

Análisis de los Procesos Centrados al Paciente en el Área de Radiología: Un Enfoque Orientado al Modelado de Procesos de Negocio

N.P. Navor-Galeana^{*,**}
J. Gutiérrez Martínez^{**}
F.M. Martínez Licona^{***}
R. Molina Salazar^{****}

^{*}Posgrado en Ingeniería
Biomédica. UAM-Iztapalapa.
Av. San Rafael Atlixco 186,
Vicentina, 09340, México D.F.

^{**}Subdirección de
Investigación Tecnológica.
Instituto Nacional de
Rehabilitación. Calz. México
Xochimilco 289, Arenal de
Guadalupe, 14389, México
D.F.

^{***}Centro de Investigación e
Imagenología.
UAM-Iztapalapa. Av. San
Rafael Atlixco 186, Vicentina,
09340, México D.F.

^{****}Departamento de
Economía. UAM-Iztapalapa.
Av. San Rafael Atlixco 186,
Vicentina, 09340, México D.F.

RESUMEN

En los últimos años se han desarrollado herramientas para el modelado de procesos que fueron diseñadas en un principio para el ámbito industrial y que hoy en día aún no han sido ampliamente aplicadas en el medio hospitalario. En este trabajo se presenta el análisis de los procesos de atención a pacientes ambulatorios y hospitalizados atendidos en el servicio de radiología del Instituto Nacional de Rehabilitación de la Ciudad de México, mediante la aplicación del modelado de procesos de negocio BPMN el cual mostró a través de índices de flujo de trabajo que la duración de los procesos a los pacientes de urgencias (7.87 ± 4.50 min/estudio) fue menor en comparación a la atención a los pacientes de estudios especiales (53.69 ± 13.12 min/estudio); así mismo se calcularon los tiempos de utilización de la tecnología médica radiológica y se mostró la secuencia de actividades del personal involucrado en los procesos. Además, fue posible identificar las variables que influyen en la realización de estudios radiológicos (edad y condición física) siendo la edad la más estadísticamente significativa en la realización de estudios de urgencias ($p = 0.004$). La aplicación de BPMN en los procesos de salud brinda una herramienta de apoyo a la mejora continua, a la optimización de los recursos e identificación de los elementos limitadores en los procesos de atención a los servicios médicos.

Palabras clave: BPMN, flujo de trabajo, subprocesos, tecnología médica.

Correspondencia:

Navor Galeana Norma Patricia
Departamento de Desarrollo
Tecnológico/Subdirección de
Investigación Tecnológica.
Calzada México Xochimilco
289, Arenal de Guadalupe,
14389, México D.F. 59991000
ext. 19019.

Correo electrónico:
navorgp@gmail.com

Fecha de recepción:
20 de Febrero de 2013
Fecha de aceptación:
23 de Agosto de 2013

ABSTRACT

In recent years, a set of tools for processes modeling have been developed, that was originally designed for the industrial environment, and that up to date has not been widely applied in healthcare environment. This paper presents the implementation of the processes analysis of outpatients and inpatients care attended in the radiology department of the National Institute of Rehabilitation in Mexico City, applying the business processes modeling notation (BPMN), which showed through the use of workflow indexes, that the attention processes duration for emergency patients (7.87 ± 4.50 min/study) was lower when compared to the special studies patients (53.96 ± 13.12 min/study), as well as the using time of medical radiological technology and the sequence of activities of the personnel involved in the processes. In addition, it was possible to identify the variables that influence the realization time of radiological studies (age and physical condition), being age the one with the greatest statistical significance for the realization time of emergency studies ($p = 0.004$). The application of BPMN in health processes provides a supporting tool for continuous improvement, resources optimization and identification limiting factors in the processes of care medical services.

Keywords: BPMN, workflow, threads, medical technology.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han diseñado y desarrollado herramientas para modelar los procesos de negocio y flujo de trabajo principalmente en el ámbito industrial con la finalidad de analizar y mejorar la eficiencia y eficacia de sus procesos [1]. Sin embargo, los procesos de negocio y flujo de trabajo son conceptos que tienen diferencias entre ellos. El primero mide el conjunto de actividades destinadas a producir una determinada salida para un cliente específico; esta salida se produce por medio de actividades relacionadas entre sí, las cuales se describen a través del flujo de trabajo; dónde éste juega un papel fundamental dentro del proceso debido a su capacidad de controlar los tiempos y movimientos del personal durante el desarrollo de las tareas [2]. En consecuencia, para analizar los procesos no sólo se requiere identificar a los clientes, la producción y el límite, sino que también es necesario considerar su flujo de trabajo en donde se controla el cómo y cuándo el personal se interrelaciona para llevar a cabo sus actividades y tareas [2].

Para la optimización de un proceso es necesario analizar cada una de las actividades involucradas en su flujo de trabajo y cuándo una actividad es compleja, lo conveniente es separarla en subprocesos y realizar a su vez el análisis y optimización de los mismos de manera recursiva [2]. Por lo que surge desde 2004 una notación estandarizada definida como BPMN (de sus siglas en inglés, Business Process Modeling Notation) para facilitar el modelado de procesos de negocio a los no especialistas en modelado [1]. Este estándar fue diseñado para coordinar la secuencia de los procesos y los mensajes que fluyen entre los participantes de las diferentes actividades; así proporciona un lenguaje común para que las partes involucradas puedan comunicar los procesos de forma clara, completa y eficiente [3]. La descripción de procesos mediante BPMN ha permitido desarrollar diversos tipos de análisis; por ejemplo, la aplicación de técnicas de minería de datos en la comparación de la información obtenida en la ejecución de las acciones y las salidas de los procesos a fin de evaluar las desviaciones entre un modelo y su implementación práctica [4]. Así como su aplicación en la realización de análisis de

requerimientos a fin de facilitar la identificación de roles y reglas de negocio, además de mejorar la colaboración entre los analistas y los arquitectos de software y de tecnologías de la información [5].

