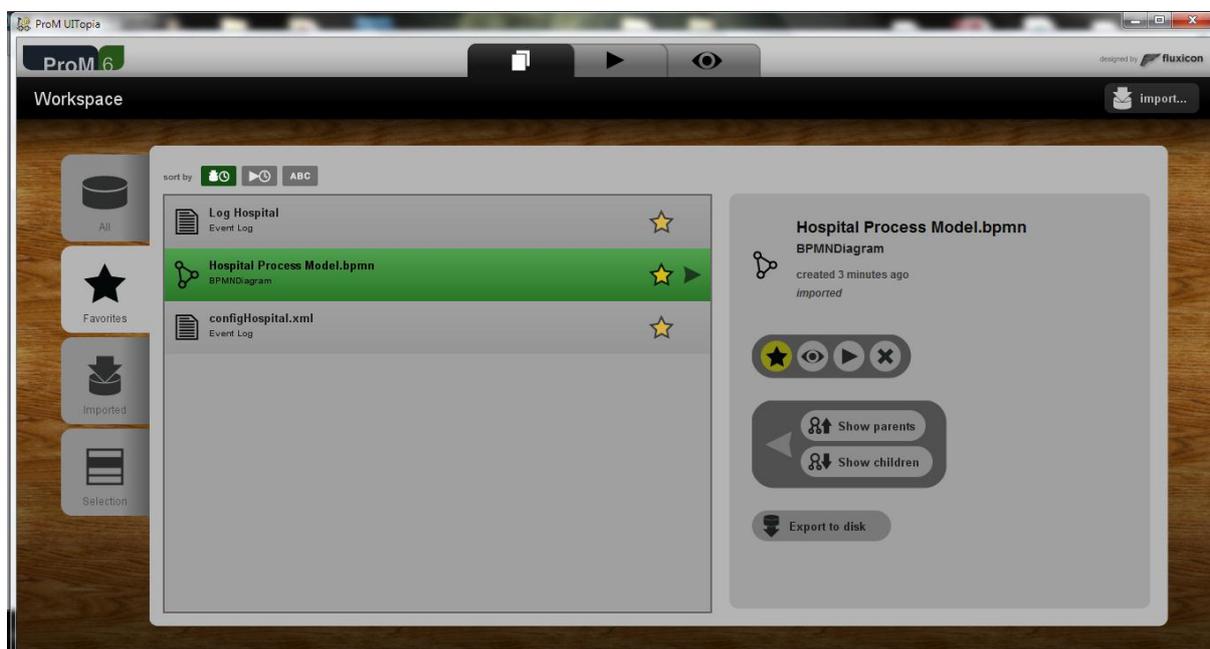


Figura 2 Pantalla inicial “workspace” de ProM6 con archivos importados

Posterior a la importación de archivos se selecciona la vista de acciones “Actions” para poder seleccionar los archivos de entrada del Plug-In, en el lateral izquierdo de la pantalla aparece una lista de archivos de entrada, se van seleccionando de a uno y en la parte central de la pantalla se van mostrando los Plug-Ins que esperan esos archivos seleccionados como entrada.

Al seleccionar el modelo del proceso de negocio, el log de eventos y el archivo de configuración (anteriormente importados) correspondiente se despliegan por lo menos dos Plug-Ins con esos archivos esperados (Figura 3), de los cuales dos van a ser de este PlugIn, uno espera esos tres archivos solamente y el otro espera además el log de eventos relacionados con los servicios, esta es la manera de tener un archivo opcional desde el ProM (Figura 4).

