Artículo original

Mejora de un proceso de categorización de investigadores mediante simulación de escenarios

Improvement of a researcher categorization process through scenario simulation

Arialys Hernández Nariño[1*] http://orcid.org/0000-0002-0180-4866
Lisanne Díaz-Almeda[2] https://orcid.org/0000-0001-9330-7738
Verenice Sánchez Castillo[3] https://orcid.org/0000-0002-3669-3123
María Isabel Garay Crespo[4] https://orcid.org/0000-0001-9406-1637

[1]Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas. Matanzas, Cuba.
[2]Empresa de Telecomunicaciones Matanzas. Matanzas, Cuba.
[3]Universidad de la Amazonia. Florencia, Caquetá, Colombia.
[4]Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Dirección de Ciencia e Innovación. Matanzas, Cuba.

[*]Autor para la correspondencia: arialishn.mtz@infomed.sld.cu

RESUMEN

Introducción: La gestión de procesos de negocio y la simulación son herramientas clave para optimizar procesos complejos en salud, con un potencial investigativo aún subutilizado.

Objetivo: Evaluar la efectividad de la simulación basada en la gestión de procesos de negocio para la mejora del proceso de categorización científica de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas.

Métodos: Se realizó una investigación mixta con diseño experimental (septiembre 2020-junio 2021). Se modeló y simuló el subproceso *selección de investigadores a categorizar*, usando Bizagi Modeler; se analizaron cinco escenarios según tiempo, recursos, riesgos mediante análisis What-If. Los datos se recopilaron mediante entrevistas, observación directa y registros institucionales.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Resultados: La simulación favoreció la identificación de cuellos de botella (ej. sobrecarga del metodólogo con 100 % de uso) y validó mejoras como aumento de recursos, reducción de tiempos de espera (de 56,14 a 20,19 min), e incremento en el número de expedientes a procesar (de 57 a 104). Bajo las condiciones modeladas, el sistema de alerta diseñado puede incrementar la identificación de candidatos en un 42 %.

Conclusiones: La simulación de la gestión de procesos de negocio demostró ser una estrategia viable para optimizar procesos y tomar decisiones en salud, especialmente en contextos con recursos limitados. Se recomienda potenciar su integración en la planificación y toma de decisiones en procesos de ciencia e innovación e, incluso, como herramienta de apoyo a la investigación.

Palabras clave: simulación; mejoramiento de la calidad; organización; administración; ciencia.

ABSTRACT

Introduction: Business process management and simulation are key tools for optimizing complex healthcare processes, with research potential that remains underutilized.

Objective: To evaluate the effectiveness of simulation based on business process management for improving the scientific categorization process at the University of Medical Sciences of Matanzas.

Methods: A mixed-methods study with an experimental design was conducted (September 2020–June 2021). The subprocess of selecting researchers to be categorized was modeled and simulated using Bizagi Modeler; five scenarios were analyzed based on time, resources, **and** risks through What-If analysis. Data were collected through interviews, direct observation, and institutional records.

Results: The simulation facilitated the identification of bottlenecks (e.g., overload of the methodologist with 100% utilization) and validated improvements such as increased resources, reduced waiting times (from 56.14 to 20.19 min), and an increase in the number of files to be processed (from 57 to 104). Under the modeled conditions, the designed alert system can increase candidate identification by 42%.

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Conclusions: Business process management simulation proved to be a viable strategy for optimizing processes and decision-making in healthcare, especially in resource-limited contexts. It is recommended to strengthen its integration into planning and decision-making in science and innovation processes and even as a tool to support research.

Keywords: simulation; quality improvement; organization; administration; research.

Recibido: 29/09/2025

Aceptado: 11/09/2026

Introducción

Las iniciativas de gestión de procesos de negocio (BPM, por sus siglas en inglés) son especialmente atractivas para aquellos sectores que operan con procesos complejos que deben definir, de manera rápida y efectiva, procedimientos a seguir ante requerimientos específicos de un cliente, que necesitan crear modelos estándar para la gestión de sus flujos operativos, y optimizar los tiempos de trabajo.[1] Tal es el caso de sectores como la administración pública, los servicios financieros, seguros, servicios gubernamentales, construcción, educación, manufacturas o salud.[2,3]

Esta forma de gestión genera varias contribuciones: trazabilidad, visibilidad, transparencia, flexibilidad, agilidad, eficiencia y productividad basada en la automatización y estandarización de los procesos;[4,5,6] alineación de la estrategia y la ejecución; análisis proactivo y seguimiento en tiempo real mediante indicadores clave de rendimiento (KPI);[7] colaboración y orientación al cliente; integración de la información e incorporación de nuevo conocimiento ante la ocurrencia de cambios.[8,9]

El BPM no debe ser considerado solo como tecnología o *software*, sino como parte de la cultura organizacional,[10] requiere de un análisis preciso, con responsables claramente definidos, que visualicen su trabajo como parte de un proceso.[4] Es, al decir de *Ubad* y *Dweri*,[11] una metodología estrechamente ligada a la mejora de

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

procesos, pues parte de la representación visual para su entendimiento y optimización. Ahí, entonces, incluye actividades de análisis y modelación.[1,12]