El diseño de BPMN orientado a usuarios no expertos lo hace ideal para el modelado de los procesos en salud [6], los cuales son generalmente complejos, ya que en ellos podemos encontrar la participación de varios roles (especialista, médico, técnico, enfermera, etc.); a su vez varios roles pueden intervenir en una misma actividad (procedimiento quirúrgico, radiológico, etc.) y una actividad (medición de la presión) puede ser realizada por diferentes roles (médico o enfermera). Esta característica recursiva y anidada de los procesos en salud hace que su análisis sea particularmente difícil debido a su naturaleza multidisciplinaria, dinámica y adaptada a la situación específica de cada hospital. Sin embargo a pesar de la complejidad del análisis, recientemente se ha encontrado que la aplicación del modelado de procesos en salud brinda un enfoque prometedor para obtener una mejor comprensión de los mismos [2,4,7-13].

El hecho de que existan procesos complejos en salud resalta la importancia del papel que juega la definición de los flujos de trabajo en el modelado de los procesos con BPMN. Asimismo este tipo de representación de procesos se ha podido utilizar para la elaboración de guías de práctica clínica [9], para el modelado de los procedimientos clínicos en el tratamiento de carcinoma de colon y recto generando un modelo gráfico comprensible para fines académicos y de gestión de la calidad [10] y para el modelado de los procesos en el área de Anatomía Patológica con la finalidad de implementar programas de mejora continua [11].

En lo referente a la inconsistencia en la información, a los datos incompletos que se encuentran en los expedientes de los pacientes, así como, a la diversidad y falta de interoperabilidad entre las arquitecturas de los sistemas informáticos hospitalarios (SIH) actuales, que son algunos de los problemas más frecuentes que las tecnologías de la información afronta en el campo de la salud. En este sentido BPMN ofrece la posibilidad de proporcionar un

marco de referencia más claro para el acceso oportuno y dinámico de la información del paciente [12].

En este trabajo se presenta el análisis de los procesos centrados en la atención a pacientes ambulatorios y hospitalizados que utilizan el servicio de radiología del Instituto Nacional de Rehabilitación (INR) de la Ciudad de México, mediante la aplicación del modelado de procesos de negocio BPMN. Los procesos de atención en el servicio de radiología se identificaron tomando en cuenta la procedencia de los pacientes atendidos y la tecnología médica utilizada.

MATERIAL Y MÉTODOS

A fin de desarrollar el modelado de procesos de atención a pacientes en el servicio de radiología se plantearon cuatro etapas. En la primera se identificaron los flujos de trabajo y se describieron los procesos, la segunda presenta los procesos a través del modelado BPMN, la tercera se enfoca en la evaluación de los procesos mediante la definición de índices de flujo de trabajo y en la última etapa se analizan los resultados obtenidos. A continuación se describen detalladamente cada una de las etapas mencionadas.

a) Identificación de los procesos

El paso inicial para la identificación de los procesos es recabar la información (recoger datos a medida que van sucediendo) referente a las actividades y roles del personal involucrado, la procedencia de los pacientes atendidos, la tecnología médica utilizada, así como documentar la secuencia de las actividades que se llevan a cabo en el servicio de radiología mediante el registro en sitio (Figura 1).

En el servicio de radiología, por ejemplo, la secuencia de actividades para la realización de un estudio radiológico inicia cuando el paciente se encuentra en el servicio de radiología y el técnico radiólogo recibe la solicitud de estudio; posteriormente éste pasa al paciente a la sala de Rayos X (RX) con la ayuda del camillero y/o enfermera, da instrucciones para su preparación, y realiza el estudio solicitado.

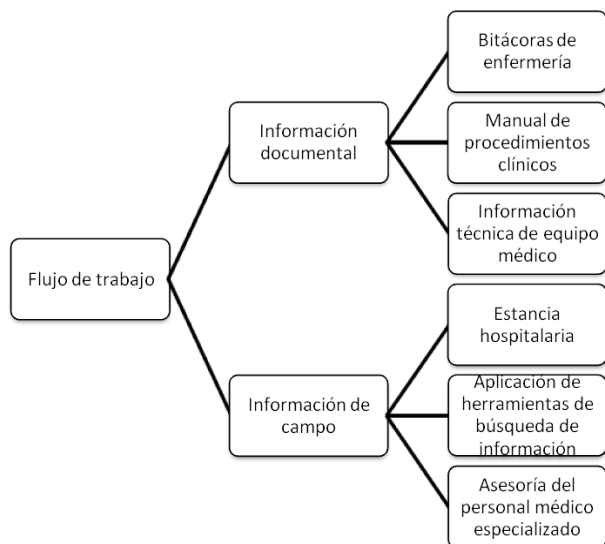


Figura 1. Fuentes de información.

Una vez terminado, lo identifica con la información del paciente, lo digitaliza e imprime, finalmente lo entrega al médico radiólogo o al paciente.

b) Modelado de los procesos en BPMN.