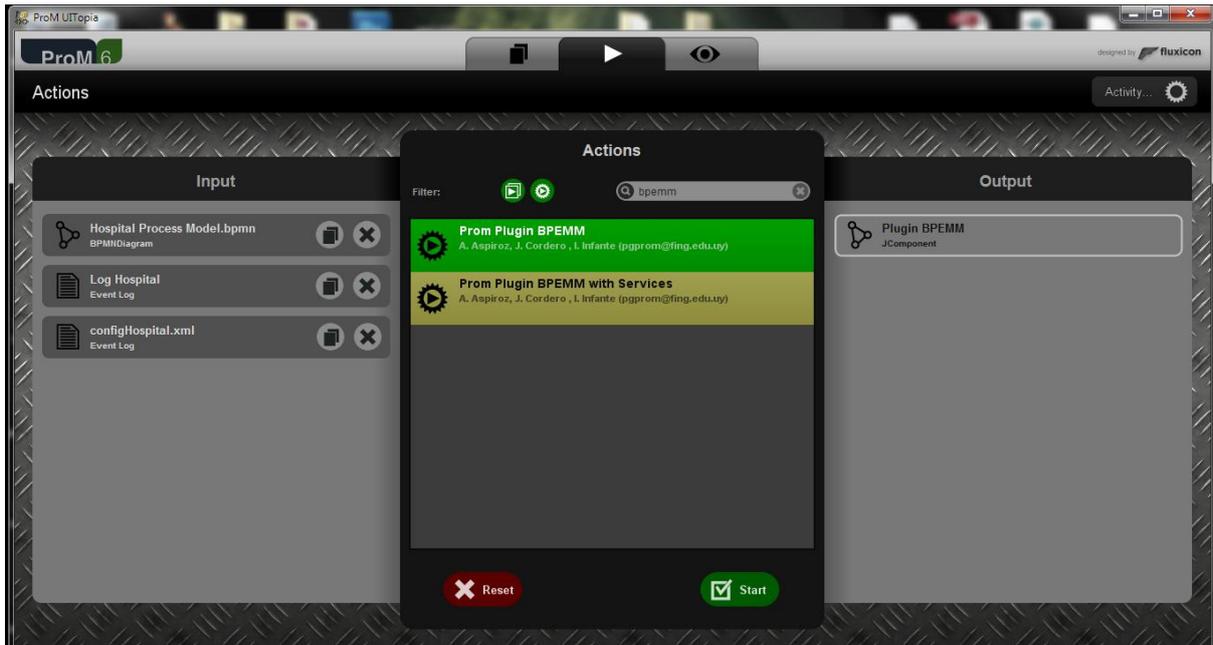


Figura 3 Vista de Actions seleccionando el Plug-In que espera tres archivos (sin servicios)

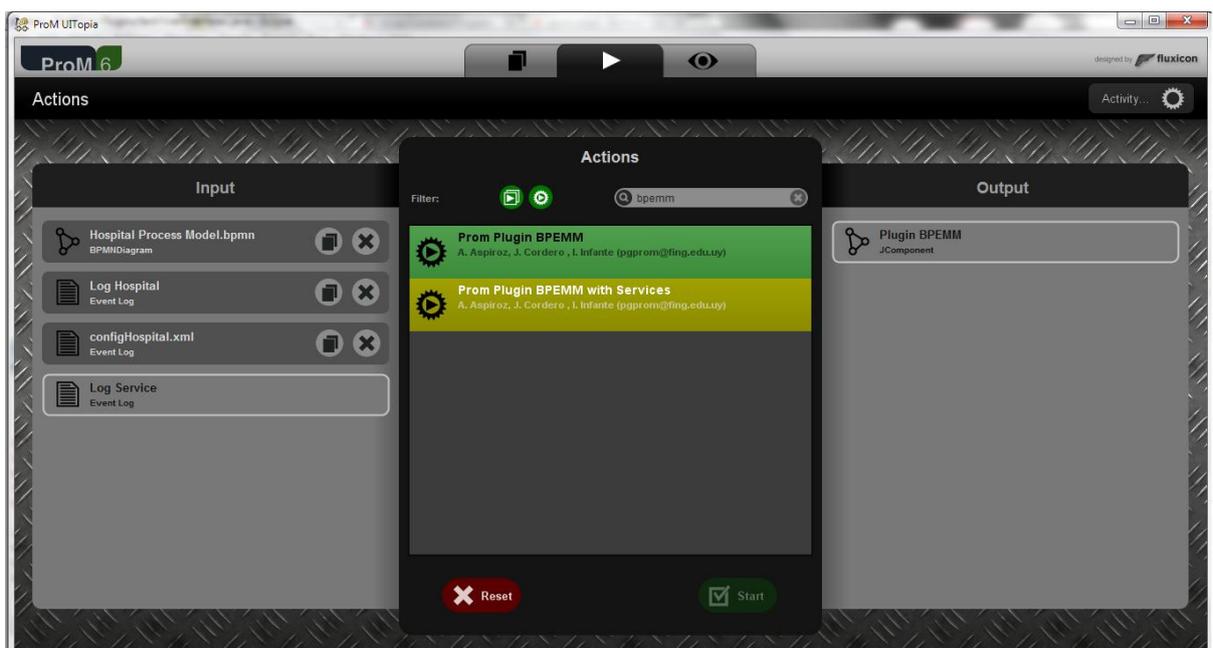


Figura 4 Vista de Actions seleccionando el Plug-In con servicios

Al tener seleccionado el Plug-In que se quiera ejecutar, si cumple con los requisitos de los archivos de entrada solicitados la aplicación habilitará el botón de “Start”.

Al hacer clic en “Start” se mostrará la pantalla inicial del Plug-In BPEMM (Figura 5).

