

# Marco MINERVA para mejora continua de procesos de negocio implementados con servicios

Andrea Delgado<sup>1</sup>, Francisco Ruiz<sup>2</sup>, Ignacio García-Rodríguez de Guzmán<sup>2</sup>,  
Barbara Weber<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Computación, Facultad de Ingeniería, Universidad de la República,  
Julio Herrera y Reissig 565, 1300 Montevideo, Uruguay  
adelgado@fing.edu.uy

<sup>2</sup> Grupo Alarcos, Depto. de Tecnologías y Sistemas de Información, Universidad de Castilla  
– La Mancha, Paseo de la Universidad 4, 13071, Ciudad Real, España  
{francisco.ruiz, ignacio.grodriguez}@uclm.es

<sup>3</sup>Quality Engineering Group, Institute of Computer Science, University of Innsbruck,  
Technikerstraße 21a, 6020, Innsbruck, Austria  
barbara.weber@uibk.ac.at

**Resumen.** En el contexto actual de funcionamiento de las organizaciones, en que la forma de realizar su negocio va cambiando según sea necesario y posible mediante conexiones vía internet con sus clientes y socios y el uso de diversas tecnologías de soporte, la mejora continua de sus procesos de negocio es un elemento clave. Sin embargo, una organización que no tenga definido como medir y analizar la ejecución de sus procesos de negocio, difícilmente podrá contar con información real y confiable para mejorarlos. El marco MINERVA provee una guía completa para la mejora continua de procesos de negocio 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.

**Palabras clave:** Business Process Management (BPM), Service Oriented Computing (SOC), Model Driven Development (MDD), mejora continua de PN

## 1 Introducción

La mejora continua de procesos de negocio (PN) 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][2][3]. 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. El enfoque tradicional de desarrollo de software en forma vertical basado en secciones o áreas de la organización, sin tener en cuenta la visión horizontal de los procesos de negocio a través de la misma, ha dado como resultado la construcción de diversos sistemas de software que han requerido importantes esfuerzos de integración para comunicarse entre sí. Estos sistemas pueden haber sido desarrollados en distintas tecnologías lo que ha dificultado aún más su integración. Adicionalmente, al no contar con una especificación horizontal del proceso resulta más difícil definir los objetivos del negocio asociados al mismo (dado que cada sección o área ve el proceso en forma local sin tener la visión global del mismo) así como proveer con la información necesaria de su desempeño a los niveles gerenciales.

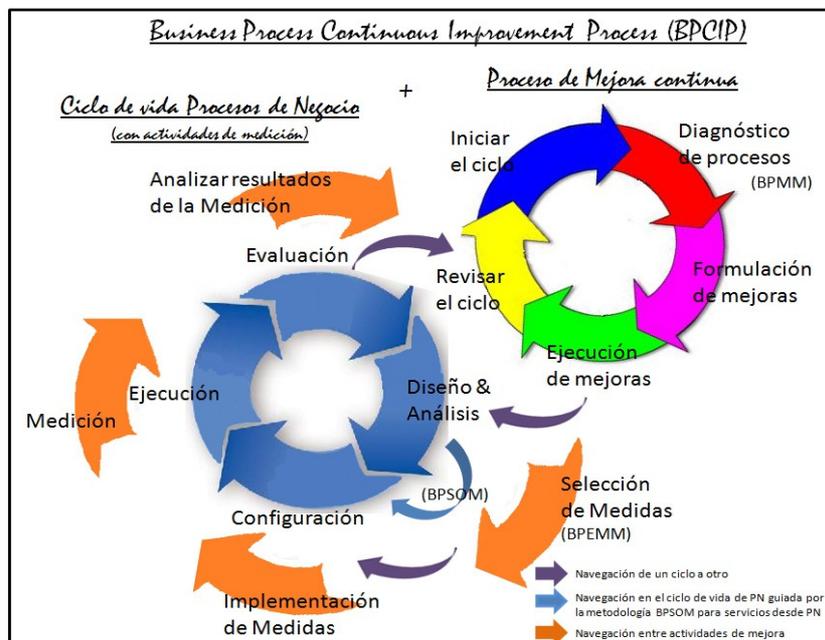
La implementación de procesos de negocio en base al paradigma de Orientación a Servicios (Service Oriented Computing, SOC) [4] provee soporte a esta visión horizontal de la organización, definiendo una capa intermedia de servicios para realizar cada actividad, sub-proceso o proceso de negocio completo definido en la capa de procesos de negocio, que a su vez se asocian con las distintas tecnologías para implementarlos en la capa de aplicación. Adicionalmente la integración del paradigma de Desarrollo Dirigido por Modelos (Model Driven Development, MDD) [5] aporta los beneficios de este enfoque, como ser reuso de soluciones (servicios existentes, diseño de soluciones), mayor calidad (menor cantidad de errores con la generación automática) y mayor productividad (con base en las tareas automatizadas). De esta forma la definición de los procesos de negocio (modelos) se separa a la vez que se relaciona (trazabilidad) con su implementación tecnológica (ejecución), lo que permite que la introducción de cambios sea más ágil y controlada tanto en los modelos como en la implementación, minimizando el impacto de los cambios entre sí.

El marco MINERVA [6] está definido para brindar soporte al ciclo de vida de los procesos de negocio con foco en su mejora continua, aplicando los paradigmas de SOC y MDD a los procesos de negocio y BPM. Comprende tres dimensiones en las que se integran conceptos, metodologías y procesos y modelos de mejora, y herramientas, para soportar las definiciones y el trabajo en cada fase definida. En este artículo se extiende la presentación de MINERVA en [6],[7],[8] describiendo el soporte completo para la mejora continua de procesos de negocio en base a un proceso de mejora continua (Business Process Continuous Improvement Process, BPCIP) para guiar el esfuerzo de mejora, y la definición de medidas de ejecución de procesos de negocio (Business Process Execution Measurement Model, BPEMM) para guiar la definición, implementación, recolección y evaluación de medidas de ejecución para procesos de negocio implementados con servicios siguiendo la metodología de desarrollo para derivación (en parte automatizada) de servicios.