La representación gráfica de los procesos identificados se realizó mediante el modelado de sus flujos de trabajo en BPMN para lo cual se utilizó el programa de licencia libre Bizagi Process Modeler [14].

c) Evaluación de los procesos.

La evaluación de los procesos identificados se enfocó principalmente a las actividades de los flujos de trabajo donde la tecnología médica radiológica es utilizada en la atención a los pacientes, así como a la duración total de cada proceso. Esta etapa fue realizada mediante el registro en sitio de los tiempos para generar los índices de flujo de trabajo que a continuación se definen:

- i) Índice de tiempo promedio de realización del estudio radiológico en sala o con equipo móvil de RX (TRE , expresado en *minutos/estudio*). El TRE se calculó restando la hora de registro en la que el paciente sale de la sala de RX (t_s) menos la hora de registro en la que el paciente ingresa a la sala de RX (t_e), dividiendo

el resultado entre el número de estudios realizados al paciente (E). La división obedece a que puede haber pacientes a los que se les realiza más de un estudio de acuerdo a las indicaciones de su médico.

$$TRE = \frac{t_s - t_e}{E} \quad (1)$$

- ii) Índice de tiempo promedio de digitalización-impresión por estudio radiológico (TRV , expresado en *minutos/estudio*). Es la hora de registro en que la o las placas radiográficas salen de la impresora (r_s), menos la hora de registro del inicio de la digitalización (r_i), entre el número de estudios digitalizados (E). La división entre E se debe a que los técnicos radiólogos procesan más de un estudio por paciente.

$$TRV = \frac{r_s - r_i}{E} \quad (2)$$

- iii) Índice de tiempo promedio de entrega del estudio radiológico al paciente o al médico radiólogo para su interpretación (TEE , expresado en *minutos/estudio*). El TEE se obtiene mediante la substracción de la hora de registro en que el estudio es entregado al paciente o médico radiólogo (t_e) menos la hora de registro en que la o las placas radiográficas salen de la impresora (r_s) entre el número de estudios realizados por paciente.

$$TEE = \frac{t_e - r_s}{E} \quad (3)$$

- iv) Índice de tiempo total de realización de un estudio radiológico en el servicio de radiología (TTE , expresado en *minutos/estudio*). El TTE se calculó sumando los tiempos de cada una de las actividades del flujo de trabajo, del inicio al final de cada proceso.

$$TTE = \sum_{n=1}^i t_n \quad (4)$$

Donde:

t_n = tiempo de la actividad n del personal involucrado.

i = número total de actividades realizadas por proceso.

Con la finalidad de determinar el número de estudios mínimos a registrar por proceso, se cálculo una muestra estadísticamente significativa que se describe en la sección siguiente.

d) Análisis estadístico

Los índices de flujo de trabajo definidos anteriormente fueron analizados mediante estadística multivariada y descriptiva. Por otra parte, se emplearon las ecuaciones 5, 6 y 7 para determinar el número mínimo de estudios a registrar por proceso identificado y así calcular una muestra estadísticamente significativa con un intervalo de confianza del 95% [15].

$$E = \frac{\sigma_{\text{máxima}}}{\sqrt{a}} \quad (5)$$

$$n_o = \left[\frac{Z * \sigma}{E} \right]^2 \quad (6)$$

$$n = \frac{n_o}{1 + \frac{n_o}{N}} \quad (7)$$

Donde:

$\sigma_{\text{máxima}}$ = desviación estándar máxima por tipo de estudio radiológico.

E = error estándar.

a = 12, meses en un año.

Z = 1.96, relativo al intervalo de confianza del 95%.

n_o = tamaño teórico de la muestra.

N = promedio mensual de estudios realizados.

n = número de estudios necesarios para tener significancia estadística.

σ = desviación estándar mensual de estudios realizados.

Durante la realización de los estudios radiológicos en las salas de RX se identificaron dos variables que están directamente relacionadas con los pacientes y que determinan los tiempos obtenidos para calcular el índice *TRE*, éstas se describen como Edo_pac (Condición física) y Grupo (Edad) y para identificar cuál de ellas tiene mayor impacto en

TRE se determinó su significancia estadística ($p < 0.05$) mediante ANOVA de un factor utilizando el software SPSS 16.0. A continuación se describen las variables identificadas.

Edo_pac.- Esta variable considera las maniobras que el paciente debe realizar y las dificultades que debe afrontar para colocarse en la posición indicada por el técnico radiólogo. De esta forma las salidas de la variable pueden ser “necesitó ayuda para la realización del estudio” y “no necesitó ayuda para la realización del estudio”.

Grupo.- Esta variable se clasificó por grupos de edad, el Grupo 0 integra a los pacientes de 0 a 20 años, el Grupo 1 a los de 21 a 40 años, el Grupo 2 a los de 41 a 60 años y el Grupo 3 a los mayores de 61 años.

RESULTADOS

El servicio de radiología atiende a pacientes de consulta externa, hospitalización, urgencias y quirófano; además cuenta con equipos de radiología computada (RC) para digitalizar las imágenes provenientes de los chasis de fósforo que se utilizan en las cinco salas de RX telemando con fluoroscopia donde se realizan tanto estudios simples de RX como estudios especiales, también cuenta con equipos de radiología móvil en quirófano; así como una sala completamente digital (RD) ubicada en el servicio de urgencias (Tabla 1). Cabe mencionar que durante la realización de este trabajo, el servicio de radiología no contaba con un sistema de almacenamiento y distribución de imágenes radiográficas digitales por lo que los estudios incluidos en este análisis fueron impresos en placas radiográficas. A continuación se presentan los resultados obtenidos en cada etapa planteada en la metodología.

a) Identificación de los procesos

En el servicio de radiología se identificaron cinco procesos de atención a los pacientes, el personal involucrado o roles y la tecnología médica utilizada en cada uno de ellos (Tabla 1).