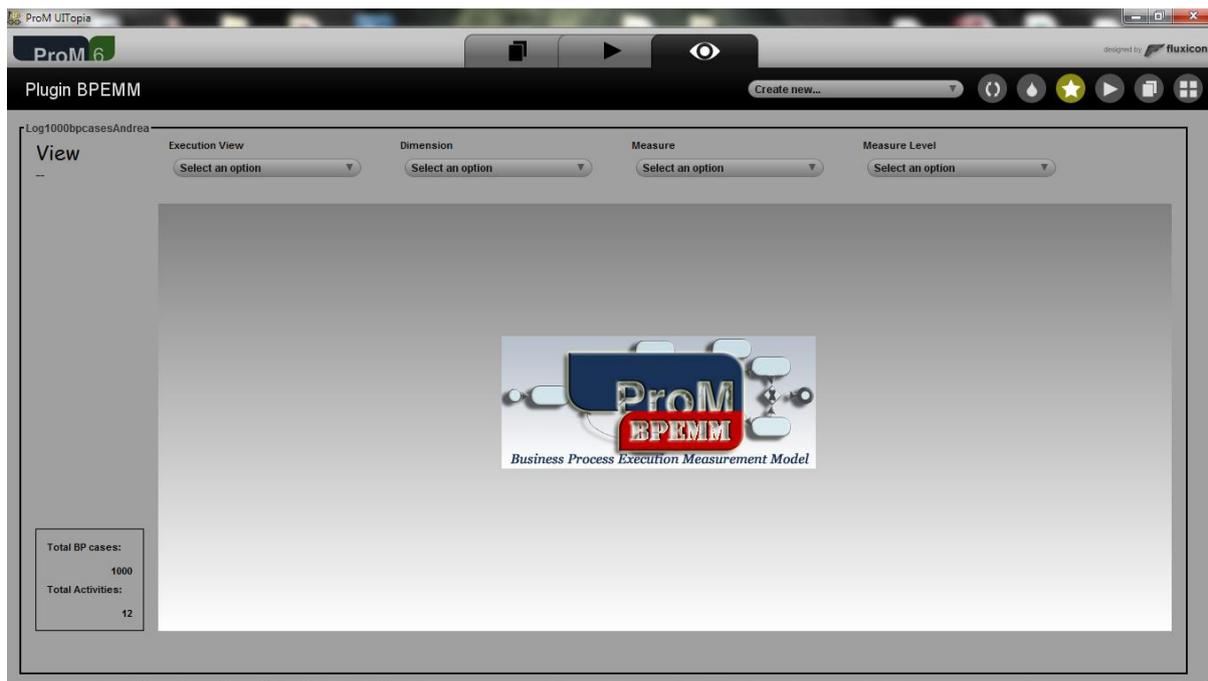


Figura 5 Vista inicial del Plug-In BPEMM

Posteriormente se pasa a ver los cálculos sobre la medida que se quiere, previamente se deben seleccionar los combos de “Execution View”, “Dimension”, “Measure” y “Measure Level” en este mismo orden, ya que cada combo depende del valor seleccionado del anterior.

En el panel de resultados se muestran los cálculos en forma de gráfica junto con los indicadores (Figura 6).

Las gráficas se visualizan con un gráfico de barras, que se analizan de forma de que las coordenadas X contienen el nombre de lo calculado para esa medida en tal vista (en este caso cada gráfico es un BPCase como lo indica la etiqueta sobre el lado derecho superior del panel de gráficas), y las coordenadas Y, el valor correspondiente a tal calculo.

Los indicadores muestran su valor calculado junto a un semáforo con el color correspondiente, basado en los parámetros que fueron ingresados para ese cálculo de esa medida en el archivo de configuración.

A parte del panel de resultados, se puede ver también un panel de información que indica la cantidad total de bpcases y actividades que fueron ejecutadas en el log de eventos solicitado por la aplicación.

También existe otro panel que contiene un combo que se refiere al cambio de unidad de tiempo, este panel sólo está disponible en las medidas que correspondan, o sea en los valores resultantes que la unidad sea el tiempo, por ejemplo en el Througput Time como lo muestra en la Figura 8.

Se puede seleccionar desde la unidad de tiempo en segundos hasta años.