El artículo se organiza como sigue: en la sección 2 se presenta la mejora con MINERVA, describiendo el proceso de mejora asociado así como la mejora con SOC y MDD propuesta; en la sección 3 se presenta la definición de medidas de ejecución en BPEMM así como medidas de ejemplo, en la sección 4 se presentan trabajos relacionados y finalmente en la sección 5 las conclusiones y trabajo futuro.

## 2 Mejora con MINERVA

MINERVA se organiza en tres dimensiones: conceptual [8], metodológica [9][10] y de herramientas [11] para soportar las fases del ciclo de vida y mejora continua de procesos de negocio orientado a servicios y dirigido por modelos. Una ejecución completa de MINERVA comienza con el modelado de un nuevo PN o rediseño de un PN existente, explicitado en un modelo en BPMN, y cuya ejecución luego será medida y evaluada para identificar oportunidades de mejora. Estas mejoras se introducen en el proceso de negocio siguiendo un enfoque sistemático en base al proceso de mejora continua definido, para finalmente comparar la ejecución de la nueva versión del PN con mejoras, con la versión anterior del mismo, y evaluar los resultados de la mejora introducida. En la Fig. 1 se presenta el marco general del proceso de mejora continua de PN, BPCIP, de MINERVA.

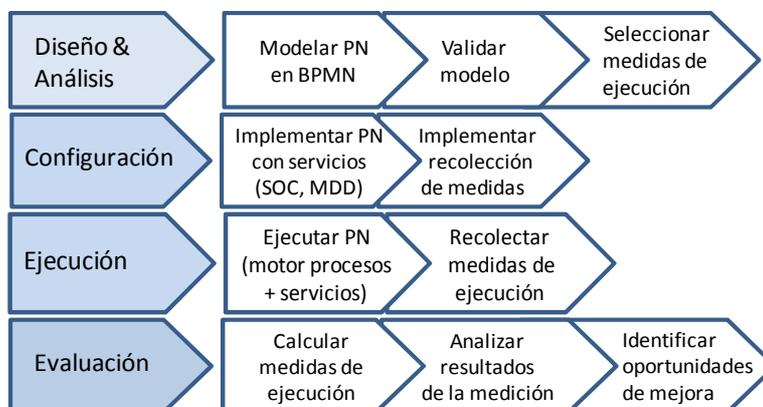


**Fig. 1.** Business Process Continuous Improvement Process (BPCIP) de MINERVA

Como se muestra en la Fig. 1 BPCIP integra el ciclo de vida definido en [1] con el proceso de mejora continua PmCOMPETISOFT definido en [12], determinando el ciclo completo para la gestión de procesos de negocio y su mejora continua con MINERVA. Si bien [12] está definido en el contexto de esfuerzos de mejora sobre procesos de software, es aplicable a la mejora de procesos de negocio en general.

### 2.1 Proceso de Mejora Continua

En esta sección se describe el ciclo completo propuesto por MINERVA para mejora continua de PN y su gestión. Suponiendo un nuevo diseño o rediseño de un PN existente, en primer lugar se ejecuta el ciclo de vida como se muestra en la Fig.1.



**Fig. 1.** Fases y actividades del ciclo de vida de PN de [1] con mejora explicitada

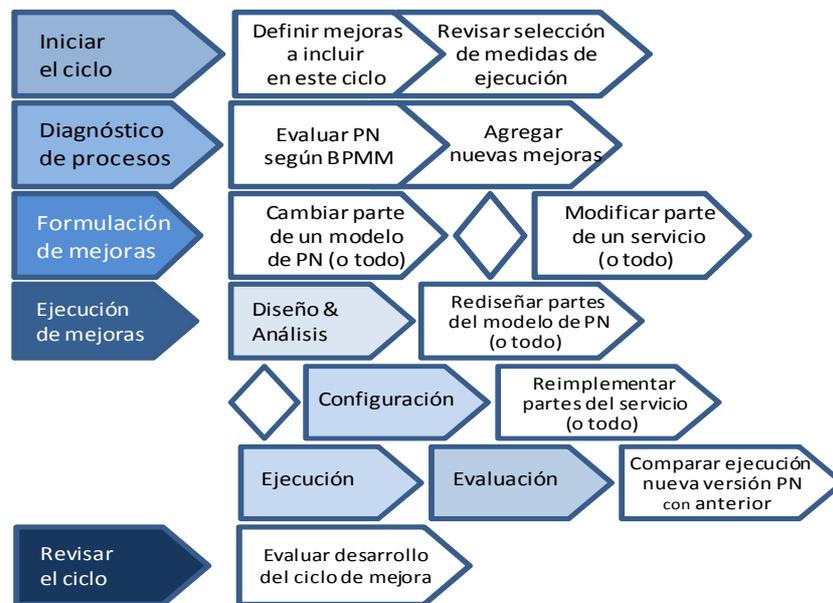
En la primer fase de Diseño & Análisis del ciclo de vida de PN, los procesos son especificados o diseñados, mediante modelos de PN en BPMN. Estos modelos son luego validados mediante técnicas de simulación o analíticas para determinar su adecuación a los objetivos planteados, o evaluar distintas opciones de diseño para el mismo. También se pueden utilizar medidas conceptuales de modelos de PN para evaluar diversos aspectos de la calidad del modelo, por ej. la complejidad, como las definidas en [13] y [14]. En esta fase se utiliza el modelo de medición de la ejecución, BPEMM de MINERVA, para seleccionar las medidas de ejecución a registrar, adecuadas a los objetivos de negocio definidos para el PN y alineados con la estrategia de negocio de la organización.