Tabla 1. Procesos de atención a los pacientes atendidos en el servicio de radiología del INR

Procedencia del paciente	Personal involucrado (roles)	Tecnología utilizada
Consulta Externa (estudio simple)	Recepcionista y Técnico Radiólogo	
Hospitalización (estudio simple)	Técnico radiólogo, enfermera y camillero	Radiología Computada (RC)
Quirófano (estudio simple)	Enfermera y Técnico Radiólogo	
Estudio Especial Urgencias (estudio simple)	Enfermera, Técnico y Médico Radiólogo	Radiología Digital (RD)

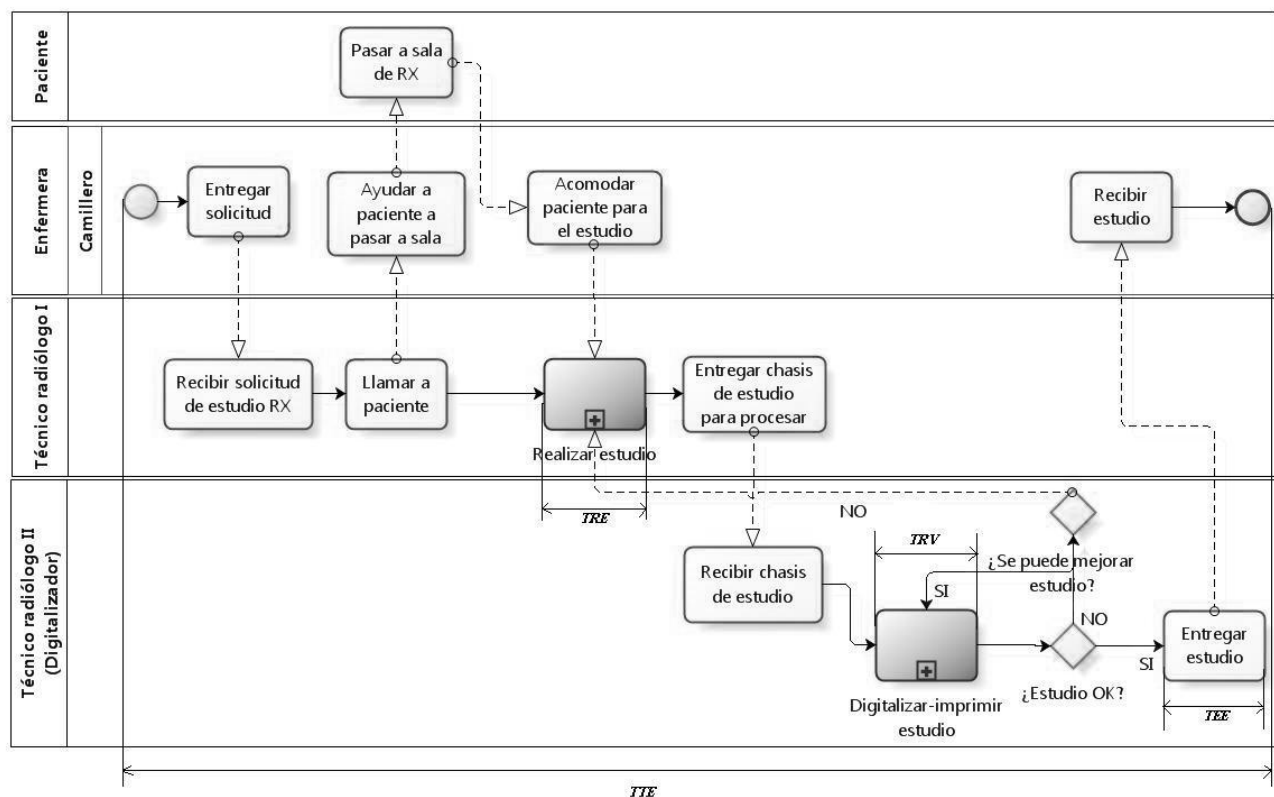


Figura 2. Modelado BPMN para estudio simple a pacientes de hospitalización con RC.

Cuatro de los procesos muestran la realización de estudios radiológicos simples y un proceso se enfoca a la realización de estudios especiales, en donde los médicos radiólogos utilizan medio de contraste y equipos de RX telemando con fluoroscopia para obtener las imágenes radiográficas.

En la atención a los pacientes de hospitalización, quirófano y realización de

estudios especiales se identificaron varios roles, es decir, los especialistas involucrados en cada uno de los procesos (enfermera, técnico radiólogo, médico radiólogo y camillero); además se encontró que estos roles intervienen en una misma actividad; por ejemplo durante la realización del estudio especial interviene la enfermera, el médico y técnico radiólogo.

