

Modelo de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio



**Anyi Aracely Ramírez Obando
Valentina Vera Paz**

Director: PhD. Carlos Alberto Cobos Lozada
Codirectora: PhD. Martha Eliana Mendoza Becerra

**Universidad del Cauca
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones
Departamento de Sistemas
Grupo de I+D en Tecnologías de la Información
Línea Investigación: Gestión de Información y Sistemas Inteligentes
Popayán, marzo 2022**

TABLA DE CONTENIDO

Resumen	6
Capítulo 1	1
1 Introducción	1
1.1 Planteamiento del Problema	1
1.2 Aportes del proyecto	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos	4
1.4 Resultados Obtenidos	4
1.5 Estructura de la monografía	5
Capítulo 2	7
2 Estado del arte	7
2.1 Mejora de Procesos de Negocios	8
2.2 Otros enfoques de la Minería de Procesos	12
Capítulo 3	17
3 Modelo de Servicios Genérico propuesto	17
3.1 Metodología de desarrollo	17
3.2 Notación BPMN	18
3.3 Roles y Responsabilidades	20
3.4 Modelo Propuesto	20
3.4.1 Servicio: Gestión de Cuellos de Botella	23
3.4.1.1 Proceso: Entrenamiento del modelo de predicción	25
3.4.1.2 Proceso: Predicción de cuellos de botella en las actividades	26
3.4.1.3 Proceso: Medición de rendimiento del modelo de predicción	28
3.4.1.4 Subproceso: Extraer datos del proceso de negocio	30
3.4.1.5 Subproceso: Definir el modelo de predicción a usar	31

3.4.1.6 Subproceso: Calcular el rendimiento del modelo en producción	33
3.4.1.7 Subproceso: Actualizar el modelo de predicción	35
3.4.1.8 Proceso: Evaluación de la mejora del modelo de predicción	37
3.4.2 Servicio: Gestión de Recursos	38
3.4.2.1 Proceso: Asignar recursos a las actividades	39
3.4.3 Servicio: Gestión de Entradas	41
3.4.3.1 Proceso: Recepción de documentos	43
3.4.3.2 Proceso: Crear vista minable de clasificación	48
3.4.3.3 Proceso: Definir modelo de clasificación	50
3.4.3.4 Proceso: Verificación de la extracción de datos	52
3.4.3.5 Proceso: Monitoreo de resultados	54
3.4.4 Proceso: Modificar configuración de Modelos	57
3.4.5 Entradas y salidas	61
Capítulo 4	63
4 Implementación del servicio Gestión de Cuellos de Botella	63
4.1 Herramientas Exploradas	63
4.2 Simulación del proceso de negocio	64
4.3 Diseño, Desarrollo y Ejecución del Servicio	69
4.3.1 Módulo de entrenamiento	69
4.3.1.1 Seleccionar el modelo con la mayor métrica de rendimiento	71
4.3.2 Módulo de predicción	73
4.3.2.1 Análisis de predicción	74
Capítulo 5	79
5 Evaluación	79
5.1 Evaluación conceptual	79
5.1.1 Resultados del Grupo Focal	81
5.2 Experimentación con el simulador	87
Capítulo 6	93

6 Conclusiones, recomendaciones y trabajo futuro	93
Capítulo 7	97
7 Bibliografía	97

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo de servicios genéricos	22
Figura 2. Entrenamiento del modelo de predicción	26
Figura 3. Predicción de cuellos de botella en las actividades	28
Figura 4. Medición de rendimiento del modelo de predicción	30
Figura 5. Extraer datos del proceso de negocio	31
Figura 6. Definir el modelo de predicción a usar	33
Figura 7. Calcular el rendimiento del modelo de predicción en producción	35
Figura 8. Actualizar el modelo de predicción	36
Figura 9. Evaluación de la mejora del modelo de predicción.	38
Figura 10. Asignar recursos a las actividades	41
Figura 11. Recepción de documentos	47
Figura 12. Crear vista minable de clasificación	50
Figura 13. Definir modelo de clasificación	51
Figura 14. Verificación de la extracción de datos	54
Figura 15. Monitoreo de resultados	56
Figura 16. Modificar configuración de modelos	60
Figura 17. Proceso de realización de confecciones	63
Figura 18. Gráfica de “estados de actividad de capacidad”	67
Figura 19. Estados de Recurso	69
Figura 20. Mostrar modelos de regresión de la actividad Realizar confecciones	71
Figura 21. Mostrar modelos de regresión de la actividad Preparar envío	71
Figura 22. Entrenar modelo de predicción para Realizar confecciones	72
Figura 23. Entrenar modelo de predicción para Preparar envío	73
Figura 24. Predicción de una semana para Realizar confecciones	74
Figura 25. Predicción de una semana para la actividad Preparar envío	74
Figura 26. Predicción de longitud de cola en la actividad realizar confecciones	76
Figura 27. Predicción de longitud de cola en la actividad preparar envío	76
Figura 28. Proceso de realización de confecciones con adición de recursos	88
Figura 29. Gráfico de comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad realizar confecciones	90
Figura 30. Gráfico de comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad preparar envío	91

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Elementos de Notación BPMN	18
Tabla 2. Escenario de simulación realización de confecciones	65
Tabla 3. Estados de las actividades	67
Tabla 4. Predicción de longitud de cola en la actividad de realizar confecciones	75
Tabla 5. Predicción de longitud de cola en la actividad de preparar envío	75
Tabla 6. Recomendación para la actividad realizar confecciones	77
Tabla 7. Recomendación para la actividad preparar envío	77
Tabla 8. Preguntas para el debate	80
Tabla 9. Protocolo de la sesión del Grupo Focal	80
Tabla 10. Participantes de la sesión Grupo Focal.	79
Tabla 11. Aspectos por mejorar identificados en la sesión del Grupo Focal	81
Tabla 12. Observaciones identificadas en la sesión del Grupo Focal	82
Tabla 13. Directrices de calidad de BPMN	83
Tabla 14. Evaluación del servicio gestión de cuellos de botella	84
Tabla 15. Evaluación del servicio gestión de recursos	85
Tabla 16. Evaluación del servicio gestión de entradas	86
Tabla 17. Escenario de la segunda simulación de Realización de Confecciones con adición de recursos	88
Tabla 18. Comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad realizar confecciones	89
Tabla 19. Comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad preparar envío	89

LISTA DE ANEXOS

- Anexo 1.** Diagramas BPMN (imágenes) del modelo propuesto.
- Anexo 2.** Evidencia evaluación conceptual del modelo propuesto.
- Anexo 3.** Artículo.
- Anexo 4.** Diagramas BPMN para BIZAGI del modelo propuesto.
- Anexo 5.** Diagramas BPMN para Process Simulator (Visio) del proceso de negocio de Realizar Confecciones.
- Anexo 6.** Implementación del servicio de gestión de cuellos de botella disponible en https://gitlab.com/valentinav/servicio_gcb.

RESUMEN

Las organizaciones cada día buscan alternativas de mejora que les permitan generar más productividad y eficiencia en sus procesos de negocio. Actualmente, la tecnología ha brindado un amplio conjunto de herramientas y enfoques necesarios que brindan el soporte apropiado para optimizar de manera adecuada los tiempos y los recursos de acuerdo con la complejidad de las actividades de un proceso. Ahora bien, aunque muchas empresas han evolucionado al automatizar sus procesos, pocas han logrado definir el flujo de trabajo adecuado, lo que ha ocasionado que no puedan prever las dificultades que se presentan en un entorno real (o de su uso en producción) y, en consecuencia, no se pueda dar una solución anticipada a dichas dificultades o problemas, lo que implica sobrecostos, demandas, pérdida de tiempo y en algunos casos la afectación de los recursos tanto humanos como técnicos de la organización. Por lo anterior, el presente trabajo de investigación propone un modelo de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio, fundamentado en el área de la minería de procesos, especialmente en el enfoque de la mejora, que permite identificar los cuellos de botella, reprocesos, fallas y retardos, al analizar los registros de eventos de un proceso. De esa manera, los servicios definidos en este trabajo fueron: 1. Gestión de cuellos de botellas, 2. Gestión de recursos y, 3. Gestión de entradas. Adicionalmente, se implementó una primera versión del Servicio de Gestión de cuellos de botella para apoyar el flujo de actividades de un proceso simulado, aplicando modelos de regresión para determinar la predicción de las actividades manuales del proceso, con base en los retrasos y la longitud de cola que se evidencian diariamente en una semana. Los servicios propuestos fueron evaluados por un grupo de expertos, usando como base unas directrices de diseño y contenido del estándar de la nomenclatura de modelado BPMN, dando una calificación mínima de 4.8 sobre 5.0 para cada servicio expuesto. Finalmente, en la experimentación práctica del servicio de gestión de cuellos de botella, al obtener la predicción y las sugerencias, se determinó el nivel de satisfacción con los resultados obtenidos, realizando una nueva simulación aplicando los cambios sugeridos sobre el proceso de negocio.

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La minería de procesos es una disciplina donde se realiza el análisis de los procesos de negocio que llevan a cabo las organizaciones, con el fin de generar mayores beneficios y rentabilidad. Se compone de tres fases principales: Descubrimiento, Conformidad y Mejora; las cuales brindan, respectivamente, la posibilidad de observar, monitorear y controlar el comportamiento de los procesos, así como de optimizar su rendimiento, al dar solución a los problemas identificados durante el análisis de su desempeño [1].

Dentro de las organizaciones es importante consolidar, de forma clara y detallada, la información de los procesos, obteniendo el paso a paso de las tareas que se realizan en cada una de las áreas de trabajo. Sin embargo, uno de los riesgos que se presenta en la construcción del Modelo de Negocio de un proceso, es que este no sea capaz de prever las dificultades que se presentan en un entorno real (o de su uso en producción) y, en consecuencia, no se pueda dar una solución anticipada a dichas dificultades o problemas, lo que implica sobrecostos, demandas, pérdida de tiempo y en algunos casos la afectación de los recursos tanto humanos y técnicos de la organización [2]. La fase dentro de la minería de procesos, que da solución a estos problemas, es la de Mejora, que identifica los cuellos de botella, reprocesos, fallas y retardos, al analizar los registros de eventos de un proceso. Estos registros de eventos permiten evaluar el comportamiento del proceso y son la principal fuente de datos que facilita la integración de técnicas de analítica de datos para la optimización de las tareas que se ejecutan en cada proceso. Para lograr esto, es necesario definir un modelo que genere servicios genéricos, que permitan la automatización de los procesos a nivel empresarial, dando soporte a los problemas que se puedan presentar en la cotidianidad, y con ello lograr que los inconvenientes sean previsibles y se puedan corregir a tiempo, consiguiendo el mayor beneficio en la organización al minimizar los riesgos [2].

Actualmente, las organizaciones han optado por emplear estándares de modelado que ayudan a mantener un orden en los procesos de negocio [2]. Es por ello, que

cada vez es más frecuente el uso de herramientas de procesos de negocio que permiten visualizar las diferentes tareas, recursos y restricciones que forman parte del flujo de trabajo. Ahora bien, las metodologías empleadas en el modelado y la notación de procesos de negocio (Business Process Model and Notation, BPMN) se han orientado a la identificación de las acciones específicas de un proceso. Algunas herramientas de modelado permiten la simulación de un proceso, con el fin de determinar cuellos de botella que contabilizan el tiempo en que se demora cada instancia del proceso. Por ejemplo, puede ser que cuente con dos empleados designados y capacitados para realizar una actividad determinada, pero que la actividad requiera mucho tiempo y en la práctica se necesitan tres o cuatro empleados para ejecutar en forma adecuada el flujo de las tareas en el proceso. El resultado de esta asignación no adecuada de recursos es que, cuando se ejecutan grandes cantidades de instancias del proceso, se produce un cuello de botella y el proceso se ralentiza porque los dos empleados no pueden mantenerse al día con la demanda de tareas (o actividades) [3].

En la literatura se encuentran diversas propuestas basadas en minería de procesos las cuales identifican los principales temas de investigación y los algoritmos más utilizados. Además, se encuentran varios trabajos que hacen propuestas de algoritmos de descubrimiento de procesos, y otros especializados en la verificación de conformidad, mejoras en las arquitecturas y en las herramientas [2]. Aunque este tipo de iniciativa ayuda a definir los objetivos centrales de la minería de procesos, aún no se tiene un criterio general que ofrezca el soporte necesario para la toma de decisiones y que se encamine en la mejora continua de los procesos.

Entre las propuestas con un enfoque centrado en la mejora de procesos se resaltan los siguientes: una red de Petri para la detección y corrección de errores en el flujo de datos [4], TILDE, un algoritmo que emplea árboles de decisión, para identificar cuellos de botella [5], redes neuronales para predecir el desempeño temporal de cualquier proceso de negocio [6], el estudio de los registros de eventos para analizar el comportamiento y desempeño en pruebas de un hardware específico [7] y, el descubrimiento de cuellos de botella a partir de un algoritmo de minería que usa conceptos de algoritmos genéticos y un registro de eventos [8]. Aunque este enfoque da soluciones que permitieron evidenciar su viabilidad práctica, también es cierto que los casos de estudio en donde fueron utilizados eran procesos muy específicos. Lo anterior implica que, hasta el momento, en la literatura no se ha encontrado una solución genérica que trascienda a la automatización de servicios dentro de un proceso.

Por lo anterior en este trabajo de grado se planteó la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo soportar el análisis de datos y la toma de decisiones en el

flujo de trabajo de un proceso de negocio, basado en minería de procesos y herramientas BPMN, con el fin de optimizar los recursos y reducir riesgos en cualquier tipo de organización?

Para dar respuesta a la anterior pregunta, en este proyecto se realizó como solución un modelo que integra un conjunto de servicios genéricos para la mejora automática de los procesos de negocio. Los servicios se modelaron en nomenclatura BPMN (Business Process Model and Notation, BPMN), y se representaron como procesos. Los servicios definidos en este trabajo son: 1. Gestión de cuellos de botellas, 2. Gestión de recursos y, 3. Gestión de entradas. Cada uno de los procesos definidos cuenta de una estacionalidad de acuerdo con el nivel de importancia y se detallan en una plantilla de caracterización que describe el flujo adecuado de las actividades. Estos servicios fueron revisados por un conjunto de expertos en un primer Grupo Focal (Focus Group) donde se recibieron comentarios, observaciones y sugerencias y luego en una segunda sesión evaluación conceptual. Luego, se realizó una implementación del Servicio de Gestión de cuellos de botella. Para llevar a cabo el desarrollo del servicio, se realizó una simulación de un proceso de negocio en la herramienta denominada, Process Simulator, de donde se obtuvo el log de ejecución. Seguidamente, se aplicó el respectivo modelo de regresión para determinar los retrasos que se generan en las actividades manuales del proceso. También, se diseñó una interfaz de usuario, que tuvo como objetivo principal, mostrar los resultados obtenidos en la ejecución del servicio. Finalmente, al obtener la predicción y las sugerencias, se determinó el nivel de satisfacción con los resultados obtenidos, realizando una nueva simulación aplicando los cambios sugeridos sobre el proceso de negocio.

1.2 APORTES DEL PROYECTO

Desde una perspectiva investigativa, la principal contribución de este proyecto estuvo orientada en definir una forma de respaldar un proceso de negocio desde una perspectiva de mejora automática, a través de un modelo (compuesto por 3 servicios genéricos) representado con BPMN. Lo anterior se hizo teniendo en cuenta que en la búsqueda realizada en las bases de datos de Scopus y ScienceDirect se encontraron pocas propuestas de solución a este problema y ninguna como la propuesta. Además, en la literatura no se encontraron artículos que indiquen la inclusión de la analítica de datos dentro del modelado de un proceso y que apoye la mejora de este como el que se propone en este trabajo; esto es, dar soporte a los procesos de negocio que llevan a cabo las organizaciones, identificando cuellos de botella y contribuyendo en la toma de decisiones de modo que la asignación de los recursos aporte el mayor beneficio para estas.

Desde la perspectiva de innovación, se desarrolló un servicio genérico obtenido del modelo para apoyar en el flujo de actividades de un proceso. Este servicio se implementó en .Net Core y los datos que se usaron fueron los proporcionados por la herramienta Process Simulator al ejecutar un proceso. Los resultados obtenidos se aplicaron dentro de un entorno simulado, buscando contribuir en la reducción del tiempo de ejecución del proceso para los usuarios, lo que se puede definir como un indicador válido de la satisfacción de dichos usuarios.

1.3 OBJETIVOS

A continuación, se presentan los objetivos tal y como fueron aprobados por el Consejo de Facultad de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones al inicio del proyecto y la aprobación de una modificación posterior al segundo y tercer objetivo específico.

1.3.1 Objetivo General

Proponer un modelo que integre un conjunto de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Definir un modelo que integre un conjunto de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio, basado en el log de ejecuciones de este, representado con BPMN y obtenido mediante el uso del patrón de investigación iterativa propuesto por Pratt [9].
- Desarrollar un servicio de los propuestos en el modelo anterior con el fin de apoyar el flujo de las actividades de un proceso, haciendo uso de SCRUM como marco para la gestión del desarrollo del nuevo servicio [10], .NET Core para su desarrollo y datos de ejecución del proceso (logs) en un simulador como Process Simulator.
- Determinar el nivel de satisfacción del usuario, medido por el tiempo medio de ejecución de un proceso una vez se aplican las sugerencias reportadas por el servicio desarrollado en el simulador.

1.4 RESULTADOS OBTENIDOS

A continuación, se resumen los principales resultados del presente trabajo de grado:

1. **Monografía de trabajo de grado:** Se refiere al presente documento que contiene primero, la motivación del trabajo (problema, aportes, objetivos y resultados), segundo, el estado de arte sobre el problema, tercero, la descripción del modelo con sus tres servicios genéricos principales y los

procesos y subproceso que estos utilizan, cuarto, la definición e implementación de uno de los servicios planteados en el presente trabajo, quinto, la evaluación conceptual del modelo y práctica del servicio implementado, y por último (sexto), las conclusiones y el trabajo futuro que el grupo de investigación espera desarrollar en el corto plazo en el tema de este trabajo de grado.

2. **Modelos de los servicios en BPMN:** Se refiere al conjunto de modelos que representan los servicios propuestos en nomenclatura BPMN que se pueden encontrar en el **Anexo 1** y en el **Anexo 4** (archivos para abrir con Bizagi).
3. **Servicio de Gestión de cuellos de botella:** Se refiere al código fuente del servicio desarrollado, técnicas y algoritmos de minería empleados en el servicio. La información se puede encontrar en el siguiente **Anexo 6**.
4. **Proceso de negocio simulado:** Se refiere al conjunto de archivos diseñados en la herramienta Visio con el Software Process Simulator, donde se encuentran escenarios, el reporte de estadísticas y los calendarios de turnos asignados para las actividades representadas. La información se puede ver en la carpeta de drive en el siguiente **Anexo 5**.
5. **Evidencia de la evaluación conceptual:** Se refiere a las encuestas diligenciadas por los expertos sobre el modelo propuesto en el presente trabajo de grado. La información se puede ver en el **Anexo 2**.
6. **Artículo:** Resumen del trabajo realizado en un documento con formato IEEE el cual espera ser presentado en un evento/revista nacional/internacional. Ver **Anexo 3**.

1.5 ESTRUCTURA DE LA MONOGRAFÍA

A continuación, se describe de manera general el contenido y organización de la presente monografía:

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN: Hace referencia al presente capítulo que introduce el tema de investigación, presenta el problema que originó el trabajo, los aportes al problema luego de terminada la investigación, también los objetivos (general y específicos) definidos en el anteproyecto, un breve resumen de los resultados obtenidos y finalmente la organización de la monografía.

CAPÍTULO 2: ESTADO DEL ARTE: En este capítulo se presentan trabajos previos relacionados con minería de procesos, mejora de procesos de negocio, y algoritmos de minería usados en minería y mejora de procesos.

CAPÍTULO 3: MODELO DE SERVICIOS GENÉRICO: En este capítulo se presenta la generalidad de los servicios propuestos como solución a la problemática planteada en este proyecto.

CAPÍTULO 4: IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO DE GESTIÓN DE CUELLOS

DE BOTELLA: En este capítulo se presenta el diseño detallado del servicio desarrollado, describiendo cada funcionalidad junto a los aspectos más importantes de su implementación.

CAPÍTULO 5: RESULTADOS EXPERIMENTALES Y ANÁLISIS:

En este capítulo se presentan la evaluación conceptual realizada al modelo propuesto junto con la evaluación práctica del servicio de gestión de cuellos de botella basado en datos obtenidos de un simulador y las recomendaciones realizadas por el servicio implementado.

CAPÍTULO 6: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO:

En este capítulo se presentan las conclusiones obtenidas al finalizar el trabajo de grado e ideas que el grupo de investigación espera realizar en el corto plazo para dar continuidad a la presente investigación.

CAPÍTULO 7: BIBLIOGRAFÍA:

Este último capítulo contiene las referencias bibliográficas de los artículos y libros consultados para la realización del proyecto.

CAPÍTULO 2

2 ESTADO DEL ARTE

La minería de procesos de negocio es un área de Investigación, Desarrollo e Innovación (I+D+I) que tiene como objetivo descubrir, monitorear y mejorar procesos de negocio, obteniendo información de los registros de eventos que se extraen de la ejecución de cada proceso que se monitorea en un sistema de información. En la minería de procesos se cuenta con tres fases fundamentales para analizar un proceso de negocio [2][7]:

1. **Descubrimiento del proceso.** Consiste en definir el modelo de un proceso basado en el análisis de la ejecución actual de un proceso real, dicho análisis se realiza sobre los datos del registro de eventos (logs) del proceso. Esto permite determinar la forma real cómo se ejecuta el proceso y los recursos relacionados con el negocio [7][1].
2. **Verificación de la conformidad.** Busca evaluar si el comportamiento de un proceso en ejecución coincide con el comportamiento previamente definido [7].
3. **Mejora o extensión de procesos.** En esta fase se busca analizar la información extraída de los registros de ejecución de un proceso. Por ejemplo, utilizando datos sobre el tiempo de ejecución de las tareas/actividades de un proceso de negocio, almacenada en el registro de eventos (log de ejecución), se puede analizar el desempeño del proceso desde la perspectiva del tiempo o descubrir una actividad que demora la ejecución del proceso (cuello de botella). Además, se puede analizar el efecto que tienen ciertos elementos en un punto de toma de decisiones en una actividad, a partir del análisis de casos anteriormente procesados [1][7].

Para las organizaciones es importante tener un modelo de negocio bien definido que ayude a instaurar flujos de trabajo (workflows) que determinen el buen funcionamiento de un proceso dentro de la empresa. Además de poder establecer un modelo de proceso ajustado a la realidad, también es primordial detectar qué fallas se cometen cuando el proceso pasa de una versión manual a una informática automatizada o semiautomatizada. Actualmente se evidencia que son más las empresas que integran minería del flujo de trabajo para estudiar el comportamiento de eventos y poder encontrar el modelo más adecuado para

gestionar el proceso empresarial [11]. Por esa razón, es preciso orientarse hacia la mejora de procesos para que se logre tener un servicio rápido, conciso y confiable, para la toma de decisiones, ya sea de un proceso obtenido a partir de la minería de procesos o del proceso original analizado desde diferentes puntos de vista [1].

A continuación, se presentan los trabajos más relevantes de Minería de procesos, en el enfoque de Mejora de procesos.

2.1 MEJORA DE PROCESOS DE NEGOCIOS

En 2009 [7] la empresa ASML, líder mundial en la fabricación de chips y proveedor clave para la industria, realizó un caso de estudio a partir de los registros de eventos de uno de sus equipos de escáneres, con el objetivo de mejorar el proceso de prueba de esas máquinas. El proceso de prueba constó de tres fases: 1) la fase de calibración; 2) la fase de prueba (la prueba real); y 3) la fase de calificación final. Este trabajo buscaba minimizar el tiempo de prueba, ya que esto generaba sobrecostos y pérdidas en las ventas, sin dejar a un lado la calidad del hardware. Para realizar el análisis respectivo se empleó ProM convirtiendo los datos a un formato MXML4, en donde se hizo un seguimiento a campos de datos, marcas de tiempo e información transaccional (es decir, si la actividad se programó, inició o completó). Después de finalizar el proceso se obtuvo como resultado que el modelo descubierto es "tipo espagueti", es decir, es enorme y no está estructurado. Dichos modelos tipo espagueti no fueron causados por limitaciones del algoritmo sino por la complejidad inherente del proceso de prueba.

En 2012 [12], se hace una introducción a la minería de procesos explicando cada fase de esta con sus respectivos ejemplos. Con respecto a la fase de mejora en la minería de procesos, el artículo informa que es posible ampliar o corregir un modelo de procesos haciendo uso del registro de eventos. Un modelo de procesos no apto puede corregirse utilizando los diagnósticos proporcionados por la alineación del modelo y el registro, logrando representar el registro de eventos en el modelo y analizar los atributos adicionales del mismo. Por ejemplo, es posible analizar los tiempos de espera entre actividades, midiendo la diferencia de tiempo entre eventos causalmente relacionados y calculando estadísticas básicas como promedios, variaciones e intervalos de confianza. De esta manera, es posible identificar los principales cuellos de botella. Igualmente, los datos sobre los recursos se pueden utilizar para descubrir roles, es decir, grupos de personas ejecutando frecuentemente actividades relacionadas, haciendo uso de técnicas de agrupación estándar (clustering). También es posible construir redes sociales basadas en el flujo de trabajo y en analizar el rendimiento de los recursos, por ejemplo, la relación entre la carga de trabajo y los tiempos de servicio. Finalmente se utilizan técnicas de clasificación estándar que analizan los puntos de decisión

en el modelo de proceso para construir un árbol de decisión que explique el comportamiento observado.

En 2013 [5] se desarrolló un enfoque para encontrar los retrasos en un proceso de compra de acuerdo con la información proporcionada del registro de eventos del proceso. El enfoque se basa en una representación lógica del registro de eventos y en la aplicación de la inducción con un árbol de decisiones para separar las instancias del proceso de acuerdo con su duración. Este trabajo se centra en encontrar la razón por la cual algunas instancias del proceso se retrasan. Para identificar los cuellos de botella se realizaron varios experimentos con varias hipótesis inducidas que se representan como árboles de decisión. En cada experimento, hay una causa diferente de retraso, y el enfoque logra encontrar esa causa. Se utilizó un algoritmo popular para inducir árboles de decisión lógica, TILDE (Top-Down Induction of Logical Decision Trees), que se basa en la programación lógica inductiva (ILP). Los resultados obtenidos demostraron que el árbol de decisión pudo capturar la condición de retraso, aunque en algunos experimentos fue necesario incluir predicados lógicos adicionales para expresar mejor la causa del retraso. También realizaron experimentos para estudiar la escalabilidad y la tolerancia al ruido del enfoque propuesto. De los experimentos fue posible extraer muchas reglas, de acuerdo con los usuarios involucrados en la tarea y el impacto estimado. Todos estos motivos son inducidos por el algoritmo TILDE para identificar el impacto del retraso.

En 2019 [2] se realizó una revisión sistemática para identificar técnicas y aplicaciones de la minería de procesos entre los años 2002 y 2018. El principal objetivo era mapear los temas más activos de investigación en la minería de procesos. Fue posible observar que los temas están asociados con los algoritmos de descubrimiento de procesos, seguidos de la verificación de conformidad y mejoras en la arquitectura y las herramientas. Aunque se identificó como enfoque principal el descubrimiento de procesos también fue claro evidenciar que varios documentos nombraron la mejora de procesos, lo que indica que los investigadores apuntan a mejorar los procesos comerciales reales. Igualmente se mostraron trabajos relacionados con el uso de procesos extendidos para realizar predicciones con estadísticas y aprendizaje automático sobre la marcha, ya que se espera que proporcionen mejor soporte operativo [13].