En la segunda etapa de Configuración de PN, los procesos son implementados con servicios y desarrollo dirigido por modelos, como se detalla en la siguiente sección 2.2. En esta fase se define también de qué forma se implementará la recolección de medidas de ejecución definidas en la fase anterior. Esto implica integrar en los sistemas y/o motores de ejecución de PN el log de eventos con la información necesaria para calcular posteriormente dichas medidas, según lo definido en BPEMM.

En la tercera fase de Ejecución de PN, los procesos son ejecutados en un motor de procesos adecuado a la implementación realizada (BPEL/XPDL) desde los cuales invocar a los servicios que soportan las distintas actividades, sub-procesos o procesos completos. Las medidas de ejecución definidas en BPEMM e implementadas son recolectadas a medida que se ejecutan los distintos casos (instancias) del PN, según los eventos e información definida como importante para registrar en cada momento.

En la cuarta fase de Evaluación de PN, la ejecución de los PN es evaluada analizando los resultados de la medición realizada. Las medidas son calculadas en base a la información recolectada en los logs de ejecución, que son cargados en la herramienta ProM [15] de Minería de Procesos (Process Mining) [16], que mediante diversos plug-ins permite analizar distintas vistas de la información asociada. En base al análisis realizado es posible identificar oportunidades de mejora para el PN, que pueden ser tanto a nivel de modelo de PN como del software (servicios asociados), como ser cuellos de botella en el PN, o demoras en la ejecución de servicios. Las medidas de BPEMM podrán ser analizadas con la integración de un plug-in propio para ProM que se encuentra en desarrollo.

Una vez identificadas las oportunidades de mejora se ejecutan las fases definidas en el proceso de mejora continua para llevar adelante el esfuerzo de mejora, esto es introducir las mejoras en forma sistemática para obtener el resultado deseado de mejorar alguno o varios aspectos del PN, como se muestra en la Fig.2.



**Fig. 2.** Fases y Actividades del proceso de mejora de [12] adaptadas a PN

La primera fase consiste en Iniciar el ciclo de mejora, definiendo las mejoras a incluir en esta iteración. Esto incluye definir el o los PN a mejorar y los aspectos específicos del PN a mejorar, así como los resultados esperados luego de la introducción de la mejora. Esto puede requerir una revisión de las medidas de ejecución seleccionadas anteriormente.

La siguiente fase de Diagnóstico de procesos, permite evaluar otros aspectos de la definición del PN (por ej. de gestión) según el Modelo de Madurez de PN (Business Process Maturity Model, BPMM) de la OMG. Este estándar que sigue el formato definido por los modelos de madurez del software (CMM, CMMI) incluye varias Áreas de Procesos (Process Areas) con actividades clave (Key Activities) que cuando se realizan, permiten que el PN aumente su madurez evolucionando a través de los cinco niveles de madurez del modelo. Con este diagnóstico se podrán identificar nuevas oportunidades de mejora para el PN que se podrán incluir en la iteración. Una descripción de BPMM y medidas de PN asociadas puede verse en [17].

En la siguiente fase de Formulación de mejoras, se determina como (haciendo qué) serán introducidas las mejoras correspondientes a esta iteración, que fueran definidas en las dos fases anteriores. Para esto se definen específicamente los cambios a realizar, por ej. si una actividad en un PN se identificó como cuello de botella y se quiere mejorar sus tiempos de ejecución, se puede definir que para dicha actividad se deben evaluar rediseños posibles para obtener mejores resultados. Lo mismo si el problema se refiere a la ejecución de los servicios que realizan el PN. En cualquier caso, la mejora a realizar se detallará en el documento de mejoras asociado.

En la fase de Ejecución de mejoras, el ciclo de vida de PN es reentrado en la fase que corresponda, según el tipo de mejora a realizar sobre el PN. Si la mejora refiere al modelo de PN, se recorrerá nuevamente todo el ciclo de PN empezando desde la fase de Diseño & Análisis, donde se realizará el rediseño de las partes del modelo de PN (o todo el modelo) definidas para ser mejoradas. La trazabilidad existente entre los modelos de PN en BPMN y su implementación como servicios, permitirá identificar luego en la fase de Configuración, en que servicios y/o demás artefactos de software impactan los cambios realizados. Si la mejora refiere a la implementación del PN, el modelo no se cambia pero se detectaron problemas en la ejecución del software, el ciclo de vida de PN se reingresa directamente en la fase de Configuración.

Una vez modificados el modelo de PN y/o los servicios que lo implementan, así como las medidas de ejecución a recolectar para la nueva versión del PN obtenida, se vuelve a ejecutar el PN y se registra la información asociada en los logs de ejecución. La fase de Evaluación incluye realizar las actividades indicadas previamente, más la comparación de los resultados de la medición de la ejecución de la nueva versión del PN con la anterior versión del PN que originó la introducción de las mejoras. Esta comparación además permitirá evaluar si se consiguieron los objetivos planteados para la mejora introducida en la ejecución de la nueva versión del PN.

Finalmente en la fase de Revisar el ciclo de mejora, los datos registrados sobre la ejecución del propio proceso de mejora continua se analizan para identificar oportunidades de mejora también en el desarrollo del propio proceso de mejora.

## **2.2 Mejora con SOC y MDD**

La propuesta de MINERVA incluye dos aspectos fundamentales para mejorar la informatización de los PN: una metodología para guiar la derivación de servicios desde los modelos de PN especificados y la automatización de esta generación lo más posible. La metodología de desarrollo orientado a servicios desde procesos de negocio (Business Process Service Oriented Methodology, BPSOM) [9] es la guía a seguir para definir y desarrollar servicios en la fase de Configuración, realizando los modelos de PN que fueran especificados en la fase de Diseño & Análisis. La metodología define actividades y entregables de entrada y salida de las mismas, así como roles participantes, en tres disciplinas núcleo para el desarrollo de servicios: Modelado del Negocio, Diseño e Implementación. La definición de BPSOM ha sido extendida integrando dos elementos para mejorar los modelos de servicios a obtener:

- el uso del estándar de modelado de servicios SoaML [18] en cada una de las actividades de la disciplina de Diseño de servicios para su especificación
- transformaciones QVT [19] definidas para generar modelos de servicios en SoaML automáticamente desde modelos de procesos de negocio en BPMN [20].