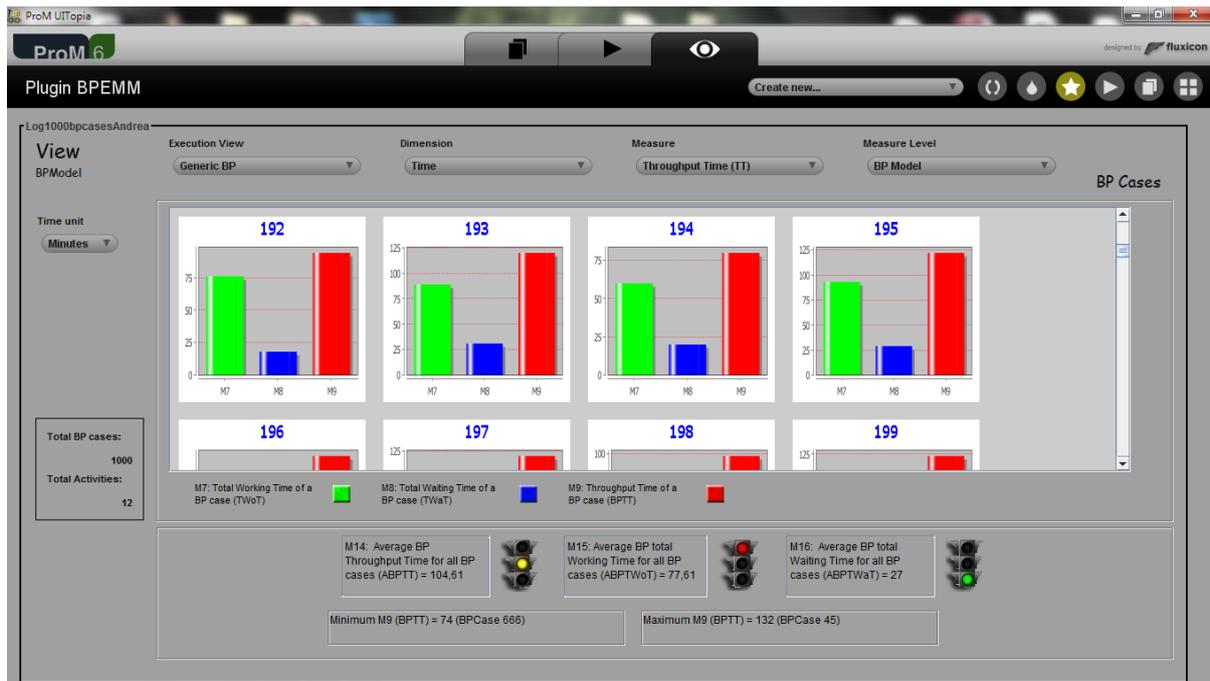


Figura 6 Panel resultante en la vista BPMModel de la medida Throughtput Time

Estando en la vista de BPMModel de una medida se puede ir hacia la otra vista “BPCase” haciendo clic en una grafica que representa un BPCase en particular. (Figura 7)

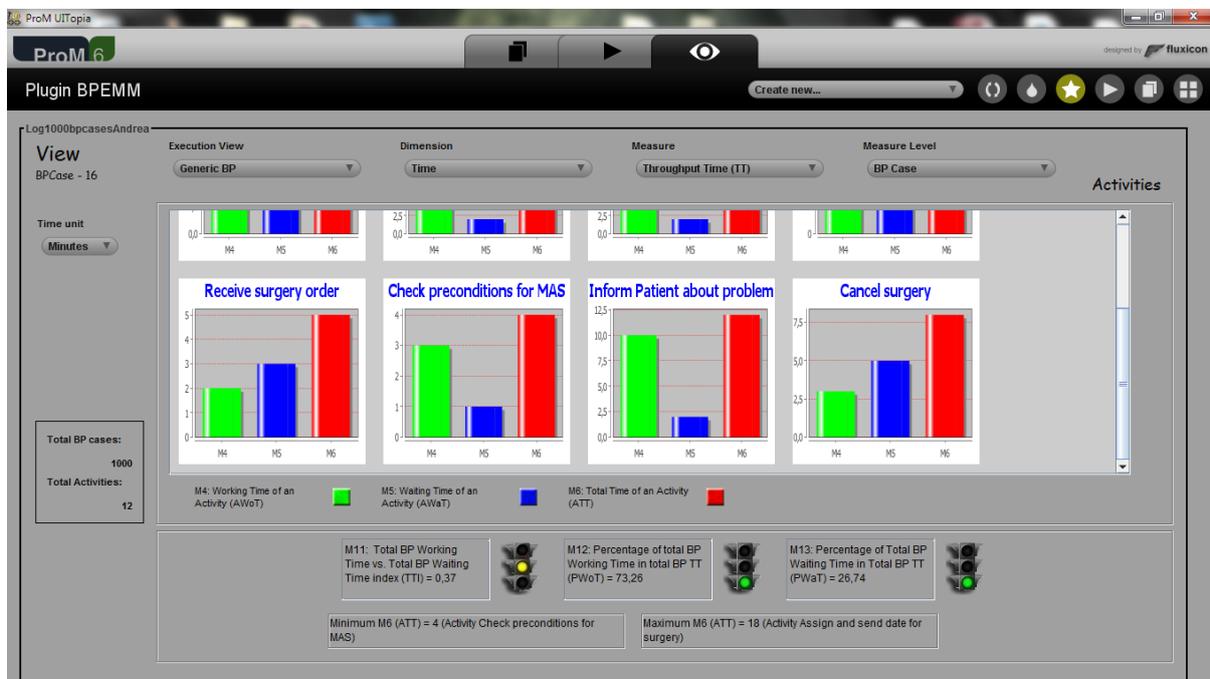


Figura 7 Panel resultante en la vista BPCase de la medida Throughtput Time

Y estando en la vista de BPCase de una medida se puede ir hacia la otra vista "Activity" haciendo clic en una grafica que representa una Actividad en particular. (Figura 8)