Este mismo año (2019) [8] se realizó un estudio en un sistema de información académica llamado "Helpdesk I-Gracias" de la Universidad de Telkom. El objetivo era descubrir las actividades que tardan más tiempo en realizarse por parte de los estudiantes a través de un proceso. Después de obtener un modelo de proceso, se realizó una auditoría con el fin de hallar cuellos de botella para cada actividad. Los cuellos de botella muestran que los procesos de negocio tienen problemas

para resolver quejas a través del sistema de información académica. Para descubrir el cuello de botella que ocasionaba la pérdida de tiempo en la solicitud que realizaba un estudiante, se hizo uso de un algoritmo de minería basado en algoritmos genéticos, el registro de eventos y métodos de apoyo (Excel, Disco y ProM) para brindar un apoyo a “Helpdesk”. Los resultados evidenciaron que los cuellos de botella en la aplicación se encuentran en la actividad “Ticket de entrada” y en la Actividad “ver el progreso del ticket”, ya que ambas actividades exceden el tiempo promedio de espera. Al encontrar este tipo de retrasos se abre la puerta para realizar un proceso de mejora o provisión estándar para cada actividad. Se recomendó a la institución el desarrollo de una función del progreso en tiempo real del estado de la solicitud, para que el usuario conozca el progreso de su queja y le notifique al usuario cuando el proceso está completo para que no realice actividades repetitivas.

También en 2019 [6] se buscó predecir el desempeño temporal de cualquier proceso de negocio, para esto se propuso un método que consiste en los siguientes pasos, 1) construcción del modelo de proceso, 2) generación de una matriz de representación del proceso y 3) construcción del modelo de predicción. Para el desarrollo del primer paso se empleó un sistema de transición de estados, ya que permite tener diferentes formas de modelos de procesos. Para llevar a cabo el segundo paso se define una función de agregación temporal que se usa para medir el rendimiento temporal, la cual genera dos tipos de matrices diferentes que representan la evolución temporal del proceso y que serán el conjunto de entrenamiento empleado en el paso tres. En el siguiente paso se implementan tres redes neuronales profundas (Deep Neural Networks, DNN): Convolutional NN, Long-Short-Term Memory NN y Long-Term Re-Current Convolutional Networks. Con el propósito de evaluar el método propuesto se emplean tres casos de estudio con registros verdaderos: healthcare service, BPI Challenge 2012¹ y helpdesk². En cada experimento se realiza validación cruzada para medir y comparar la precisión de la predicción usando dos métricas: error absoluto medio (MAE) y error de porcentaje absoluto medio (MAPE). El artículo dispone de los repositorios con el código fuente del método propuesto y los resultados detallados³. Finalmente, los resultados indican que el método predice con éxito los rendimientos a nivel de modelo de proceso.

En 2020 [4] se desarrolló un enfoque novedoso, dirigido al modelado sistemático y la detección y corrección de errores del flujo de datos en procesos de negocios. Dicho enfoque se basó en una red de Petri (WFIO-net) para modelar los procesos

¹ <https://data.4tu.nl/repository/uuid:3926db30-f712-4394-aebc-75976070e91f>

² <https://data.mendeley.com/datasets/39bp3vv62t/1>

³ https://github.com/gyunamister/performance_prediction

de negocios. Introducen un algoritmo novedoso y efectivo para detectar los errores en el flujo de datos, denominado ADIM (Activity-Data Incidence Matrix), que emplea una matriz de incidencia sobre el flujo de datos. Adicionalmente realizan un caso de estudio para evaluar dicha estrategia. El estudio de caso se hace sobre un proceso de negocio de aprobación de préstamo inmobiliario. Los resultados demuestran que el enfoque propuesto es muy práctico y puede aplicarse a entornos de la vida real.

En 2021 [14], se propone un nuevo enfoque de predicción para analizar el rendimiento de actividades en sistemas de fabricación. En el estudio realizado, se propone un marco que involucra técnicas de minería de procesos para respaldar el desarrollo de un modelo probabilístico basado en redes bayesianas y un conjunto de modelos predictivos. Lo anterior con la finalidad de estimar el comportamiento futuro del proceso y el tiempo de finalización de una orden de producción asignada, realizar simulaciones o incluso estimar la probabilidad de que el sistema falle. La validación del marco propuesto se realizó en los siguientes pasos: 1) Realizar un registro de eventos estructurado, teniendo en cuenta las siguientes columnas: serie, Id de la Instancia, actividad, hora de inicio, hora de fin y duración de la actividad; 2) Generar la estructura de la Red Bayesiana; 3) Estructurar el archivo de casos para obtener las probabilidades condicionales; 4) Llevar a cabo el aprendizaje de la Red Bayesiana y; 5) Realizar la simulación de los escenarios para validar el modelo. La información que se obtiene como respuesta al aplicar el modelo probabilístico, ayuda a analizar la probabilidad de que ocurran fallas potenciales, lo que permite orientar los esfuerzos para reducir las paradas no planificadas y las inspecciones de mantenimiento de reestructuración. Se realizaron dos casos de estudio, el primero con datos de un proceso de fabricación que consta de un solo equipo y el segundo con múltiples equipos. Para ambos casos se consideraron tres enfoques, a saber: 1) análisis de desempeño y simulaciones, 2) predicción del tiempo de finalización, y 3) predicción de tiempo para instancias incompletas. Finalmente, los responsables de producción y mantenimiento pueden tomar decisiones con respecto al tiempo estimado de finalización de una sola actividad o un grupo de actividades, la probabilidad de que ocurra un solo evento en un seguimiento incompleto, la probabilidad de que un grupo de actividades ocurra hasta el final de una instancia, contar con el tiempo estimado de finalización de múltiples instancias, conocer el comportamiento futuro de una actividad o grupo de actividades y, saber la variación estimada de los tiempos del ciclo de producción.

2.2 OTROS ENFOQUES DE LA MINERÍA DE PROCESOS

En 2013 [15], se tuvo como objetivo investigar una solución escalable con el fin de evaluar, comparar y clasificar algoritmos de minería de procesos de manera eficiente. Los algoritmos de minería de procesos que se evaluaron en este trabajo fueron: el algoritmo α (alpha, algoritmo de búsqueda), un algoritmo genético, un algoritmo heurístico y un algoritmo minero regional. El enfoque propuesto consistió en seleccionar una parte de los modelos para construir y evaluar un modelo de regresión para estimar las similitudes de otros modelos sin ninguna evaluación empírica. También se propuso una métrica y un método de selección para escoger modelos que sean efectivos para diferenciar el rendimiento y las capacidades de los algoritmos estudiados. Se aplicó el análisis de regresión para obtener dos modelos entrenados, uno para la medida del comportamiento y el otro para la medida estructural. Los modelos de regresión se aplicaron a dos casos de la vida real, un fabricante de calderas y un fabricante de trenes en China, con el fin de registrar las similitudes estimadas y el tiempo de ejecución. Según las similitudes estimadas, el marco de referencia clasifica los algoritmos de minería de procesos de negocios y recomienda el algoritmo con la mayor similitud para cada una de estas dos empresas. De los algoritmos que se estudiaron, el algoritmo genético originó más modelos con buenas similitudes estructurales para los conjuntos de datos, en comparación con los otros 3 algoritmos de minería. Finalmente, las comparaciones que se realizaron en este documento informaron que algunos algoritmos implican altos costos computacionales y que algunos enfoques son muy difíciles o inviables de aplicar en la industria.

En 2019 [16] se introduce el concepto de industria 4.0 al describir el avance tecnológico que se produce a diario y cómo las diferentes industrias deben adaptarse al mismo. Considerando que actualmente muchas industrias cuentan con procesos definidos gracias al uso de Lean Thinking y BPM, se propone el uso de minería de procesos en su fase de descubrimiento del proceso, para evaluar la perspectiva de control de flujo y la perspectiva de recursos, a partir del registro de eventos de un proceso de gestión de documentos. Para la evaluación de la perspectiva de control de flujo se hizo uso de los algoritmos Heuristics Miner basado en frecuencias y BPMN Miner. Para la evaluación de la perspectiva de recursos se emplearon los algoritmos Working-Together y Handover-of-Work. Los resultados del análisis sobre el proceso dan respuesta a 6 preguntas previamente planteadas, como ¿cuáles son los recursos involucrados en el modelo de proceso? y ¿cuántas actividades ejecuta cada instancia del modelo? Finalmente, los hallazgos muestran que los modelos de proceso descubiertos están

parcialmente automatizados, ya que existen diversas actividades ejecutadas por un recurso llamado Sistema.

En 2020 [17], se investigó sobre la importancia de la calidad de los datos en los registros de un sistema. Para esto, se implementó un prototipo llamado RDB2Log, que busca un enfoque semiautomatizado e informado sobre la calidad para la generación de registros de eventos a partir de bases de datos relacionales y, le ayuda al usuario a seleccionar los atributos del registro de eventos al proporcionar información sobre la calidad y restricciones de los RDB2Log. Además, toma como entrada, un conjunto de datos relacionales y genera una evaluación de su calidad basada en dimensiones comunes de calidad de datos. Usando esta evaluación y las restricciones clave de la base de datos, se pueden tomar decisiones con respecto a la idoneidad de los datos para la minería de procesos. Para evaluar el prototipo se trabaja en un conjunto de dos dimensiones enfocadas en procesar registros de minería de datos relevantes y que sean cuantificables. De acuerdo con los anteriores aspectos, el prototipo se evalúa en entornos de la vida real con los siguientes aspectos: precisión, integridad y singularidad, ya que estas son características relevantes para la minería de procesos. El prototipo software implementa una interfaz en Java y el back-end se basa en el DBMS proporcionado por Microsoft SQL Server. El artefacto propuesto en este documento se visualiza como un paso hacia un ciclo de vida de calidad de datos de procesos de negocio compuesto por: detección sistemática, reparación y seguimiento de problemas de calidad de datos.

También en 2020 [18], se parte del uso de la minería de procesos en línea, dónde es posible analizar los datos durante la ejecución del proceso. Sin embargo, este análisis se realiza suponiendo que el flujo de los eventos se da sin ruido o comportamiento anormal, lo cual no es cierto y conduce a resultados poco confiables. Por esta razón, los autores proponen un filtro del flujo de eventos a partir del desarrollo de autómatas probabilísticos, con el fin de detectar y eliminar comportamientos poco frecuentes y ruidos que se puedan presentar.

De igual manera en 2020 [19], se presenta un trabajo que trata sobre la detección de anomalías de procesos mediante minería de procesos e indican que algunas anomalías pueden ser causadas como resultado de comportamientos fraudulentos. Se realizó un caso de estudio en un proceso de solicitud de crédito en un banco. Se propone un método que consta de los siguientes pasos: 1) la verificación de conformidad, en dónde se aplica la minería de procesos, 2) la toma de decisiones difusa de múltiples atributos y 3) el aprendizaje de reglas de asociación difusa para detectar anomalías en la fase de prueba. Se emplea el plug-in ProM para analizar las posibles anomalías en los patrones de registro de eventos, los tiempos de rendimiento, los recursos, las labores y las decisiones. Se

realiza el entrenamiento mediante fuzzy association rule Learning, el cual genera reglas de asociación entre los atributos con anomalías. El método ARL obtuvo una precisión de 0.975 y un nivel de confianza mínimo de 0.9. Por otro lado, el método ARL fuzzy obtuvo una precisión de 0.925 con una confianza mínima de 0.3. Por lo tanto, el método ARL fuzzy es usado para la identificación de anomalías con niveles de confianza bajos, de modo que las reclamaciones fraudulentas con pequeños niveles de confianza se pueden descubrir fácilmente.

En 2021 [20], se realizó un estudio en departamentos de emergencias de hospitales, donde se buscó la manera de administrar mejor las actividades y los recursos para anticipar el hacinamiento a través de estimaciones precisas de los tiempos de espera. Por lo anterior, el principal objetivo consistió en identificar la técnica de aprendizaje que proporcione las estimaciones más precisas y en tiempo real de los tiempos de espera de los pacientes que llegan a urgencias. Para cumplir el objetivo planteado, en este trabajo se realizaron pruebas con varias técnicas de aprendizaje automático para pronosticar los tiempos de espera en los servicios de urgencias, mediante la aplicación de análisis predictivos y el uso de datos reales de dos hospitales italianos. Se usaron datos básicos de clasificación de urgencias que proporcionaron las características de los pacientes. Se evaluó la precisión de las técnicas de Lasso, Random Forest, Support Vector Regression, Artificial Neural Network y Ensemble Method (EM) utilizando dos métricas de error en el pronóstico: el error cuadrático medio y el error absoluto medio. También se estimó la eficiencia de cada técnica en términos de tiempo computacional. Al obtener los modelos predictivos, se realizó un escenario de prueba simulado para determinar en tiempo real la precisión de los datos. Cada uno de los modelos desarrollados proporcionaron estimaciones precisas del tiempo de espera, debido a los nuevos predictores basados en colas que capturan de manera efectiva el estado actual de la sala de emergencias. Los experimentos revelaron que la técnica EM fue la más efectiva para predecir los tiempos de espera, superando significativamente a todas las demás técnicas en términos de MSE y MAE. Finalmente, los resultados sugieren que un sistema de pronóstico basado en los modelos predictivos propuestos, proporciona estimaciones de tiempo de espera con un error de unos 30 min en el 80% de los casos.

Finalmente, en 2021 [21], se realizó una revisión sistemática de la literatura para buscar la información correspondiente a la participación de la Inteligencia Artificial en la detección de cuellos de botella en procesos de Sistemas de Producción Industriales. La investigación se soportó en la necesidad empresarial de mejorar el rendimiento de los sistemas. Lo anterior, teniendo en cuenta que aún se presentan grandes brechas entre el rendimiento objetivo y el real. Los estudios empíricos recientes mostraron que las pérdidas de rendimiento en los sistemas de

producción del mundo real son del 20% al 30%. Estas pérdidas se deben en parte a la existencia de cuellos de botella en el rendimiento. Para dar una solución global al problema, se realizó un mapeo del campo a tratar, con el fin de proporcionar soluciones de Inteligencia Artificial de última generación para el análisis de cuellos de botella en los procesos. El enfoque investigativo arrojó un conjunto de 16 publicaciones como resultado de la metodología empleada. Seguidamente, usaron el marco de análisis de datos de Gartner, y realizaron una clasificación en cuatro categorías: identificación, diagnóstico, predicción y prescripción. En la categoría de identificación, las diversas soluciones de IA utilizan sólo datos de la máquina, como períodos activos, bloqueos y tiempos de inactivación, para identificar los cuellos de botella de rendimiento históricos. En la categoría de predicción, algunas soluciones de IA usan solo datos de máquinas, mientras que el resto usa datos de máquinas junto con otros datos contextuales. Para la categoría de diagnóstico, el estado del arte muestra una limitación a diagnosticar sólo paradas no planificadas en función de las diferentes variabilidades del tiempo del proceso, y en la categoría de prescribir, el problema se formuló basado en reglas prescriptivas predefinidas y de esa manera determinar acciones en cuellos de botella de rendimiento. Finalmente, a partir de la categorización, identificaron que los máximos esfuerzos de investigación se dedicaron a desarrollar soluciones de IA para identificar y predecir, pero resaltan el gran papel de todas las herramientas basadas en IA para proporcionar valor a partir del procesamiento y realizar el análisis de datos en la práctica del mundo real.

Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

CAPÍTULO 3

3 MODELO DE SERVICIOS GENÉRICO PROPUESTO

3.1 METODOLOGÍA DE DESARROLLO

En este trabajo se usó el patrón de investigación iterativo (PII) propuesto por Pratt [9], para el modelado de los servicios propuestos en este capítulo. PII se compone de cuatro etapas principales, a saber: observación de campo (O), identificación del problema (I), desarrollo de la solución (D) y pruebas de campo (P).

En la etapa de Observación, se realizó el estudio del modelado de procesos en nomenclatura BPMN, teniendo presente los elementos que lo componen y la gran importancia que ha adquirido el diagramado de procesos en las organizaciones. Lo anterior permitió identificar la forma cómo representar la integración de los servicios para ayudar en la mejora de procesos.

Posteriormente, en la etapa de Identificación se realizó la búsqueda de las distintas formas en que se determinaron cuellos de botella, reprocesos, fallas o retardos que se presentaron en un proceso de negocio, para apoyar la toma de decisiones preventivas con el fin de optimizar recursos. De igual manera se tuvo en cuenta los casos de estudio encontrados en el estado del arte, que se enfocaron en registros de eventos para analizar el comportamiento de los procesos.

Una vez se identificaron los elementos más apropiados para representar los servicios y los aportes y falencias de los trabajos previos, se inició la etapa de Desarrollo, donde se empleó la herramienta de modelado Bizagi [19] para diseñar cada uno de los modelos de los servicios cuyo objetivo es ayudar a la mejora automática de procesos de negocio.





Por último, en la etapa de pruebas, se evaluó que el modelo cumpliera con la representación definida en BPMN y permitiera lograr los objetivos definidos para este. Para la evaluación conceptual de los modelos se usó la técnica de grupo Focal, efectuada de la siguiente manera: Una primera sesión donde se conoció la opinión de cinco expertos en relación con los modelos propuestos. Lo anterior, permitió hacer los cambios pertinentes mediante la retroalimentación brindada por


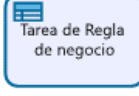










los participantes, para de esa manera, realizar una evaluación conceptual de la nueva versión de los servicios con la participación de tres (3) expertos. De acuerdo con los comentarios recibidos se obtuvo la aprobación de los modelos. Los resultados de la evaluación conceptual se presentan más adelante en el **Capítulo 5**.


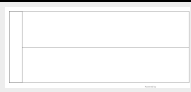

3.2 NOTACIÓN BPMN

Cada servicio se diseñó bajo las directrices del estándar BPMN, notación que provee un lenguaje unificado de acepción mundial para la representación de procesos de negocio [22]. El estándar ha sido mantenido por el Object Management Group y define como objetivo principal de BPMN, proporcionar una notación que sea fácilmente comprensible para todos los usuarios comerciales, desde los analistas que crean los borradores iniciales, hasta los desarrolladores responsables de implementar la tecnología, y finalmente, a los empresarios que administrarán y monitorearán los procesos. Por lo tanto, BPMN crea un puente estandarizado para la brecha entre el diseño del proceso comercial y el proceso de negocio [23]. Dentro del marco de diseño, se tuvo en cuenta la guía de referencia proporcionada por la Herramienta Bizagi Modeler [19], que sigue los estándares de la OMG al ser un miembro de ésta. Por lo anterior, y teniendo en cuenta la intención de cada uno los servicios propuestos en este capítulo, estos se basaron en los eventos, tareas, elementos y compuertas de modelado [19] que se muestran en la **Tabla 1**:

Tabla 1. Elementos de Notación BPMN

Elemento	Descripción	Notación
Tarea	Es una actividad atómica dentro de un flujo de proceso. Se utiliza cuando el trabajo en proceso no puede ser desglosado a un nivel más bajo de detalle.	
Tarea de Usuario	Es una tarea del flujo de trabajo ejecutada por una persona con la asistencia de una aplicación software.	
Tarea de Servicio	Es una tarea que utiliza algún tipo de servicio que puede ser Web o una aplicación automatizada.	
Tarea de Script	Es una tarea que se ejecuta por un motor de procesos de negocio. El usuario define un script en un lenguaje que el motor pueda interpretar.	

Tarea Manual	Es una tarea que espera ser ejecutada sin la asistencia de algún motor de ejecución de procesos de negocio o aplicación.	
Tarea de Regla de Negocio	Ofrece un mecanismo para que el proceso provea una entrada a un motor de Reglas de Negocio y obtenga una salida de los cálculos que realice éste.	
Ciclo de Múltiples Instancias	Las tareas pueden repetirse secuencialmente comportándose como un ciclo. El ciclo multi-instancia permite la creación de un número deseado de instancias de actividad que pueden ser ejecutadas de forma paralela o secuencial.	
Subproceso	Es una actividad cuyos detalles internos han sido modelados utilizando actividades (o tareas), compuertas, eventos y flujos de secuencia.	
Evento de Inicio Simple	Indica dónde se inicia un proceso. No tiene algún comportamiento particular.	
Evento de Inicio de Temporización	Se utiliza cuando el inicio de un proceso ocurre en una fecha o tiempo de ciclo específico. (por ejemplo, todos los viernes).	
Finalización simple	Indica que el flujo finaliza.	
Compuerta Exclusiva	De divergencia: Se utiliza para crear caminos alternativos dentro del proceso, pero solo uno se selecciona. De convergencia: Se utiliza para unir caminos alternativos.	
Compuerta Paralela	De divergencia: Se utiliza para crear caminos alternativos sin evaluar condición alguna. De convergencia: Se utiliza para unir caminos alternativos. Las compuertas esperan todos los flujos que concurren en ellas antes de continuar.	
Objetos de Datos	Provee información acerca de cómo los documentos, datos y otros objetos se utilizan y actualizan durante el proceso.	
Depósito de Datos	Provee un mecanismo para que las actividades recuperen o actualicen información almacenada que persistirá más allá del alcance del proceso.	
Anotación	Son mecanismos para que un modelador provea información adicional al lector de un diagrama BPM.	

Pool	Un pool es un contenedor de procesos simples (contiene flujos de secuencia dentro de las actividades). Un proceso está completamente contenido dentro de un pool. Siempre existe por lo menos un pool.	
Lane	Es una subpartición dentro del proceso. Los carriles (o lanes) se utilizan para diferenciar roles internos, posiciones, departamentos, etc.	
Fase	Es una subpartición dentro del proceso. Puede indicar diferentes etapas durante el mismo.	

3.3 ROLES Y RESPONSABILIDADES

En los servicios propuestos existen cuatro (4) roles, a saber: **1) Software de Soporte:** Corresponde al sistema o software de diseño y ejecución de procesos de negocio en la empresa. Las herramientas que se consideran son aquellas que incorporan el modelado BPMN y permiten la integración de los servicios. Ej.: BonitaSoft, BizagiStudio, Camunda, entre otros. **2) Administrador de procesos:** El administrador de procesos es el encargado de gestionar los procesos de negocio de la empresa. Trabaja de la mano con el Software de Soporte y es el responsable de configurar, diseñar, validar y evaluar las actividades y recursos humanos de los procesos. **3) Analista:** Es el encargado de construir y realizar mejoras, analizando las estadísticas que reportan el funcionamiento actual del proceso de negocio. Y **4) Usuario:** Representa a una persona natural o jurídica que realiza una solicitud mediante el Software de Soporte de la empresa.

3.4 MODELO PROPUESTO

Para las organizaciones en general, es indispensable identificar en qué momento un proceso empieza a bajar sus índices de calidad de servicio y de esta forma, generar acciones de mejora para evitar que esta situación se convierta en un problema que afecta la producción del negocio. Por lo anterior, en este trabajo de grado se definieron tres servicios genéricos para la mejora automática de los procesos de negocio, que se pueden aplicar de forma transversal a las actividades manuales (realizadas por talento humano) que desarrolla una organización. Los servicios junto con sus procesos y subprocesos se muestran en forma general en la **Figura 1** y se introducen a continuación. El resto del capítulo detalla cada uno de estos servicios, procesos y subprocesos.

En la **Figura 1**, se relacionan los servicios diseñados y se representan mediante subsistemas y paquetes. El primer servicio que se ilustra es el de **Gestión de Cuellos de Botella**, que consta de cuatro procesos principales y cinco subprocesos, que se relacionan entre sí, de acuerdo con los objetivos planteados para cada uno. El inicio de cada proceso se plantea en secuencia, como lo indican las flechas horizontales de color azul, pero se ejecutan de manera independiente

ya que cada uno de ellos tiene su propio flujo de actividades. La **sección 3.4.1** de este capítulo detalla las funciones de este servicio, donde es indispensable conocer los recursos humanos que están disponibles para solucionar las necesidades encontradas, es por esto por lo que en esta figura se muestra la relación que existe con el servicio de **Gestión de Recursos** mediante la conexión de dependencia que indica la flecha interlineada vertical de color naranja. La **sección 3.4.2** describe en detalle el servicio de **Gestión de Recursos** con su proceso. En la parte inferior se presenta el servicio de **Gestión de Entradas**, para el que se cumplen las mismas condiciones de continuidad que se mencionan en el primer servicio, es decir, la ejecución secuencial de los procesos, para cumplir con los prerrequisitos de su ejecución, pero cada uno con libertad en el momento de su ejecución. La explicación de este servicio se detalla en la **sección 3.4.3**. Además, teniendo en cuenta que los servicios parten de que existe un archivo de configuración y que este cuenta con unos valores por defecto para todos los procesos de negocio de la organización, y que para cada servicio se puede personalizar un archivo de configuración, se modeló el Proceso de **Modificar configuración de modelos**, que proporciona al Administrador de procesos las variables y los parámetros necesarios para ajustar de manera apropiada el archivo dependiendo del proceso a ejecutar. El anterior proceso se detalla en la **sección 3.4.4** y su respectiva relación con los servicios se representa gráficamente mediante las flechas interlineadas de color negro que se muestran en la **Figura 1**. Finalmente, en la **sección 3.4.5** se especifican las **Entradas y Salidas** que se mencionan en cada uno de los servicios, procesos y subprocesos a modo de un índice de búsqueda ordenado alfabéticamente. Es de aclarar que, durante el desarrollo de este capítulo, se utiliza la palabra **actividad** o **actividades** para definir las tareas que son indispensables en la ejecución de los procesos.