Desde esa definición hemos implementado la metodología como un Method plug-in del EPF Composer y publicado como sitio Web [11], para proveer interoperabilidad con otros procesos definidos de la misma forma. SoaML define un metamodelo y perfil UML, definiendo estereotipos específicos para el modelado de servicios, extendiendo el metamodelo de UML. Entre los elementos principales definidos, se encuentran la Arquitectura de Servicios (ServicesArchitecture) que es una colaboración que incluye participantes (Participants), contratos de servicios

(ServiceContracts), puertos de proveedor (Service) y consumidor (Request) de servicios en los participantes. Las interfaces pueden ser bidireccionales (ServiceInterface) o Interfaces simples UML, definen los servicios y son provistas y consumidas por los participantes en los puertos asociados. Definen operaciones, parámetros y sus tipos (que pueden ser mensajes), entre otros. Los contratos de servicio definen los roles participantes y sus obligaciones, y pueden tener asociada una coreografía que se describe en un diagrama de secuencia UML.

Las transformaciones QVT definidas explicitan las relaciones existentes entre los distintos elementos que componen un modelo de PN y sus elementos asociados en un modelo de servicios, lo que nos permite además tener trazabilidad explícita entre los elementos origen en el modelo de PN y los elementos destino asociados, generados en el modelo SoaML. Adicionalmente el uso de las transformaciones QVT para generar los modelos de servicios nos permiten reutilizar conocimiento (la propia definición de las transformaciones que define dichas relaciones), aplicar buenas prácticas de diseño en casos similares generar de la misma forma la solución, y mejorar la productividad del desarrollo al proveer la transformación inicial de elementos, que si bien tendrá que ser extendida manualmente, reduce el tiempo de diseño e implementación. La Fig. 3 presenta un ejemplo de las correspondencias definidas entre modelos de PN en BPMN y modelos de servicios en SoaML, que pueden verse en [21].

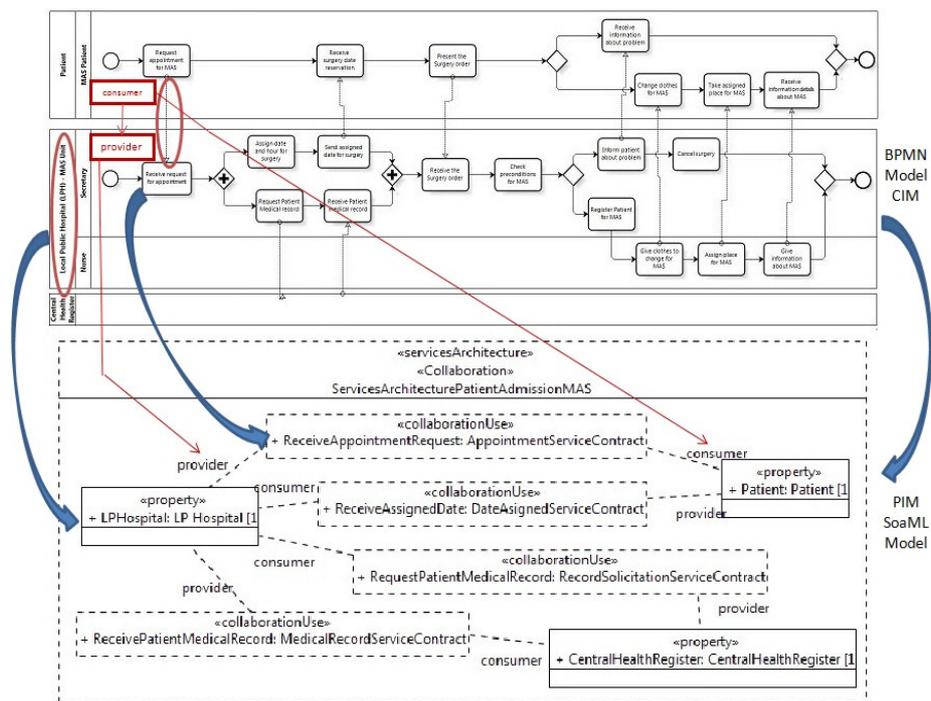


Fig. 3. Correspondencias definidas entre modelos BPMN y modelos SoaML

En la Fig. 3 se presenta el modelo BPMN del proceso “Admisión y Registro de Paciente para Cirugía Mayor Ambulatoria (CMA)”, uno de los PN del Hospital General de Ciudad Real que estamos trabajando. Muestra los participantes “Hospital

Público Local”, “Paciente” y “Registro Central de Salud”, donde el paciente solicita programar la CMA, la secretaria del Hospital reserva día y hora que le son enviados al paciente a la vez que solicita el registro médico al Registro Central de Salud. El paciente se presenta el día asignado para la CMA entregando la orden para la cirugía dada por el médico, se chequean las precondiciones para la CMA (análisis de sangre, entre otros) y si hay algún problema se informa al paciente y se cancela la cirugía, de lo contrario se prepara al paciente para la CMA. Las transformaciones QVT que definimos establecen las siguientes relaciones que se ejemplifican en la Fig. 11: cada Pool del PN se corresponde con un Participante en SoaML, los mensajes intercambiados definen los servicios provistos y consumidos por los participantes y su contrato, siendo la dirección del mensaje la que indica el rol a asignar. Por ej. el participante “Hospital PL” proveerá el servicio “RecibirSolicitudCita” que será consumido por el “Paciente”, según la especificación del contrato de servicio “RecibirSolicitudCita”. El modelo de PN en BPMN constituye el CIM en la transformación y el modelo de servicios en SoaML el PIM. Desde el modelo de servicios en SoaML es posible luego generar el código asociado constituyendo el PSM, utilizando motores MDA (como ModelPro). Esto permite completar la trazabilidad desde el PN a su implementación.