Varios autores plantean que un modelo de proceso describe actividades y sus formas de relación e interacción,[13,14]de forma inexacta o poco completa;[15,16] no obstante permite comprender mejor mecanismos clave de una organización, actuar como base para crear sistemas de información, analizar procesos para detectar problemas, mostrar la estructura de una innovación, y alinear las tecnologías de la información con las necesidades y estrategias organizacionales.[9,17] En tanto la simulación mediante el enfoque BPM se considera una técnica esencial en aquellas tareas de análisis y valoración de acciones de mejora.[18]

Para entornos sanitarios se reconoce que la modelación de sistemas desempeña un papel fundamental en la optimización de procesos, permite comprender la dinámica de sistemas complejos y anticipar posibles efectos no deseados en la implementación de cambios organizacionales y políticas. Este enfoque contribuye a un mejor diseño y gestión de los sistemas sanitarios, además de promover soluciones integradas y orientadas a mejorar la atención médica.[7,19]

La simulación se ha empleado para evaluar distintos diseños de procesos antes de su implementación, lo que evita errores costosos y mejora la eficiencia. Además, facilita la toma de decisiones y la identificación de oportunidades de basadas en asignación de recursos y tiempos de ejecución, lo que es clave en entornos donde la disponibilidad de personal y equipos es limitada.[20]

Asimismo, la literatura aborda disímiles ejemplos en que el BPM, la simulación y su integración con otras herramientas, como la minería de datos, aportan recomendaciones sobre el uso de recursos y equipos médicos, diseño eficiente de espacios, organización de flujos y personal asistencial en servicios de radiología, cardiología o emergencias.[21]

A pesar del amplio uso de la BPM y simulación de procesos en entornos clínicos, su aplicación en procesos académicos de salud es aún restringida. La complejidad de procesos de ciencia e innovación, en entornos de limitaciones de recursos y altas exigencias de resultados para bien de la sociedad, hace necesario apostar por la mejora continua, la toma de decisiones oportuna y estratégica.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

El objetivo de esta investigación fue evaluar la efectividad de la simulación basada en BPM para la mejora del proceso de categorización científica de la Universidad de Ciencias Médicas de Matanzas, Cuba.

Métodos

Se efectuó una investigación mixta con un diseño experimental, secuencial exploratorio,[22] en el que una fase inicial cualitativa (análisis de riesgos mediante entrevista semiestructurada, observación directa y revisión de registros institucionales) sustentó el diseño de una fase cuantitativa posterior (modelación y simulación de escenarios mediante Bizagi Modeler), orientada a validar los hallazgos, pues se pretende describir cómo la simulación favorece la toma de decisiones y la mejora de un proceso de ciencia e innovación, específicamente de categorización científica. El estudio se realizó entre septiembre 2020 y junio 2021. Los participantes se seleccionaron de forma intencional, en función de su vínculo directo y su experiencia acumulada en el proceso de categorización científica. La metodóloga provincial responsable de la ejecución del proceso, con 10 años de experiencia en dicha función, participó de manera constante a lo largo de todo el estudio; fue la entrevistada en las etapas I y III. En la etapa II, la validación de las recomendaciones de mejora se realizó mediante dinámica de grupo con la antigua directora de Ciencia e Innovación, quien contaba con 20 años de experiencia al frente de este proceso, la metodóloga responsable y dos especialistas del área de ciencia e innovación con trayectoria en procesos vinculados a la categorización científica. La observación directa (etapa III) se desarrolló durante la ejecución real del proceso, en 16 sesiones distribuidas en dos encuentros semanales a lo largo de dos meses.

Se desplegaron tres etapas:

I. **Análisis del proceso basado en riesgos:** Se determinaron las posibilidades de variabilidad que afectaban la eficiencia y eficacia del proceso, pues su eliminación o reducción hasta niveles aceptables pudiera ser esencial para obtener un servicio de calidad. Dicho análisis comprendió:

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

1) Identificar riesgos de mayor frecuencia, según revisión de registros de información del área (reporte del proceso de publicaciones) y una entrevista semiestructurada al responsable del proceso. De los documentos se extrajeron errores y no conformidades detectadas y reportadas en informes de seguimiento, y en la entrevista se abordaron tres preguntas: ¿qué incidentes negativos han afectado o pueden afectar, de manera significativa, el desarrollo y los resultados finales del proceso?, ¿con qué frecuencia han ocurrido o pudieran ocurrir?, ¿qué impactos han provocado?
2) Valorar la significación de los riesgos en función de la probabilidad de ocurrencia en cada fase o etapa, en una escala de 1 a 5, donde poca (1-2), mediana (3), alta (4-5) y la severidad en baja (1-2), moderada (3), alta (4-5).
3) Calcular índice de criticidad $\boldsymbol{IC = Po * S}$ donde, IC: índice de criticidad, P: probabilidad, S: severidad. Las fases donde **IC ≥ 20** serán seleccionados como los riesgos fundamentales, en correspondencia con los criterios de evaluación de riesgos de la norma cubana NC 31010: 2015.[23]
4) Determinar los puntos críticos de control. Se identificaron los indicadores necesarios para vigilar la ocurrencia de alguna desviación dada por los riesgos presentes.