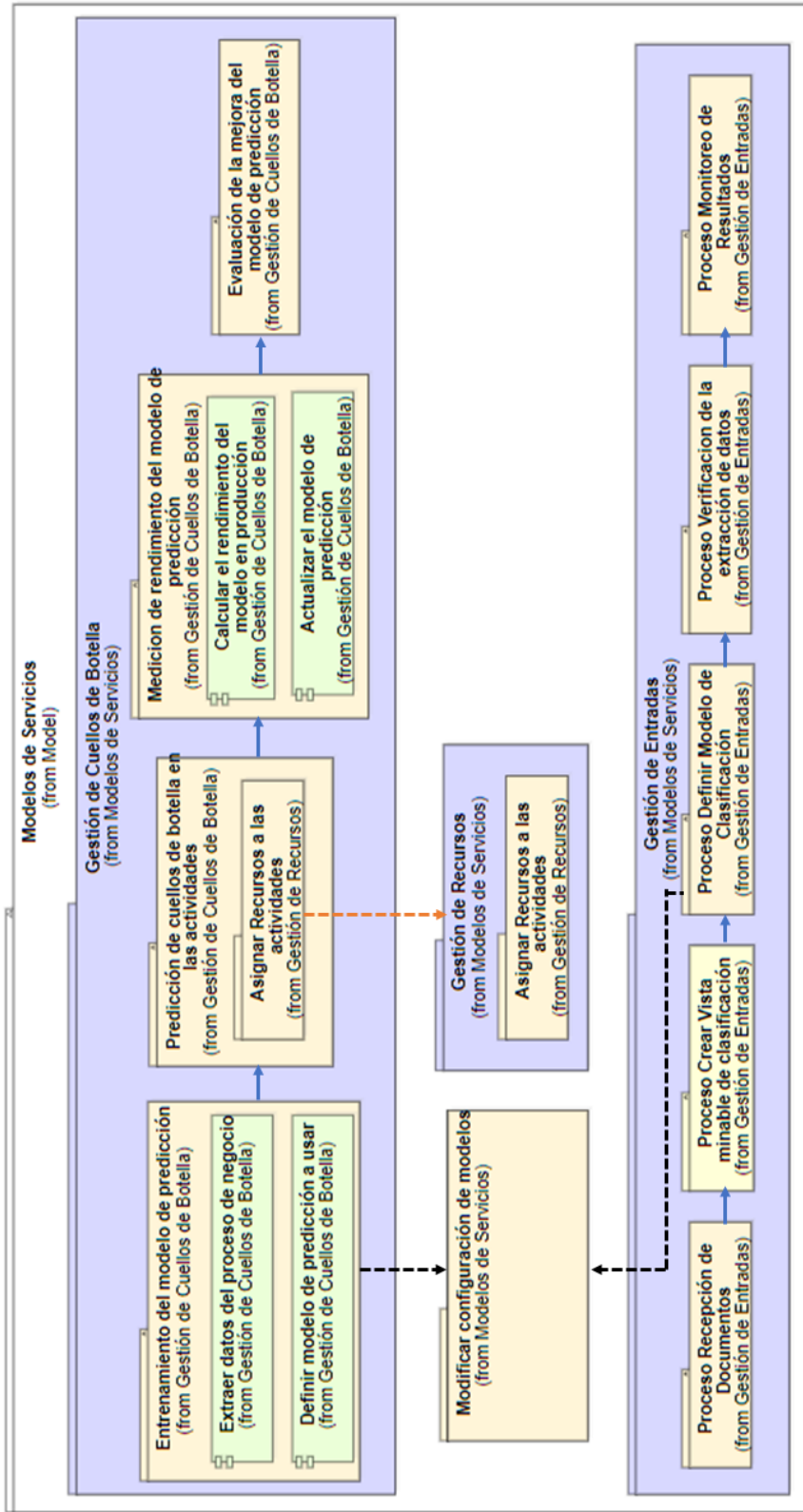


Figura 1. Modelo de servicios genéricos

3.4.1 Servicio: Gestión de Cuellos de Botella

SERVICIO	GESTIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA
Objetivo	Este servicio busca detectar demoras significativas en las actividades manuales de un proceso de negocio, con base en el análisis del log de ejecución del proceso para mejorar la productividad de este.
Descripción	<p>Este servicio analiza el log de transacciones de los diferentes procesos de negocio, con el fin de pronosticar demoras significativas en las actividades manuales que conforman el proceso. Para lograr esto, se genera un modelo de predicción que, al aplicarlo, informa al usuario de las demoras que pueden llegar a surgir en las actividades manuales y la manera en que pueden ser prevenidas, a través de un reporte de predicción. Las sugerencias que se abordan en este reporte buscan hacer un mejor uso de los recursos y ejecutar de una mejor manera las actividades. Con base en estas sugerencias, el usuario puede aplicar cambios en el proceso con el fin de mejorar la productividad de este.</p> <p>El servicio se define en cuatro procesos: entrenamiento del modelo de predicción, predicción de cuellos de botellas en las actividades, medición de rendimiento del modelo de predicción y evaluación de la mejora del modelo de predicción. Cada proceso cuenta con un objetivo específico, que se puede ejecutar de manera individual, sin afectar los resultados de los otros procesos. Para cada uno de estos, se definen momentos de inicio propios pero dependientes entre sí, en caso de que un proceso necesite los resultados que generan los otros procesos.</p> <p>Los procesos que conforman este servicio cuentan con un conjunto de subprocesos que se listan a continuación:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Extraer datos del proceso de negocio. ● Definir el modelo de predicción a usar. ● Asignar recursos a las actividades del proceso de negocio. ● Calcular el rendimiento del modelo en producción. ● Actualizar el modelo de predicción. ● Modificar configuración de modelos. <p>Cada proceso y subproceso se explica más adelante en su respectiva plantilla de caracterización.</p>
Procesos	<p>Gestión de cuellos de botella – Entrenamiento del modelo de predicción: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, el cual indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se hace con el fin de establecer la periodicidad en el desarrollo de los procesos que involucran el entrenamiento del modelo de predicción. Se compone de los subprocesos de Extraer datos del proceso de negocio, Definir el modelo de predicción a usar, y de la actividad denominada “Almacenar modelo de predicción”. Cada uno de los componentes se explican en la respectiva plantilla de caracterización del proceso.</p>

	<p>Gestión de cuellos de botella – Predicción de cuellos de botella en las actividades: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Obtiene la información requerida para poder generar un reporte que prediga el posible tiempo de ejecución de las actividades en determinado momento. Además, propone recomendaciones para la mejora del proceso, que son fundamentales para asignar recursos. Sus principales actividades son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Aplicar el modelo de predicción: Esta actividad se encarga de ejecutar el modelo de predicción actual y de generar el Reporte de Predicción. ● Asignar recursos a las actividades del proceso de negocio: Es un subproceso que gestiona los recursos requeridos para realizar las actividades manuales y hacer los cambios correspondientes en el proceso. Su ejecución se hace desde el servicio de Gestión de Recursos que se explica posteriormente. Su flujo de trabajo se especifica en la respectiva plantilla de especificación de ese servicio. ● Registrar las operaciones aplicadas por el administrador de procesos: esta actividad se ejecuta siempre y cuando se realicen cambios en la asignación de recursos con base en las sugerencias hechas y registra la información en un Reporte de Cambios que luego se usa para evaluar la mejora en el rendimiento del proceso.
	<p>Gestión de cuellos de botella - Medición de rendimiento del modelo de predicción: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Tiene como finalidad detectar las diferencias entre los datos predichos y los datos reales. Para ello se utilizan los siguientes subprocesos:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Calcular el rendimiento del modelo en producción: Este subproceso se encarga de validar la exactitud del reporte de predicción con los datos reales de la ejecución del proceso de negocio sin la aplicación de las recomendaciones de mejora sobre los recursos. ● Umbral permitido: Este parámetro se define en el archivo de configuración realizado por el usuario. El umbral es una variable numérica que permite establecer el valor máximo de diferencia permitido entre los datos reales y los predichos. ● Actualizar el modelo de predicción: se activa siempre y cuando el desfase de lo predicho y lo real supera el umbral permitido.
	<p>Gestión de cuellos de botella - Evaluación de la mejora del modelo de predicción: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. En general busca evaluar cuánto mejora el proceso cuando se hacen cambios de recursos en las actividades manuales. Cada una de las actividades que componen este proceso se explican en su respectiva plantilla de caracterización.</p>
	<p>Gestión de cuellos de botella - Modificar Configuración de Modelos: Este proceso se encarga de generar el Archivo de Configuración, que contiene los parámetros y técnicas que se ejecutan para definir el Modelo de regresión. Para un mejor entendimiento, cada una de las actividades que componen este proceso se explican en su respectiva plantilla de caracterización.</p>

Artefactos	Reporte de predicción.
	Reporte de cambios.
	Repositorio Modelos de Regresión
	Vista minable
	Reporte de Calidad
Disponibilidad	Se debe poder ejecutar de acuerdo con la estacionalidad de cada proceso de negocio.
Recursos	Es necesario tener un recurso de almacenamiento (espacio suficiente en disco duro) para guardar la información generada por los modelos de predicción cuando son ejecutados. De igual manera, es fundamental tener un servidor con la capacidad apropiada para soportar el alojamiento, ejecución, programación y almacenamiento de los resultados de la ejecución de cada proceso vía una arquitectura software de microservicios.

3.4.1.1 Proceso: Entrenamiento del modelo de predicción

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Proceso	Entrenamiento del modelo de predicción
Proceso o Subproceso predecesor	No tiene.
Objetivo	Generar modelos de predicción mediante la ejecución de diversas técnicas de inteligencia artificial y seleccionar el modelo con el mejor rendimiento, almacenarlo y emplearlo para la mejora del proceso de negocio que presenta cuellos de botella en sus actividades.
Descripción	Este proceso sugiere los escenarios adecuados de configuración del modelo después de haber analizado diversas técnicas de inteligencia artificial (predicción vía regresión) disponibles con un adecuado afinamiento de parámetros de acuerdo con el subproceso Definir el modelo de predicción a usar . Es decir, los datos del proceso se usan para entrenar varios modelos, a partir de las métricas obtenidas, es posible seleccionar el modelo con el mejor rendimiento y este se almacena para ser aplicado en el proceso de negocio. El almacenamiento se realiza en la actividad Almacenar modelo de predicción .
Iniciador del Proceso	Se inicia una vez termina la ejecución del proceso de negocio y se cuenta con un log de transacciones que tiene una cantidad de datos apropiados (depende de la frecuencia del proceso) para poder definir un modelo de predicción.
Técnica sugerida	Técnicas establecidas en los subprocesos de extraer datos del proceso y técnicas para definir modelos de predicción (regresión).
Entradas	Log de ejecución del proceso de negocio. Recursos humanos por actividad.
Secuencia normal	N o
	1 Extraer datos del proceso de negocio: Esta actividad corresponde a un subproceso el cual tiene definidas sus propias actividades y se

	detalla más adelante. En resumen, tiene como objetivo obtener los datos del proceso de negocio y organizarlos, de modo que puedan ser usados posteriormente, para generar modelos de regresión.
2	Definir el modelo de predicción a usar: Esta actividad corresponde a un subproceso y tiene definidas sus propias actividades. Se encarga de encontrar el modelo de predicción con la mayor métrica de rendimiento posible. Este subproceso se explica en detalle más adelante.
3	Almacenar modelo de predicción: Los modelos se almacenan en una base de datos para poder acceder a ellos y usarlos cuando sea requerido.

Modelo BPMN

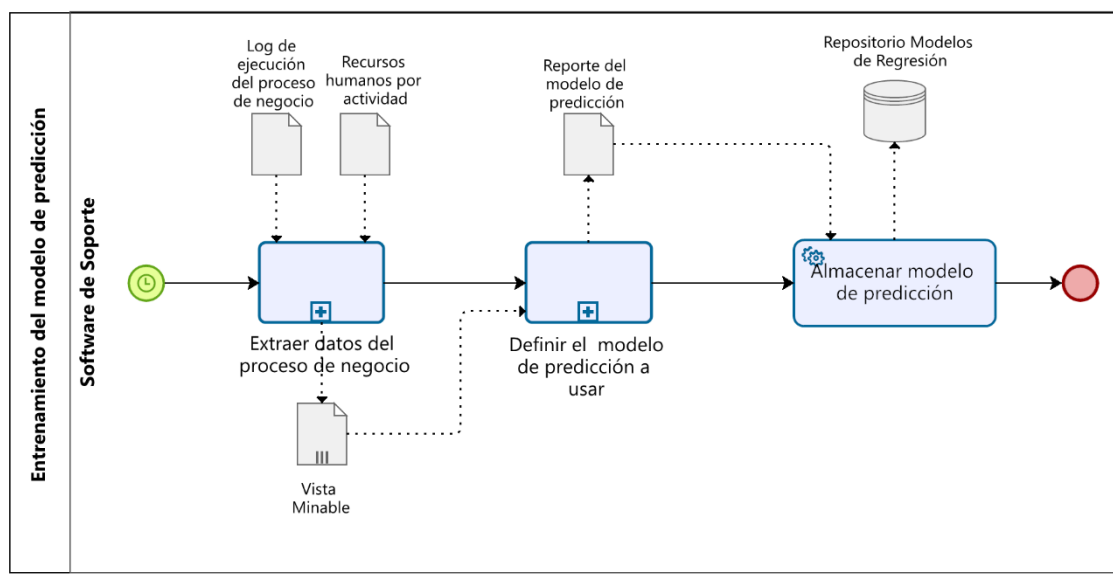


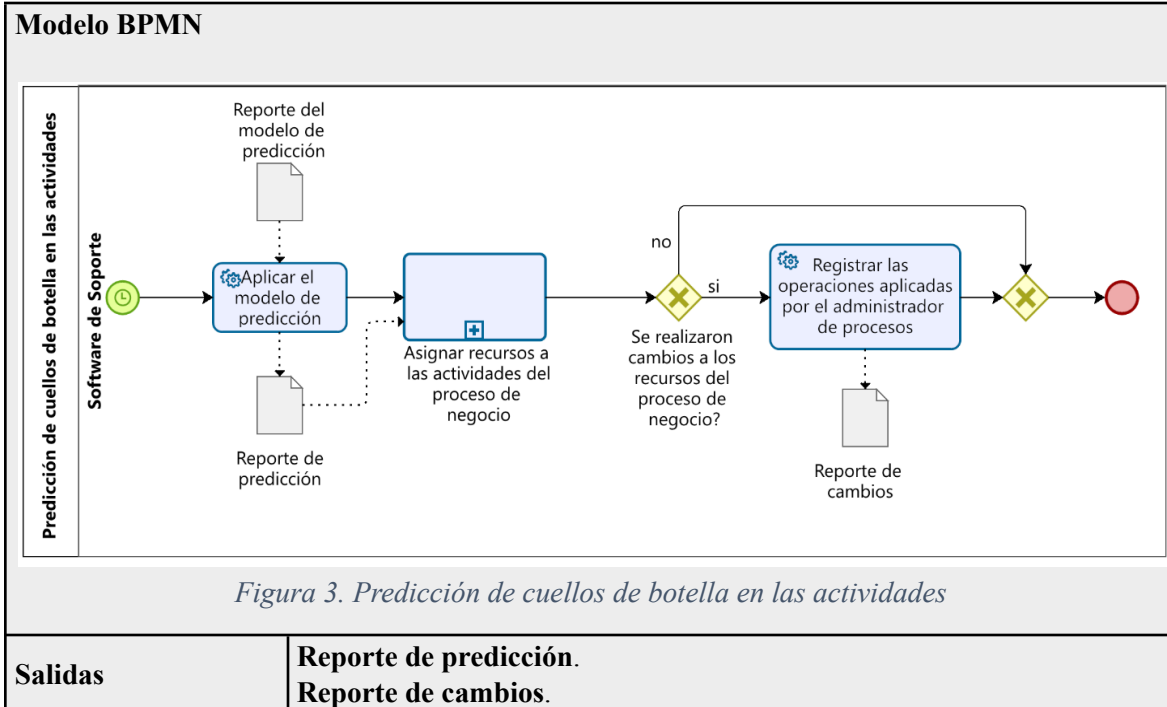
Figura 2. Entrenamiento del modelo de predicción

Salidas	Repositorio Modelos de Regresión. Vista minable. Reporte del modelo de Predicción.
----------------	---

3.4.1.2 Proceso: Predicción de cuellos de botella en las actividades

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Proceso	Predicción de cuellos de botella en las actividades
Proceso o Subproceso predecesor	Entrenamiento del modelo de predicción

Objetivo	Generar un reporte de predicción aplicando un modelo predictivo (regresión) para proponer recomendaciones sobre los recursos humanos de las actividades del proceso que ayuden en la mejora de este.	
Descripción	Este proceso se centra en aplicar el modelo de predicción definido en el subproceso Definir el modelo de predicción a usar . Una vez aplicado el modelo, se genera un reporte en el cual se ve reflejada la predicción realizada por el modelo, en donde se busca detectar demoras significativas en actividades realizadas por personas de manera manual y en donde se refleja cómo se comportará el proceso en ejecución en cierto periodo de tiempo. Además, propone recomendaciones para la mejora del proceso, que son fundamentales para asignar recursos, actividad que se realiza en el proceso Asignar recursos a las actividades del proceso de negocio . Si el Administrador de procesos realiza los cambios sugeridos en el Reporte de predicción , esto se registra para generar un Reporte de cambios que servirá para evaluar más adelante la mejora del proceso de negocio.	
Iniciador del Proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se puede ejecutar una vez exista un modelo de predicción aplicable.	
Técnica sugerida	Técnicas establecidas en los subprocesos de extraer datos del proceso y técnicas requeridas para definir el modelo de predicción a usar.	
Entradas del proceso	Reporte del modelo de Predicción.	
Secuencia normal	N o	Actividades
	1	Aplicar el modelo de predicción: Esta actividad se encarga de ejecutar el modelo de predicción actual y de generar el Reporte de Predicción .
	2	Asignar recursos a las actividades del proceso de negocio: Es un subproceso que gestiona los recursos requeridos para realizar las actividades manuales y hacer los cambios correspondientes en el proceso. Su ejecución se hace desde el servicio de Gestión de Recursos que se explica posteriormente.
	3	¿Se realizaron cambios a los recursos del proceso de negocio?: existen dos opciones: <ul style="list-style-type: none"> ● Si: Está respuesta confirma que se realizaron cambios sobre los recursos humanos del proceso de negocio y por ello se debe realizar la actividad N°4. ● No: Está respuesta indica que no se han realizado cambios sobre los recursos humanos del proceso de negocio y por ello no hace ningún registro y termina el flujo de actividades.
	4	Registrar las operaciones aplicadas por el Administrador de procesos: esta actividad se ejecuta siempre y cuando se realicen cambios en la asignación de recursos con base en las sugerencias hechas y registra la información en un Reporte de Cambios que luego se usa para evaluar la mejora en el rendimiento del proceso.



3.4.1.3 Proceso: Medición de rendimiento del modelo de predicción

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Proceso	Medición de rendimiento del modelo de predicción
Proceso o Subproceso predecesor	Predicción de cuellos de botella en las actividades
Objetivo	Establecer si las diferencias de los datos obtenidos en la predicción y los datos reales del proceso en ejecución se encuentran por debajo del umbral definido, con el fin de medir el acierto del modelo de predicción y así determinar si se debe realizar una actualización o no del modelo de predicción en vigencia.
Descripción	Este proceso se encarga de medir, a partir del valor de un umbral definido por el Administrador del Procesos en el Archivo de configuración , si las diferencias entre los datos de predicción versus los datos reales del proceso de negocio en ejecución son significativas para actualizar o no el modelo de predicción en vigencia. Para ello utiliza el subproceso de Calcular el rendimiento del modelo en producción , que se encarga de hallar diferencias entre los datos de la predicción y los datos reales del proceso. Una vez se tienen diferencias calculadas de los datos, se comparan con el umbral definido. Finalmente, si se establece que los datos superan de manera significativa el umbral, se debe ejecutar el subproceso de Actualizar el modelo de predicción , para generar un nuevo modelo predictivo.

Iniciador del Proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se puede ejecutar una vez se aplica el modelo de predicción definido.	
Técnica sugerida	Las técnicas establecidas en los subprocesos de Calcular el rendimiento del modelo en producción y Actualizar el modelo de predicción .	
Entradas del proceso	Reporte de predicción. Reporte de cambios. Repositorio Modelos de Regresión.	
Secuencia normal	N°	Actividades
	1	Calcular el rendimiento del modelo en producción: Este subproceso se encarga de validar la exactitud del reporte de predicción con los datos reales de la ejecución del proceso de negocio, sin la aplicación de las recomendaciones de mejora sobre los recursos humanos. Su proceso se explica en detalle en su respectiva plantilla de caracterización.
	2	¿El desfase supera el umbral permitido?: Este parámetro se define en el Archivo de configuración realizado por el usuario. El umbral es una variable numérica que permite establecer el valor máximo de diferencia entre los datos reales y predichos. Existen dos opciones a elegir: <ul style="list-style-type: none"> ● Si: Si el desfase de los datos supera el valor del umbral definido se debe actualizar el modelo de predicción. ● No: Si el desfase de los datos está por debajo del umbral definido se debe dejar el modelo de predicción que se tiene actualmente en ejecución (vigente).
	3	Actualizar el modelo de predicción: se activa siempre y cuando el desfase de lo predicho y lo real supera el umbral permitido. Su proceso se explica en detalle en su respectiva plantilla de caracterización.
Modelo BPMN		

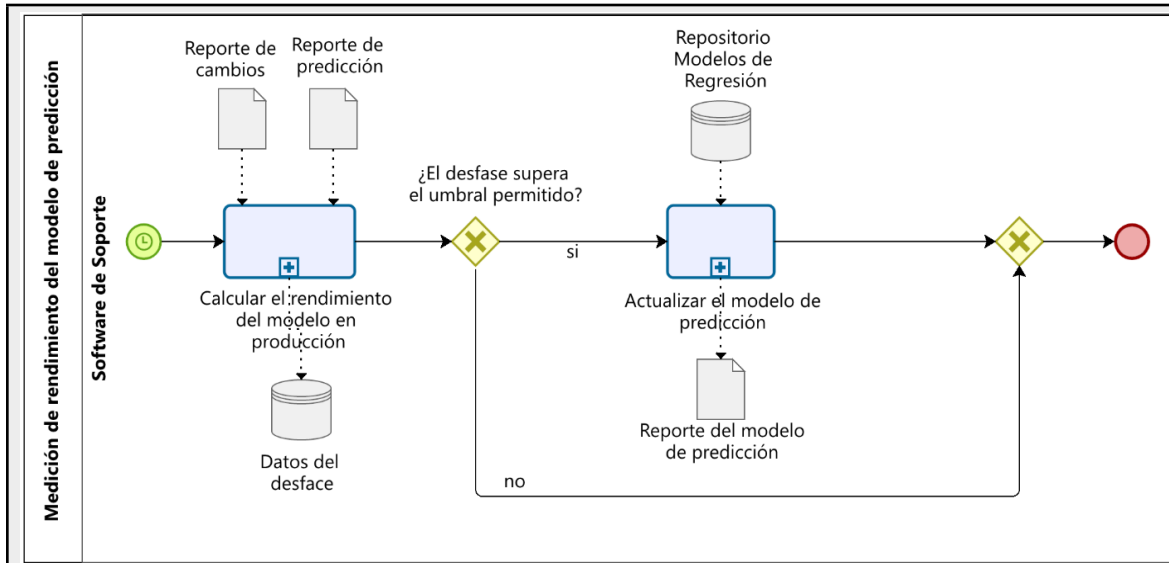


Figura 4. Medición de rendimiento del modelo de predicción

Salidas	Datos del desfase. Reporte del modelo de Predicción.
----------------	---

3.4.1.4 Subproceso: Extraer datos del proceso de negocio

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Subproceso	Extraer datos del proceso de negocio
Subproceso predecesor	No tiene.
Objetivo	Extraer datos del log ejecución del proceso de negocio para generar una vista minable con información estructurada que será utilizada como entrada en los procesos que la requieran.
Descripción	Este proceso se conforma de tres actividades que se ejecutan secuencialmente, las cuales son 1. Recolectar datos , 2. Formatear los datos extraídos del log , y 3. Almacenar Datos . La primera actividad se encarga de extraer los datos correspondientes a la ejecución del proceso de negocio, estos datos se procesan en la actividad 2 dándole una estructura adecuada para su debido almacenamiento en la actividad 3. Lo anterior con el fin de generar una vista minable apropiada para la definición de modelos de predicción (regresión basada en modelos de machine learning) a partir del log de ejecución del proceso. Los datos que se tienen en cuenta son de aquellas actividades que las ejecutan personas de manera manual.
Iniciador del subproceso	Finalización de la ejecución del proceso de negocio.
Técnica sugerida	Librerías de extracción de información.
Entradas del subproceso	Log de ejecución del proceso de negocio. Gestión de recursos humanos.

Secuencia normal	No	Actividades
	1	Recolectar datos: Esta actividad se encarga de acceder a un repositorio de información de los procesos de negocio y obtener los datos reales a partir del log de ejecución. Para ello, se debe emplear una técnica de extracción de datos estructurados.
	2	Formatear los datos extraídos del log: Se seleccionan los atributos que generan valor para detectar retrasos en las actividades del proceso. Se define una estructura para organizar la información de acuerdo con los registros obtenidos al ejecutar el proceso, lo anterior con el fin de generar data sets con un mismo esquema (estructura) de datos.
	3	Almacenar datos: Guarda los datos en un archivo de almacenamiento. En este caso el registro se realiza teniendo en cuenta el formato de los datos de la actividad 2 y se encarga de generar una Vista minable que es pieza fundamental para la definición del modelo de predicción y en general el servicio de gestión de cuellos de botella.

Modelo BPMN

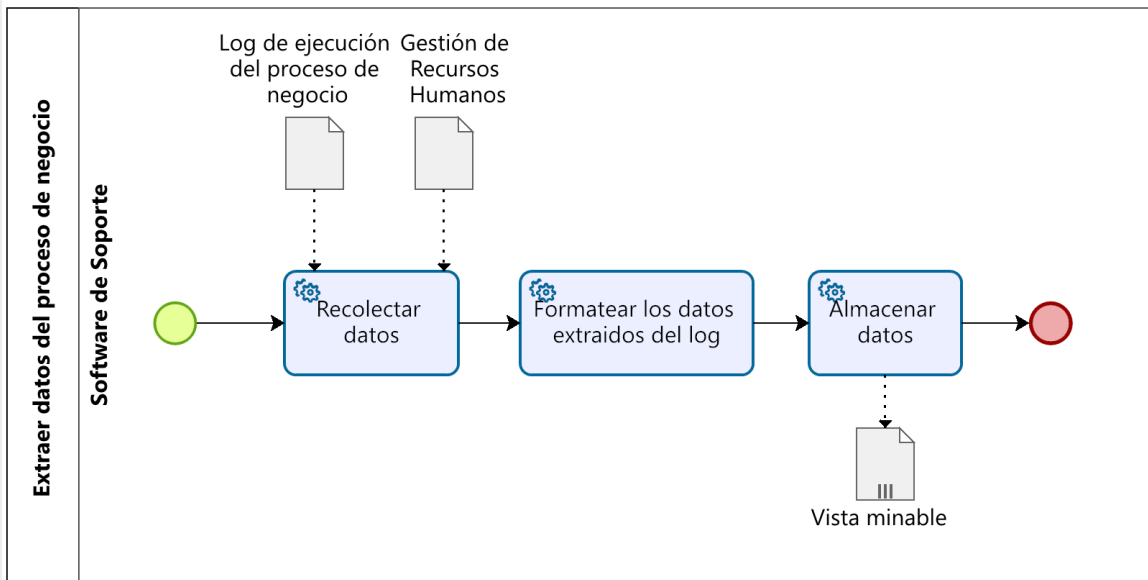


Figura 5. Extraer datos del proceso de negocio

Salidas Vista minable.

3.4.1.5 Subproceso: Definir el modelo de predicción a usar

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Subproceso	Definir el modelo de predicción a usar
Proceso o Subproceso predecesor	Extraer datos del proceso de negocio. Modificar configuración de modelos.