Figura 8 Panel resultante en la vista Activity de la medida Througput Time

Facultad de Ingeniería – UdelaR

Instituto de Computación

Proyecto de Grado

*Desarrollo de un plug-in para el framework
ProM (Process Mining) que implemente las
medidas de ejecución de procesos de negocios y
servicios definidas en BPEMM*

Verificación Casos de Prueba

Álvaro Aspiroz

José Cordero

Ignacio Infante

Tutor

Andrea Delgado

Montevideo – Uruguay

Agosto 2013

Resumen

En este documento se verifica mediante tablas (generadas y calculadas mediante el software de hojas de cálculo Microsoft Excel) los valores resultantes del Plug-In desarrollado.

1 Tablas de verificación

En esta sección se muestran las tablas calculadas por la aplicación distribuida por Microsoft Office para hojas de cálculo de cada prueba realizada, para luego compararlas con los resultados que retorna nuestro Plug-In.

Caso de Prueba Hospital, medida Throughput Time

BPCase 1																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment	20	0	20				0							17,667	0	17,667
Request Patient Medical Record	10	10	20				1							14	3,333	17,333
Assign date for surgery	10	10	20				1							20	14	34
Receive Patient Medical Record	15	0	15				0							9	5	14
Send assign date for surgery	25	0	25				0							15	6,667	21,667
Receive the surgery order	20	5	25				0,25							11,667	9,333	21
Check preconditions for MAS	8	22	30				2,75							8,667	10,333	19
Inform Patient about problem	2	4	6				2							11	19	30
Cancel Surgery	14	4	18				0,286							12	2,5	14,5
				124	55	179		0,444	69,274	30,726	191	121,333	69,667			

BPCase 2																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment	30	0	30				0							17,667	0	17,667
Request Patient Medical Record	5	0	5				0							14	3,333	17,333
Receive Patient Medical Record	5	15	20				3							9	5	14
Assign date for surgery	10	30	40				3							20	14	34
Send assign date for surgery	5	5	10				1							15	6,667	21,667
Receive the surgery order	5	10	15				2							11,667	9,333	21
Check preconditions for MAS	8	7	15				0,875							8,667	10,333	19
Register Patient for MAS	5	10	15				2							5	10	15

Give clothes to change for MAS	5	0	5				0							5	0	5
Assign place for MAS	10	5	15				0,5							10	5	15
Give Information about MAS	10	5	15				0,5							10	5	15
				98	87	185		0,888	52,973	47,027	191	121,333	69,667			

BPCase 3

Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment	3	0	3				0							17,667	0	17,667
Request Patient Medical Record	27	0	27				0							14	3,333	17,333
Assign date for surgery	40	2	42				0,05							20	14	34
Receive Patient Medical Record	7	0	7				0							9	5	14
Send assign date for surgery	15	15	30				1							15	6,667	21,667
Receive the surgery order	10	13	23				1,3							11,667	9,333	21
Check preconditions for MAS	10	2	12				0,2							8,667	10,333	19
Inform Patient about problem	20	34	54				1,7							11	19	30
Cancel Surgery	10	1	11				0,1							12	2,5	14,5
				142	67	209		0,472	67,943	32,057	191	121,333	69,667			

Caso de Prueba Repair, medida Throughput Time

BPCase 1

Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Register	4	0	4				0							7,25	0	7,25
Analize Defect	10	1	11				0,1							11,75	2	13,75
Inform User	10	3	13				0,3							9	9,5	18,5
Repair (Simple)	8	10	18				1,25							23,5	21	44,5
Test Repair	3	0	3				0							12,25	8,75	21
Archive Repair	3	2	5				0,666							4,5	11,75	16,25
				38	16	54		0,421	70,37	29,63	141	88,75	52,25			

BPCase 2																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Register	7	0	7				0							7,25	0	7,25
Analyze Defect	10	0	10				0							11,75	2	13,75
Inform User	15	15	30				1							9	9,5	18,5
Repair (Complex)	40	5	45				0,125							46	14	60
Test Repair	8	5	13				0,625							12,25	8,75	21
Restart Repair	15	2	17				0,133							18,5	5,5	24
Repair (Complex)	22	3	25				0,136							46	14	60
Test Repair	5	5	10				1							12,25	8,75	21
Archive Repair	9	1	10				0,111							4,5	11,75	16,25
				131	36	167		0,275	78,443	21,557	141	88,75	52,25			

BPCase 3																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Register	8	0	8				0							7,25	0	7,25
Analyze Defect	15	4	19				0,267							11,75	2	13,75
Inform User	3	15	18				5							9	9,5	18,5
Repair (Complex)	30	20	50				0,667							46	14	60
Test Repair	3	7	10				2,333							12,25	8,75	21
Archive Repair	1	34	35				34							4,5	11,75	16,25
				60	80	140		1,333	42,857	57,143	141	88,75	52,25			