II. **Modelación del proceso futuro:** Se listaron posibles soluciones según los criterios siguientes: disponibilidad de tecnologías, viabilidad de la solución, funcionamiento del proceso bajo esas condiciones y posibilidad de reducir el riesgo. Para ello se consultó, mediante dinámica de grupo, a los participantes descritos anteriormente. Posteriormente, se validaron las recomendaciones, mediante la modelación del proceso futuro con apoyo en el software Bizagi Modeler.

III. **Simulación mediante análisis de escenarios de desempeño:** Se procedió a la simulación con el objetivo de validar el proceso, analizar los tiempos y el empleo de recursos, según escenarios condicionados por la incidencia de

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

los riesgos identificados. Estos escenarios se validaron mediante: (1) comparación descriptiva con datos históricos del proceso (2013-2020), en tiempos de procesamiento (n = 64; 8 datos semanales por cada uno de los 8 años) y un rango de 8 a 71 expedientes procesados anualmente (312 expedientes en total); (2) juicio de tres especialistas de procesos de ciencia e innovación, quienes confirmaron la representatividad de los riesgos modelados; y (3) análisis de sensibilidad en Bizagi Modeler, donde variaciones de ± 15 % en las variables mantuvieron tendencias consistentes.}

La simulación se ejecutó en modalidad de corrida única por escenario, sin réplicas múltiples ni período de calentamiento (*warm-up*), en correspondencia con el objetivo del estudio: comparar el comportamiento agregado de cada escenario bajo condiciones fijas (1 semana, 5 días/semana, 4 horas/día), y no estimar la variabilidad estocástica entre corridas.

Los tiempos de duración de las actividades se modelaron mediante valores determinísticos, mientras que las bifurcaciones del proceso (compuertas de decisión) se definieron según probabilidades fijas de activación, estimadas a partir de los registros históricos y el criterio de los especialistas consultados. Como se describió, la validación del modelo se sustentó en la triangulación de tres fuentes: la comparación del escenario más probable con los datos históricos del proceso, el juicio de especialistas, y el análisis de sensibilidad de ± 15 % en Bizagi Modeler.

Se recopilaron los datos: máximo de arribos, intervalo entre ellos, probabilidad de activación de las compuertas, duración de las actividades, recursos necesarios y calendario de trabajo. Estos se obtuvieron mediante una entrevista con la metodóloga responsable del proceso y la observación directa a la dinámica de desarrollo del proceso.

Para el análisis de los datos cualitativos (entrevistas y observación directa) se aplicó la técnica de análisis de contenido, con categorías obtenidas de los propios datos mediante codificación abierta. Las unidades de análisis fueron frases cortas y palabras clave extraídas de las respuestas y los registros de observación.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

El proceso se realizó de forma independiente por el investigador principal y un segundo analista, quienes contrastaron y discutieron las discrepancias hasta alcanzar consenso, con apoyo de Microsoft Excel. La comparación de los datos históricos (2013-2020) con los resultados de la simulación se realizó de forma descriptiva. El análisis de sensibilidad de las variables del modelo (± 15 %) fue realizado directamente en Bizagi Modeler.

Se tuvieron en cuenta cinco escenarios, que se compararon mediante el análisis *what-if* que provee el Bizagi Modeler, con el escenario más probable.

Resultados

Los riesgos críticos y los puntos de control en aquellas actividades lo más cercanas posible a la ocurrencia de los riesgos analizados se muestran en la tabla 1.

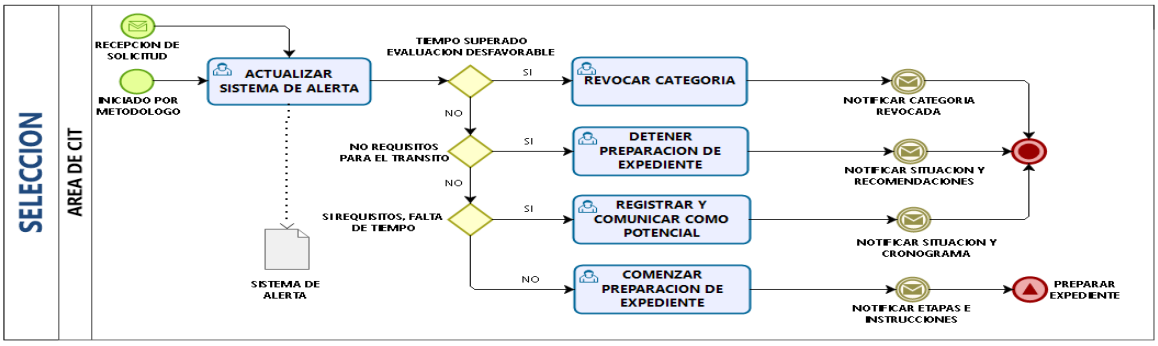
Tabla 1 - Riesgos del proceso categorización científica, causas y puntos de control

Riesgos	Criticidad (IC)	Causas	Punto de control
La preparación de los profesionales es deficiente	23	1. Falta de información	Lanzar convocatoria
		2. Desmotivación de los profesionales	
		3. Restricciones económicas y financieras	Capacitar a profesionales
		4. Problemas de transportación	
		5. Limitados recursos tecnológicos	
Los expedientes previstos a entrega no son procesados	22	1. Problemas en la obtención de documentos acreditativos	Confeccionar y monitorear expedientes
		2. Dificultades para el completamiento de los modelos	
		3. Demora de entrega de expedientes en fecha indicada	Recoger expedientes
	25	1. Entidades con inadecuadas condiciones	