Objetivo	Ejecutar varios modelos de predicción (regresión) con diferentes parámetros de configuración con el fin de seleccionar el modelo de predicción con el mejor rendimiento.	
Descripción	Este proceso toma como entrada la vista minable que genera el subproceso Extraer datos del proceso de negocio y el Archivo de Configuración , que tiene como salida el proceso Modificar configuración de modelos . Luego ejecuta varios modelos de regresión (árboles de decisión, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales, entre otros) con diferentes parámetros de configuración y transformando los datos con diferentes ventanas de tiempo (ventaneo o windowing). Como resultado se obtienen los diferentes modelos, con sus parámetros, tamaños de ventanas y rendimiento, para luego seleccionar el modelo con el mejor rendimiento y este se retorna como resultado del proceso.	
Iniciador del subproceso	Una vez se genera la vista minable se puede ejecutar este proceso y se usa el Archivo de Configuración con los parámetros definidos.	
Técnica sugerida	Ventaneo en datos de entrada, árboles de decisión, algoritmos basados en bayes, inductores de reglas, algoritmos perezosos “lazy”, algoritmos basados en hiperplanos (SVM, MLP), algoritmos de aprendizaje profundo, ensamblados basados en bagging como Random Forest, ensamblados basados boosting como XGBoost, ensamblados basados en stacking, modelos lineales de regresión, entre otros.	
Entradas del subproceso	Archivo de configuración. Vista minable.	
Secuencia normal	N°	Actividades
	1	Ejecutar las técnicas con sus escenarios para obtener el modelo de predicción: Para obtener el modelo de predicción con mayor métrica de rendimiento, se deben ejecutar las técnicas usando el mismo esquema de evaluación (para que la comparación sea justa) con sus respectivos escenarios (cada escenario está compuesto de la configuración de la ventana y los parámetros que se usan para la ejecución del algoritmo). Ya con todos los algoritmos ejecutados en sus respectivos escenarios se selecciona la técnica que cuenta con el mejor desempeño según la métrica previamente definida.
	2	Generar reporte del modelo de predicción con mayor métrica de rendimiento: Esta actividad es la encargada de generar el reporte del modelo de predicción con mayor métrica de rendimiento. Mostrando las características del modelo de acuerdo con su tipo, por ejemplo, si es un árbol de decisión, se muestran el árbol con sus hojas intermedias que permiten definir las reglas de decisión y hojas finales con el valor de regresión estimado, de igual forma su representación como reglas de primer orden.
Modelo BPMN		

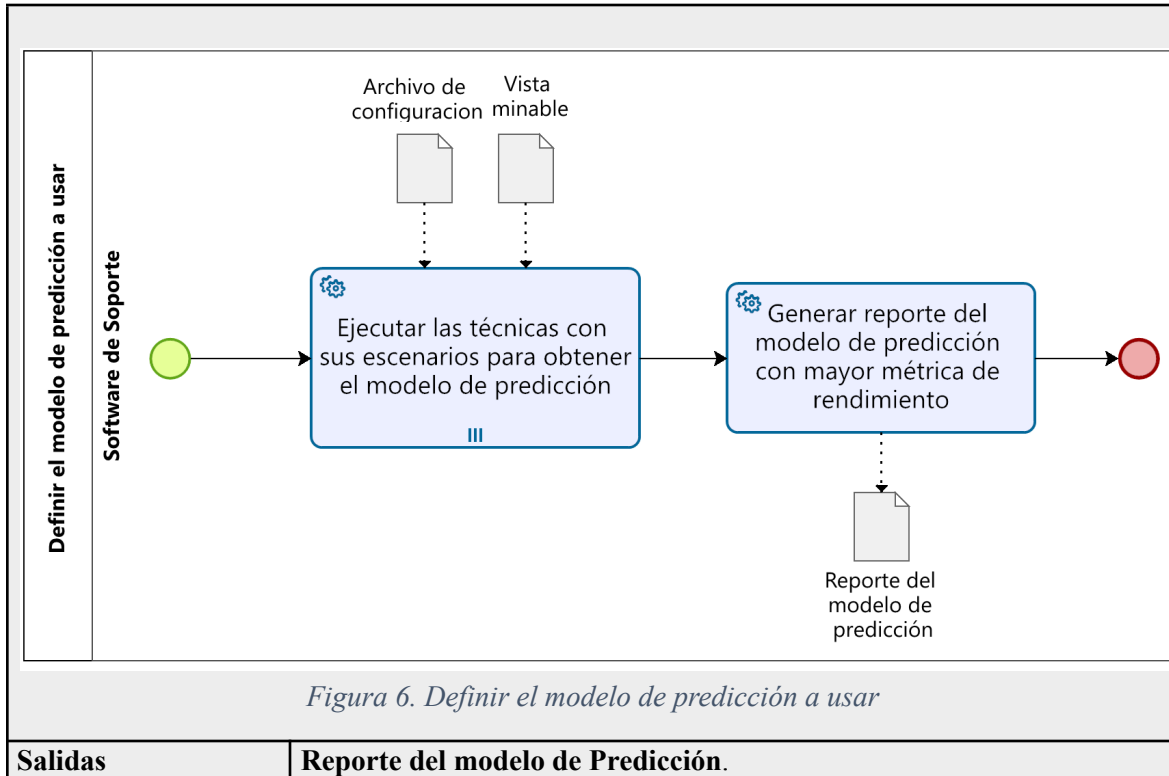
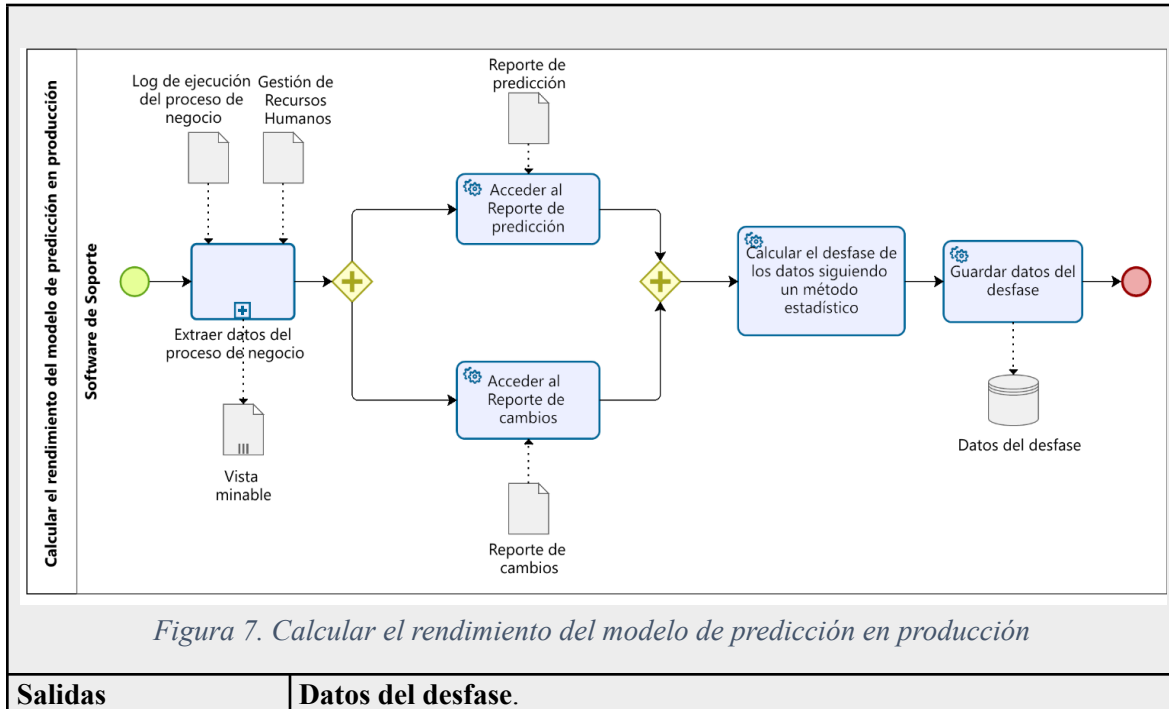


Figura 6. Definir el modelo de predicción a usar

3.4.1.6 Subproceso: Calcular el rendimiento del modelo en producción

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Subproceso	Calcular el rendimiento del modelo en producción
Subproceso predecesor	Predicción de cuellos de botella en las actividades
Objetivo	Verificar si los datos de la predicción coinciden con los datos reales de ejecución del proceso, realizando una comparación de los datos existentes, para identificar si se encuentra un desfase significativo en la predicción o no.
Descripción	Este proceso se encarga de acceder a los diferentes reportes generados al ejecutar el proceso de Predicción de cuellos de botella en las actividades , aplica el subproceso de Extraer datos del proceso de negocio , para obtener los datos actuales del proceso y comparar los datos predichos con los datos reales de la ejecución. En esta comparación se verifica si se aplicaron o no los cambios sugeridos, para corroborar la exactitud de la predicción realizada por el modelo y obtener el desfase de los datos mediante un algoritmo que emplea métodos estadísticos. Finalmente, los datos de desfase obtenidos se almacenan para ser comparados con el umbral permitido y de esa manera establecer si es necesario actualizar el modelo de predicción.
Iniciador del subproceso	Se activa al finalizar el periodo de tiempo requerido para ejecutar el proceso de negocio.

Técnica sugerida	Un algoritmo que compare los datos predichos con los datos reales y muestre los resultados de una o varias de las siguientes métricas: Error cuadrático medio (Sum of Squared Error, SSE), desviación media absoluta (Mean Absolute Error, MAE), Raíz del error cuadrático medio (Root Mean Squared Error, RMSE), Raíz del logaritmo del error cuadrático medio (Root Mean Squared Logarithmic Error, RMSLE), el porcentaje de datos dentro del rango $\pm 5\%$ del valor real, entre otros.												
Entradas del subproceso	Log de ejecución del proceso de negocio con datos como Recursos humanos por actividad. Reporte de Predicción. Reporte de Cambios.												
Secuencia Normal	<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="496 583 553 625">N°</th> <th data-bbox="553 583 1373 625">Actividades</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="496 625 553 735">1</td> <td data-bbox="553 625 1373 735">Extraer datos del proceso de negocio: Esta actividad actúa como subproceso el cual tiene definidas sus actividades. Este proceso se detalló con anterioridad en su respectiva plantilla de caracterización.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 735 553 844">2</td> <td data-bbox="553 735 1373 844">Acceder al reporte de predicción: Esta actividad obtiene datos del Reporte de predicción, proporciona los datos predichos sobre las actividades del proceso de negocio en cierto periodo de tiempo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 844 553 1024">3</td> <td data-bbox="553 844 1373 1024">Acceder al reporte de cambios: Esta actividad obtiene datos del Reporte de cambios para verificar los periodos de tiempos registrados sin cambios. Lo anterior con el fin de poder extraer la información real del proceso y lograr calcular si existe un desfase en los datos predichos por el modelo.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1024 553 1205">3</td> <td data-bbox="553 1024 1373 1205">Calcular el desfase de los datos siguiendo un método estadístico: a partir de los datos reales de la ejecución del proceso de negocio y la predicción obtenida al aplicar el modelo, se obtiene la diferencia entre la estimación de los datos, haciendo uso de las técnicas sugeridas.</td> </tr> <tr> <td data-bbox="496 1205 553 1312">4</td> <td data-bbox="553 1205 1373 1312">Guardar datos de desfase: almacena la información correspondiente a los desfases hallados y el desfase total de los datos.</td> </tr> </tbody> </table>	N°	Actividades	1	Extraer datos del proceso de negocio: Esta actividad actúa como subproceso el cual tiene definidas sus actividades. Este proceso se detalló con anterioridad en su respectiva plantilla de caracterización.	2	Acceder al reporte de predicción: Esta actividad obtiene datos del Reporte de predicción , proporciona los datos predichos sobre las actividades del proceso de negocio en cierto periodo de tiempo.	3	Acceder al reporte de cambios: Esta actividad obtiene datos del Reporte de cambios para verificar los periodos de tiempos registrados sin cambios. Lo anterior con el fin de poder extraer la información real del proceso y lograr calcular si existe un desfase en los datos predichos por el modelo.	3	Calcular el desfase de los datos siguiendo un método estadístico: a partir de los datos reales de la ejecución del proceso de negocio y la predicción obtenida al aplicar el modelo, se obtiene la diferencia entre la estimación de los datos, haciendo uso de las técnicas sugeridas.	4	Guardar datos de desfase: almacena la información correspondiente a los desfases hallados y el desfase total de los datos.
	N°	Actividades											
	1	Extraer datos del proceso de negocio: Esta actividad actúa como subproceso el cual tiene definidas sus actividades. Este proceso se detalló con anterioridad en su respectiva plantilla de caracterización.											
	2	Acceder al reporte de predicción: Esta actividad obtiene datos del Reporte de predicción , proporciona los datos predichos sobre las actividades del proceso de negocio en cierto periodo de tiempo.											
	3	Acceder al reporte de cambios: Esta actividad obtiene datos del Reporte de cambios para verificar los periodos de tiempos registrados sin cambios. Lo anterior con el fin de poder extraer la información real del proceso y lograr calcular si existe un desfase en los datos predichos por el modelo.											
3	Calcular el desfase de los datos siguiendo un método estadístico: a partir de los datos reales de la ejecución del proceso de negocio y la predicción obtenida al aplicar el modelo, se obtiene la diferencia entre la estimación de los datos, haciendo uso de las técnicas sugeridas.												
4	Guardar datos de desfase: almacena la información correspondiente a los desfases hallados y el desfase total de los datos.												
Modelo BPMN													



3.4.1.7 Subproceso: Actualizar el modelo de predicción

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella
Subproceso	Actualizar el modelo de predicción
Subproceso predecesor	Calcular el rendimiento del modelo en producción
Objetivo	Realizar un nuevo modelo de predicción utilizando el proceso de Entrenamiento del modelo de predicción , con el fin de obtener un modelo con mejor rendimiento que el vigente.
Descripción	Este proceso inicia con el subproceso Entrenamiento del modelo de predicción que se encarga de reajustar los valores de la técnica sugerida para generar un nuevo reporte de predicción del proceso de negocio y así obtener el modelo de predicción con mejor rendimiento. Además, se tienen en cuenta los desfases que se detectaron en el proceso Calcular el rendimiento del modelo en producción , y de esta manera volver a entrenar el modelo de predicción y comparar si mejoran los resultados. Finalmente, se valida el desempeño de los modelos y se verifica si el modelo nuevo tiene un mejor rendimiento que el actual, de ser así, se realiza el cambio y se actualiza el modelo.
Iniciador del subproceso	Se activa si el valor del desfase de los datos supera el umbral permitido.
Técnica sugerida	Se comparan los resultados de las métricas usadas para la selección del modelo con mejor rendimiento, con las del modelo existente y se selecciona el que tenga mejores valores (es preciso recordar que esta métrica puede ser una o varias y que deben ser aplicadas según el orden de prioridad que se haya definido).

Entradas del subproceso	Base de datos de Modelos.	
Secuencia Normal	N o	Actividades
	1	Entrenamiento del modelo de predicción: Esta actividad actúa como subproceso el cual tiene definidas sus actividades. Este proceso se explica en su respectiva plantilla.
	2	Comparar el rendimiento entre el modelo nuevo y el actual: Se encarga de verificar la calidad de los modelos teniendo en cuenta su rendimiento.
	3	¿Existe un mejor rendimiento en el modelo generado (actual)?: Se establecen dos decisiones: <ul style="list-style-type: none"> ● Si: cuando la respuesta es afirmativa se ejecuta la actividad 4. ● No: cuando la respuesta es negativa se termina el proceso y se deja el modelo vigente.
4	Actualizar el modelo de predicción: Esta acción se ejecuta solo si al generar un nuevo modelo de predicción se comprueba que mejora el rendimiento del modelo en vigencia.	

Modelo BPMN

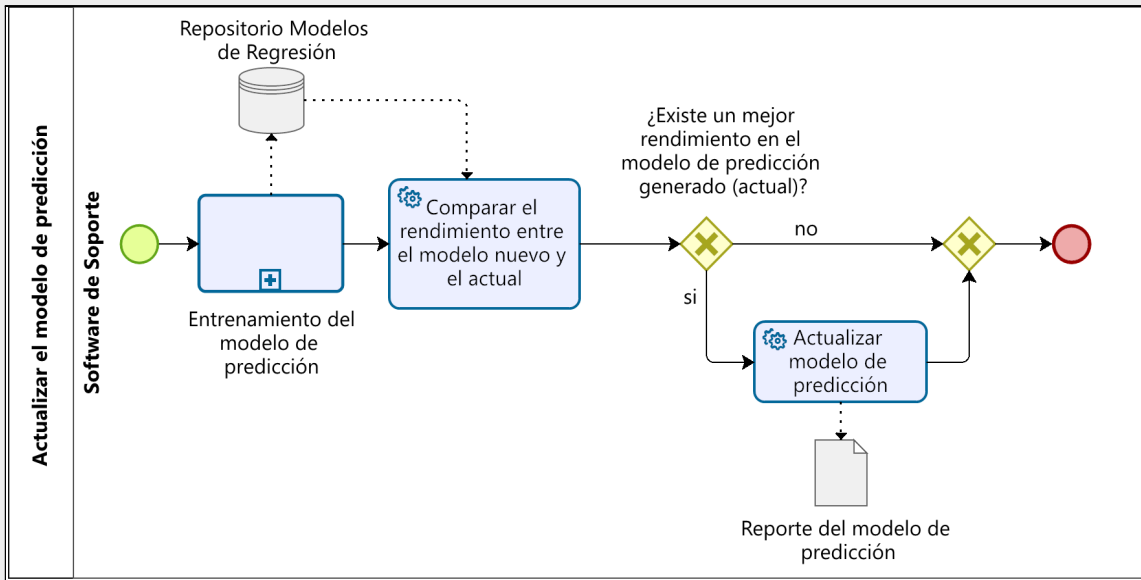


Figura 8. Actualizar el modelo de predicción

Salidas	Reporte del modelo de Predicción.	
Excepciones	N o	Acción
	1	Si el modelo anterior cuenta con un mejor rendimiento no se debe realizar la actualización

3.4.1.8 Proceso: Evaluación de la mejora del modelo de predicción

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella	
Proceso	Evaluación de la mejora del modelo de predicción	
Proceso predecesor	Predicción cuellos de botella en las actividades	
Objetivo	Evaluar la calidad del modelo de predicción mediante los cambios realizados al proceso conforme a las sugerencias proporcionadas desde el Proceso de Predicción cuellos de botella en las actividades para determinar si los cambios fueron favorables para el proceso de negocio.	
Descripción	Este proceso trabaja con los datos históricos del proceso de negocio y verifica si se realizaron los cambios sugeridos por el reporte de predicción. También accede a los modelos de predicción generados, con el fin de confirmar la fecha de vigencia y aplicación de estos. Finalmente, evalúa el desempeño y establece si los cambios fueron satisfactorios al verificar los datos reales en la ejecución normal del proceso de negocio.	
Iniciador del proceso	Se puede ejecutar en cualquier momento o se puede programar un periodo de ejecución.	
Técnica sugerida	Un algoritmo que compara los datos históricos de las actividades del proceso de negocio, con los datos actuales (después de aplicar los cambios sugeridos) y muestre los resultados del valor medio de tiempo de respuesta, desviación estándar del tiempo de respuesta, al igual que el tamaño de las colas de espera y la desviación del tamaño de dichas colas, por franjas de tiempo. Además de los tiempos promedios y desviaciones de dichos tiempos en el uso de los recursos asignados a las tareas, esto con el objetivo de revisar el tiempo de ocio del recurso (muchos recursos disminuyen las colas de espera, pero pueden ser muy costosos para la organización).	
Entradas del subproceso	Datos históricos del proceso.	
Secuencia Normal	N	Actividades
	1	Acceder al Histórico de datos del proceso: Se encarga de obtener la información completa del proceso de negocio para poder comparar datos. La información se obtiene del log de ejecución del proceso de negocio , el Repositorio Modelos de Regresión , el reporte de predicción y el reporte de cambios .
	2	Hallar la fecha de aplicación del modelo: Se encarga de establecer el modelo de predicción aplicado según la fecha actual y la vigencia de los modelos.
	3	Detectar cambios en los recursos del proceso de negocio: esta actividad se encarga de inspeccionar el Reporte de cambios para evidenciar si existen recursos que fueron cambiados de actividades o de horario, según lo requerido por el Reporte de Predicción .
	4	¿Se detectaron cambios en el proceso sobre los recursos del proceso?: Se tienen dos decisiones:

	<p>1. Si: Cuando la respuesta es afirmativa se ejecuta la actividad 5.</p> <p>2. No: Cuando la respuesta es negativa se pasa a ejecutar la actividad 8.</p>
5	Comparar la evolución temporal de los datos reales: Se encarga de obtener los datos antes y después de haber aplicado los cambios (en cuanto a recursos) en el proceso de negocio y los compara para analizar su comportamiento.
6	Evaluar el modelo de predicción: se identifican los cambios realizados en el proceso de acuerdo con las sugerencias realizadas en el reporte de predicción, se tiene en cuenta si disminuyó el tiempo de ejecución de las actividades y si se reduce el número de solicitudes en espera.
7	Mostrar los cambios que se realizaron en el proceso: Obtiene la información de los cambios realizados al proceso de acuerdo con las sugerencias del reporte de predicción. Finalmente, se muestran los cambios describiendo si favorecieron o no en la ejecución del proceso.
8	Mostrar datos obtenidos: esta actividad se encarga de mostrar la información final de la evaluación en cuanto a la mejora del modelo de predicción. Muestra la información de cuando hubo cambios o muestra los datos normales de la ejecución del proceso de negocio. La apreciación y el resultado de la evaluación se refleja en un Reporte de Calidad .

Modelo BPMN

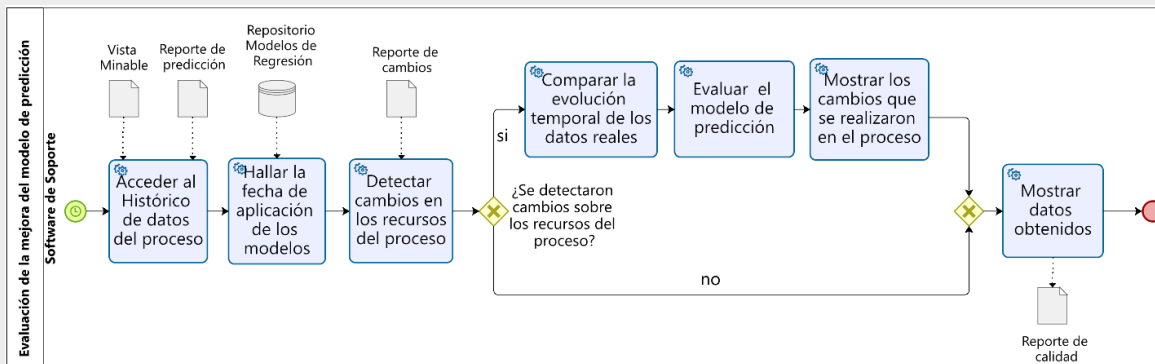


Figura 9. Evaluación de la mejora del modelo de predicción.

Salidas	Reporte de calidad.
----------------	----------------------------

3.4.2 Servicio: Gestión de Recursos

SERVICIO	Gestión de Recursos
Objetivo	Este servicio busca asignar los recursos apropiados a las actividades con base en las sugerencias del Reporte de Predicción generado por el Servicio de Gestión de cuellos de botella para optimizar el tiempo de ejecución de las actividades manuales.

Descripción	Este servicio se encarga de verificar la disponibilidad de los recursos teniendo en cuenta su nivel de experiencia y horario laboral. Para ello, busca determinadas características que se solicitan desde el Reporte de Predicción que emite el Servicio de Gestión de cuellos de botella . Además, consta de un subproceso llamado Notificar los cambios realizados , que se utiliza en otros servicios para actualizar en tiempo real el estado de disponibilidad de los recursos, ya sea porque se asignó a una nueva actividad, se cambió con otro recurso o si quedó totalmente disponible. El servicio se define en un único proceso llamado Asignar recursos a las actividades y se explica en su respectiva plantilla de caracterización.
Procesos	Gestión de Recursos - Asignar recursos a las actividades: Este proceso se encarga de seleccionar las actividades que necesitan recursos con unas cualidades específicas. Como resultado se genera un Reporte de recomendación de asignaciones de los recursos de acuerdo con la búsqueda realizada y un Reporte de Asignación . Las actividades que se realizan en este proceso se especifican en su respectiva plantilla.
Artefactos	Reporte de recomendación de asignaciones de los recursos humanos. Reporte de Asignación.
Disponibilidad	Se ejecuta de acuerdo con la estacionalidad de cada proceso de negocio y a partir del llamado de servicios que lo requieran.
Recursos	Es necesario tener un recurso de almacenamiento para guardar la información generada por los modelos de predicción en ejecución. De igual manera, es fundamental tener un servidor lo suficientemente capaz de soportar la arquitectura de los servicios necesarios para el proceso.

3.4.2.1 Proceso: Asignar recursos a las actividades

Servicio genérico	Gestión de recursos
Proceso	Asignar recursos a las actividades
Proceso predecesor	Predicción de cuellos de botella en las actividades.
Objetivo	Asignar los recursos adecuados a las actividades que muestran retrasos o colas en sus solicitudes, para realizar los cambios acertados que beneficien al proceso de negocio.
Descripción	Este proceso describe cómo se realiza la asignación de recursos a las actividades. Se involucran dos ejecutores para llevar a cabo el flujo de trabajo adecuado: El Administrador de procesos y el Software de Soporte . Su principal objetivo consiste en realizar un reporte en donde se especifique las disponibilidades de ciertos recursos humanos requeridos en unas actividades específicas, recursos que logren beneficiar la productividad del proceso de negocio. Una vez realizado el reporte, se encarga de identificar aquellos recursos humanos que fueron cambiados de actividades por el Administrador de Procesos en el proceso de Predicción de cuellos de botella en las actividades . Una vez se identifican los recursos humanos que fueron asignados a otras actividades, se actualiza su disponibilidad. Finalmente, se envía

	una alerta al recurso correspondiente para informar el nuevo itinerario de responsabilidades.
Iniciador del servicio	Se puede ejecutar una vez se obtenga el Reporte de predicción .
Técnica sugerida	Algoritmo heurístico con recomendaciones de asignación.
Entradas del proceso	Reporte de Predicción.
Secuencia Normal	N o
	Actividades
	1 Presentar información del reporte de predicción: Esta actividad se ejecuta a nivel del Software de Soporte , consumiendo un microservicio de recursos que se encarga de procesar el Reporte de Predicción para mostrar las actividades, a las cuales se les sugiere un cambio de recursos humanos para mejorar el desempeño del proceso. Dichas actividades se organizan para mostrarlas de cara al Administrador de procesos para que pueda visualizarlas y tomar acciones sobre ellas.
	2 Seleccionar actividades a las que se le asignará recursos: Esta actividad la realiza el Administrador de procesos , cuya función es elegir las actividades a las que se les debe cambiar un recurso por otro o agregar recursos que cumplan con las habilidades requeridas. Esa información se obtiene del Reporte de predicción que se origina en el Servicio de Gestión de cuellos de botella , en donde se especifican las actividades que están generando retrasos y además realiza sugerencias para sobrellevar ese percance a futuro.
	3 Identificar recursos humanos con las características requeridas para sugerir asignaciones: Esta actividad se ejecuta a nivel del Software de Soporte , consumiendo un microservicio de recursos que tiene como finalidad buscar los recursos que cumplan con las cualidades especificadas en el Reporte de Predicción . Seguidamente se encarga de ejecutar un Algoritmo heurístico, para generar un Reporte de recomendación de asignaciones de los recursos humanos , de acuerdo con los datos especificados. Dicho reporte, se muestra de cara al Administrador de recursos para que él decida realizar los cambios pertinentes, decisión que se toma en la Actividad 4.
4 Evaluar el reporte de recomendación de asignaciones de los recursos humanos: Esta actividad la realiza el Administrador de procesos , quien se encarga de revisar el Reporte de recomendación de asignaciones a los recursos humanos generado por el Software de Soporte . Una vez evalúa el reporte, se encarga de verificar si las asignaciones son pertinentes para realizar cambios de los recursos humanos del proceso de negocio, acción que se ejecuta en la Actividad 5.	
5 Realizar asignación de recursos: Esta actividad la realiza el Administrador de procesos tiene como finalidad hacer los respectivos cambios teniendo en cuenta las actividades que la preceden. El Administrador de procesos debe tener presente los	

	distintos reportes generados, para tener la certeza que existan recursos para las actividades seleccionadas en la Actividad 1, de ser así realiza los cambios pertinentes a beneficio del proceso de negocio, los cuales se registran en un Reporte de Asignaciones .
7	Identificar los recursos que fueron cambiados: encontrar a partir del Reporte de Asignaciones , aquellos recursos a los cuales se les determinó reemplazar, liberar o encargarse de una o más actividades.
8	Actualizar la disponibilidad de los recursos: se ajustan los tiempos de uso del recurso en el cronograma de actividades asignadas para definir su nueva disponibilidad.
9	Notificar el nuevo cronograma de actividades: envía una alerta de los cambios realizados para que el recurso se informe de sus nuevas responsabilidades.