BPCase 4																
Actividades/Medidas	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Register	10	0	10				0							7,25	0	7,25
Analyze Defect	12	3	15				0,25							11,75	2	13,75
Inform User	8	5	13				0,625							9	9,5	18,5
Repair (Simple)	13	15	28				1,154							23,5	21	44,5
Test Repair	4	3	7				0,75							12,25	8,75	21
Restart Repair	11	4	15				0,364							18,5	5,5	24
Repair (Simple)	11	7	18				0,636							23,5	21	44,5
Test Repair	4	7	11				1,75							12,25	8,75	21
Restart Repair	7	4	11				0,571							18,5	5,5	24
Repair (Simple)	10	5	15				0,5							23,5	21	44,5
Test Repair	14	6	20				0,429							12,25	8,75	21
Restart Repair	4	1	5				0,25							18,5	5,5	24

Repair (Simple)	5	5	10				1								23,5	21	44,5
Test Repair	8	2	10				0,25								12,25	8,75	21
Archive Repair	5	10	15				2								4,5	11,75	16,25
				126	77	203		0,611	62,069	37,931	141	88,75	52,25				

Caso de Prueba Hospital, medida Capacity

Actividades/Medidas	Rol Secretary								Rol Nurse	
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	AATWoT
Receive request for appointment		3	1							17,667
Request Patient Medical Record		3	1							14
Assign date for surgery		3	1							20
Receive Patient Medical Record		3	1							9
Send assign date for surgery		3	1							15
Receive the surgery order		3	1							11,667
Check preconditions for MAS		3	1							8,667
Inform Patient about problem		2	0,6666							11
Cancel Surgery		2	0,6666							12
Register Patient for MAS		1	0,3333							5
Give clothes to change for MAS		1	0,3333							5
Assign place for MAS		1	0,3333							10
Give Information about MAS		1	0,3333							10

MINUTOS

Roles/Medidas				M4	M5	M6				
Secretary	2			112,998	0,00885	0,0177				
Nurse	1			8,33325	0,1200012	0,1200012				

SEGUNDOS

Roles/Medidas				M4	M5	M6				
Secretary	2			6779,907	0,5309807	1,0619615				
Nurse	1			499,995	7,200072	7,200072				

HORAS

Roles/Medidas				M4	M5	M6				
Secretary	2			1,883308	0,0001475	0,000295				
Nurse	1			0,138888	0,0020000	0,0020000				

Caso de Prueba Repair, medida Capacity

Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	Rol AdminTest	Rol Fixer Complex			Rol Fixer Simple
						M6	M7	M8	M9	AATWoT
Register		4	1							7,25
Analyze Defect		4	1							11,75
Inform User		4	1							9
Test Repair		8	2							12,25
Archive Repair		4	1							4,5
Restart Repair		4	1							18,5
Repair (Simple)		5	1,25							23,5
Repair (Complex)		3	0,75							46

MINUTOS

Roles/Medidas				M4	M5	M6
AdminTest	2			75,5	0,013245033	0,026490066
Fixer Simple	1			29,375	0,034042553	0,034042553
Fixer Complex	2			34,5	0,028985507	0,057971014

SEGUNDOS

Roles/Medidas				M4	M5	M6
AdminTest	2			4530	0,794701987	1,589403974
Fixer Simple	1			1762,5	2,042553191	2,042553191
Fixer Complex	2			2070	1,739130435	3,47826087

HORAS

Roles/Medidas				M4	M5	M6
AdminTest	2			1,2583	0,000220751	0,000441501
Fixer Simple	1			0,4896	0,000567376	0,000567376
Fixer Complex	2			0,575	0,000483092	0,000966184

Caso de Prueba Hospital, medida Cost

BPCase 1												
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Receive request for appointment	515	10300	21685	54510	153550	18,896	14,122	35,500	51183,333	7228,333	Antonio rodriguez	20
Request Patient Medical Record	515	5150	21630	54510	153550	9,448	14,087	35,500	51183,333	7210	Antonio rodriguez	10
Assign date for surgery	345	3450	20700	54510	153550	6,329	13,481	35,500	51183,333	6900	Juan perez	10
Receive Patient	345	5175	9315	54510	153550	9,494	6,066	35,500	51183,333	3105	Juan	15

Medical Record											perez	
Send assign date for surgery	515	12875	23175	54510	153550	23,620	15,093	35,500	51183,333	7725	Antonio rodriguez	25
Receive the surgery order	345	6900	13775	54510	153550	12,658	8,971	35,500	51183,333	4591,667	Juan perez	20
Check preconditions for MAS	345	2760	10670	54510	153550	5,0633	6,949	35,500	51183,333	3556,667	Juan perez	8
Inform Patient about problem	345	690	7590	54510	153550	1,266	4,943	35,500	51183,333	2530	Juan perez	2
Cancel Surgery	515	7210	10660	54510	153550	13,227	6,942	35,500	51183,333	3553,333	Antonio rodriguez	14