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Número de investigadores categorizados es inferior a lo planeado		2. Escaso número de investigadores por cumplimiento de misiones	Seleccionar profesionales
		3. Falta de requisitos del profesional para ocupar categoría	
		4. Falta de información	
		5. Desactualización de base de datos de investigadores	Actualizar
		6. Demoras en entrega de certificados a los aprobados	Entregar certificados

Se propuso, como oportunidades de mejora: un sistema de alerta, programado en Microsoft Excel para investigadores y no investigadores, de forma tal que, al insertar la información relativa al profesional, el sistema devuelva su estado, reflejado en colores tipo semáforo, la categoría a la que puede optar y la acción a ejecutar con la persona según su situación. Esto es el punto de partida para proyectar la automatización del subproceso selección (fig. 1).



Fuente: Bizagi Modeler.

Fig. 1 – Modelo del subproceso selección perteneciente al proceso categorización científica.

La tabla 2 muestra los datos recopilados para la simulación del subproceso selección.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Tabla 2 - Datos empleados para la simulación del subproceso selección

Calendarios	**Subproceso selección**	1 semana, 5días/semana, 4horas/día
	Recepción de solicitud	Máximo de arribos: 25 Intervalo entre arribos: 48 min
	Iniciado por metodólogo	Máximo de arribos: 75 Intervalo entre arribos: 12 min
	Actualizar el Sistema de alerta	Duración: 10 min Recursos: 1 Metodólogo
	Revocar categoría, detener expediente, registrar potencial, preparar expediente	Duración: 2 minutos Recursos: 1 Metodólogo
	Tiempo de tránsito superado, no requisitos, evaluación desfavorable	Probabilidad: Sí (10 %) y No (90 %)
	No requisitos para el tránsito	Probabilidad: Sí (11 %) y No (89 %)
	Sí requisitos, falta de tiempo	Probabilidad: Sí (25 %) y No (75 %)

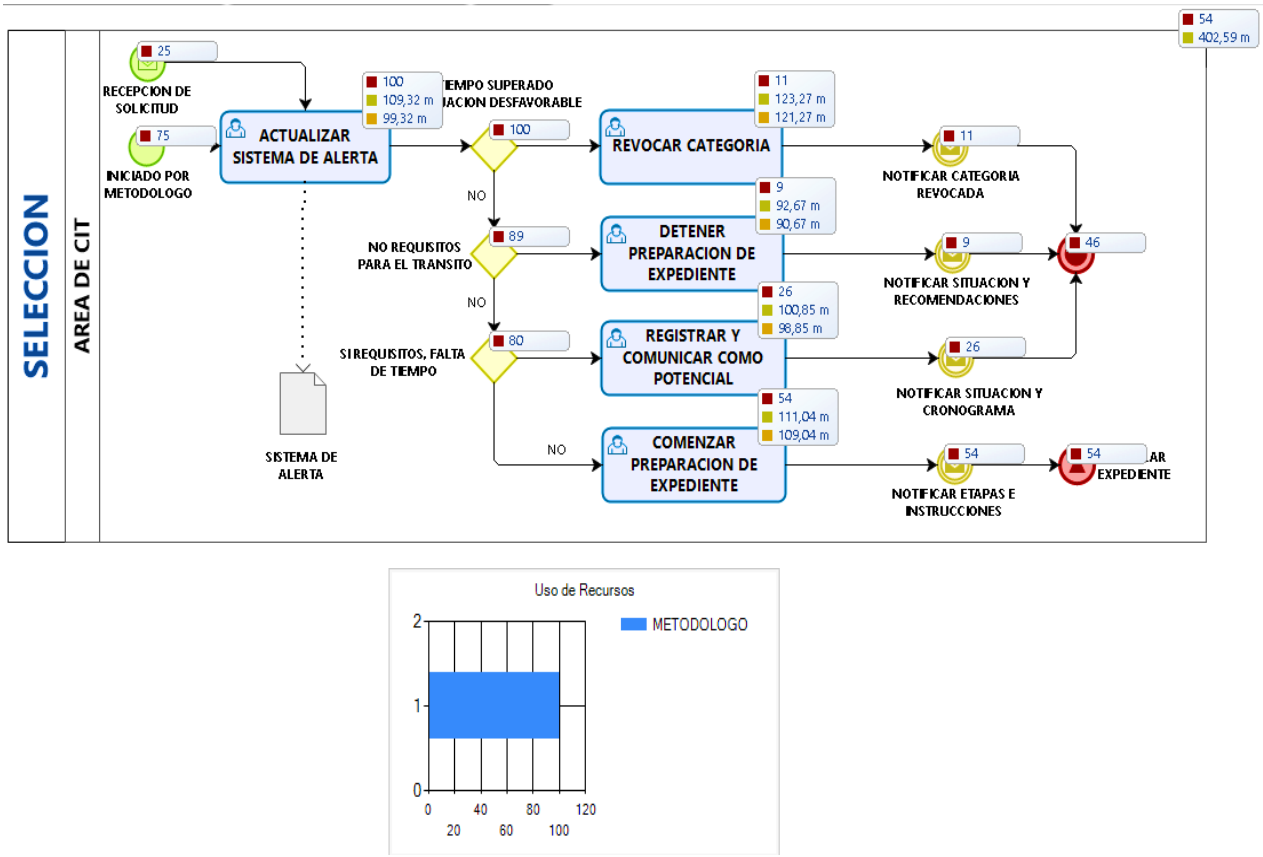
En la figura 2 se muestran los resultados del análisis de tiempo y recursos obtenidos mediante la simulación, que reflejan:

- La validación del proceso al completarse todas las instancias comenzadas (cuadro rojo) y la preparación de expediente a 54 candidatos, valor por el que oscila el número de investigadores categorizados en los últimos 10 años, previos al período bajo estudio.
- El tiempo promedio de procesamiento por actividad y el tiempo promedio esperado por el cliente (cuadro verde), este último de 22,22 min.
- El tiempo total destinado para procesar por actividad y total (cuadro azul), este último asciende a 1200 min, relativo a las 4 h de trabajo destinadas a

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

selección durante cinco días por semana, lo que refleja que responde a las necesidades del área de CIT.

- El tiempo medio de espera del recurso por actividad (cuadro amarillo), donde se observan tiempos elevados, debido a que solo se dedican 4 horas del día a este proceso y el sistema asume el resto del tiempo como espera.
- El porcentaje de utilización del recurso (metodólogo) es de un 100 % de aprovechamiento, dado que solo uno asume toda la carga de trabajo.



Fuente: Bizagi Modeler.

Fig. 2 – Resultados del análisis de tiempo y recursos mediante la simulación del subproceso selección.

Las tablas 3 y 4 ilustran la comparación de los resultados, según el tiempo y el recurso humano empleados, de la simulación del subproceso selección para los escenarios siguientes:

Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

- **Escenario problemas con información:** mayor duración de la actividad actualizar sistema de alerta (30 min) por problemas con el fluido eléctrico, falta de información o desactualización de la base de datos.
- **Escenario más arribos de los previstos:** las llegadas máximas ascienden a 100 mediante el metodólogo y a 50 mediante solicitud.
- **Escenario más recursos:** escenario donde se logra la incorporación de los metodólogos de las filiales universitarias en apoyo al metodólogo provincial. La disponibilidad del recurso asciende a tres.
- **Escenario más recursos con riesgos:** dado que se presenten los riesgos mencionados en los primeros dos escenarios, cómo influye la mayor disponibilidad de recursos.
- **Escenario más arribos por día:** el intervalo entre solicitudes disminuye a 12 minutos, se presentan más solicitudes por día (20 solicitudes/día).

Tabla 3 - Resultados de la comparación de diferentes escenarios en el subproceso selección para el análisis de tiempo

Escenario	Instancias completadas (preparar expediente)	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)
Más probable	57	100	12	12	21.05	1200
Problemas con información	57	100	32	32	56.14	3200
Más arribos de los previstos	88	150	12	12	20.45	1800
Más recursos 3	57	100	12	12	21.05	1200
Más recursos 3 con riesgos	88	150	32	32	54.54	4800
Más arribos por día	104	175	12	12	20.19	2100
Más probable	100	100	10	10	10	1000
Problemas con información	100	100	30	30	30	3000
Más arribos de los previstos	150	150	10	10	10	1500
Más recursos: 3	100	100	10	10	10	1000

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Más recursos: 3, con riesgos	150	150	30	30	30	4500
Más arribos por día	175	175	10	10	10	1750

Fuente: Bizagi Modeler.

Tabla 4 - Resultados de la comparación de diferentes escenarios en el subproceso selección, para el análisis de recursos

Recurso empleado	Escenario	Uso
Metodólogo	Más probable	100,00 %
Metodólogo	Problemas con información	90,09 %
Metodólogo	Más arribos de los previstos	76,14 %
Metodólogo	Más recursos: 3	34,36 %
Metodólogo	Más recursos: 3, con incidencia de riesgos	67,11 %
Metodólogo	Más arribos por día	100,.00 %

Fuente: Bizagi Modeler.

En cuanto a los tiempos de procesamiento, el registro histórico presentó una desviación máxima del 12 %, respecto a los tiempos obtenidos en el escenario más probable de la simulación. En cuanto al número de expedientes, los valores (media de 39 expedientes/año) se superaron tanto por el escenario más probable de la simulación (57 expedientes), como, de forma más notable, por el escenario de mejora con sistema de alerta (104 expedientes), lo que refuerza la validez y el potencial de mejora del modelo propuesto.

Discusión

La simulación efectuada y la comparación de escenarios, particularmente las diferencias entre el empleo de uno o más recursos, denotan:1) la relevancia y necesidad de elevar el número de metodólogos para desarrollar la actividad, puesto que, aun con probables problemas con la información o mayor cantidad de arribos sin ser previstos, pueden ser completadas todas las instancias en un período similar al escenario más probable; 2) la variación del aprovechamiento del recurso ante igual nivel de arribos, lo que implica mejor utilización del tiempo y

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

posibilidades de procesar más expedientes o destinar tiempo a otras tareas; y 3) el uso del modelo de proceso como una herramienta para la capacitación y el aprendizaje de nuevo capital humano, de forma tal que cuente con las mismas habilidades que el metodólogo principal.