Modelo BPMN

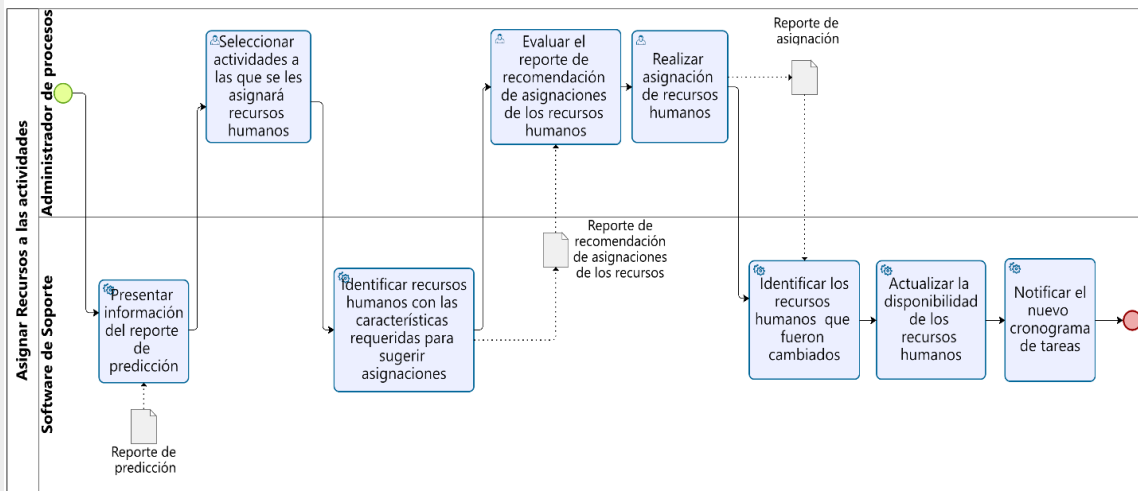


Figura 10. Asignar recursos a las actividades

Salidas	Reporte de recomendación de asignaciones de los recursos humanos Reporte de Asignación.
----------------	--

3.4.3 Servicio: Gestión de Entradas

SERVICIO	Gestión de Entradas
Objetivo	Este servicio busca asegurar que las entradas de los procesos de negocio correspondan a los requisitos definidos en las reglas establecidas por la empresa para dar confiabilidad de las decisiones que se toman durante la ejecución del proceso cuando se recibe una solicitud.

<p>Descripción</p>	<p>Este servicio se encarga de verificar que los datos que ingresan los usuarios al iniciar una solicitud sean los correctos en forma y en contenido. Lo anterior, se logra al definir de manera adecuada las reglas de negocio que se deben tener en cuenta durante el ciclo de desarrollo del proceso establecido. Requiere que se configure de manera automática, a través del Software de Soporte de la empresa, que los datos ingresados mediante formularios sean validados en tiempo real para evitar errores humanos en cuanto a tipos de datos y contenido en la información que se diligencia. Además, tiene en cuenta un modelo de clasificación, que, al aplicarse, ayude a organizar de forma óptima los documentos que se ingresan como soporte a una solicitud, y de esa manera determinar que dichos documentos tengan el formato y el contenido correcto. El servicio busca establecer el tipo de decisiones que se llega a tomar de acuerdo con una solicitud. Finalmente, analiza si las decisiones que se tomaron frente a las solicitudes ingresadas presentan inconsistencias significativas para estructurar de manera más apropiada el flujo de actividades del proceso de negocio.</p> <p>El servicio se define en cinco procesos: 1. Recepción de documentos, 2. Crear vista minable de clasificación, 3. Definir modelo de clasificación, 4. Verificación de la extracción de datos y 5. Monitoreo de resultados. Cada proceso cuenta con un objetivo específico, que se puede ejecutar de manera individual, sin afectar los resultados de los otros procesos. Para cada uno de estos procesos se definen momentos de inicio propios pero dependientes entre sí, en caso de que un proceso necesite los resultados que generan los otros procesos; su descripción se encuentra en su respectiva plantilla de caracterización.</p>
<p>Procesos</p>	<p>Gestión de entradas - Recepción de documentos: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada, en un ciclo específico o de acuerdo con la intención definida en el proceso de negocio. Tiene como objetivo validar que la información que ingresa el usuario (datos y/o documentos) esté completa y acorde con los requisitos definidos para iniciar el proceso. Su correspondiente flujo de actividades se explica en su respectiva plantilla de caracterización del proceso.</p> <p>Gestión de entradas - Crear vista minable de clasificación: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada o en un ciclo específico. El responsable se encarga de filtrar, organizar y clasificar los documentos según categorías definidas, finalmente crea una vista minable la cual se emplea para definir el modelo de clasificación adecuado. Se compone del subproceso de Modificar archivo configuración de modelos, si desea ajustar los parámetros de ejecución. Cada uno de los componentes se explican en la respectiva plantilla del proceso.</p> <p>Gestión de entradas - Definir modelo de clasificación: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada o en un ciclo específico. Se encarga de generar el</p>

	<p>modelo de clasificación adecuado para aplicar en el proceso de negocio, al clasificar y verificar los documentos entrantes. Cada uno de los componentes que están en el flujo de actividades, se explican en la plantilla del proceso.</p> <p>Gestión de entradas - Verificación de la extracción de datos: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada o en un ciclo específico. Tiene como finalidad, validar la información mediante las reglas de negocio definidas en el proceso y de esa manera determinar si los documentos de la solicitud están completos y correctos o no, de acuerdo con el contexto del proceso de negocio. Cada uno de los componentes se explican en la plantilla del proceso.</p> <p>Gestión de entradas - Monitoreo de resultados: Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada o en un ciclo específico. Está orientado a analizar las decisiones que se toman durante la ejecución del proceso de negocio para identificar si existen patrones de conductas no adecuados en las respuestas emitidas. Su respectivo flujo de actividades se explica en la plantilla del proceso.</p>
Artefactos	Base de datos
	Vista minable de clasificación
	Repositorio Modelos de Clasificación
	Informe de Resultados
	Reporte de Observaciones
	Archivo de ajustes
Disponibilidad	Se debe poder ejecutar de acuerdo con la estacionalidad de cada proceso de negocio y a partir del llamado de servicios que lo requieran.
Recursos	Es necesario tener un recurso de almacenamiento con capacidad suficiente para almacenar la información generada para crear y ejecutar los modelos de predicción (clasificación). De igual manera, es fundamental tener un servidor capaz de soportar la arquitectura de los servicios necesarios para el proceso.

3.4.3.1 Proceso: Recepción de documentos

Servicio genérico	Gestión de entradas
Proceso	Recepción de documentos
Proceso predecesor	No tiene.
Objetivo	Verificar que los datos y documentos que se toman como entrada en los procesos de negocio sean los solicitados en forma y cantidad, mediante validaciones que realiza el Software de Soporte , para tener los datos y documentos completos y correctos durante la ejecución del proceso de negocio.
Descripción	Este proceso se encarga de gestionar de manera adecuada las entradas con las que se debe contar para el inicio del proceso de negocio. Se centra en aquellas actividades donde se emplean formularios de datos y se solicitan

	documentos de soporte para el debido procesamiento de la información. Se encarga de asegurar que la captura de datos o información se haga sin errores por parte del usuario al momento de ingresar los datos que se le solicitan. Para lograr esto, trabaja de la mano con el Software de Soporte para ir mostrando y aprobando en tiempo real los datos requeridos mediante técnicas de validación apropiadas. Además, se aplica un clasificador de documentos para definir y agrupar los documentos entrantes en sus debidas categorías. Lo anterior con el fin de evidenciar errores antes de que el proceso inicie formalmente, evitando que se generen reprocesos o demoras para dar una decisión sobre la solicitud del usuario .
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico.
Técnica sugerida	Se recomienda usar validadores de datos en los respectivos formularios, de acuerdo con las herramientas de desarrollo utilizadas. Las validaciones de los datos registrados en formularios deben incluir la validación de: 1. Tipo de datos, 2. Rango de datos, (mínimo valor, máximo valor), 3. Formatos, mediante expresiones regulares (para los campos que lo necesitan), 4. Correlaciones, que se encarga de validar la correspondencia de datos que se digitan junto con su relación entre los datos de entrada: Ej.: el nombre coincida con el género, 5. Obligatorios de los datos para el negocio y 6. Cumplimiento de reglas de negocio, las requeridas y definidas en el proceso. Cuando las entradas son documentos se tienen en cuenta las técnicas de clasificación que emplea un clasificador basado en técnicas de machine learning, procesamiento de lenguaje natural entre otras técnicas.
Entradas del proceso	Documentos adjuntos. Datos de formulario.
Secuencia Normal	N o
	Actividades
	1 Presentar formulario de entrada de datos: Esta actividad la realiza el Software de Soporte . Su principal función es procesar la configuración del formulario de entrada para mostrarle al usuario de manera ordenada y entendible la información que debe ingresar de acuerdo con las necesidades del proceso de negocio que el usuario espera realizar (solicitud, trámite, entre otros).
	2 Ingresar datos mediante formularios: Esta actividad la realiza el usuario , en donde debe diligenciar la información solicitada mediante el formulario de entrada.
	3 Validar campos de formulario: esta actividad la realiza el Software de Soporte . Se encarga de validar los datos que el usuario ingresa en el formulario correspondiente e indicarle al usuario si los datos son correctos o no. El proceso de validación se hace a medida que el usuario ingresa los datos y/o al momento de presionar el botón que da por ingresados todos los datos
4 Adjuntar documentos de soporte: esta actividad la realiza el usuario , en donde procede a cargar los documentos solicitados en el	

	formulario de entrada. Se entiende que estos documentos han sido parametrizados en el Software de Soporte para que el usuario los cargue individualmente y con un tipo específico de documento
5	Verificar la completitud de los documentos de soporte de la solicitud: Esta actividad la realiza el Software de Soporte . Se encarga de validar que la cantidad de documentos solicitados sean la misma cantidad que subió el usuario al Software de Soporte .
7	Verificar que los documentos corresponden a los solicitados usando el modelo de clasificación: Esta actividad la realiza el Software de Soporte . Se encarga de validar que los documentos adjuntos que cargó el usuario al Software de Soporte tengan el contenido correcto de acuerdo con los tipos de documentos solicitados, por ejemplo, si el usuario debe cargar una copia de la cédula de ciudadanía y el modelo de clasificación lo identifica como una cédula de ciudadanía, se considera que ese documento se cargó apropiadamente y se procede con los otros documentos solicitados, de lo contrario se marca como documento incorrecto y se procede a revisar los otros documentos para al final presentar el reporte de documentos incorrectos.
8	¿todos los datos y documentos son correctos?: una vez se realiza el debido procesamiento de la información, el flujo toma dos caminos: <ul style="list-style-type: none"> ● Si: Cuando el Software de Soporte confirma que los datos y documentos suministrados por el usuario están completos y corresponden con sus tipos, sigue a la actividad N°13 (Guarda la información). ● No: Cuando el Software de Soporte detecta inconsistencias en los datos o documentos ingresados por el usuario, debe informar los errores que detectó para que se verifique la información (el usuario debe rectificar los datos y documentos suministrados).
9	Notificar errores en los datos y documentos de soporte de la solicitud: Esta actividad la realiza el Software de Soporte y busca informar los errores encontrados en los datos y documentos suministrados. La alerta que se le muestra al usuario es detallada, es decir, explica para cada dato o documento que presenta inconsistencias la razón de estas.
10	Revisar que los errores detectados por la plataforma corresponden a los documentos ingresados: Esta actividad la realiza el usuario , se encarga de validar si la información o lista de errores que detectó el Software de Soporte (Actividad N°9), son congruentes con los datos y documentos que proporcionó para iniciar con la solicitud del proceso.
11	¿En realidad hubo errores en los documentos adjuntos?: Una vez el usuario revisa si los errores que muestra el Software de Soporte son consistentes, se generan dos decisiones: <ul style="list-style-type: none"> ● Si: Cuando el usuario revisa y corrobora que cometió un error o más al subir los documentos solicitados, se debe devolver a la

		<p>Actividad N°4 y rectificar los documentos correctos para subirlos nuevamente al Software de Soporte.</p> <ul style="list-style-type: none"> • No: Cuando el usuario revisa y aun así confirma que los documentos subidos al Software de Soporte corresponden con lo solicitado, el flujo del proceso debe continuar en la Actividad N°12.
	1 2	<p>Archivar documentos en base de datos de entrenamiento: esta actividad la realiza el Software de Soporte, se encarga de guardar los documentos que no se clasificaron de manera correcta y que fueron rectificadas por el usuario, con el fin de usar estos para el entrenamiento posterior del clasificador buscando no cometer ese error en futuras solicitudes. Estos documentos se guardan en un repositorio de Documentos por rectificar.</p>
	1 3	<p>Almacenar la información: Esta actividad la realiza el Software de Soporte, después de validar que todos los pasos y condicionales se completaron para la solicitud, se almacenan los datos y documentos suministrados en una Base de datos.</p>
<p>Modelo BPMN</p>		

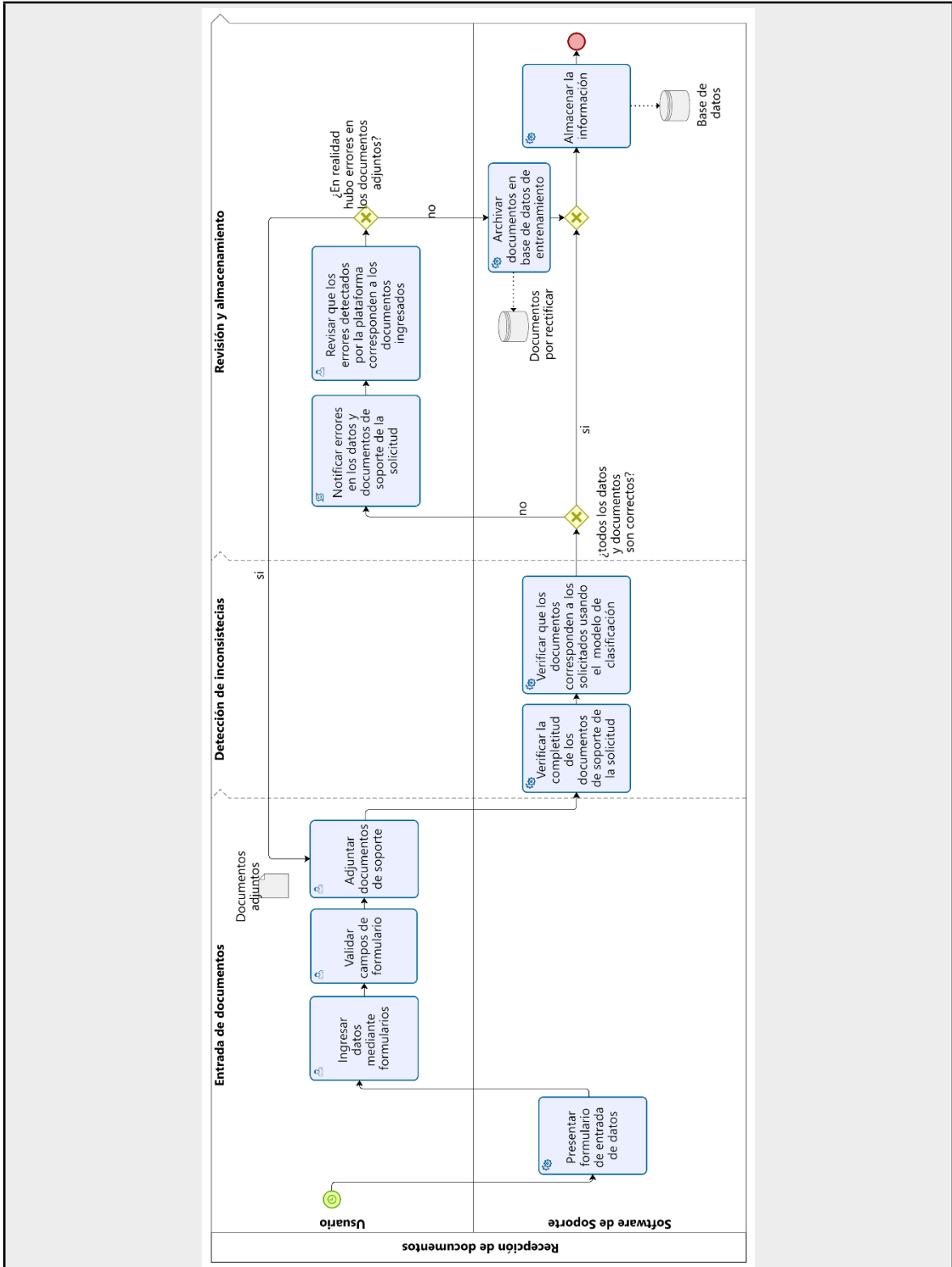


Figura 11. Recepción de documentos

Salidas	Documentos por rectificar.
	Base de datos.

3.4.3.2 Proceso: Crear vista minable de clasificación

Servicio genérico	Gestión de entradas	
Proceso	Crear vista minable de clasificación	
Proceso predecesor	Recepción de documentos	
Objetivo	Organizar los documentos entrantes del proceso de negocio para generar una vista minable de clasificación con datos estructurados y preclasificados que será utilizada como entrada para el entrenamiento del clasificador de documentos.	
Descripción	Este proceso se encarga de definir la estructura de clasificación de los documentos, en el proceso de negocio que corresponda. El responsable de la realización del modelo es el Administrador de Procesos , que se encarga de organizar y catalogar los elementos en su respectiva categoría o clase. Una vez se definen las categorías de los documentos, se debe verificar si hay nuevos elementos a filtrar, esa información se corrobora en el repositorio de Documentos por rectificar , que almacena aquellos documentos que fueron erróneamente clasificados cuando el usuario los carga en el Software de Soporte . Una vez se realiza el filtrado y la selección de los documentos, se organizan en un data set o Vista minable de clasificación que se usará en el proceso de Definir un modelo de clasificación . Finalmente, de ser necesario se llama al proceso de Modificar archivo configuración de modelos , para modificar los parámetros al definir el modelo de clasificación.	
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se debe tener en cuenta que existan los documentos necesarios para realizar una vista minable de clasificación con suficientes documentos por clase para que luego los algoritmos de clasificación puedan crear modelos con una calidad mínima (que superen el umbral mínimo definido).	
Técnica sugerida	Todas las técnicas que se utilizan en exploración y preparación de datos en un proyecto de minería de datos incluyendo técnicas de procesamiento de lenguaje natural. También las estrategias que se encuentren para transformar un documento de texto no estructurado a texto estructurado. Se recomienda revisar las fases y tareas descritas en la Metodología CRISP-DM.	
Entradas del proceso	Documentos adjuntos. Documentos por rectificar.	
Secuencia Normal	Nº	Actividades
	1	<p>¿El proceso se ejecutó previamente?: Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos, se encarga de validar si el proceso se ha ejecutado y seleccionar una opción:</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Si: Cuando se selecciona esta opción se inicia la Actividad Nº2, para verificar nuevos documentos a clasificar. ● No: Cuando se selecciona esta opción se inicia con la Actividad Nº4.

	2	Acceder a documentos por rectificar: Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos , se encarga de revisar los documentos nuevos que fueron mal clasificados y que el usuario confirma esta situación. Revisa los documentos y su clasificación confirmando la estructura y contenido de cada documento.
	3	Filtrar documentos para clasificar: Esta actividad también la realiza el Administrador de Procesos , se encarga de seleccionar los documentos que considera apropiados para formar el data set de entrenamiento (Vista minable de clasificación) y de esa manera generar el clasificador, después de rectificar los documentos que tuvieron errores al ser procesados.
	4	Crear vista minable del data set de entrenamiento: esta actividad se encarga de generar la Vista minable de clasificación, que contiene la estructura y el contenido apropiado para entrenar el modelo de clasificación requerido. Para ello el Administrador de Procesos selecciona los documentos apropiados y los ordena de acuerdo con el objetivo del proceso de Negocio. De igual manera también añade los documentos seleccionados en la actividad N° 3.
	6	¿Desea modificar el archivo de configuración? Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos , tiene dos opciones: <ul style="list-style-type: none"> • Si: Cuando el Administrador de Procesos decide esta opción se inicia la actividad N° 7, para generar un nuevo archivo de configuración de ejecución. • No: Cuando se toma esta opción, la configuración del archivo sigue por defecto (la definida inicialmente).
	7	Modificar archivo configuración de modelos: Esta actividad actúa como subproceso el cual tiene definidas sus propias actividades. Este proceso se explica en su respectiva plantilla de caracterización más adelante.
Modelo BPMN		

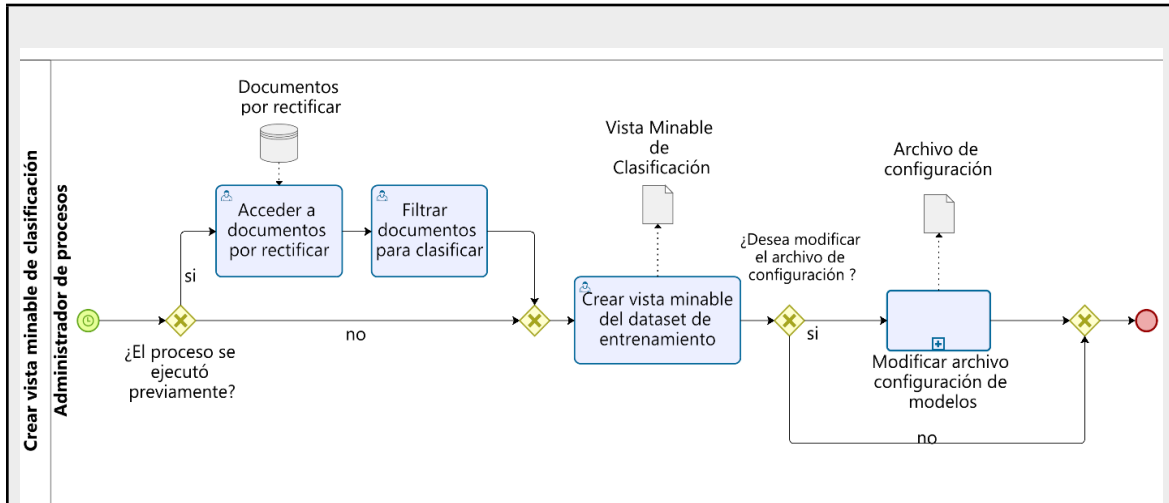


Figura 12. Crear vista minable de clasificación

Salidas	Vista minable de clasificación. Archivo de configuración.
----------------	--

3.4.3.3 Proceso: Definir modelo de clasificación

Servicio genérico	Gestión de entradas
Proceso	Definir modelo de clasificación
Proceso predecesor	Crear vista minable de clasificación. Modificar configuración de modelos.
Objetivo	Ejecutar varios modelos de clasificación con diferentes parámetros de configuración con el fin de seleccionar el mejor modelo de clasificación.
Descripción	Este proceso toma como entrada la vista minable que genera el proceso Crear vista minable de clasificación y el Archivo de Configuración , que tiene como salida el proceso Modificar configuración de modelos . Luego ejecuta varios modelos de clasificación (árboles de decisión, máquinas de soporte vectorial, redes neuronales, entre otros) con diferentes parámetros de configuración. Como resultado se obtienen los diferentes modelos, con sus parámetros, y rendimiento, para luego seleccionar y definir el modelo con el mejor rendimiento y este se retorna como resultado del proceso.
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se aplica cuando se haya generado la vista minable y exista un archivo de configuración válido de los parámetros a usar.
Técnica sugerida	Árboles de decisión, algoritmos basados en bayes, inductores de reglas, algoritmos perezosos “lazy”, algoritmos basados en hiperplanos (SVM, MLP), algoritmos de aprendizaje profundo, ensambles basados en bagging como Random Forest, ensambles basados en boosting como XGBoost, ensambles basados en stacking, modelos lineales de regresión logística, entre otros.

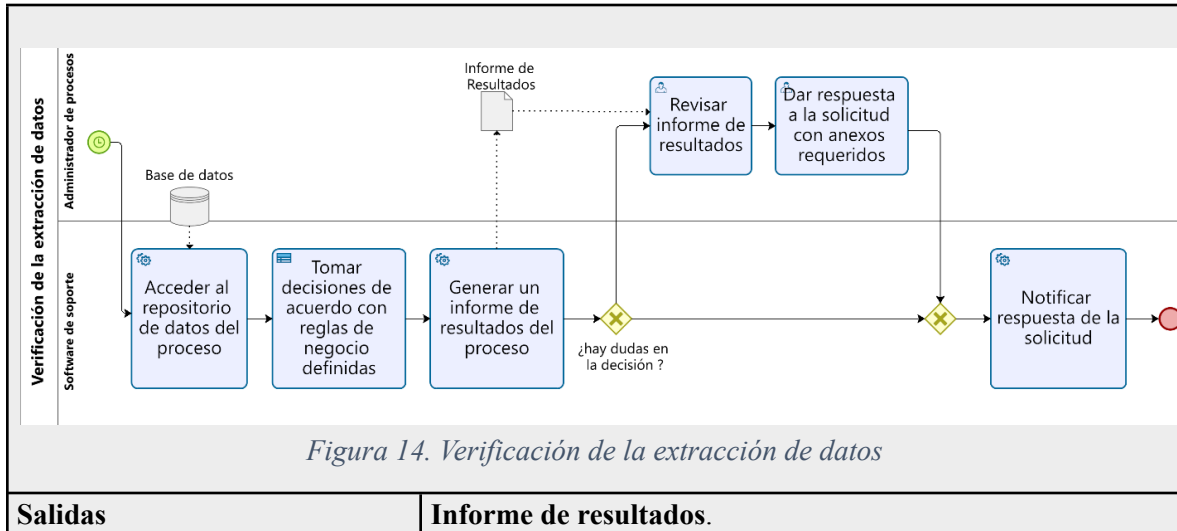
Entradas del proceso	Archivo de configuración. Vista minable de clasificación.	
Secuencia Normal	N o	Actividades
	1	Ejecutar técnicas de clasificación con sus parámetros: Para obtener el mejor modelo se deben ejecutar las técnicas usando el mismo esquema de evaluación (para que la comparación sea justa) con sus respectivos escenarios (cada escenario está compuesto de la configuración de los parámetros que se usan para la ejecución del algoritmo).
	2	Ordenar clasificadores de acuerdo con las métricas: Una vez todos los algoritmos son ejecutados con sus respectivos escenarios, es necesario establecer cuál modelo de clasificación brinda más confianza. Para ello se listarán los clasificadores definidos junto con un valor numérico según las métricas previamente definidas.
	3	Seleccionar el clasificador con mayor métrica de rendimiento: Una vez se obtienen los valores numéricos de calidad/rendimiento de todos los algoritmos ejecutados con sus respectivos escenarios, se selecciona la técnica que tenga el mejor desempeño según la métrica previamente definida.
	4	Almacenar el mejor clasificador: Esta actividad es la encargada de generar el reporte del mejor clasificador. Mostrando lo típico del modelo de clasificación de acuerdo con su tipo, por ejemplo, si es un árbol de decisión, se muestra el árbol son las hojas intermedias que muestran los caminos de decisión y las hojas finales con el valor de clasificación estimado, de igual forma su representación como reglas de primer orden.
Modelo BPMN		
Salidas Repositorio Modelos de Clasificación		

Figura 13. Definir modelo de clasificación

3.4.3.4 Proceso: Verificación de la extracción de datos

Servicio genérico	Gestión de entradas	
Proceso	Verificación de la extracción de datos	
Proceso predecesor	Recepción de documentos	
Objetivo	Validar si la información proporcionada por los usuarios es correcta y verídica, para tramitar de una manera adecuada su solicitud, de acuerdo con reglas de negocio definidas en el proceso.	
Descripción	Este proceso se encarga de realizar la verificación de las solicitudes de los usuarios mediante las reglas de negocio del proceso. Para la correcta toma de decisiones. Existen dos responsables que llevan a cabo la validación de los datos y son: el Administrador de procesos y el Software de Soporte de soporte . El Software de Soporte de soporte se encarga de procesar los datos de entrada, frente a las condiciones y reglas definidas en el negocio y genera de manera automática un Informe de resultados, donde se define qué decisión se toma frente a las solicitudes. El Validador del proceso , interviene en el proceso cuando existe alguna duda de la toma de decisiones realizada por el software. Lo anterior se realiza con el fin de que las decisiones sean confiables y es por lo que esta verificación la realiza una persona experta en el proceso que se está ejecutando. Finalmente, se toma la decisión concerniente al caso (Ej. Si es rechazada o aprobada) y luego el Software de Soporte registra y notifica el estado de la solicitud.	
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se puede ejecutar una vez se haya realizado el proceso de Recepción de documentos .	
Técnica sugerida	Estrategias para tener en cuenta en la verificación de datos: Software de Soportes expertos de acuerdo con el proceso de negocio y Software de Soportes basados en minería de datos, que se pueden entrenar para la toma de decisiones en la verificación de la información.	
Entradas del proceso	Base de Datos.	
Secuencia Normal	N o	Actividades
	1	Acceder al repositorio de datos del proceso: Esta actividad la realiza el software de soporte mediante una acción de inicio del validador del proceso, se encarga de acceder a un repositorio de información de los procesos de negocio y de obtener los datos que son claves para tomar decisiones. Para ello, se debe emplear una técnica de extracción de datos estructurados.