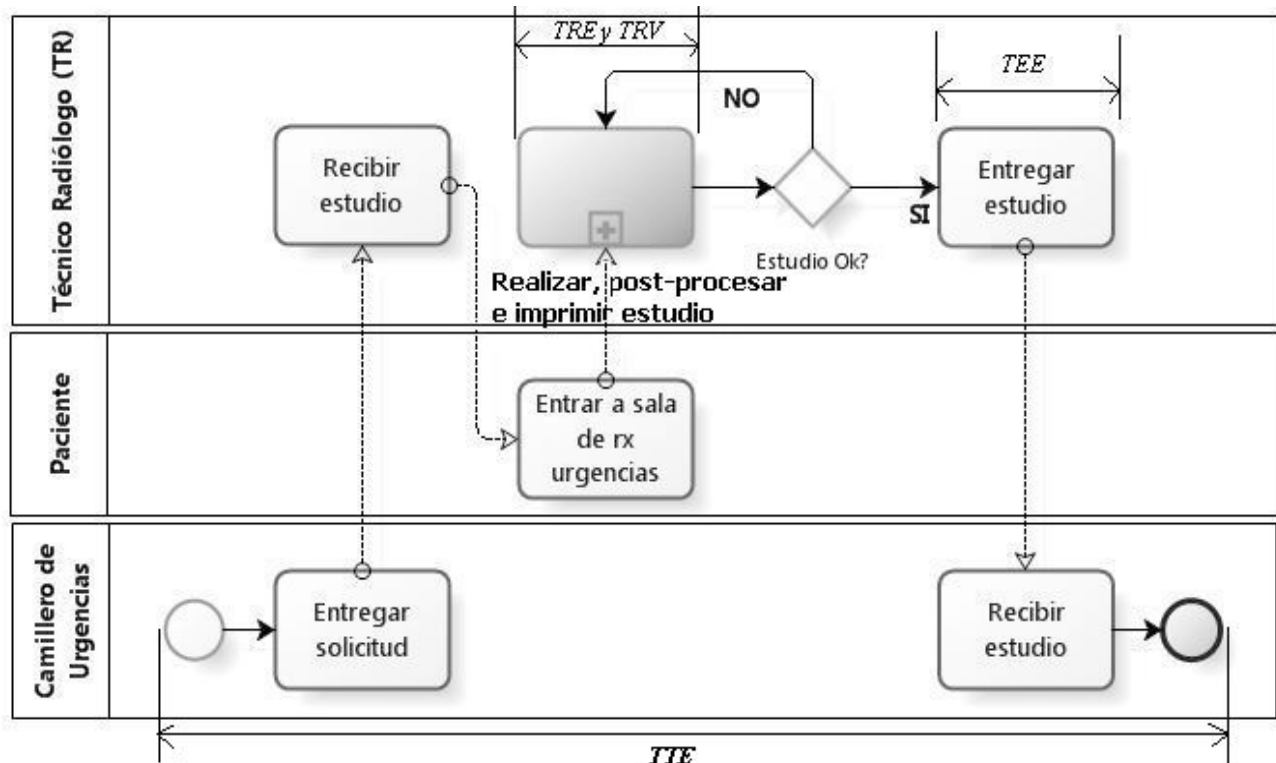
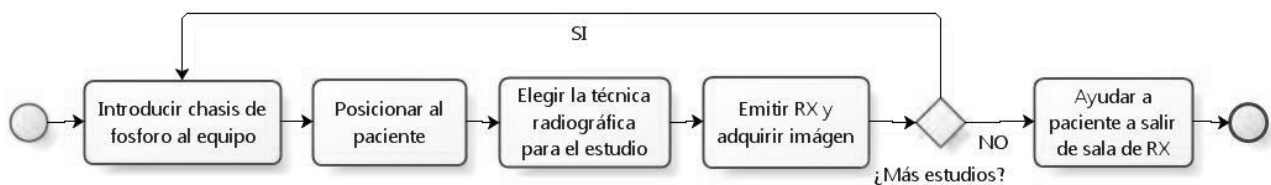


Figura 3. Modelado BPMN para estudio simple a pacientes de urgencias con RD.

a)



b)

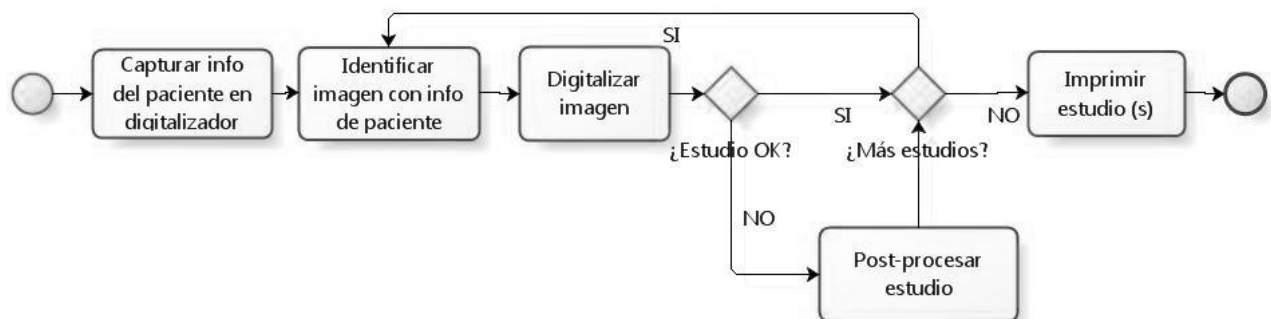


Figura 4. Subprocesos en la utilización de RC. a) Realizar estudio. b) Digitalizar e imprimir estudio.