Precisamente, es reconocido su valor para la optimización, el aprendizaje y el diseño de instrucciones.[2] Representa una alternativa a otros métodos experimentales de demostrar la influencia de ciertas soluciones organizativas en el desempeño de los procesos.[24,25]

Precisamente, este comportamiento es congruente con lo reportado por *Hernández Nariño* y otros,[25] quienes, al comparar el número de expedientes de investigadores completados y aprobados entre los primeros y los últimos años de un período de estudio institucional, encontraron un incremento estadísticamente significativo (prueba de Wilcoxon de rangos con signo; Z = -10,106; p < 0,001), lo que respalda la pertinencia de intervenir y mejorar procesos de ciencia e innovación como el aquí analizado.

Su aplicabilidad es diversa, en dependencia del objetivo a alcanzar; *Rivera Alvino* y otros[16] la emplean para validar que la reducción del tiempo del proceso de fabricación de accesorios para vehículos estadísticamente significativa, es de 54 a 35.62 minutos (aproximadamente 34 %); por lo tanto, partió del diseño y modelación de propuestas de mejora y, a través de la simulación, demostró la efectividad de las soluciones.

En el presente estudio, con propósitos similares, la reducción alcanzada fue de 56.14 a 20.19 minutos (64 %), diferencia que responde a la naturaleza distinta de ambos procesos: el de manufactura está compuesto por actividades técnicas más estandarizadas y con menor variabilidad, mientras que el proceso de categorización científica aquí estudiado es un proceso intensivo en conocimiento, con mayor variabilidad asociada a la intervención humana (entrevistas, criterios de evaluación, disponibilidad de información), lo que ofrece un mayor margen de mejora ante intervenciones como el sistema de alerta y el incremento de recursos.

En el ámbito específicamente académico, los hallazgos son comparables con los de *Congacha Aushay* y *García*,[26] quienes emplearon modelación y simulación con Bizagi para validar y automatizar el proceso de gestión de prácticas pre-

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

profesionales. Evidenciaron que la simulación permite anticipar cuellos de botella antes de la automatización definitiva del proceso. *Bermeo-Valencia* [27] aplicó un enfoque BPM combinado con análisis semántico para mejorar el proceso de admisión a posgrado, y logró una reducción de los tiempos de espera del proceso, pero a expensas de la eliminación o minimización de actividades innecesarias.

Mientras, este estudio se centra más en la utilización de recursos y la mitigación de riesgos. En cualquier caso, se refuerza la pertinencia de BPM y la simulación como enfoque metodológico transferible a distintos procesos académico-administrativos de la educación superior.

El escenario "más arribos por día" presenta la situación bajo la que se obtiene el máximo de expedientes a preparar con un personal dedicado a la actividad, lo que confirma la necesidad de aumentar dicho personal y motivar la generación de mayor cantidad de arribos, ya sea mediante el sistema de alerta o por solicitud, como medida preventiva para obtener resultados máximos, que reduzcan la presencia de riesgos en la actividad Selección, como la insuficiente categorización de investigadores.

Se evidencia la utilidad del sistema de alerta, pues a pesar de la existencia de arribos por solicitud, este garantiza la estabilidad del proceso y el mayor volumen de instancias creadas. Antes de implementar este método se identificaban alrededor de 38 posibles expedientes, bajo las mismas circunstancias que la simulación más probable, pero tan solo 40 instancias creadas mediante el sistema de alerta. Lo reflejado en la simulación es el incremento de estas variables, no limitados a la identificación de candidatos para el presente proceso, si no también, de forma prospectiva, ofrece resultados potenciales para próximos años.

Estudios en entornos de salud como el de *Kritchanchai* y otros[28] demostraron, similar a esta investigación, beneficios clave de la evaluación de escenarios antes de la implementación de mejoras en el sistema de inventarios en la farmacia de un hospital; mientras que también apuntan a la optimización de recursos, para una mejor distribución del personal, de equipos médicos y la reducción en los tiempos de espera; lo que, refieren, mejora la experiencia del paciente y la eficiencia operativa.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Amén de los beneficios de la simulación en la mejora de secuencias de actividades y procesos de planificación, se reconoce una desconexión entre la planificación de la capacidad y el nivel de servicio a ofrecer, que es preciso considerar; a lo que se propone como alternativas exitosas la aplicación de la dinámica de sistemas o la simulación de eventos discretos.[29]

Por otro lado, *Lamé* y *Dixon-Woods*[30] exploran el potencial de la investigación basada en simulación (SBR) como una estrategia que busca generar conocimiento científico sobre el comportamiento humano y organizacional y lo emplean para evaluar cómo mejorar la calidad y la seguridad en la atención sanitaria.

Estos impactos son importantes en la gestión de procesos intensivos en conocimiento,[31,32] como el de este estudio. Sin embargo, se identifican limitaciones en cuanto a la dependencia de datos históricos precisos, la necesidad de adaptar modelos a contextos con restricciones tecnológicas, así como la ejecución de una corrida única y determinística, sin réplicas múltiples, lo que limita la estimación de la variabilidad estocástica de los resultados.