	2	Tomar decisiones de acuerdo con reglas de negocio definidas: esta actividad la realiza el software de soporte , donde se definen las reglas de negocio del proceso para tomar decisiones. Procesa la información obtenida en la actividad previa y de acuerdo con las reglas establecidas, define si una petición o solicitud se puede realizar y completar. Ejemplo: si una persona desea un crédito bancario, se debe analizar a parte de los soportes adjuntos si cumple con la capacidad de pago (valor que se obtiene de una fórmula bancaria, por ejemplo).
	3	Generar un informe de resultados del proceso: esta actividad la realiza el software de soporte , se encarga de generar un Informe de resultados en donde se refleja que solicitudes deberían ser aprobadas. Dicho informe se genera después de haber aplicado las reglas definidas por el negocio y sujeto a ciertas métricas de confiabilidad.
	4	¿hay dudas en la decisión?: Esta actividad la realiza el software de soporte , considerando lo siguiente: <ul style="list-style-type: none"> • Si: Cuando se selecciona esta opción, el software de soporte determina que la confianza de su decisión no supera un umbral y se debe realizar la actividad N°5, donde el Validador del proceso revisa el Informe de Resultados. • No: Cuando se selecciona esta opción, el Software de Soporte confirma que los resultados descritos en el Informe son confiables, y se continúa con la actividad N°7.
	5	Revisar informe de resultados: Esta actividad es realizada por el Validador del Proceso , se encarga de revisar el Informe de Resultados generado por el Software de soporte . Verifica de acuerdo con la experiencia y objetividad del negocio si las decisiones que tomó el Software de Soporte son acordes y confiables.
	6	Dar respuesta a la solicitud con anexos requeridos: Esta actividad es realizada por el Validador del Proceso , se encarga de dar respuesta a la solicitud de acuerdo con la revisión realizada del Informe de Resultados , generando soporte y registro de la decisión tomada.
	7	Notificar respuesta de la solicitud: Esta actividad la realiza el software de soporte , envía una alerta notificando la respuesta a la solicitud realizada por un usuario .
	Modelo BPMN	



3.4.3.5 Proceso: Monitoreo de resultados

Servicio genérico	Gestión de entradas
Proceso	Monitoreo de resultados
Proceso predecesor	Verificación de la extracción de datos
Objetivo	Este proceso busca identificar mediante la revisión de las decisiones previamente tomadas durante la ejecución del proceso si existen irregularidades en las respuestas a las solicitudes con el fin de tomar acciones y corregir a tiempo esas anomalías.
Descripción	Este proceso tiene como finalidad detectar patrones en la toma de decisiones frente a las solicitudes realizadas por los usuarios. La verificación de los resultados, la realizan sincrónicamente el Analista y el Software de Soporte . En primera instancia el Software de Soporte se encarga de procesar los registros y generar un Reporte de estadísticas frente a los resultados guardados en el Informe de resultados . Una vez el Software de Soporte realiza el análisis de los datos y genera los debidos reportes, el Analista se encarga de revisar la información y detectar si existió alguna irregularidad en las decisiones tomadas. Luego, el Analista realiza sus observaciones y mejoras a considerar, para prever futuras anomalías frente a la toma de decisiones. Finalmente, todas las observaciones y registros se guardan de manera automática en el Software de Soporte para llevar un histórico de los análisis realizados al proceso de negocio.
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. Se puede ejecutar una vez se genere el Informe de resultados , del proceso de Verificación de la extracción de datos .
Técnica sugerida	Técnicas de minerías de detección de valores atípicos para el análisis e identificación de datos atípicos, o algoritmos que emplean técnicas con medidas estadísticas como: Error cuadrático medio

	(Error Sum of Squares, SSE)), desviación media absoluta (Mean Absolute Error, MAE), Raíz del error cuadrático medio (Root Mean Squared Error, RMSE), La Raíz del logaritmo del error cuadrático medio (Root Mean Squared Logarithmic Error, RMSLE), el porcentaje de datos dentro del $\pm 5\%$ del valor real, entre otros.
Entradas del proceso	Informe de resultados.
Secuencia Normal	N o Actividades
	1 Acceder al Informe de resultados: Esta actividad obtiene datos del Informe de resultados para revisar las decisiones que fueron tomadas durante la ejecución del proceso de acuerdo con las solicitudes realizadas por los usuarios. Además, se encarga de detectar la variable objetivo de los datos y de esa manera analizar los datos para realizar una evaluación objetiva de las decisiones tomadas por los encargados. Por ejemplo, una solicitud o trámite realiza todo el proceso, desde la recepción de los datos y sus documentos, hasta la validación de los datos según las reglas establecidas del negocio y la toma de una decisión; la variable objetivo es la respuesta a la solicitud, es decir si fue aprobada, rechazada o está bajo estudio.
	2 Analizar la desviación de los datos: Esta actividad se ejecuta automáticamente en el Software de Soporte , tiene como finalidad analizar los datos obtenidos en la anterior actividad, y lograr establecer la tendencia y varianza de los datos por recurso, por franjas horarias, por datos de solicitud (raza, género, edad). entre otras. Lo anterior se realiza al ejecutar varias técnicas o algoritmos que emplean la variable objetivo y con ello logran determinar qué tan óptima ha sido la toma de decisiones en el proceso de negocio.
	3 Generar reporte de estadísticas de resultados: esta actividad la realiza el Software de Soporte , se encarga de generar un reporte de estadísticas de resultados en donde se refleja los porcentajes de las distintas opciones de respuestas que se tiene como resultado de la toma de decisiones de las solicitudes de los usuarios.
	4 Analizar Reporte de estadísticas de resultados: Esta actividad es realizada por el Analista , se encarga de revisar el Reporte de estadísticas de Resultados generado por el Software de soporte . Tiene como fin, dar una opinión objetiva de los resultados que se reflejan en el reporte y de esa manera detectar si existen anomalías o decisiones comprometidas. Es decir, primero verifica si la decisión fue realizada directamente por el Software de Soporte o si intervino una persona experta en el negocio para ayudar a determinar el estado final de una solicitud. Con esa información termina de evaluar la objetividad de las respuestas generadas en cada solicitud. Verifica puntos clave de decisión en las respuestas, por ejemplo, si durante un

	lapso se detecta que todas las solicitudes fueran rechazadas, se analizan los datos y el contexto para determinar la objetividad de ese resultado.
5	Elaborar reporte de observaciones: Esta actividad es realizada por el Analista , tiene como fin generar un Reporte de Observaciones de acuerdo con el análisis realizado en la actividad anterior.
6	Tomar acciones para corregir desviaciones: Esta actividad es realizada por el Analista , quien se encarga de realizar ajustes de acuerdo con los informes analizados, en donde se encontraron inconsistencia, fallas o inquietudes. La corrección la realiza de acuerdo con el reporte de Observaciones realizado con anterioridad en la actividad N°5. Las acciones que se realizan afectan las siguientes respuestas a las solicitudes, además se generan alertas de acuerdo con el comportamiento que se va identificando de las respuestas emitidas en cada solicitud. Ejemplo: Una de las acciones a tener en consideración es que se vuelva a analizar la respuesta emitida si ya se han generado 10 aprobaciones de manera consecutiva, es decir se debe analizar: 1. Si el Software de Soporte tiene configuradas las reglas de negocio de manera correcta. 2. Si el validador del proceso está siendo objetivo.
7	Guardar reporte de Observaciones y ajustes realizados: Esta actividad la ejecuta de manera automática el Software de Soporte , se encarga de almacenar el Reporte de Observaciones y el archivo de ajustes realizados , que elaboró el Analista .

Modelo BPMN

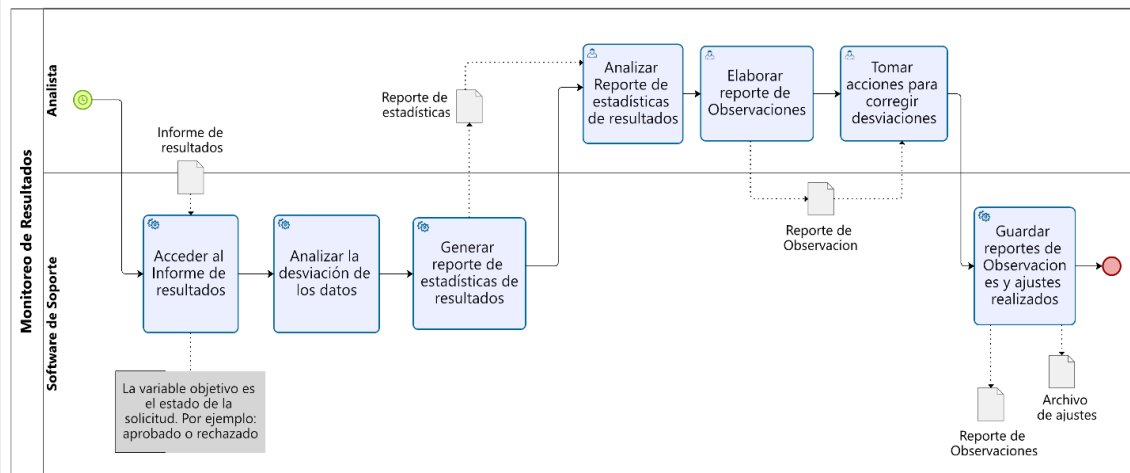


Figura 15. Monitoreo de resultados

Salidas	Reporte de estadísticas. Reporte de Observaciones. Archivo de ajustes.
----------------	---

3.4.4 Proceso: Modificar configuración de Modelos

Servicio genérico	Gestión de cuellos de botella Gestión de entradas y salidas	
Proceso	Modificar configuración de modelos	
Proceso o Subproceso predecesor	No tiene.	
Objetivo	Modificar el archivo de configuración inicial definido en el Software de Soporte, para establecer los parámetros de ejecución de las técnicas/algoritmos que permiten la creación los modelos de regresión o los modelos de clasificación que se utilizará en los diferentes servicios que lo requieran.	
Descripción	Este proceso se usa en varios servicios con la finalidad de iniciar los procesos establecidos en cada uno de ellos. Su principal objetivo es actualizar los diferentes parámetros que se definen dentro de un modelo de regresión o un modelo de clasificación. Por lo general el archivo de configuración inicial está configurado por defecto y puede ser editado de acuerdo con las necesidades de los usuarios finales que deseen usar los servicios de Gestión de cuellos de botella y Gestión de entradas y salidas . En el flujo de las actividades de este proceso participan dos actores, el primero es el Software de soporte encargado de procesar y generar de manera automática las opciones que debe seleccionar el Administrador del proceso . El segundo es el Administrador del proceso que elige las opciones que considera necesario modificar en el archivo de configuración.	
Iniciador del proceso	Este proceso tiene un evento de inicio de temporalización, que indica que se ejecuta en una fecha determinada o un ciclo específico. La inicia el Administrador de procesos cuando desea configurar los parámetros de configuración para un modelo de regresión o un modelo de clasificación.	
Técnica sugerida	No tiene.	
Entradas del proceso	Estructura de la vista minable.	
Secuencia normal	Nº	Actividades
	1	Presentar menú de opciones configuración de archivos: Está actividad la realiza el Software de Soporte . Se encarga de procesar las opciones de configuración disponibles que se deben mostrar al usuario para que seleccione la más adecuada de acuerdo con las necesidades del proceso negocio.
	2	Seleccionar tipos de archivos a configurar: Esta actividad la realiza el Administrador de procesos . Se encarga de seleccionar el tipo de archivo que desea configurar. Las opciones se muestran en manera de lista para que elija la que considere adecuada, las cuales son: <ul style="list-style-type: none"> • Modificar archivo de configuración por defecto: Se debe seleccionar si se desea editar la configuración que está por defecto.

	<ul style="list-style-type: none"> Personalizar un archivo de configuración de un proceso específico: se debe seleccionar si se desea generar un archivo con unas características específicas a un proceso de negocio.
3	<p>¿Desea configurar un modelo de regresión?: Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos. Se encarga de determinar el camino que debe seguir el flujo de actividades de la siguiente manera:</p> <ul style="list-style-type: none"> Si: Si selecciona este camino, la configuración se realizará para un modelo de regresión lineal. No: Si selecciona este camino, la configuración automáticamente se realizará para un modelo de clasificación.
4	<p>Definir tamaños de ventana a utilizar en datos: Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos, define un tamaño de ventana que permita construir un modelo predictivo. Se debe tener en cuenta que se deben definir X intervalos de pruebas para poder hallar el que provea un mejor resultado.</p>
5	<p>Definir el valor del umbral de aceptación del modelo de regresión: Esta actividad la realiza el Administrador de Procesos, define el umbral que es una variable numérica que permite establecer el valor máximo de diferencia entre los datos reales y predichos al momento de aplicar el modelo predictivo. Esta variable se usa en el proceso de Medición de rendimiento del modelo de predicción del servicio de Gestión de cuellos de botella.</p>
6	<p>Listar las opciones de configuración de las técnicas: Está actividad la realiza el Software de Soporte. Se encarga de procesar las opciones de configuración disponibles que debe mostrar al usuario para que seleccione las técnicas adecuadas de acuerdo con el modelo que desea ejecutar, ya se de regresión o de clasificación.</p>
7	<p>Seleccionar técnicas inteligentes a utilizar con sus parámetros a optimizar: Seleccionar las técnicas inteligentes a utilizar y se define la forma en que se realizará la optimización de parámetros y los parámetros o rangos de afinamiento. Las técnicas que se pueden listar son las sugeridas en las plantillas de caracterización del subproceso Definir el modelo de predicción a usar y Definir el modelo de clasificación a usar, pero se pueden definir otras si es necesario.</p>
8	<p>Seleccionar el método de validación: El esquema de evaluación a usar teniendo se define teniendo en cuenta el volumen de los datos disponibles. Es decir, si se tiene un gran volumen de datos se recomienda aplicar Training/Testing (70-90% de los datos para training y 10-30% para testing), que es computacionalmente menos costoso, u otras estrategias como la validación cruzada definiendo el número de folders a usar de</p>

		acuerdo con la cantidad de datos, la capacidad de cómputo y el tiempo máximo de espera para obtener los modelos.
	9	Seleccionar métricas de rendimiento: Se definen las métricas de rendimiento que se utilizarán para ordenar y seleccionar el mejor modelo, si son dos o más se define el nivel de prioridad (cuál es más importante en caso de empates). Las métricas se establecen de acuerdo con el modelo que se desea definir, por lo tanto, se mostrarán las más adecuadas para tener en cuenta de un modelo de clasificación o un modelo de regresión. Algunos ejemplos de métricas de rendimiento son: precisión, exactitud, sensibilidad, F1 score, métodos estadísticos de regresión.
	10	Almacenar archivo de configuración: Una vez se selecciona todas las variables y parámetros para tener en cuenta para cada modelo (regresión o de clasificación), de manera automática se guarda la información en el Software de Soporte para con ello poder generar el archivo de configuración que se utilizará para iniciar los servicios requeridos.
Modelo BPMN		

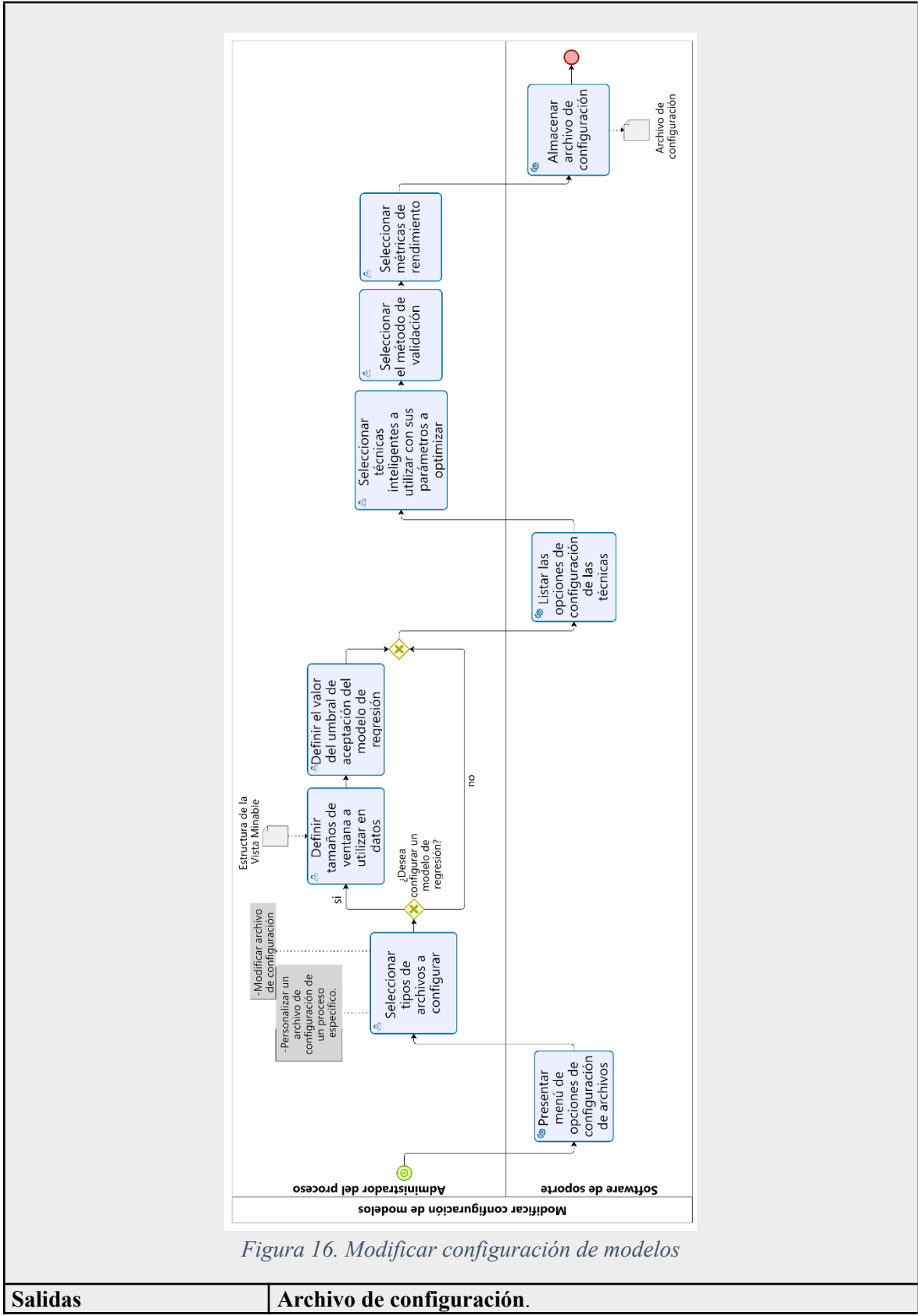


Figura 16. Modificar configuración de modelos

Salidas	Archivo de configuración.
----------------	----------------------------------

3.4.5 Entradas y salidas

Archivo de ajustes: reglas y condiciones que el Analista realiza frente al Reporte de Observaciones y que se almacena en el Software de soporte, con el fin de prever futuros inconvenientes en la toma de decisiones durante ejecución del proceso de negocio.
Archivo de Configuración: En este archivo se registran diversos parámetros como el tamaño de las ventanas que se usan para procesar los datos del log de transacciones, el umbral de aceptación de calidad de los modelos, los parámetros de las técnicas inteligentes, el método de validación y las métricas de rendimiento.
Base de datos: Id de solicitud, Id Usuario, datos del formulario, cantidad de documentos, tipo de documentos y documentos en sí mismos.
Datos de formulario: campos definidos en los formularios de entrada que se solicitan al usuario y son fundamentales para la ejecución de una instancia del proceso de negocio.
Datos del desfase: Identificador del modelo, datos reales, datos predichos, diferencia de los datos, diferencia total, métricas usadas para comparar contra un umbral permitido por métrica (este valor de umbral se define previamente para cada métrica y establece el valor máximo de diferencia aceptable entre los datos reales y predichos. Si se pasa de ese valor significa que el modelo no refleja apropiadamente la situación real y debe ser actualizado para soportar la toma de decisiones o ignorado hasta que se obtenga un modelo con el nivel de rendimiento mínimo esperado.
Documentos adjuntos: los documentos que un usuario carga al Software de Soporte como soporte a la solicitud o proceso de negocio del cual está iniciando una instancia. Incluye el id del documento, el id de la solicitud, el tipo de documento, el formato del documento y el documento en sí mismo.
Documentos por rectificar: Id del documento, Id de solicitud, Id usuario, tipo de documento, formato del documento y documento en sí mismo.
Estructura de la vista minable: Se determina de acuerdo con el tipo de Modelo que se va a definir durante la ejecución. Vista minable si es un Modelo de Regresión o Vista minable de Clasificación si es un Modelo de Clasificación.
Histórico de datos del Proceso: Hace referencia a los datos adquiridos durante la ejecución del servicio, Reporte de predicción , Reporte de cambios , Vista minable , Repositorio Modelos de Regresión de predicción y Log de ejecución del proceso de negocio .
Informe de resultados: Id solicitud, decisión de la solicitud (ej. Rechazada, aprobada, en revisión), datos y documentos que soportan la solicitud, nivel de confiabilidad obtenida por el software de soporte, reglas de negocio aplicadas.
Log de ejecución del proceso de negocio: incluye los datos de fecha de inicio, fecha de fin, cantidad de solicitudes, actividades, tiempo empleado en cada actividad y estado de la actividad.
Recursos humanos por actividad: Datos que incluyen el Id del recurso asignado a la actividad, experiencia del recurso, horario laboral del recurso, género, edad. Si no existe un Software de Soporte de gestión de recursos estos datos se deben ingresar de forma manual.
Reporte de cambios: Este reporte incluye la fecha de aplicación, el identificador del modelo, las actividades y los recursos modificados en cada una de estas.
Reporte del modelo de Predicción: Este reporte muestra el tamaño de la ventana para la transformación de los datos, modelo obtenido, técnica usada, parámetros utilizados, rendimiento del modelo, descripción apropiada del modelo de acuerdo con la técnica de inteligencia artificial o tipo de modelo (árbol, reglas, red, grafo, entre otros), fecha de inicio y fecha de expiración.
Reporte de Asignación: contiene el id del recurso, id de actividades asignadas, horario laboral y disponibilidad
Reporte de calidad: reporte con porcentaje de variación (hacia mejora o no) de los tiempos de respuesta o longitudes de cola en las actividades. Esto se basa en la comparación de los datos reales iniciales versus los actuales. Además, presenta el listado de los cambios realizados al proceso.
Reporte de estadísticas: Incluye el porcentaje de respuestas según el tipo, responsable (validador del proceso o el Software de Soporte), trazabilidad de la toma de decisiones y fecha.

Reporte de Observaciones: registros del análisis realizado según el reporte de estadísticas por el Analista, incluye fecha, responsable, reporte de observaciones, novedad y descripción.
Reporte de predicción: Este reporte incluye el Identificador del modelo, tiempos de duración de cada actividad, cantidad de solicitudes por hora, retardos y colas en actividades, y sugerencias. Las sugerencias se realizan de acuerdo con el reporte de predicción, para lograr prevenir retrasos o colas en las solicitudes en cada actividad. Se realizarán sugerencias acerca de cambiar un recurso de acuerdo con su experiencia, asignar un recurso adicional dependiendo su disponibilidad o modificar la jornada laboral de un recurso.
Reporte de recomendación de asignaciones: contiene el id del recurso, id de actividades sugeridas y el tiempo de encargo.
Repositorio Modelos de Clasificación: modelo obtenido, técnica usada, parámetros utilizados, rendimiento del modelo, descripción apropiada del modelo de acuerdo con la técnica de inteligencia artificial o tipo de modelo (árbol, reglas, red, grafo, entre otros), fecha de inicio y fecha de expiración.
Repositorio Modelos de Regresión: Contiene los datos de identificación del modelo, el modelo en sí mismo, su rendimiento, la fecha de inicio y la fecha de expiración.
Vista minable de clasificación: Tabla con los datos requeridos para poder generar modelos de clasificación la cual cuenta con las siguientes columnas: id del documento, tipo de documento o clase, términos/palabras/tokens extraídos con su importancia relativa, ubicación del documento fuente. En esta vista las filas corresponden a los documentos usados para construir (entrenar) el clasificador.
Vista minable (usada para modelos de regresión): Tabla con los datos requeridos para poder generar modelos de predicción (regresión) la cual cuenta con las siguientes columnas: id Actividad, id recurso asignado a la actividad, id solicitud, id Proceso, fecha, tiempo de atención, tiempo en espera, estado de la actividad, estado de la solicitud, cantidad de solicitudes por hora, cantidad de solicitudes resueltas por hora, cantidad de solicitudes en espera por hora, ¿es día laboral?, ¿es hora laboral?, experiencia del recurso, género, edad, horario laboral del recurso. En esta vista, las filas corresponden a los registros que se generan al ejecutar cada actividad dentro del proceso.

CAPÍTULO 4

4 IMPLEMENTACIÓN DEL SERVICIO GESTIÓN DE CUELLOS DE BOTELLA

4.1 HERRAMIENTAS EXPLORADAS

Al inicio de la investigación se esperaba integrar alguno de los servicios propuestos en una herramienta BPMN del mercado que incluyera un simulador de procesos para su debida comprobación. Por lo anterior, se estudiaron varias herramientas para solventar la necesidad planteada. Durante el proceso de búsqueda se encontraron herramientas que tienen un simulador, pero no son open source, como Bizagi [19], ProModel [24], que además son herramientas comerciales con un tiempo de prueba gratuita definido, y para continuar con su uso se debía pagar una suscripción anual o mensual. Seguidamente se experimentó el software Bonita Soft [25], que en la descripción del sitio oficial contaba con todas las especificaciones requeridas, pero al interactuar con esta herramienta, se presentaron muchos inconvenientes, entre ellos:

- La herramienta oficialmente es open source, pero las nuevas versiones no cuentan con el simulador requerido. Existe una versión Enterprise que, si cuenta con funciones de simulación, pero a un alto precio comercial.
- Se optó por trabajar con la última versión que aún tenía integrado el simulador, la versión 7.3 de 2017, pero se encontró que Bonita Soft ya no soportaba versiones antiguas al declararlas obsoletas, razón por la cual, en el momento de descargar todas las dependencias del software, que se necesitaban para desplegar el proyecto, no se encontraban algunas, generando errores en la continuidad del proceso de compilación y despliegue.
- La versión más reciente de Bonita Soft está en 2021.1, pero esta solo permite modelar el proceso y mapear mediante formularios para desplegar un sitio web, el cual no cumplía con los requerimientos planteados.

Al descartar Bonita Soft, se encontró la herramienta JBPM [26], que permitió acceder a un repositorio central y contar con un plugin, para trabajar en Eclipse, con el que se logró modelar y crear el código del proceso para su simulación. Esta herramienta registró en una base de datos los tiempos de duración de las tareas al ejecutarse, junto con otras características como instancias y recursos del proceso, pero lastimosamente no se podían generar los escenarios de ejecución ya que en

eclipse las tareas se mapeaban manualmente de acuerdo al modelo del proceso en BPMN, lo que generaba una secuencia de tareas sin intención, lo que obligaba la construcción de los casos de configuración en la herramienta mediante código para realizar la simulación deseada, hecho que desbordaba el alcance de este trabajo.

También se ensayó con una herramienta que estaba fuera de los objetivos planteados, un simulador web llamado BPsimulator [25], que simula los procesos por minutos, horas o días. Este permite asignar varios recursos a las actividades y generar un registro detallado de todas las operaciones que se ejecutan durante la simulación, reportando cuales se completan a satisfacción y cuales continúan en espera para ser atendidas. Sin embargo, no fue posible asignar una intención (más llegadas a ciertos días de la semana, por ejemplo, al inicio de esta) definida en el simulador, es decir, no se pudo poner un estándar de fechas o días para probar diferentes escenarios de simulación.