BPCase 2

Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Receive request for appointment	345	10350	21685	39510	153550	26,196	14,122	25,731	51183,333	7228,333	Juan perez	30
Request Patient Medical Record	515	2575	21630	39510	153550	6,517	14,087	25,731	51183,333	7210	Antonio rodriguez	5
Assign date for surgery	345	3450	20700	39510	153550	8,732	13,488	25,731	51183,333	6900	Juan perez	10
Receive Patient Medical Record	345	1725	9315	39510	153550	4,366	6,066	25,731	51183,333	3105	Juan perez	5
Send assign date for surgery	515	2575	23175	39510	153550	6,517	15,093	25,731	51183,333	7725	Antonio rodriguez	5
Receive the surgery order	345	1725	13775	39510	153550	4,366	8,971	25,731	51183,333	4591,667	Juan perez	5
Check preconditions for MAS	345	2760	10670	39510	153550	6,986	6,949	25,731	51183,333	3556,667	Juan perez	8
Register Patient for MAS	345	1725	1725	39510	153550	4,366	1,123	25,731	51183,333	575	Juan perez	5
Give clothes to change for MAS	505	2525	2525	39510	153550	6,391	1,644	25,731	51183,333	841,667	Juanita viable	5
Assign place for MAS	505	5050	5050	39510	153550	12,782	3,289	25,731	51183,333	1683,333	Juanita viable	10
Give Information about MAS	505	5050	5050	39510	153550	12,782	3,289	25,731	51183,333	1683,333	Juanita viable	10

BPCase 3

Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Receive request for appointment	345	1035	21685	59530	153550	1,739	14,123	38,769	51183,333	7228,333	Juan perez	3
Request Patient Medical Record	515	13905	21630	59530	153550	23,358	14,087	38,769	51183,333	7210	Antonio rodriguez	27
Assign date for surgery	345	13800	20700	59530	153550	23,182	13,481	38,769	51183,333	6900	Juan perez	40
Receive Patient Medical Record	345	2415	9315	59530	153550	4,057	6,066	38,769	51183,333	3105	Juan perez	7
Send assign date for surgery	515	7725	23175	59530	153550	12,977	15,093	38,769	51183,333	7725	Antonio rodriguez	15

Receive the surgery order	515	5150	13775	59530	153550	8,651	8,971	38,769	51183,333	4591,667	Antonio rodriguez	10
Check preconditions for MAS	515	5150	10670	59530	153550	8,651	6,949	38,769	51183,333	3556,667	Antonio rodriguez	10
Inform Patient about problem	345	6900	7590	59530	153550	11,591	4,943	38,769	51183,333	2530	Juan perez	20
Cancel Surgery	345	3450	10660	59530	153550	5,795	6,942	38,769	51183,333	3553,333	Juan perez	10

Caso de Prueba Repair, medida Cost

BPCase 1												
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Register	58	232	1448	1611	14301	14,401	10,125	11,265	3575,250	362,000	Cavani	4
Analyze Defect	45	450	2245	1611	14301	27,933	15,698	11,265	3575,250	561,250	Neymar	10
Inform User	58	580	1945	1611	14301	36,002	13,600	11,265	3575,250	486,250	Cavani	10
Repair (Simple)	5	40	235	1611	14301	2,483	1,643	11,265	3575,250	58,750	Roche	8
Test Repair	45	135	2309	1611	14301	8,380	16,146	11,265	3575,250	577,250	Neymar	3
Archive Repair	58	174	1031	1611	14301	10,801	7,209	11,265	3575,250	257,750	Cavani	3

BPCase 2												
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Register	58	406	1448	5995	14301	6,772	10,125	41,920	3575,250	362,000	Cavani	7
Analyze Defect	58	580	2245	5995	14301	9,675	15,698	41,920	3575,250	561,250	Cavani	10
Inform User	58	870	1945	5995	14301	14,512	13,600	41,920	3575,250	486,250	Cavani	15
Repair (Complex)	30	1200	3228	5995	14301	20,017	22,572	41,920	3575,250	807,000	Mikel	40
Test Repair	58	464	2309	5995	14301	7,740	16,146	41,920	3575,250	577,250	Cavani	8
Restart Repair	58	870	1860	5995	14301	14,512	13,006	41,920	3575,250	465,000	Cavani	15
Repair (Complex)	39	858	3228	5995	14301	14,312	22,572	41,920	3575,250	807,000	Oscar	22
Test Repair	45	225	2309	5995	14301	3,753	16,146	41,920	3575,250	577,250	Neymar	5
Archive Repair	58	522	1031	5995	14301	8,707	7,209	41,920	3575,250	257,750	Cavani	9