Este estudio evidenció que la simulación BPM es una herramienta efectiva para la optimización de procesos en entornos sanitarios y académicos, máxime si en estos los recursos son limitados. Los resultados demuestran su capacidad para cuantificar impactos de intervenciones, como aumento de personal y automatización, así como prever escenarios críticos. Se recomienda potenciar su integración en la planificación y toma de decisiones en procesos de ciencia e innovación e incluso como herramienta de apoyo a la investigación. Para los directivos en salud, su adopción requiere capacitación técnica y políticas que prioricen la mejora continua de procesos.

En el sentido de superar las limitaciones de este estudio se proyectan futuras líneas de investigación sobre desarrollo de modelos predictivos con datos incompletos o de difícil compilación, de metodologías de simulación de eventos discretos, basadas en herramientas accesibles como Excel o Power BI; con exploración de la introducción de la inteligencia artificial para escenarios dinámicos y la aplicación a otras instituciones docente-asistenciales con diferentes niveles de recursos, tal que se identifiquen patrones adaptables y variables críticas.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Referencias bibliográficas

1. Zuhaira B, Ahmad N. Business process modeling, implementation, analysis, and management: the case of business process management tools. Business Process Management Journal. 2021;27(1):145-83. DOI: https://doi.org/10.1108/BPMJ-06-2018-0168

2. Watts PI, McDermott DS, Alinier G, Charnetski M, Ludlow J, Horsley E, *et al*. Healthcare Simulation Standards of Best PracticeTM Simulation Design. Clinical Simulation in Nursing. 2021;58:14-21. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ecns.2021.08.009

3. Cimino A, Filice AC, Longo F, Mirabelli G, Solina V, Mallek-Daclin S, *et al*. Evolution of BPMN and Simulation Integration: Trends, Challenges, and Future Directions. Procedia Computer Science. 2025;253:3235-46. DOI: https://doi.org/10.1016/j.procs.2025.02.048.

4. Harmon P, Wolf C. The State of Business Process Management. BPTrends. 2016 [acceso 01/01/2025]. Disponible en: https://bptrends.info/wp-content/uploads/2015-BPT-Survey-Report.pdf.

5. vom Brocke J, Schmiedel T. Business Process Management: Potentials and Challenges of Driving Innovation. 2015. En: BPM-Driving Innovation in a Digital World. Springer Publishing Company, Incorporated. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-14430-6

6. Baiyere A, Salmela H, Tapanainen T. Digital transformation and the new logics of business process management. European Journal of Information Systems. 2020;29(3):238-59. DOI: https://doi.org/10.1080/0960085X.2020.1718007.

7. Binbasioglu M, Zychowicz EJ. Healthcare complexity: redesigning care with systems modeling. Issues in Information Systems. 2023 [acceso 01/01/2025];24(3):181-94. Disponible en: https://iacis.org/iis/2023/3_iis_2023_181-194.pdf.

8. Pridmore J, Godin J. Business process management and digital transformation in higher education. Issues in Information Systems. 2021;22(4). DOI: https://doi.org/10.48009/4_iis_2021_180-190

9. Bitkowska A, Detyna B, Detyna J. Towards Integration of Business Process Management and Knowledge Management. IT Systems' Perspective. Engineering

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Management in Production and Services. 2023;15(4):34-52. DOI: https://doi.org/10.2478/emj-2023-0027

10. Delgado A, Calegari D. Business Process Management (BPM): aspectos clave para la construcción de software de soporte e impacto en la mejora continua de las organizaciones. INNOTEC Gestión. 2014 [acceso 01/01/2025];(6):40-5. DOI: http://ojs.latu.org.uy/index.php/INNOTEC-Gestion/article/view/274/254

11. Ubaid AM, Dweiri FT. Business process management (BPM): terminologies and methodologies unified. International Journal of System Assurance Engineering and Management. 2020;11(6):1046-64. DOI: https://doi.org/10.1007/s13198-020-00959-y

12. Avila DT, Santos RId, Mendling J, Thom LH. A systematic literature review of process modeling guidelines and their empirical support. Business Process Management Journal. 2020;27(1):1-23. DOI: https://doi.org/10.1108/bpmj-10-2019-0407

13. Salgado C, Peralta MB, Montejano G. Un método para la evaluación de modelos conceptuales de procesos de negocio. Un caso de estudio. 13th Argentine Symposium on Software Engineering. 2012 [acceso 04/07/2025]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/54105/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed

14. Pereira J-L, Varajão J, Uahi R. A new approach for improving work distribution in business processes supported by BPMS. Business Process Management Journal. 2020 [acceso 01/07/2025];26(6):1643-60. DOI: https://doi.org/10.1108/BPMJ-05-2019-0184

15. Beerepoot I, Di Ciccio C, Reijers HA, Rinderle-Ma S, Bandara W, Burattin A, *et al*. The biggest business process management problems to solve before we die. Computers in Industry. 2023;146:103837. DOI: https://doi.org/10.1016/j.compind.2022.103837

16. Rivera Alvino R, Vega Huerta H, Guzmán Monteza Y, Puelles Bulnes M, Cancho Rodríguez E, Pantoja Collantes J, *et al*. Modelado, diseño y simulación usando BPM para reducir el tiempo del proceso de fabricación de accesorios de seguridad de vehículos. RISTI-Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

2023(59):310-25. DOI: https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10079700

17. León León OM, Asato España JA. La importancia del modelado de procesos de negocio como herramienta para la mejora e innovación. Revista RAITES. 2009 [acceso 07/07/2025];4(7):61-72. Disponible en: http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/raites/article/view/7

18. Dumas M, La Rosa M, Mendling J, Reijers H. Fundamentals of business process management. 2nd ed. New York: Springer; 2018.