Luego de realizar la exploración en las herramientas más significativas en el mercado, y al ver que no fue posible integrar uno de los servicios propuestos en las opciones consultadas, se solicitó el cambio del segundo y tercer objetivo específico del proyecto. Luego de aprobado el cambio solicitado, se buscó realizar el desarrollo de manera independiente y realizar la simulación de un proceso de negocio para evaluar y obtener todos los datos de ejecución. Es por esto, que se experimentó con Process Simulator [27], uno de los productos de ProModel vistos inicialmente, ya que es una herramienta de análisis y mejora de procesos basada en la tecnología Microsoft Visio y ProModel que simula y optimiza cualquier diagrama de flujo de Visio. Este producto se puede utilizar para dar animación a la ejecución de los diagramas de los procesos de negocio y analizar cómo se comporta realmente un proceso, permitiendo además de animar y simular los procesos con su flujo de actividades e informar todos los indicadores clave de rendimiento del proceso[27].

4.2 SIMULACIÓN DEL PROCESO DE NEGOCIO

Teniendo en cuenta que en el presente trabajo de grado se requería capturar datos de un proceso de negocio en ejecución, se evaluó el uso directo de Process Simulator para lograr tal fin. Por lo anterior, se determinó realizar el proceso de negocio, **Realización de confecciones**, que está compuesto por 10 actividades, y en su configuración inicial se le asignaron 7 recursos humanos. El objetivo principal del proceso consiste en realizar confecciones de manera manual, iniciando con la solicitud del pedido, seguido del diseño y el patronaje de las prendas, la preparación de la materia prima, la elaboración manual de las prendas y finalmente, la entrega y distribución de los pedidos. El mapeo del proceso se

realiza en nomenclatura BPMN y se efectuó en la herramienta Process Simulator, como se muestra en la **Figura 17**.

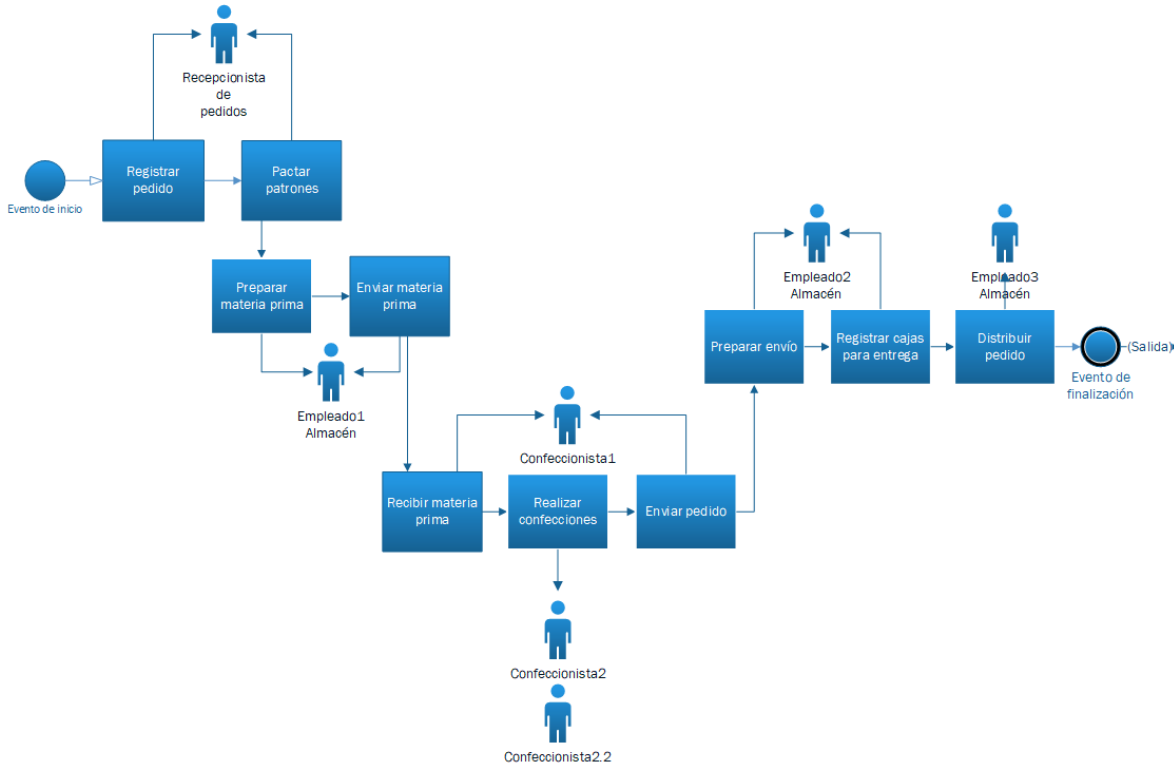


Figura 17. Proceso de realización de confecciones

Una vez realizado el modelo, se creó un escenario de simulación con un horario laboral de trabajo de lunes a viernes de 8:00 am a 6:00 pm, y sábados de 8:00 am a 01:00 pm. Se generó una sobrecarga de pedidos para el martes. Además, se estipuló un tiempo de descanso desde las 12:00 m. hasta las 2:00 pm. Cada uno de los recursos tienen el mismo nivel de experiencia en la actividad que tienen asignada. En la **Tabla 2** se muestra en detalle la configuración del escenario.

Tabla 2. Escenario de simulación realización de confecciones

Escenario de Simulación Realización de Confecciones				
Inicio de Simulación:		02/08/2021 08:00 am		
Fin de Simulación:		5/12/2021 00:00		
Actividad	Recurso Asignado	Cantidad de Recursos	Disponibilidad del Recurso	Tiempo para efectuar la actividad
Registrar pedido	Recepcionista de pedidos	1	100%	De 5 a 15 minutos

Pactar patrones	Recepcionista de pedidos	1	100%	De 15 a 30 minutos
Preparar materia prima	Empleado1 Almacén	1	100%	De 5 a 15 minutos
Enviar materia prima	Empleado1 Almacén	1	100%	De 5 a 15 minutos
Recibir materia prima	Confeccionista 1	1	100%	De 15 a 30 minutos
Realizar Confecciones	Confeccionista 2	2	100%	5 horas
Enviar pedido	Confeccionista 1	2	100%	De 15 a 30 minutos
Preparar envío	Empleado2 Almacén	1	100%	3 horas
Registrar cajas para entrega	Empleado2 Almacén	1	100%	De 15 a 30 minutos
Distribuir pedido	Empleado3 Almacén	1	100%	De 15 a 30 minutos

Al ejecutar el escenario definido en la **Tabla 2** se obtuvieron los primeros datos para analizar el comportamiento del proceso simulado. En primer lugar, se evidenció que durante el período de tiempo ejecutado se generaron 532 registros de pedidos, de los cuales se lograron evacuar 302, indicando que 230 pedidos no culminaron de manera satisfactoria. Ahora bien, fue primordial detectar qué actividades estaban generando represamiento de solicitudes, para ello se generó un gráfico que muestra la capacidad de los estados de cada actividad, medido en porcentajes que se muestra en la **Figura 18**.

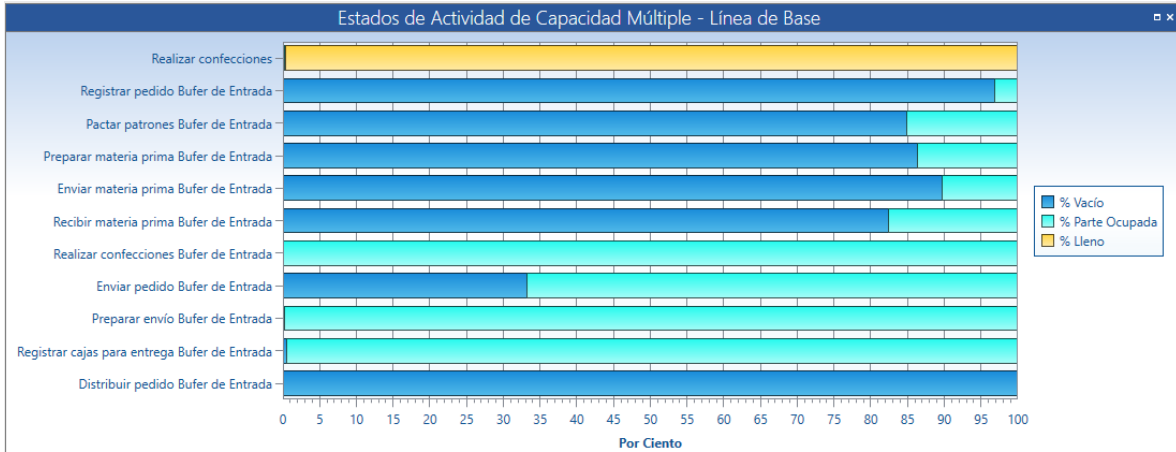


Figura 18. Gráfica de “estados de actividad de capacidad”

En la **Figura 18** se puede observar que las actividades que evidencian un porcentaje alto en su capacidad de aforo son, **Realizar Confecciones, Preparar Envío y Registrar cajas para entrega**. Para un mayor entendimiento de la gráfica, en la **Tabla 3** se muestran los datos del porcentaje de capacidad de cada actividad de acuerdo con los estados categorizados de ocupación o trabajo (vacío, parte ocupada y lleno).

Tabla 3. Estados de las actividades

Estado de las actividades			
Actividad	% Vacío	% Parte Ocupada	% Lleno
Realizar confecciones	0,23	0,08	99,69
Registrar pedido - Búfer de Entrada	96,79	3,21	0
Pactar patrones - Búfer de Entrada	84,93	15,07	0
Preparar materia prima - Búfer de Entrada	86,30	13,70	0
Enviar materia prima - Búfer de Entrada	89,73	10,27	0
Recibir materia prima - Búfer de Entrada	82,44	17,56	0
Realizar confecciones - Búfer de Entrada	0,10	99,90	0
Enviar pedido - Búfer de Entrada	33,19	66,81	0
Preparar envío - Búfer de Entrada	0,28	99,72	0
Registrar cajas para entrega - Búfer de Entrada	0,51	99,49	0
Distribuir pedido - Búfer de Entrada	100,00	0	0

Una vez, se identificaron las actividades que están ocasionando problemas en la productividad del proceso, se extraen los registros detallados de **Realizar Confecciones** y **Preparar envío**, para identificar mediante estos registros de entradas, como es su comportamiento y cuantas solicitudes están llegando por día. Los datos que se usan para aplicar los modelos de regresión en cada

actividad son: fecha, día de la semana, cantidad de horas laboradas por día y cantidad de pedidos en cola por día. De igual manera, se verificó la productividad de los recursos medida en porcentajes. La **Figura 19** ilustra la productividad de los recursos durante la ejecución del proceso con sus respectivos datos en porcentaje de uso (En uso), inactividad (inactivo) y disponibilidad (down). Esta figura se obtuvo mediante el software de simulación, en el que también se visualizaron estadísticas promedio en tiempo, recursos, actividades y entidades, mostrando una vista general del comportamiento del proceso de negocio. De esa manera, los datos que se recolectaron al ejecutar el proceso son los que luego se utilizaron para realizar el respectivo entrenamiento y el posterior uso (predicción) del modelo de minería.

Para un mayor entendimiento de la configuración y ejecución del proceso en Process Simulator, toda la información de los escenarios, calendarios, el modelo diseñado, el dataSource y los archivos de datos de las actividades seleccionadas, se encuentra en el **Anexo 5**. Finalmente, el resto de la experimentación realizada se explica a profundidad en los **Capítulos 4 y 5**, en donde, respectivamente, se realizó la implementación del servicio y se evaluó la mejora del proceso.

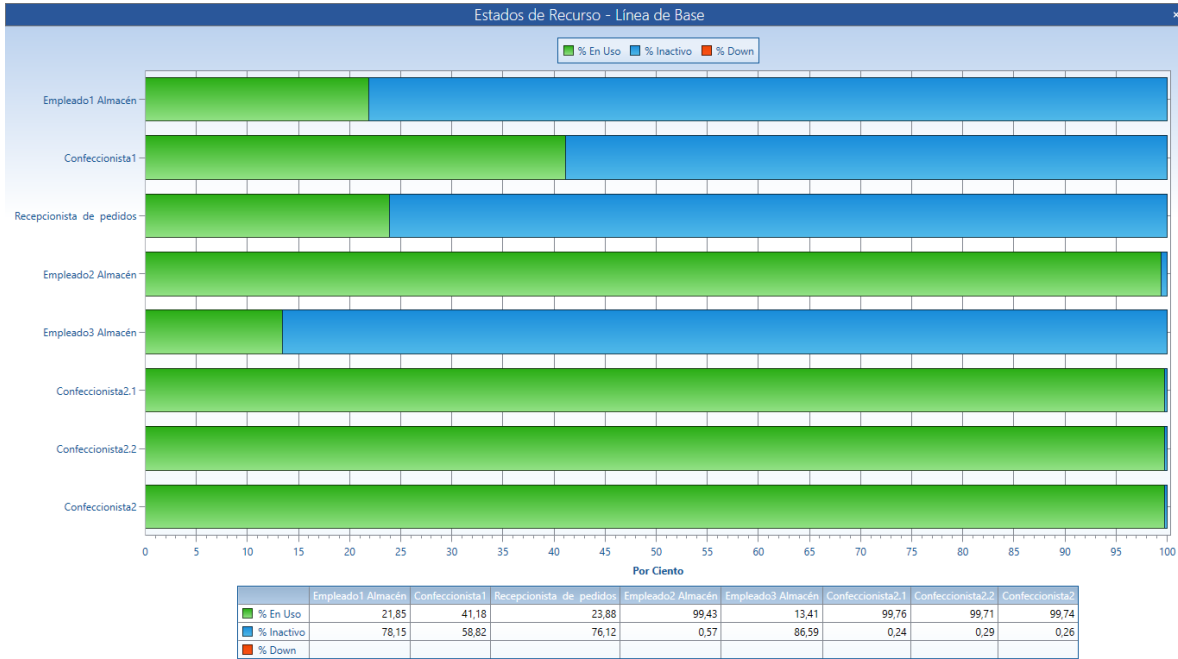


Figura 19. Estados de Recurso

4.3 DISEÑO, DESARROLLO Y EJECUCIÓN DEL SERVICIO

Para implementar de manera apropiada el servicio propuesto, se creó un proyecto basado en el framework ASP.NET Core con Angular, disponible en la suite de Visual Studio. De este modo se obtuvo una interfaz gráfica de usuario con Bootstrap y se desarrolló un API REST, cuyo objetivo fue realizar la conexión entre el Backend y el Frontend diseñado para mostrar los datos al ejecutar el servicio.

El Backend se implementó en lenguaje Python y se hizo uso de LazyPredict, una librería de acceso libre y código abierto que permite la ejecución de varios modelos de aprendizaje automático. Teniendo en cuenta que, el servicio a implementar incluye entre sus objetivos la predicción del comportamiento del proceso de negocio simulado, se empleó el conjunto de regresores que se encuentran disponibles en la librería. Una vez finalizado el entrenamiento, se obtuvo una lista ordenada de modelos de regresión con sus métricas de rendimiento, a partir de esta, se seleccionó el modelo de mejor rendimiento para el conjunto de datos y se continuó con el proceso de entrenamiento y predicción.

4.3.1 Módulo de entrenamiento

El servicio implementado requirió como entrada el log de ejecución de las actividades que conformaron el proceso de negocio simulado. Con ello se estructuró el conjunto de datos de entrenamiento, especialmente de las

actividades de realizar confecciones y preparar envío, para definir los data sets iniciales a usar.

Se realizó la configuración de las variables y parámetros requeridos a lo largo del proceso de entrenamiento; en el caso de los modelos de regresión disponibles, se dejaron sus parámetros de configuración por defecto. Según [28], una serie temporal se define como un conjunto de datos cronológicamente ordenados y muestreados con una frecuencia constante de tiempo (horas, días, meses, u otros). En la serie, la variable dependiente es el valor de la serie objetivo en el instante de tiempo a predecir y las variables independientes están formadas por datos extraídos a partir de ventanas de tiempo de las horas, días o meses anteriores. Por lo anterior, para llevar a cabo el preprocesamiento del dataset, se definió un tamaño de ventana con un valor constante de 3, con el fin de realizar la predicción de cada valor en la serie temporal, para el caso de estudio, la variable dependiente es la cantidad de pedidos en cola por día en la actividad analizada. Una vez obtenidas las variables independientes, se procedió a entrenar los modelos de regresión. El método desarrollado en Python para tal fin se nombró infoModels y se accede mediante un servicio REST desde el controlador creado en .Net core llamado RegModelsController (ver **Anexo 6**).

En la **Figura 20** se muestra la lista de modelos de regresión, organizados de mayor a menor métrica de rendimiento, de acuerdo con el conjunto de datos de la actividad Realizar confecciones. De igual manera, en la **Figura 21** se evidencia el listado de modelos para la actividad Preparar envío. Es preciso destacar que como se preveía, el mejor clasificador no es el mismo para las dos actividades y en general para poder definir un único modelo para todas las actividades de los diferentes procesos de negocio, muy seguramente se requerirán otras variables que complementen el data set y una mayor cantidad de datos.

Servicio Gestión de Cuellos de Botella			
<p>La información presentada se obtiene una vez ejecutado el proceso de negocio 'Realización de confecciones' y analizar a detalle la actividad humana 'Realizar confecciones', de la cual se extrae su log de ejecución, se estructura el dataset para realizar el pre-procesamiento y se entrenan diferentes modelos de regresión.</p> <p>La tabla a continuación, muestra una lista de modelos de regresión con sus respectivas métricas de rendimiento, ordenadas de mayor a menor valor, siendo el primer regresor en la lista, el que tiene la métrica más alta.</p>			
Model	Adjusted R-Squared	R-Squared	RMSE
Lasso	0.997912607	0.9983474806	1.4797427128
LarsCV	0.9977938248	0.9982534446	1.5212622977
OrthogonalMatchingPursuitCV	0.9977216771	0.9981963277	1.54593682
LassoCV	0.9976963687	0.9981762919	1.5544994892
LassoLarsCV	0.9976684897	0.998154221	1.5638776422
ARDRegression	0.997629622	0.9981234507	1.5768591695
BayesianRidge	0.997610685	0.998108459	1.5831453973
TransformedTargetRegressor	0.9975751355	0.9980803156	1.5948793704

Figura 20. Mostrar modelos de regresión de la actividad Realizar confecciones

Servicio Gestión de Cuellos de Botella			
<p>La información presentada se obtiene una vez ejecutado el proceso de negocio 'Realización de confecciones' y analizar a detalle la actividad humana 'Preparar envío', de la cual se extrae su log de ejecución, se estructura el dataset para realizar el pre-procesamiento y se entrenan diferentes modelos de regresión.</p> <p>La tabla a continuación, muestra una lista de modelos de regresión con sus respectivas métricas de rendimiento, ordenadas de mayor a menor valor, siendo el primer regresor en la lista, el que tiene la métrica más alta.</p>			
Model	Adjusted R-Squared	R-Squared	RMSE
TransformedTargetRegressor	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
RANSACRegressor	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
LinearRegression	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
LassoLarsIC	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
OrthogonalMatchingPursuitCV	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
LassoLarsCV	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
LarsCV	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728
Lars	0.999964801	0.9999713193	0.1540754728

Figura 21. Mostrar modelos de regresión de la actividad Preparar envío

4.3.1.1 Seleccionar el modelo con la mayor métrica de rendimiento

La librería LazyPredict⁴ se usó con el fin de seleccionar entre varios modelos de regresión, el más adecuado para los conjuntos de datos, con base en el rendimiento obtenido por cada modelo. Para eso, se ejecutó el procedimiento LazyRegressor existente en la librería, en donde se almacenan todos los modelos

⁴ <https://github.com/shankarpandala/lazypredict>

de regresión disponibles en la librería scikit-learn. Dichos modelos, se entrenaron y validaron, para finalmente mostrar al usuario el rendimiento de todos los regresores empleados, proporcionando así, una lista de modelos de regresión. A partir de los resultados en las métricas de rendimiento, se seleccionó el modelo con mayor desempeño que se entrenó y evaluó mediante la técnica de validación cruzada, ya que esta cuenta con un menor sesgo (ni muy optimista, ni muy pesimista) al determinar las capacidades del modelo obtenido, este se guardó, con el uso de la librería pickle, para luego ser aplicado en la predicción de la actividad del proceso de negocio. La función en Python que cuenta con el desarrollo de dicho servicio se denominó `selectedModel` y se accede mediante un servicio REST disponible en el controlador `MetricsController` (ver **Anexo 6**) creado en .Net core.

La **Figura 22** y la **Figura 23** ilustran respectivamente, los modelos de regresión seleccionados para las actividades de Realizar confecciones y Preparar envió, con sus correspondientes métricas de rendimiento.

Servicio Gestión de Cuellos de Botella	
El modelo de regresión con la métrica de rendimiento más alta, es seleccionado; este se entrena y se realiza validación cruzada para obtener el rendimiento esperado en producción.	
A continuación se presenta el resultado de las métricas.	
Modelo	Lasso
R Squared	0.9975271575102891
Adjusted R Squared	1.3016867837447315
RMSE	1.9350395682285955

Figura 22. Entrenar modelo de predicción para Realizar confecciones

Servicio Gestión de Cuellos de Botella	
El modelo de regresión con la métrica de rendimiento más alta, es seleccionado; este se entrena y se realiza validación cruzada para obtener el rendimiento esperado en producción.	
A continuación se presenta el resultado de las métricas.	
Modelo	TransformedTargetRegressor
R Squared	0.9999494805676455
Adjusted R Squared	1.006870642800206
RMSE	0.20076551689052954

Figura 23. Entrenar modelo de predicción para Preparar envío

4.3.2 Módulo de predicción

Continuando con la prueba del concepto dentro de un entorno simulado, para generar la predicción sobre las actividades analizadas, se ejecutó el proceso de negocio para una semana posterior a la fecha del último registro en el data set de entrenamiento. Los registros dentro de esta semana se formatearon y se les realizó el preprocesamiento indicado en la **sección 4.3.1**. El modelo guardado, se cargó nuevamente al servicio y se ejecutó la predicción para la nueva semana obtenida. En este punto, es posible contrastar los datos de la ejecución del proceso de negocio, con los datos obtenidos a partir de la predicción realizada. El módulo expuesto se encuentra desarrollado en la función `applyModel` del servicio en Python y se accede mediante un servicio REST disponible en el controlador `PredictionsController` (ver **Anexo 6**). La **Figura 24** y la **Figura 25** ilustran, respectivamente las predicciones de una semana, para las actividades de Realizar confecciones y Preparar envío, en su longitud de cola de acuerdo con el nivel de pedidos que entran por día.

Los resultados de la predicción obtenida, junto a sus fechas correspondientes, día de la semana (1: Lunes - 7: Domingo) y horas laboradas por día, se muestran a continuación.

Fecha	Día	Horas laborales	Predicción - Longitud de cola
6/12/2021	1	8	151.9932775479
7/12/2021	2	8	153.7516177291
8/12/2021	3	8	152.582666776
9/12/2021	4	8	154.7467001648
10/12/2021	5	8	156.7368650361
11/12/2021	6	5	157.4591651026
12/12/2021	7	0	163.8283221323

Figura 24. Predicción de una semana para Realizar confecciones

Los resultados de la predicción obtenida, junto a sus fechas correspondientes, día de la semana (1: Lunes - 7: Domingo) y horas laboradas por día, se muestran a continuación.

Fecha	Día	Horas laborales	Predicción - Longitud de cola
6/12/2021	1	8	104.1729871999
7/12/2021	2	8	104.6499751722
8/12/2021	3	8	105.1269631445
9/12/2021	4	8	105.0531485445
10/12/2021	5	8	105.8752578169
11/12/2021	6	5	106.9977354332
12/12/2021	7	0	107.9536646059

Figura 25. Predicción de una semana para la actividad Preparar envío

4.3.2.1 Análisis de predicción

Existen varias métricas para examinar la calidad de la predicción obtenida por el modelo, en este caso se han tomado las métricas de regresión disponibles para evaluar el error de la predicción en relación con los datos reales de la ejecución del proceso de negocio. Específicamente, se eligieron dos de dichas métricas, las cuales muestran con claridad la calidad de la diferencia entre los datos. El error absoluto medio (MAE), es la métrica correspondiente a la desviación media del valor esperado con respecto a los datos reales, en el análisis de la actividad Realizar confecciones, esta otorgó un valor de 4,74 y para la actividad Preparar envío, se obtuvo un valor de 2,03. Igualmente, se aplicó la métrica denominada Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE) que, para la actividad Realizar envío

obtuvo un valor de 6,12 y para la actividad Preparar envío un valor de 2,42. Los datos evaluados, se pueden observar en la **Tabla 4** y en la **Tabla 5**.

Tabla 4. Predicción de longitud de cola en la actividad de realizar confecciones

Fecha	Cantidad de pedidos en cola real (obtenidos de la simulación)	Cantidad de pedidos en cola predichos
6/12/2021	140,55	151,993278
7/12/2021	145,63	153,751618
8/12/2021	152,19	152,582667
9/12/2021	154,25	154,7467
10/12/2021	153,07	156,736865
11/12/2021	155,25	157,459165
12/12/2021	157,00	163,828322

Tabla 5. Predicción de longitud de cola en la actividad de preparar envío

Fecha	Cantidad de pedidos en cola real (obtenidos de la simulación)	Cantidad de pedidos en cola predichos
6/12/2021	100,98	104,172987
7/12/2021	101,65	104,649975
8/12/2021	102,64	105,126963
9/12/2021	103,67	105,053149
10/12/2021	104,66	105,875258
11/12/2021	105,13	106,997735
12/12/2021	105,00	107,953665

Posteriormente, se realizó un gráfico en el cual se comparan los datos obtenidos de la predicción vs los datos reales (obtenidos de la simulación del proceso) para ambas actividades. Estos se muestran en la **Figura 26** y la **Figura 27**.

Teniendo en cuenta los valores obtenidos con las métricas y la representación visual de la **Figura 26**, se pudo evidenciar que existe una baja dispersión entre los datos, por lo que se considera que la predicción de la longitud de cola de solicitudes para la primera actividad fue apropiada. Igualmente, basados en la representación de la **Figura 27**, se observó que la predicción indica una mayor cantidad de solicitudes represadas en la actividad que en los datos reales de ejecución, sin embargo, las métricas tienen una diferencia muy bajo entre los datos evaluados, por lo que se considera que la tendencia de la predicción es acertada. Con base en lo anterior, se realizaron un conjunto de sugerencias con respecto a la cantidad de recursos adicionales, con los que se lograría liberar la acumulación de solicitudes para cada una de las actividades analizadas, estas se muestran en la **Tabla 6** y en la **Tabla 7**.