BPCase 3												
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Register	45	360	1448	2520	14301	14,286	10,125	17,621	3575,250	362,000	Neymar	8
Analyze Defect	45	675	2245	2520	14301	26,786	15,698	17,621	3575,250	561,250	Neymar	15
Inform User	45	135	1945	2520	14301	5,357	13,600	17,621	3575,250	486,250	Neymar	3

Repair (Complex)	39	1170	3228	2520	14301	46,429	22,572	17,621	3575,250	807,000	Oscar	30
Test Repair	45	135	2309	2520	14301	5,357	16,146	17,621	3575,250	577,250	Neymar	3
Archive Repair	45	45	1031	2520	14301	1,786	7,209	17,621	3575,250	257,750	Neymar	1

BPCase 4												
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	Resource	AWoT
Register	45	450	1448	4175	14301	10,778	10,125	29,194	3575,250	362,000	Neymar	10
Analyze Defect	45	540	2245	4175	14301	12,934	15,698	29,194	3575,250	561,250	Neymar	12
Inform User	45	360	1945	4175	14301	8,623	13,600	29,194	3575,250	486,250	Neymar	8
Repair (Simple)	5	65	235	4175	14301	1,557	1,643	29,194	3575,250	58,750	Roche	13
Test Repair	45	180	2309	4175	14301	4,311	16,146	29,194	3575,250	577,250	Neymar	4
Restart Repair	45	495	1860	4175	14301	11,856	13,006	29,194	3575,250	465,000	Neymar	11
Repair (Simple)	5	55	235	4175	14301	1,317	1,643	29,194	3575,250	58,750	Roche	11
Test Repair	45	180	2309	4175	14301	4,311	16,146	29,194	3575,250	577,250	Neymar	4
Restart Repair	45	315	1860	4175	14301	7,545	13,006	29,194	3575,250	465,000	Neymar	7
Repair (Simple)	5	50	235	4175	14301	1,198	1,643	29,194	3575,250	58,750	Roche	10
Test Repair	45	630	2309	4175	14301	15,090	16,146	29,194	3575,250	577,250	Neymar	14
Restart Repair	45	180	1860	4175	14301	4,311	13,006	29,194	3575,250	465,000	Neymar	4
Repair (Simple)	5	25	235	4175	14301	0,599	1,643	29,194	3575,250	58,750	Roche	5
Test Repair	45	360	2309	4175	14301	8,623	16,146	29,194	3575,250	577,250	Neymar	8
Archive Repair	58	290	1031	4175	14301	6,946	7,209	29,194	3575,250	257,750	Cavani	5

Caso de Prueba Repair, medida Rework

BPCase 1(177)	#bpcases 4				ReworkLoop=6,7,8,9				
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Register									
Analyze Defect									
Inform User									
Repair (Simple)	1	0			26				1300
Repair (Complex)									
Test Repair	1	0			31				1550
Restart Repair									
Archive Repair									
		loop1	0	0		0	0	0	

BPCase 2(220)									
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Register									
Analyze Defect									
Inform User									
Repair (Simple)									
Repair (Complex)	2	22			22				1100
Test Repair	2	5			31				1550
Restart Repair	1	0			11				550
Archive Repair									
Repair (Complex)	2	22			22				1100
Test Repair	2	5			31				1550
		loop1	27	27		2	16,16766	50	

BPCase 3(280)									
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Register									
Analyze Defect									
Inform User									
Repair (Simple)									
Repair (Complex)	1	0			22				1100
Test Repair	1	0			31				1550
Restart Repair									
Archive Repair									
		loop1	0	0		2	0	50	

BPCase 4(323)									
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9
Register									
Analyze Defect									
Inform User									
Repair (Simple)	4	26			26				1300
Repair (Complex)									
Test Repair	4	26			31				1550

Restart Repair	3	11			11				550
Archive Repair									
Repair (Simple)	4	26			26				1300
Test Repair	4	26			31				1550
Restart Repair	3	11			11				550
Repair (Simple)	4	26			26				1300
Test Repair	4	26			31				1550
Restart Repair	3	11			11				550
Repair (Simple)	4	26			26				1300
Test Repair	4	26			31				1550
		loop1	63	63		0	31,03448	0	

Caso de Prueba Repair, medida Response Time (Services)

BPCase 1																			
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment							5	0	5		0	7					0	0	0
Receive the surgery order							8	0	8		0	5,333					0	0	0

BPCase 2																			
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment							15	0	15		0	7					0	0	0
Receive the surgery order							3	0	3		0	5,333					0	0	0

BPCase 3																			
Actividades/Medidas	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	M13	M14	M15	M16	M17	M18	M19
Receive request for appointment							1	0	1		0	7					0	0	0
Receive the surgery order							5	0	5		0	5,333					0	0	0

Caso de Prueba Hospital, medida Path Execution

M2=33.33

M3=66.67

Caso de Prueba Hospital, medidaFinal State

M2=100

M4=0