19. du Sartz de Vigneulles B, Lan R, Mick G, Dussart C, Carrouel F. Improving care pathways through evidence-based modeling strategies: a scoping review. Public Health. 2025 [acceso 07/01/2025];244:105751. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0033350625001970

20. Rosenthal K, Ternes B, Strecker S. Business Process Simulation on Procedural Graphical Process Models. Business & Information Systems Engineering. 2021;63(5):569-602. DOI: https://doi.org/10.1007/s12599-021-00690-3

21. Salas E, Arias M, Aguirre S, Rojas E. Combining Process Mining and Process Simulation in Healthcare: A Literature Review. IEEE Access. 2024;12:172562-80. DOI: https://doi.org/10.1109/ACCESS.2024.3501157

22. Hernández-Sampieri R, Mendoza Torres CP. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México, México: McGraw-Hill Interamericana; 2018.

23. Oficina Nacional de Normalización. NC-ISO 31010: 2015. Gestión del riesgo. Técnicas de apreciación del riesgo. Oficina Nacional de Normalización; 2015.

24. Ramos-Castro G, Hernández-Nariño A, García-Pulido YA, Castro-Hernández R. Auditorías: su impacto en los costos de evaluación del proceso innovación en la universidad médica de Matanzas. Revista Médica Electrónica. 2024 [acceso 01/07/2025];46. Disponible en: https://revmedicaelectronica.sld.cu/index.php/rme/article/view/5239.

25. Hernández Nariño A, Ramos Castro G, Garay Crespo MI, Nogueira Rivera D, Medina León A. Influencia de la mejora de procesos en el desempeño de un sistema de ciencia e innovación en salud. Innovar. 2023;33(89):17-32. DOI: https://doi.org/10.15446/innovar.v33n89.107044.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

26. Congacha Aushay AE, García VJ. Modelación, simulación y automatización de procesos en la gestión de servicios académicos universitarios. 3C Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme. 2017;6(2):32-51. DOI: http://dx.doi.org/10.17993/3ctecno.2017.v6n2e22.32-51.

27. Bermeo-Valencia CA. Mejora de procesos en admisión a posgrado en Universidad Estatal de Milagro, basada en enfoque BPM. Revista Científica Arbitrada de Investigación en Comunicación, Marketing y Empresa REICOMUNICAR. 2023 [acceso 01/07/2025];6(12):461-78. DOI: https://reicomunicar.org/index.php/reicomunicar/article/view/159

28. Kritchanchai D, Supeekit T, Chanpuypetch W. The Use of Simulation Modeling in Hospital Pharmacy Inventory Management. Procedia Computer Science. 2025 [acceso 01/07/2025];253:485-94. Disponible en: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050925001188

29. Becerra Fernández M, Herrera MM, Trejos C, Romero OR. Resources Allocation in Service Planning Using Discrete-Event Simulation. Ingeniería y Universidad. 2021 [acceso 04/07/2025];25:1-22. Disponible en: https://www.redalyc.org/journal/477/47774679004/html/

30. Lamé G, Dixon-Woods M. Using clinical simulation to study how to improve quality and safety in healthcare. BMJ simulation & technology enhanced learning. 2020;6(2):87-94. DOI: http://doi.org/10.1136/bmjstel-2018-000370

31. Díaz Almeda L, Hernández Nariño A, Camero Benavides LB, Díaz Luis G. Mejora de procesos de negocios intensivos en conocimiento: aplicación en investigación y desarrollo. Ingeniería Industrial. 2024 [acceso 04/07/2025];45(2):1-18. Disponible en: https://rii.cujae.edu.cu/index.php/revistaind/article/view/1286.

32. Garay Crespo MI, Hernández Nariño A, Ramos Castro G. Análisis y mejora estratégica del proceso de categorización de investigadores. Archivo Médico Camagüey. 2020 [acceso 04/07/2025];24(3):360-74. Disponible en: http://www.revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/7217/3571

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES

Contribución de los autores

Conceptualización: Arialys Hernández Nariño.

Curación de datos: Lisanne Díaz Almeda.

Análisis formal: Arialys Hernández Nariño, Lisanne Díaz Almeda y Verenice Sánchez Castillo.

Investigación: Arialys Hernández Nariño, Lisanne Díaz Almeda y María Isabel Garay Crespo.

Metodología: Arialys Hernández Nariño y Lisanne Díaz Almeda.

Administración del proyecto: Arialys Hernández Nariño.

Software: Lisanne Díaz Almeda.

Supervisión: Arialys Hernández Nariño.

Redacción – borrador original: Lisanne Díaz Almeda, Arialys Hernández Nariño, Verenice Sánchez Castillo y María Isabel Garay Crespo.

Redacción – revisión y edición: Arialys Hernández Nariño, Lisanne Díaz Almeda, Verenice Sánchez Castillo y María Isabel Garay Crespo.

.Esta obra está bajo una licencia: https://creativecomons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.es_ES