### **3 Medidas de Ejecución de PN**

La medición de la ejecución de los PN para analizar el cumplimiento de sus objetivos y detectar oportunidades de mejora asociadas, es un aspecto clave para la mejora de PN propuesta en MINERVA. Si bien las actividades de medición de los PN no son una propuesta nueva ya que están contempladas en forma general desde la definición de su ciclo de vida, la especificación de las medidas de ejecución en el modelo de medición BPEMM si lo es. La definición de dichas medidas de ejecución fue realizada utilizando el paradigma GQM (Goal, Question, Metrics) [22] según las dimensiones definidas por el denominado “cuadrante del diablo” [23][24]: tiempo, costo, flexibilidad y calidad, y para los servicios que los implementan. Las dimensiones del “cuadrante del diablo” refieren a las concesiones que es necesario hacer entre dichos aspectos cuando se diseña o rediseña un PN, ya que por ej. agregar tareas para mejorar la calidad del proceso puede impactar negativamente en la duración del mismo. Por lo que es de suma importancia contar con información de la ejecución del PN en cada una de dichas dimensiones, al momento de analizar las mejoras a realizar.

El paradigma GQM se basa en la idea de que una organización debe especificar primero sus objetivos para poder medir con sentido lo que hace. Permite definir y evaluar un conjunto de objetivos operacionales en base a la medición, con un enfoque sistemático para la integración de objetivos con modelos de procesos, productos, recursos y diferentes perspectivas, según las necesidades de la organización y proyecto. Inicialmente definido para evaluar defectos en proyectos de software, su uso ha sido expandido a la definición de objetivos en esfuerzos de mejora en organizaciones de software. Dado que nuestra propuesta integra un proceso de mejora continua que también proviene del software, el uso de GQM para la definición del modelo de medición BPEMM que proponemos se define en el mismo sentido.

Las medidas de BPEMM por lo tanto, se definen con tres elementos principales:

- **Objetivo (Goal):** se define para la organización, sección, proyecto o proceso, desde diversos puntos de vista, con respecto a distintos modelos.
- **Pregunta (Question):** se utiliza para caracterizar la forma en que se evaluará cada objetivo específico respecto a la característica de calidad según un punto de vista.
- **Medida (Metric):** conjunto de datos que se asocia con cada pregunta para responderla en forma cuantitativa. Las medidas pueden ser objetivas o subjetivas.

Con foco en organizaciones que implementan sus PN con servicios, el conjunto de medidas de ejecución que propone BPEMM se define en varias perspectivas según las siguientes vistas: para PN genéricos (cualquier tipo de PN como médicos, producción, de software), específicas para determinados dominios, y específicas de ejecución de servicios que realizan los PN. Adicionalmente a la definición de los elementos de GQM para cada perspectiva y dimensión en lenguaje natural como establece el paradigma, presentamos las medidas y conceptos asociados en forma gráfica según la Ontología de la Medición del Software (Software Measurement Ontology, SMO) [25] implementada en la SMTool [26]. La SMO define distintos tipos de medidas: medidas base, medidas derivadas e indicadores, que representadas gráficamente en la SMTool brindan una visión global rápida y clara de las medidas definidas para satisfacer las necesidades de información detectadas en la organización.

### 3.1 Medidas en la perspectiva PN genéricos dimensión del Tiempo

Como ejemplo de las medidas de ejecución de BPEMM presentamos de la perspectiva de ejecución de PN genéricos en su dimensión del Tiempo, las asociadas con el desempeño (Performance) del PN en la duración (Throughput Time, TT o Cycle Time, CT) del PN. La duración de un caso (instancia) específico de ejecución de un PN es el tiempo total incurrido desde el momento en que el caso inicia hasta que se completa [24]. Para calcularlo se tienen en cuenta distintos tiempos según distintos enfoques siendo los principales los tiempos de: cambio, suspensión, encolado (queue), procesamiento (processing), servicio, instalación (setup) y espera (waiting) [24][27][28]. Para nuestro modelo definimos los tiempos de habilitación (enabled), inicio (start) y fin (completion) de una actividad como medidas base, y a partir de dichos tiempos definimos medidas derivadas e indicadores, algunos de los cuales se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Ejemplo modelo GQM definido en BPEMM para medir el Throughput Time de PN

<b>Goal</b>	<b>Purpose Issue Object</b>	<b>Minimize the throughput time (TT) of the BP</b>
<b>Question</b>	Q1	which is the actual throughput time of the BP
<b>Metrics</b>	M1 (base)	Enabled time of an Activity (ET)
	M2 (base)	Start time of an Activity (ST)
	M3 (base)	Completion time of an Activity (CT)
<b>Metrics</b>	M4 (derived)	Working time of an Activity (AWoT = CT – ST)
	M5 (derived)	Waiting time of an Activity (AWaT = ST – ET)
	M6 (derived)	Total Working time of a BP case (TWOt = $\sum$ (AWoT))
	M7 (derived)	Total Waiting time of a BP case (TWAoT = $\sum$ (AWaT))

M8 (derived)	Throughput Time of a BP case ( $BPTT = TWoT + TWA_T$ )
M9 (indicator)	Activity Working time vs. Activity Waiting time index ( $ATI = AWaT/AWoT$ ) Decision criteria = Index DC: R1: $0 \leq TTI \leq L1 = "LOW" \rightarrow GREEN$ ; R2: $L1 < TTI < L2 = "MEDIUM" \rightarrow YELLOW$ ; R3: $L2 \leq TTI = "HIGH" \rightarrow RED$
M10 (indicator)	Total BP Working time vs. Total BP Waiting time index ( $TTI = TWaT/TWoT$ ) Decision criteria = Index DC.
M11 (indicator)	Percentage of total BP Working time in total BP TT ( $PWoT = TWoT * 100 / BPTT$ ) Decision criteria = Percentage DC: R1: $0 \leq TTI < L1 = "LOW" \rightarrow RED$ ; R2: $L1 \leq TTI < L2 = "MEDIUM" \rightarrow YELLOW$ ; R3: $L2 \leq TTI \leq 100 = "HIGH" \rightarrow GREEN$
M12 (indicator)	Percentage of Total BP Waiting time in Total BP TT ( $PWaT = TWA_T * 100 / BPTT$ ) Decision criteria = Inverse Percentage DC (GREEN, YELLOW, RED)
M13 (indicator)	Average BP Throughput Time for all BP cases ( $ABPTT = \sum BPTT / \text{Total BP cases}$ ) Decision criteria = Inverse Percentage DC (GREEN, YELLOW, RED)

La Fig. 4 muestra las medidas de ejecución de la Tabla 1 en la SMTool.