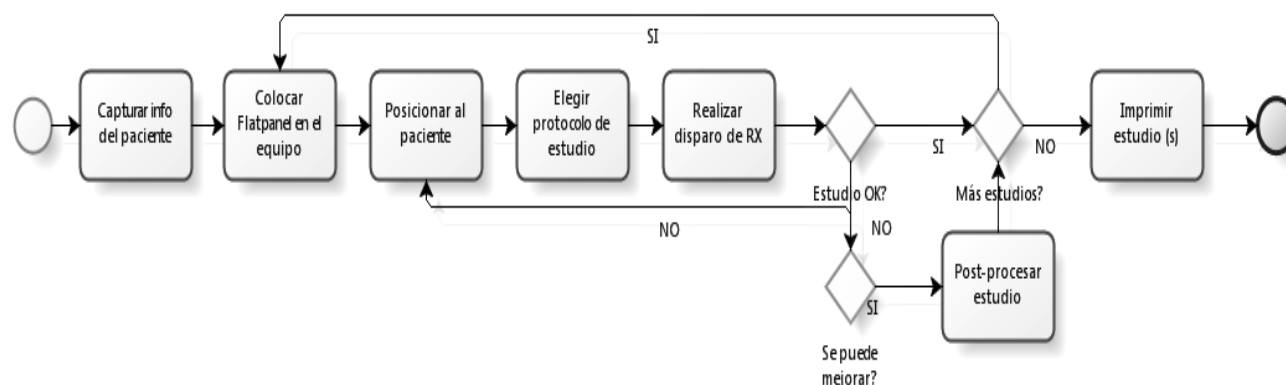


Figura 5. Subproceso "Realizar, post-procesar e imprimir estudio" en la utilización de RD.

Sin embargo en la atención a los pacientes de urgencias y de consulta externa sólo se encontró la participación de varios roles (técnico radiólogo, camillero y recepcionista) sin que éstos se involucraran en una misma actividad.

b) Modelado de los procesos en BPMN

En el modelado de los flujos de trabajo de los procesos se identificó que la dinámica de atención al paciente variaba de un estudio realizado con RC o con RD. Como ejemplo se muestra en las Figuras 2 y 3, los modelados BPMN de los procesos de atención a los pacientes de hospitalización y urgencias respectivamente; en el primero se muestra la secuencia de actividades del personal involucrado en la atención al paciente utilizando RC donde la digitalización de los estudios fue realizada por el técnico radiólogo, mientras que en el segundo se muestra la utilización de RD donde la digitalización es automática.

En el proceso de atención al paciente de hospitalización utilizando RC se identificaron dos subprocesos "Realizar estudio" y "Digitalizar e imprimir estudio" los cuales se muestran en la Figura 4-A y 4-B respectivamente. En el primer subproceso se obtuvo el índice *TRE* y en el segundo el índice *TRV*. En el proceso de atención al paciente de urgencias utilizando RD se identificó el subproceso "Realizar, post-procesar e imprimir estudio" que se muestra en la Figura 5, en el cual se obtuvo a *TRE* y *TRV*. Estos subprocesos fueron principalmente realizados por el técnico radiólogo. El índice

TEE se obtuvo de la actividad simple "Entregar estudio" para ambas tecnologías (RC y RD).

c) Evaluación de los procesos y análisis estadístico.

Para la realización de un análisis estadísticamente significativo se calculó el mínimo de estudios radiológicos a registrar por proceso identificado (Tabla 2); a continuación los índices de flujo de trabajo se analizaron mediante estadística multivariada y descriptiva, en la Tabla 3 se muestran los resultados obtenidos por proceso, así como el número de estudios que fueron finalmente analizados.

De los resultados que se muestran en la Tabla 3, se obtuvo que el índice *TRE* fue menor en la realización de estudios radiológicos simples a los pacientes de quirófano (2.12 ± 1.048 min/estudio), que en los estudios a los pacientes de urgencias (3.13 ± 2.66 min/estudio). De la misma forma, el índice *TRV* fue menor en la digitalización e impresión de estudios simples realizados a los pacientes de quirófano (2.99 ± 0.867 min/estudio), que en los estudios a los pacientes de consulta externa (4.00 ± 3.60 min/estudio). Así mismo el índice *TEE* fue menor en la entrega de estudios a los médicos ortopedistas (0.91 ± 0.53 min/estudio) de los pacientes que se encuentran en cirugía, que en la entrega de estudios a las enfermeras o camilleros de los pacientes hospitalizados (6.29 ± 9.59 min/estudio). Finalmente la duración de los procesos de atención a los pacientes de urgencias ($TTE = 7.87 \pm 4.50$ min/estudio) fue

menor en comparación a la atención a los pacientes de consulta externa ($TTE=15.65\pm7.0$ min/estudio).

En seguida se calculó la significancia estadística de las variables identificadas durante la realización de estudios radiológicos mediante ANOVA de un factor, el resultado se muestra en la Tabla 4, donde se observa que la variable Grupo fue estadísticamente significativa en la realización de estudios a los pacientes de urgencias. Con la finalidad de visualizar el impacto de Grupo y Edo_pac en la realización de estudios radiológicos simples a pacientes de consulta externa y hospitalización respectivamente se muestra en la Tabla 5 el resultado del análisis multivariado y descriptivo realizado. Se observa que para los pacientes de

consulta externa del grupo 3 (mayores de 60 años), TRE fue mayor (2.90 ± 4.42 min/estudio) que en los del grupo 1 (de 21 a 40 años, 1.78 ± 1.32 min/estudio). En los pacientes de hospitalización que no pudieron moverse por sí mismos y que necesitaron ayuda TRE fue de 2.67 ± 1.80 min/estudio y para los pacientes que no necesitaron ayuda fue de 1.88 ± 0.60 min/estudio. En los pacientes de urgencias del grupo 2 (de 41 a 60 años), TRE fue mayor (4.88 ± 4.10 min/estudio) que para el grupo 0 (de 0 a 20 años, 2.21 ± 1.21 min/estudio). Para los pacientes de urgencias que no pudieron moverse por sí mismos y necesitaron ayuda, TRE fue de 3.62 ± 3.01 min/estudio y para los pacientes que no necesitaron ayuda fue de 2.76 ± 2.3 min/estudio.