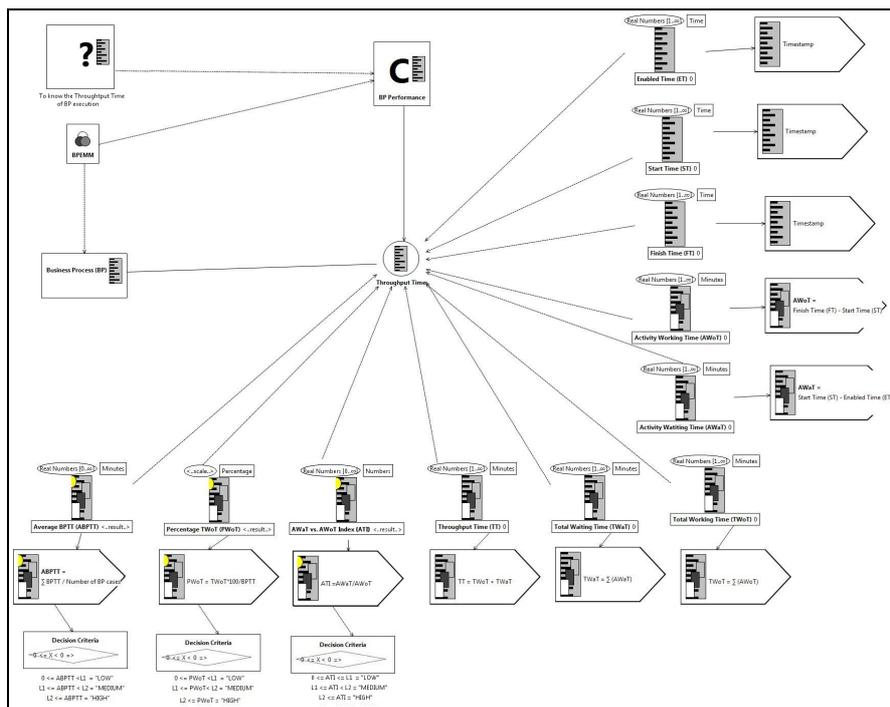


Fig. 4. Medidas de ejecución de BPEMM para el Throughput Time de PN

En la esquina superior derecha de la Fig. 4 se muestran las tres medidas base sobre cada actividad: el tiempo de habilitación, el de inicio y el de fin, que se registran mediante timestamps. En base a estas medidas se calculan las medidas derivadas de tiempo de trabajo y de espera por actividad, tiempo total de trabajo, total de espera y

total (Throughput time) del BP, para cada caso ejecutado del PN. Finalmente los indicadores de porcentaje de tiempo total de trabajo y tiempo total de espera para cada caso del PN y tiempo medio total de ejecución del PN (Average Throughput time) de los casos ejecutados del PN. Los indicadores llevan asociados rangos cuyos extremos son etiquetas (L1,L2) que serán instanciadas numéricamente al momento de seleccionar las medidas de ejecución en la fase de Diseño&Análisis, definiendo los valores para interpretar los resultados de la medición. En la misma dimensión pero en la perspectiva de ejecución de servicios que realizan los PN, se definen otras medidas como por ej. tiempo de respuesta (response time), rendimiento (throughput) y disponibilidad (availability) asociadas con los Service Level Agreement (SLA).

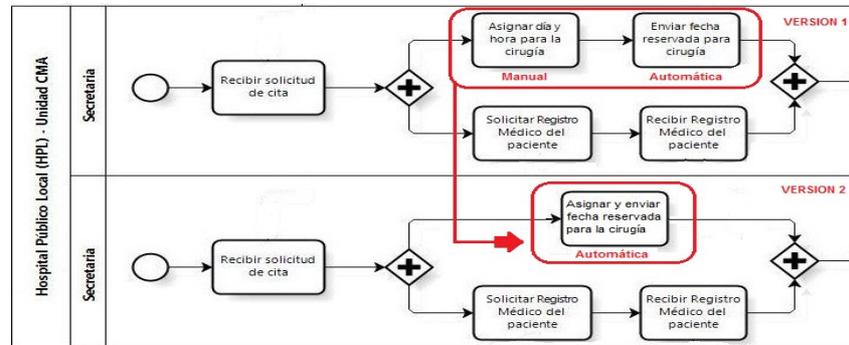
### 3.2 Ejemplo de aplicación de las medidas de ejecución

Suponiendo que a nivel gerencial en la fase de Diseño&Análisis se eligió el conjunto de medidas de ejecución de la perspectiva ejecución de PN genéricos dimensión del Tiempo como medidas asociadas al PN presentado en la Fig. 3 “Admisión y Registro de Paciente para CMA”. La organización corresponde al participante “Hospital PL” por lo que se implementan los servicios “RecibirSolicitudCita” y “RecibirRegistroMedicodelPaciente”, según la Arquitectura de Servicios modelada. Estos servicios serán invocados externamente por los participantes “Paciente” para enviar una solicitud de cita CMA (por ej. página Web) y “Registro CentralSalud” para enviar los datos del registro médico del paciente. Por otro lado, el participante “Paciente” proveerá el servicio “RecibirFechaCirugia” (e-mail o sms), para recibir la fecha de la cirugía. El “RegistroCentralSalud” proveerá un servicio para ser invocado por el “Hospital PL” para realizar el pedido del registro médico del paciente.