Tabla 2. Número de estudios radiológicos a registrar por proceso

Procesos de atención a pacientes de	n
Consulta Externa	44.07
Hospitalización	31.93
Quirófanos	27.27
Urgencias	41.41
Estudio especial	15.77

n = número de estudios necesarios para tener significancia estadística.

Tabla 3. Índices de Flujo de Trabajo por proceso

Procesos de atención a pacientes de	RC (n)	RD (n)	TRE min/estudio	TRV min/estudio	TEE min/estudio	TTE min/estudio
Consulta Externa	301		2.33 ± 2.44	4.00 ± 3.60	4.48 ± 5.64	15.65 ± 7.00
Hospitalización	49		2.54 ± 1.67	3.35 ± 3.27	6.29 ± 9.59	15.33 ± 11.14
Quirófano	41		2.12 ± 1.048	2.99 ± 0.867	0.91 ± 0.53	8.44 ± 2.30
Urgencias		88	3.13 ± 2.66	3.56 ± 2.03	1.18 ± 1.92	7.87 ± 4.50
Estudio especial	15		18.73 ± 7.25	12.26 ± 5.06	5.24 ± 4.87	53.69 ± 13.12

RC= Radiología computada, RD= Radiología digital, n= número de estudios radiológicos analizados, TRE = Índice de tiempo promedio de realización del estudio radiológico en sala o con equipo móvil de RX, TRV = Índice de tiempo promedio de digitalización-impresión por estudio radiológico, TEE = índice de tiempo promedio de entrega del estudio radiológico al paciente o al médico radiólogo para su interpretación, TTE = Índice de tiempo total de realización de un estudio radiológico en el servicio de radiología.

Tabla 4. Variables en la realización de estudios radiológicos

Procesos de atención a pacientes de	Variable	<i>p</i>
Consulta Externa	Edo_pac	0.295
	Grupo	0.064
Hospitalización	Edo_pac	0.206
	Grupo	0.791
Urgencias	Edo_pac	0.137
	Grupo	0.004*
Estudio especial	Grupo	0.940

Edo_pac= Estado físico del paciente Grupo= Edad del paciente,

*Valor estadísticamente significativo $p < 0.05$

Tabla 5. Análisis de variables en la realización de estudios radiológicos

Procesos de atención a paciente de	Variable	<i>TRE</i> min/estudio			
Consulta externa	Grupo	Grupo 0	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
		2.00±1.40	1.78±1.32	2.2±2.0	2.90±4.42
Hospitalización	Edo_pac	Necesita ayuda	No necesita ayuda	NA	NA
		2.67±1.80	1.88±0.60		
Urgencias	Grupo	Grupo 0	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
		2.21±1.21	2.94±2.51	4.88± 4.1	3.66±2.60
	Edo_pac	Necesita ayuda	No necesita ayuda	NA	NA
		3.62±3.01	2.76±2.33		

NA= No aplica

DISCUSIÓN

A partir del modelado BPMN es posible visualizar gráficamente los cinco procesos de atención a pacientes en el servicio de radiología del INR (Consulta externa, Hospitalización Quirófano, Urgencias y Estudio Especial) ofreciendo una perspectiva integral de todas las actividades y la interrelación de su personal. Este análisis permite a los tomadores de decisiones implementar acciones encaminadas a mejorar el desempeño, productividad, eficiencia y eficacia del servicio. Considerando la reasignación de tareas, la modificación del flujo de trabajo y la identificación de problemas técnicos en el uso y aprovechamiento de la tecnología médica.

Para el caso del análisis de los índices de flujo de trabajo de los procesos de estudios simples, la variable Grupo fue estadísticamente significativa ($p = 0.004$) en la realización de estudios a

los pacientes de urgencias (*TRE*). Sin embargo, en el proceso de atención a los pacientes de quirófano, las variables identificadas (Grupo y Edo_pac) no intervinieron, principalmente porque los pacientes se encuentran canalizados y no pueden moverse durante la realización del estudio. Estos resultados indican la importancia que tiene el considerar la edad de los pacientes, para que reciban la asistencia necesaria durante la realización del estudio, así como se realice una mejor planeación en la programación de las citas.

Por otro lado, el análisis de los índices del proceso estudio especial incluye una diversidad de estudios realizados en el turno matutino y vespertino como: urografía, fistulografía, mecánica de la deglución, etc., ocasionando que estos factores provoquen alta variabilidad para este tipo de proceso ($TRE = 18.73 \pm 7.25$, $TRV = 12.26 \pm 5.06$, $TEE = 5.24 \pm 4.87$, $TTE = 53.69 \pm 13.12$; min/estudio). Estos resultados

indican la importancia que tiene el análisis de flujo de trabajo del proceso de estudio especial, ya que también puede considerarse para una mejor planeación en la programación de citas y para llevar a cabo mejoras en la realización de los diferentes estudios especiales.

Los índices de flujo de trabajo entre RC ($TTE = 15.65 \pm 7$) y RD ($TTE = 7.87 \pm 4.5$), para el mismo tipo de estudio ver Tabla 3, nos indican que es conveniente que los tomadores de decisiones estén enterados que la tecnología RX digital reduce los tiempos de procesamiento de las imágenes y es posible así emitir una recomendación para realizar una evaluación tecnológica con el propósito de considerar el cambio de tecnología de las cinco salas de RX telemando con fluoroscopia hacia equipos de RX digital.

Finalmente podemos mencionar cuatro beneficios principales en la aplicación de esta metodología en el servicio de radiología:

1. Al brindarle una perspectiva integral de todas sus actividades y la interrelación de su personal en los procesos. Se puede identificar las necesidades de capacitación, motivación y retroalimentación que requiere el personal por turno y asignación de tarea.
2. Al identificar los índices de flujo de trabajo de las actividades simples y compuestas o subprocesos en donde la tecnología médica radiológica es utilizada en la atención a los pacientes. Se puede determinar el desempeño de la misma con la finalidad de que las autoridades correspondientes cuenten con información confiable en la toma de decisiones que le permitan optimizar el uso de los equipos o si es el caso proponer un cambio tecnológico que pueda mejorar el flujo de trabajo.
3. El modelado BPMN mostró (entre otras cosas) el personal y la tecnología médica que intervienen en los procesos; el índice de flujo de trabajo TTE mostró la duración de los mismos, si bien, la información anterior puede ser incluida en la realización de un análisis de costos, y a su vez puede

ser integrado en la realización de una evaluación de tecnología médica.

4. La aplicación de esta metodología abre un área de oportunidad para implementar herramientas de análisis y mejoras de procesos (re-ingeniería, Seis-Sigma o Control Estadístico de Procesos), para identificar los elementos limitadores (cuellos de botella) y controlar las variables que intervienen y así implementar medidas de mejora en los procesos radiológicos con la finalidad de incrementar la calidad de atención a los pacientes del INR.

Por último, otra de las potencialidades del modelado BPMN que podemos mencionar, es su utilidad en la identificación de los requerimientos, elementos y flujo de trabajo para el diseño y desarrollo del Sistema Informático Radiológico (SIR) que será planeado próximamente en el INR. Permitiendo priorizar la implementación de los componentes que impactan en el flujo de trabajo, así como caracterizar y adaptar el SIR a las particularidades y necesidades del servicio de imagenología del INR.

RECONOCIMIENTOS

Los autores agradecen a todo el personal del servicio de radiología del INR que colaboró con su retroalimentación para la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

1. Aagesen G., Krogstie J. "Analysis and Design of Business Processes Using BPMN". Handbook on Business Process Management 1, 2010: 213-235.
2. Noumeir R. "Radiology Interpretation Process Modeling". Journal of Biomedical Informatics 2006; 39:103-114.
3. Owen M., Popkin R. "BPMN Business Process Management, Introduction to the New Business Process Modeling Standard". Disponible en: <http://www.omg.org/bpmn/Documents/>

- 6ADSD16960.BPMN_and_BPMN.PDF.
Consultado 2012
4. Ghattas J., Soffer P., Peleg M. "Learning Business Process Models: A case study", 5th International Conference on BPMN, 2007: 65-76.
 5. Molina J.C., Torres M.E. "Análisis de requerimientos usando BPMN". *Revista Colombiana de Computación* 2010;11 (1): 85-97.
 6. Müller R., Rogge-Solti A. "BPMN for Healthcare Processes". *Proceedings of the 3rd Central-European Workshop on Services and their Composition (ZEUS 2011)*, Karlsruhe, Germany, February 2011.
 7. Rebuge A., Ferreira D.R., "Business Process Analysis in Healthcare Environments: a Methodology based on process mining". *Information Systems* 2012; 37(2): 99-116.
 8. Mans R.S., Schonenberg M.H., Song M., van der Aalst W.M.P., Bakker P.J.M. "Application of Process Mining in Healthcare- A Case Study in a Dutch Hospital". *Biostec* 2008; 25: 425-438.
 9. Samson W. T., "Guideline Models, Process Specification, and Workflow, Workshop: BPMN in Healthcare", 5th International Conference on BPMN, 2007.
 10. Scheuerlein H., Rauchfuss F., Dittmar Y., Molle R., Lehmann T., Pienkos N., et-al. "New methods for Clinical Pathways-Business Process Modeling Notation (BPMN) and Tangible Business Process Modeling (t.BPM)". *Langenbecks Arch Surg* 2012; 397: 755-761.
 11. García M., Rolón E., Calahorra L., García F.O., Sánchez R.P., Ruiz F., et-al. "Implementation of the Business Process Modelling Notation (BPMN) in the modelling of Anatomic Pathology Processes". *Diagnostic Pathology* 2008; 3(1): S22.
 12. Becker J., Fisher R., "Optimizing U.S. Healthcare Processes: A Case Study in Business Process Management". *Proceedings of the Thirteen Americas Conference on Information Systems*, Keystone Colorado, 2007.
 13. Lyalin D., Williams W. "Modeling Cancer Registration Processes with an Enhanced Activity Diagram". *Methods Inf Med* 2005; 44:11-13.
 14. BizAgi Process Modeler disponible en www.bizagi.com. Consultado 2012.
 15. García J. *Introducción a la Estadística en las Ciencias Biomédicas*. Alambra (México), 1988.