La recolección de dichas medidas fue implementada en el software de ejecución del PN obteniendo logs de la ejecución de los casos del PN, con los que se calculan las medidas definidas para el Throughput Time obteniendo entre otras:

- ABPTT (Average TT para el BP) = 8640 minutos (6 días)
- BPTT máx.(máximo valor TT para el BP) = 21600 minutos (15 días)
- BPTT min. (mínimo valor TT el BP) = 2880 minutos (2 días)

Adicionalmente otras medidas como el tiempo promedio de trabajo total del BP (para todos los casos) y el índice entre tiempo de trabajo total y tiempo de espera total en el BP, indican que el tiempo total del BP está incrementado por tiempos de espera en la ejecución de varias de sus actividades. Luego de analizar los valores para varios casos se observa que el indicador M9 del índice ATI de la relación entre tiempo de trabajo y tiempo de espera de una actividad, se encuentra en el 90% de los casos en el rango definido como “High” para la actividad “Asignar día y hora para la Cirugía” del PN, lo que indica que el tiempo de espera registrado en dicha actividad supera ampliamente al tiempo de trabajo en la misma. Esto permite detectar un problema en el PN localizando su origen, iniciando un ciclo de mejora con foco en dicha actividad, para evaluar distintos re-diseños del modelo de PN, como ser juntar esa actividad con la actividad siguiente de “Enviar fecha reservada para Cirugía” en una de mayor granularidad que realice en forma automática las dos tareas, eliminando la intervención manual en la primer actividad, entre otras opciones [24]. En la Fig. 5 se muestra para el participante “Hospital PL” correspondiente a la organización que utiliza el marco MINERVA, las versiones del PN antes y después de la mejora.



**Fig. 5.** Comparación de versiones del PN “Admisión y Registro Paciente CMA”

Las opciones de rediseño se pueden evaluar mediante técnicas de análisis o simulación, y luego de seleccionar una se implementa en el modelo de PN dando lugar a una nueva ejecución del ciclo de vida asociado, hasta el cálculo de las medidas asociadas con la ejecución de la nueva versión del PN. Finalmente estas medidas son comparadas con las anteriores para evaluar si la mejora introducida ha conducido a obtener los objetivos planteados para el PN, en este caso según se define para la mejora, reducir el tiempo promedio duración del PN (Throughput Time) de 6 a 4 días.

#### 4 Trabajo relacionado

En relación a la medición de PN los trabajos en [16][24][27][28] han sido referencias para nuestras definiciones, donde se presentan medidas de ejecución y su análisis. Process Mining [16] ayuda a descubrir modelos de PN no existentes explícitamente a partir de su ejecución, chequear conformidad entre modelos y procesos ejecutados, extender los modelos con información de los logs y analizar y evaluar ejecución de los PN. En [24][27] se utilizan técnicas analíticas para estimar la performance de los PN, en [24] se presentan varias alternativas de rediseño de PN. En [28] se plantea la construcción de un datawarehouse para analizar y evaluar la ejecución de PN. Las definiciones y medidas en [13][14] son complementarias a nuestro planteo y pueden utilizarse conjuntamente para la medición conceptual de PN, esto es de los modelos antes de su implementación, y no medidas de su ejecución que constituyen el foco de nuestra propuesta. Otras técnicas como Balance Scorecard [29] se utilizan para alinear PN con los objetivos estratégicos de la organización y definir medidas asociadas, una comparación con GQM puede verse en [30].

En cuanto a la realización de PN con servicios y desarrollo dirigido por modelos, existe cada vez más atención tanto por parte de la comunidad académica como de la industria, como lo evidencia la cantidad de trabajos recuperados en la revisión sistemática que realizamos al respecto al iniciar nuestra investigación [31]. En dicho trabajo se presenta el análisis de las propuestas seleccionadas en base al cual se identifican siete principios para la integración de los paradigmas BPM, SOC y MDD: modelado de PN y de servicios, transformación de modelos, enfoque metodológico, uso de patrones (procesos y diseño), procesos colaborativos y herramientas (soporte), que hemos tenido en cuenta en la definición del marco MINERVA.

## 5 Conclusiones y trabajo futuro

MINERVA propone un marco de trabajo para la mejora continua de PN basado en la gestión de su ciclo de vida y su implementación con servicios y desarrollo dirigido por modelos. Define un proceso de mejora BPCIP e integra actividades de medición en forma explícita en el ciclo de vida de PN. El modelo de medidas de ejecución de PN definido, BPEMM, permite seleccionar las medidas de ejecución identificando los objetivos definidos para los PN según las necesidades de la organización. Las medidas de BPEMM se definen según el paradigma GQM, por lo que, los objetivos, preguntas y medidas para analizar su cumplimiento, están claramente explicitadas. Adicionalmente, cada GQM tiene su representación gráfica con SMTTool, lo que permite además una visualización global del mismo. Una de las contribuciones más importantes del BPCIP y BPEMM definidos está dada por la integración de los distintos métodos presentados, las medidas de ejecución existentes y nuevas definidas, proveyendo trazabilidad desde los objetivos del negocio a la implementación del software. La implementación de PN con servicios y desarrollo dirigido por modelos se basa en la metodología BPSOM para modelar PN con BPMN y servicios con SoaML, y generación automática de servicios desde PN, lo más posible. Actualmente estamos generando modelos de servicios SoaML completos que se pueden visualizar en el plug-in SoaML de Eclipse que estamos desarrollando, para cerrar el ciclo de modelado–generación–diseño–implementación propuesto en MINERVA. Asimismo estamos completando la definición del modelo de medidas de ejecución BPEMM, y desarrollando un plug-in ProM para el análisis de las medidas de ejecución definidas, que permita evaluar la ejecución de los PN y descubrir las oportunidades de mejora que serán luego incorporadas en el PN siguiendo el proceso de mejora continua presentado.

**Agradecimientos.** Este trabajo ha sido financiado parcialmente por la Agencia Nacional de Investigación e Innovación (ANII, Uruguay), proyecto ALTAMIRA (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, España, Fondo Social Europeo, PII2109-0106-2463), proyecto PEGASO/MAGO (Ministerio de Ciencia e Innovación MICINN, España, Fondo Europeo de Desarrollo Regional FEDER, TIN2009-13718-C02-01), proyecto INGENIOSO (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, España, PEII11-0025-9533) y proyecto MOTERO (Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, España, PEII11-0366-9449).

## Referencias

1. Weske, M., BPM Concepts, Languages, Architectures, Springer, (2007)
2. Smith, H., Fingar, P., Business Process Management: The third wave, Meghan-Kieffer, (2003)
3. van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A., Weske, M., Business Process Management: A Survey, In: International Conference on Business Process Management, (2003)
4. Papazoglou, M.; Traverso, P.; Dustdar, S.; Leymann, F.: Service-Oriented Computing: State of the Art and Research Challenge, IEEE Computer Society, (2007)
5. Mellor, S., Clark, A., Futagami, T., Model Driven Development - Guest editors introduction, IEEE Computer Society, Setiembre/Octubre (2003).
6. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M.: MINERVA: Model driven and service oriented framework for the continuous BP improvement & related tools, 5th Int. Work. Engineering SO Applications (WESOA'09), Estocolmo, Nov., (2009)

7. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M: A Model-driven and Service-oriented framework for the BP improvement, *Journal of Systems Integration (JSI)*, Vol.1, No.3, ISSN: 1804-2724, Julio (2010).
8. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M., Towards an ontology for service oriented modeling supporting business processes, 4th. International Conference on Research Challenges in Information Science (RCIS'10), Niza, Mayo (2010).
9. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M., Towards a Service-Oriented and Model-Driven framework with business processes as first-class citizens, In: 2nd IC on Business Process and Services Computing (BPSC 09), Leipzig, Marzo (2009)
10. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I.: Mejora continua de procesos de negocio basada en PmCOMPETISOFT integrando BPM. III Taller sobre Procesos de Negocio e Ingeniería de Servicios (PNIS'10) en XV JISBD'10, Valencia, Setiembre (2010).
11. Delgado, A., García - Rodríguez de Guzmán, I., Ruiz, F., Piattini, M.: Tool support for Service Oriented development from Business Processes, 2nd International Workshop on Model-Driven Service Engineering (MOSE'10), Málaga, (2010)
12. Pino, F., Hurtado, J., Vidal, J., García, F., Piattini, M.: A Process for Driving Process Improvement in VSEs, Int. Conf. on Software Process (ICSP'09), Vancouver, (2009)
13. Sánchez, L., García, F., Ruiz, F., Piattini, M., BILMA: Entorno para la Mejora Continua de PN guiada por la Medición, En: XIII Congreso Iberoamericano en "Software Engineering" (CibSE'10), Cuenca, Abril (2010)
14. Mendling, J., Metrics for process models, Springer, 978-3-540-89223-6, (2008)
15. ProM, Process Mining Group, Eindhoven University of Technology, The Netherlands.
16. van der Aalst, W.M.P., Reijers, H. A., Medeiros, A., Business Process Mining: an Industrial Application, *Information Systems Vol.32 Issue 5*, 713-732, (2007)
17. Sánchez, L., Delgado, A., Ruiz, F., García, F., Piattini, M.: Measurement and Maturity of Business Processes. Eds.: Cardoso, J., van der Aalst, W., *Handbook of Research on Business Process Modeling*, Information Science Reference (IGI Global), pp.532-556, (2009)
18. Soa Modeling Language (SoaML), OMG, <http://www.omg.org/spec/SoaML/>, (2009)
19. Query/Views/Transformations(QVT)v.1.0, OMG <http://www.omg.org/spec/QVT/1.0/>, (2008)
20. BP Modeling Notation(BPMN), OMG, <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/> (2011)
21. Delgado, A., García - Rodríguez de Guzmán, I., Ruiz, F., Piattini, M: From BPMN business process models to SoaML service models: a transformation-driven approach. 2nd Int.Conf. on Software Tech. and Engineering (ICSTE 2010), San Juan de Puerto Rico, Octubre (2010)
22. Basili, V.R., *Software Modeling and Measurement: The Goal Question Metric Paradigm*, Computer Science Tech. Report Series, CS-TR-2956, University of Maryland, (1992)
23. Brand, N., Van der Kolk, H., *Workflow Analysis and Design*, (1995)
24. Reijers, H. *Design and Control of Workflow Processes: Business Process Management for the Service Industry*, LNCS, (2003)
25. García, F., et al., Towards a Consistent Terminology for Software Measurement, *Information and Software Technology*, 48, pg 631-644, (2005)
26. Mora, B., García, F., Ruiz, F., Piattini, M.: SMML: Software Measurement Modeling Language, 8th OOPSLA Workshop on Domain-Specific Modeling, Nashville, Oct. (2008)
27. Laguna, M., Marklund, J., *BP Modeling, Simulation and Design*, Prentice Hall, (2005)
28. zur Muehlen, M., *Workflow-based Process Controlling*, Foundation, Design, and Application of Workflow-driven Process IS, Logos Verlag, Berlin, (2004)
29. Kaplan, R.S., Norton, D.P., The balanced Scorecard – Measures that drive performance, *Harvard Business Review*, Vol. 10, No. 1, pp. 71-79, Enero-Febrero (1992)
30. Buglione, L., Abran, A., Balance Scorecards and GQM: what are the differences?, FESMA-AEMES Software Measurement Conference, Madrid, (2000).
31. Delgado A., Ruiz F., García-Rodríguez de Guzmán I., Piattini M, Application of service-oriented computing and model-driven development paradigms to business processes: a systematic review, 5th Int. Conf. on Software and Data Techs. (ICSOFT'10), Atenas, (2010)