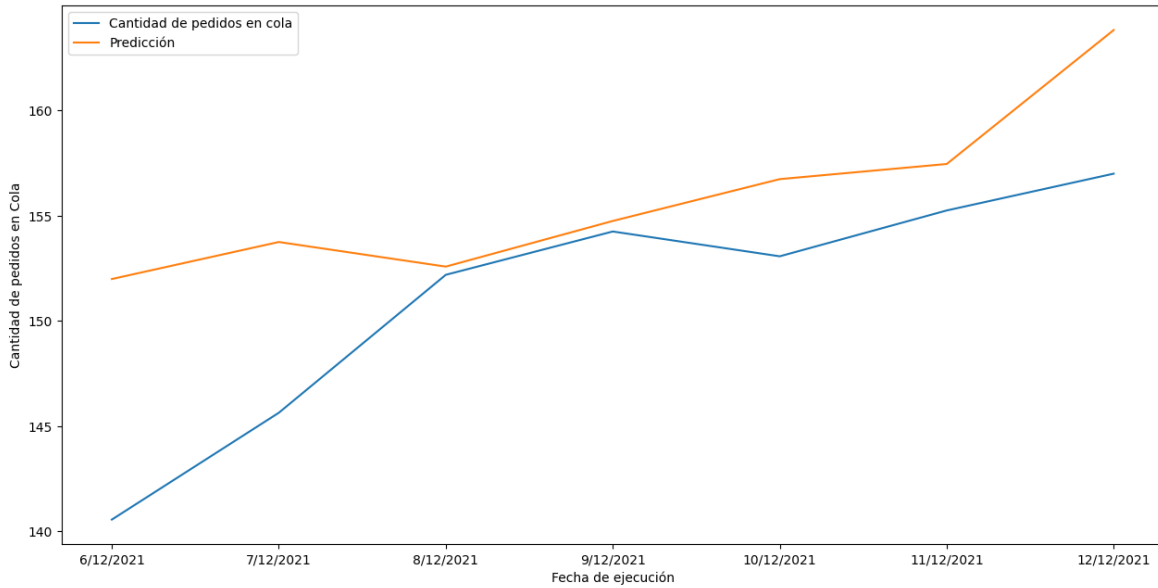


Figura 26. Predicción de longitud de cola en la actividad realizar confecciones

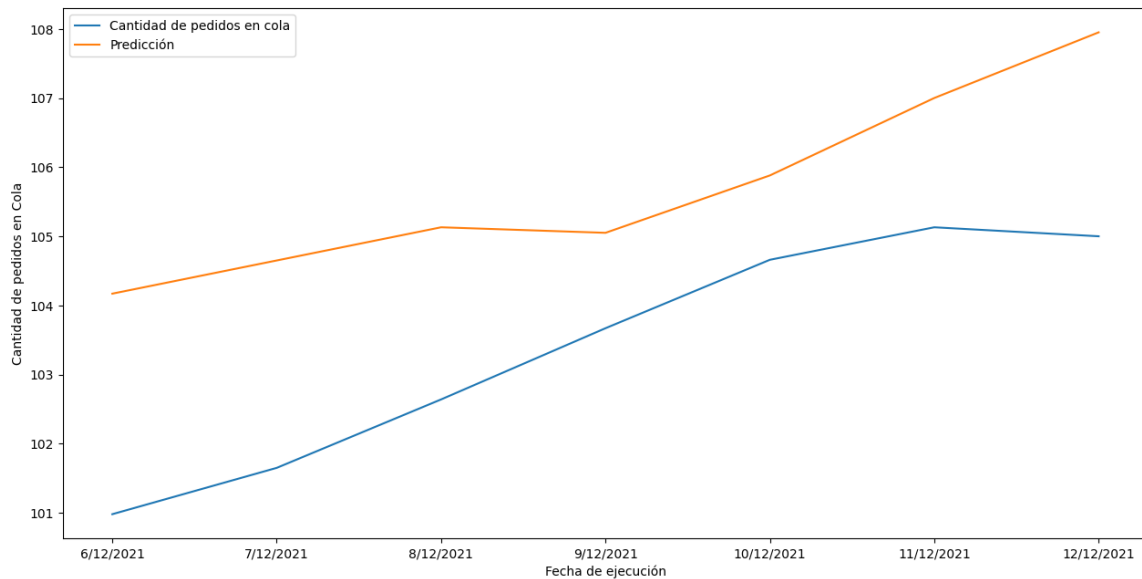


Figura 27. Predicción de longitud de cola en la actividad preparar envío

Los datos mostrados en la **Tabla 6** y en la **Tabla 7**. reflejan el comportamiento de las actividades de acuerdo con su tiempo de servicio dentro del proceso, en relación con la cantidad de recursos adicionales que se le pueden llegar a asignar. Para ello se divide el total de horas semanales laboradas, que corresponde a 45

horas de acuerdo con el calendario asignado al recurso inicial, entre el tiempo en que tarda en completarse una solicitud, que para las actividades de Realizar confecciones y Preparar envío corresponde a 5 y 3 horas, respectivamente. De esa manera se halló la cantidad promedio de solicitudes finalizadas en una semana, cuyo valor es de 15. Lo anterior permitió realizar una diferencia entre los datos de la predicción y el promedio de solicitudes semanales completadas, obteniendo así, el decrecimiento en la longitud de la cola de solicitudes al añadir un recurso de apoyo para cada actividad.

Tabla 6. Recomendación para la actividad realizar confecciones

Fecha	Predicción	Recomendación de recursos adicionales de apoyo			
		1 recurso	2 recursos	3 recursos	4 recursos
6/12/2021	151,99	142,99	133,99	124,99	115,99
7/12/2021	153,75	144,75	135,75	126,75	117,75
8/12/2021	152,58	143,58	134,58	125,58	116,58
9/12/2021	154,75	145,75	136,75	127,75	118,75
10/12/2021	156,74	147,74	138,74	129,74	120,74
11/12/2021	157,46	148,46	139,46	130,46	121,46
12/12/2021	163,83	154,83	145,83	136,83	127,83

Tabla 7. Recomendación para la actividad preparar envío

Fecha	Predicción	Recomendación de recursos adicionales de apoyo			
		1 recurso	2 recursos	3 recursos	4 recursos
6/12/2021	104,17	89,17	74,17	59,17	44,17
7/12/2021	104,65	89,65	74,65	59,65	44,65
8/12/2021	105,13	90,13	75,13	60,13	45,13
9/12/2021	105,05	90,05	75,05	60,05	45,05
10/12/2021	105,88	90,88	75,88	60,88	45,88
11/12/2021	107,00	92,00	77,00	62,00	47,00
12/12/2021	107,95	92,95	77,95	62,95	47,95

Teniendo en cuenta que estas actividades generan un cuello de botella significativo en el proceso de negocio, se muestra dentro de las recomendaciones, cómo influye la cantidad de recursos adicionales dentro de cada actividad, en la disminución de la longitud de las colas. La validación de dichas sugerencias se aborda en la **sección 5.2** del presente documento.

Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

CAPÍTULO 5

5 EVALUACIÓN

5.1 EVALUACIÓN CONCEPTUAL

En esta sección se presenta el proceso de evaluación realizado al Modelo de Servicios propuesto en el **Capítulo 3**, mediante la técnica de Grupo Focal. Dicha técnica se aplicó a través del método de investigación cualitativa para tener una retroalimentación rápida con información confiable. La planeación realizada para evaluar cada uno de los servicios planteados se enfocó en determinar la viabilidad de integración de los servicios en los procesos de negocio empresariales. Así como, establecer si la representación realizada en nomenclatura BPMN era clara y si correspondía con la descripción planteada en la caracterización de los modelos.

Se realizó una primera sesión para conocer la opinión de cinco expertos en relación con los modelos propuestos. El objetivo inicial fue obtener información relevante para mejorar los servicios modelados mediante los comentarios, observaciones y sugerencias que realizaron los participantes. Para recopilar la información durante la sesión realizada, se empleó la estructura general de un Grupo Focal definida en [29]. La estructura se compone de las siguientes fases:

- a) Planeación de la investigación: donde se establecen los elementos de contenido y de procedimiento que serán aplicados al debate de los participantes.
- b) Definición de grupos de discusión: donde se identifican los participantes y se constituyen los grupos de debate.
- c) Conducción de la sesión de debate: aquí se ejecutan los procedimientos establecidos en la primera fase, dando cumplimiento al debate. Fase coordinada por el moderador, sintetizada por el relator y desarrollada por los participantes.
- d) Análisis de información y reporte de resultados: donde se obtiene información de valor sobre el debate cumplido.

En la Conducción de la sesión de debate, primero se contextualizó a los participantes sobre la definición del problema del presente trabajo de grado, para

ello se realizó una presentación que mostró cada uno de los diagramas realizados con su respectivo resumen y componentes. Una vez se iban presentando los modelos con su debida introducción, se daba el espacio pertinente para conocer los comentarios, observaciones y sugerencias de los participantes. Para debatir sobre los servicios expuestos, fueron planteadas una serie de preguntas generales, las cuales se muestran en la **Tabla 8**.

Tabla 8. Preguntas para el debate

N°	Pregunta
1	¿Quedaron claros los procesos expuestos anteriormente?
2	¿Cree usted que los servicios expuestos son claros? ¿Las conexiones son claras?
3	¿El servicio es lo suficientemente detallado?
4	¿Es entendible la conexión entre los modelos expuestos?
5	¿Qué sugerencias aportaría para mejorar los servicios expuestos?
6	¿Cuáles cree que son los beneficios de integrar los servicios en las organizaciones?

Para desarrollar la sesión de manera ordenada, se definió el protocolo descrito en la **Tabla 9**.

Tabla 9. Protocolo de la sesión del Grupo Focal

Tema	Modelo de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio
Duración de la sesión	2 horas
Método de la sesión	Presencial
Fecha	24 de noviembre de 2021
Hora	9:00 am
Moderador/Relator	Anyi Aracely Ramírez Obando Valentina Vera Paz
Supervisor	Ingeniero Carlos Alberto Cobos
Objetivo General	Obtener información relevante para mejorar los servicios modelados mediante las opiniones y sugerencias que realicen los expertos invitados
Métodos de captura y registro de información	<ul style="list-style-type: none"> ● Archivos de Audio de la sesión de Grupo Focal. ● Anotaciones de relatoría. ● Evidencia de observaciones y sugerencias

Para la definición de grupos de discusión (grupo de expertos), se buscó contar con profesionales de las áreas de Ingeniería de Software, Calidad de Procesos y Producto y de Inteligencia Artificial. Además, con experiencia en empresa en el área de procesos de negocio. El listado de los participantes del Grupo Focal se muestra en la **Tabla 10**. Finalmente, en la Fase de análisis de la información y reporte de resultados, se analizó la información recolectada en la sesión realizada, y se establecieron los aportes y las observaciones para los modelos propuestos,

clasificando la información que se obtuvo en aspectos por mejorar y observaciones.

Tabla 10. Participantes de la sesión Grupo Focal.

ID	Nombre	Experiencia profesional, académica o administrativa	Ocupación
P1	Carlos Alberto Ardila Albarracín	Docencia Universitaria: 20 años en las áreas de Ingeniería de Software, Base de datos y Matemática computacional. Área de Investigación: Mejora de procesos de desarrollo de software.	Docente de la Universidad del Cauca
P2	Julio Ariel Hurtado Alegría	Consultor de procesos de Software. Investigador en procesos de Software. Modelador de procesos de software.	Docente de la Universidad del Cauca
P3	Daniel Eduardo Paz	Experiencia en desarrollo de software, modelado de procesos de negocio y docencia universitaria.	Docente de la Universidad del Cauca
P4	Hugo Armando Ordoñez Erazo	Investigación en el área de agrupación y búsqueda de modelos de procesos de negocio.	Docente de la Universidad del Cauca
P5	David Andrés Quintana Guzmán	Ingeniero de sistemas de la Universidad del Cauca, especialista en procesos de desarrollo de software de la Universidad San Buenaventura de Cali, y candidato a Magíster en diseño de experiencia de usuario de la Universidad Internacional de la Rioja.	Analista de negocios en Globant

5.1.1 Resultados del Grupo Focal

Teniendo en cuenta la información recolectada mediante las distintas técnicas e instrumentos de captura utilizados (Apuntes, audios y encuesta con preguntas abiertas), se identificaron los aportes y observaciones indicados por los participantes. En la **Tabla 11** se agrupan los aspectos por mejorar y en la **Tabla 12** están las demás observaciones que los participantes hicieron sobre los modelos propuestos.

Tabla 11. Aspectos por mejorar identificados en la sesión del Grupo Focal

Aspectos por mejorar	Indicado por el participante				
	P1	P2	P3	P4	P5
Especificar de mejor manera las entradas y salidas que se emplean en cada proceso que conforma el servicio.	x	x	x		x
Ver granularidad de los servicios en sus respectivos modelos.		x	x		

Explicar más en detalle lo que hace cada actividad para que se entienda en el modelo. Poner nombres más significativos.	x	x	x		
Definir apropiadamente la secuencia orden y descripción de los diagramas, ya que la numeración confunde.	x	x	x		x
Simplificar actividades que tienen el mismo objetivo a realizar.		x			x
Especificar el modelo al que se hace referencia en los diagramas: modelo de predicción o de proceso de negocio.		x			x
Los procesos no deben estar modelados con un único Subproceso. Poner las actividades que lo conforman.			x		x
Usar la representación de Actividades paralelas cuando se indique que se ejecutan varias cosas al mismo tiempo			x		
Cuando una actividad representa dos acciones dentro de la intención del diagrama, dividir en dos actividades.			x		
Evitar el uso de palabras muy grandes y que abarcan mucho. Como todas las técnicas, el mejor modelo. Son cosas que no se pueden medir, para unas personas puede ser diferente.					x

Tabla 12. Observaciones identificadas en la sesión del Grupo Focal

Observaciones	Indicado por el participante				
	P1	P2	P3	P4	P5
Realizar un diagrama que explique la relación e iteración de los servicios propuestos.		x			
Los diagramas están descritos a Alto Nivel, es importante considerar que se permita realizar un ciclo de retroalimentación.	x				
Tener en cuenta los verbos de Identificar, elegir o seleccionar en la Actividades que tienen la acción de definir.	x	x	x		x
Dejar claro en las Actividades de Usuario, que si son realizadas por Personas. Es decir que hay intervención humana.	x				
Considerar si es necesario poner un flujo de errores en los diagramas que representan los servicios.			x		

Con base en la retroalimentación efectuada por los participantes del Grupo Focal, se realizaron las mejoras correspondientes a cada uno de los servicios presentados. Se ajustaron los diagramas, especialmente incluyendo los artefactos que son entradas y salidas de cada actividad, y definiendo los nombres apropiados para las actividades. Dichas mejoras se fundamentaron en las directrices de modelado estipuladas según Montes de Oca [30]. Posteriormente, se realizó una evaluación formal de la nueva versión de los servicios, contando con la disponibilidad de tres de los expertos que asistieron a la primera sesión del Grupo Focal. Para esta sesión de evaluación, se envió un documento completo con la caracterización de cada uno de los modelos correspondientes a cada uno de los servicios, con el fin de recibir una evaluación rigurosa en aspectos referentes a su estructura, su contenido y, sobre todo, su claridad con relación a los conceptos tratados en el presente trabajo de grado. Para ello se proporcionó a los evaluadores, las directrices de calidad, para tenerlas en cuenta durante la

evaluación de los modelos de los servicios propuestos. Las directrices se tomaron de Montes de Oca [30] y se presentan en la **Tabla 13**.

Tabla 13. Directrices de calidad de BPMN

Representación visual	
Diseño: incluye los aspectos relacionados con el diseño de los modelos que permite una mejor comprensión y legibilidad de estos	Estilo de etiquetado: trata aspectos relacionados con el etiquetado y sobre la información que se incluye en los elementos que representan el modelo de procesos
<ol style="list-style-type: none"> 1. Minimizar el número de cruces de flujos de secuencia. 2. Minimizar las curvas en los flujos de secuencia. 3. Maximizar el número de flujos de secuencia dibujados perpendicularmente. 4. Evitar solapamientos de actividades, compuertas y eventos. 5. Evitar solapamientos entre flujos de secuencia y otros elementos del modelo. 6. Mantener consistente la dirección de los flujos de secuencia. 7. Mantener uniforme la longitud de los flujos de secuencia. 8. Usar un tamaño uniforme para sus elementos. 9. Hacer modelos largos y delgados, en lugar de cuadrados. 10. Colocar las actividades, compuertas y eventos simétricamente. 11. Usar un estilo uniforme para la distribución de elementos y flujos de secuencia. 12. Mantener el diagrama tan ordenado como sea posible. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Usar etiquetas del tipo verbo-sustantivo para las actividades. 2. Especificar los tipos de actividades. 3. Usar etiquetas cortas. 4. Etiquetar los eventos. 5. Etiquetar las compuertas de división de tipo or y de tipo xor. 6. Etiquetar las actividades. 7. Etiquetar todos los flujos de secuencia de salida de las compuertas de división de tipo or y xor. 8. Etiquetar los contenedores de procesos. 9. Reservar las palabras enviar/recibir para actividades y eventos de este tipo.
Complejidad general	
Morfología: Son directrices prácticas cuyo objetivo es la mejora de la corrección semántica de los modelos, es decir permite la estructuración adecuada de los modelos.	Tamaño: Son aquellas que sugieren el número de elementos que debe tener un modelo para mantener la comprensión del diagrama y minimizar los errores.
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para cada nodo de decisión establecer un nodo de unión del mismo tipo. 2. No usar más de cinco flujos de secuencia en cada compuerta. 3. Utilizar a lo sumo cuatro flujos de secuencia de salida en los eventos. 4. No combinar más de un flujo de entrada con más de un flujo de salida en una misma compuerta. 5. Evitar los ciclos en sus modelos de procesos. 6. Evitar los ciclos no estructurados. 7. Usar una compuerta de división de tipo xor para retornar en un ciclo, y una compuerta de unión de tipo xor para el comienzo del ciclo. 8. Evitar altos niveles de paralelismo. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Evitar modelos con más de 31 elementos. 2. Evitar modelos con más de siete eventos. 3. No utilizar más de dos eventos de inicio. 4. No omitir el evento de inicio. 5. No utilizar más de dos eventos de fin. 6. No omitir el evento de fin. 7. Evitar modelos con un alto número de eventos intermedios. 8. Evitar modelos con más de 34 flujos de secuencia. 9. Evitar modelos con más de 12 compuertas. 10. Evitar modelos con más de 31 actividades.

<p>9. Cada camino paralelo debe sincronizarse o alcanzar un evento de fin.</p> <p>10. Evitar anidamientos profundos de bloques estructurados.</p> <p>11. Evitar el uso de elementos y fragmentos duplicados.</p> <p>12. Evitar el uso de elementos innecesarios.</p> <p>13. Mantener el camino desde el evento de inicio hasta el evento final tan corto como sea posible.</p> <p>14. Minimizar la diversidad de las compuertas utilizadas.</p> <p>15. Evitar el uso de compuertas de división de tipo or.</p> <p>16. Seleccionar la alternativa más sencilla al modelar.</p>	
---	--

De acuerdo con la experiencia de cada uno de los evaluadores y la información suministrada, a continuación, se presentan los resultados de la evaluación de los servicios propuestos a nivel conceptual de acuerdo con el grado de aprobación o rechazo por parte de los participantes. En la **Tabla 14**, se encuentran las preguntas relacionadas con el servicio de gestión de cuellos de botella, con su respectivo grado de calificación de acuerdo con una escala calificativa de Likert.

Tabla 14. Evaluación del servicio gestión de cuellos de botella

Participantes		P1, P2, P3 (Tabla 10)		
N°	Preguntas	Opciones:		
		P1	P2	P3
1	¿Considera que la descripción del servicio mantiene una secuencia lógica y clara?	5	5	5
2	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de diseño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
3	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de estilo de etiquetado sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
4	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de morfología sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
5	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de tamaño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5

6	¿Considera que el servicio propuesto se puede aplicar para cualquier proceso de negocio, como soporte a las actividades manuales en las organizaciones?	4	4	5
7	¿Considera que se explica y representa de manera correcta la relación existente con el proceso de Modificar configuración de modelos?	4	5	4
Promedio individual		4,71	4,86	4,86
Promedio total		4,81		

De igual manera, en la **Tabla 15** se observa la respectiva evaluación del Servicio de Gestión de recursos.

Tabla 15. Evaluación del servicio gestión de recursos

Participantes		P1, P2, P3 (Tabla 10)		
N o	Preguntas	Opciones: 1. Totalmente de acuerdo (5) 2. De acuerdo (4) 3. Indeciso (3) 4. En desacuerdo (2) 5. Totalmente en desacuerdo (1)		
		P1	P2	P3
1	¿Considera que la descripción del servicio mantiene una secuencia lógica y clara?	5	5	5
2	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de diseño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
3	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de estilo de etiquetado sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
4	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de morfología sugeridas? (Tabla 13)	5	5	4
5	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de tamaño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
6	¿Considera que se explica y representa de manera correcta la relación existente con el Servicio de Gestión de Cuellos de botella?	4	5	5
7	¿Considera que el servicio propuesto se puede aplicar para cualquier proceso de negocio, como soporte al área de Recursos Humanos en las Organizaciones?	4	4	5
Promedio individual		4,71	4,86	4,86
Promedio total		4,81		

Por último, en la **Tabla 16** se evidencia la correspondiente evaluación del servicio de Gestión de entradas.

Tabla 16. Evaluación del servicio gestión de entradas

Participantes		P1, P2, P3 (Tabla 10)		
N°	Preguntas	Opciones:		
		P1	P2	P3
1	¿Considera que la descripción del servicio mantiene una secuencia lógica y clara?	5	5	5
2	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de diseño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
3	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de estilo de etiquetado sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
4	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de morfología sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
5	¿Considera que los diagramas que representan los procesos y subprocesos cumplen con las directrices de tamaño sugeridas? (Tabla 13)	5	5	5
6	¿Considera que el manejo que se le da a los datos y documentos entrantes se ajusta a las necesidades de los procesos de negocio?	4	5	5
7	¿Considera que el servicio propuesto se puede aplicar para cualquier proceso de negocio, especialmente como ayuda a la clasificación de documentos en las Empresas?	4	4	5
8	¿Considera que se explica y representa de manera correcta la relación existente con el proceso de Modificar configuración de modelos?	4	5	5
Promedio individual		4,63	4,88	5,00
Promedio total		4,83		

A partir de la evaluación conceptual realizada por los participantes durante la segunda sesión, se estableció que el Modelo de servicios genéricos propuesto, cumple con los objetivos y directrices, en cuanto a diseño, concepto y estructura, concluyendo preliminarmente (se requiere un mayor número de encuestados para poder generalizar esta conclusión) que los procesos creados en cada servicio resuelven la problemática abordada en este trabajo de grado. Por lo tanto, en la

Tabla 14, la **Tabla 15** y la **Tabla 16** se observan los resultados finales de la evaluación realizada, donde el servicio de Gestión de cuellos de botellas se aprobó por parte de los expertos con una calificación de 4,81, en una escala de 1 a 5, donde 1 es totalmente en desacuerdo y 5 totalmente de acuerdo. Seguidamente, el servicio de Gestión de Recursos se aprobó con una calificación de 4,81, y el servicio de Gestión de Entradas se aprobó con una calificación de 4,83. Además, los evaluadores reportaron observaciones de mejoras futuras correspondientes a la integración del servicio en las organizaciones, considerando las limitaciones y las reglas dependiendo del proceso de negocio donde se aplique.

5.2 EXPERIMENTACIÓN CON EL SIMULADOR

La experimentación desarrollada en este trabajo de grado buscó determinar las mejoras con respecto al tiempo de ejecución del proceso de negocio, que se pueden generar al hacer un ajuste de los recursos humanos que intervienen en las actividades de este. Por lo anterior, con base en las predicciones obtenidas para cada actividad (según lo presentado en la **sección 4.3.2.1** del presente documento), se generaron recomendaciones con base en la cantidad de recursos adicionales que influyen directamente en la disminución de la longitud de la cola de las solicitudes dentro del proceso de negocio. Lo anterior le permite al administrador del proceso de negocio determinar cuántos recursos adicionales debe asignar, dependiendo de la longitud de cola que se considera aceptable para el proceso de negocio definido y los recursos disponibles. En consecuencia, para este proyecto se agregó un recurso de apoyo para cada una de las actividades analizadas. La nueva representación BPMN del proceso de negocio, con la adición de recursos respectivo se observa en la **Figura 28**.

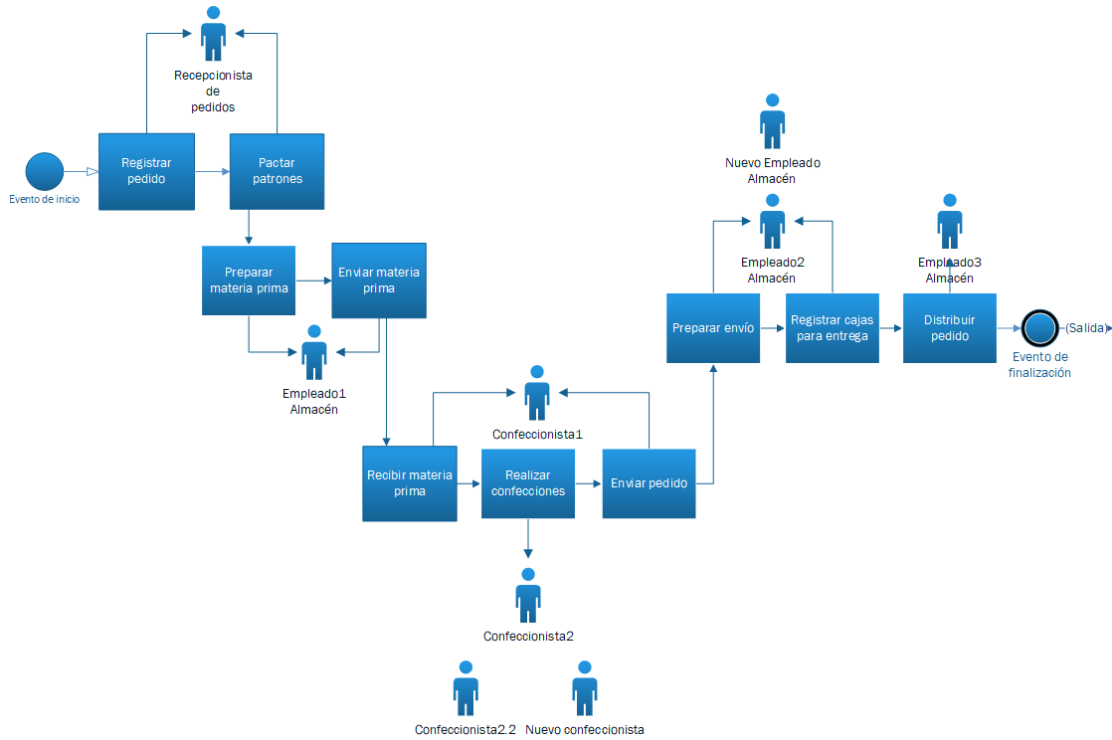


Figura 28. Proceso de realización de confecciones con adición de recursos

El proceso de negocio definido quedó con un total de 9 recursos asignados en sus respectivas actividades asociadas (ver **Tabla 17**).

Tabla 17. Escenario de la segunda simulación de Realización de Confecciones con adición de recursos

Escenario de Simulación Realización de Confecciones				
Inicio de Simulación:		06/12/2021 8:00		
Fin de Simulación:		12/12/2021 0:00		
Actividad	Recurso Asignado	Cantidad de Recursos	Disponibilidad del Recurso	Tiempo para efectuar la actividad
Registrar pedido	Recepcionista de pedidos	1	100%	De 5 a 15 minutos
Pactar patrones	Recepcionista de pedidos	1	100%	De 15 a 30 minutos
Preparar materia prima	Empleado1 Almacén	1	100%	De 5 a 15 minutos
Enviar materia prima	Empleado1 Almacén	1	100%	De 5 a 15 minutos

Recibir materia prima	Confeccionista 1	1	100%	De 15 a 30 minutos
Realizar Confecciones	Confeccionista 2, Nuevo confeccionista	3	100%	5 horas
Enviar pedido	Confeccionista 1	1	100%	De 15 a 30 minutos
Preparar envío	Empleado2 Almacén, Nuevo empleado almacén	2	100%	3 horas
Registrar cajas para entrega	Empleado2 Almacén	1	100%	De 15 a 30 minutos
Distribuir pedido	Empleado3 Almacén	1	100%	De 15 a 30 minutos

Al aplicar los ajustes correspondientes y ejecutar el escenario, se pudo determinar que la predicción de la longitud de la cola con un recurso adicional para las actividades Realizar confecciones y Preparar envío, tienen un error absoluto medio de 4,06 y 3,59 respectivamente; con respecto a los resultados obtenidos al ejecutar el escenario con los cambios realizados. Los datos evaluados, se pueden observar en la **Tabla 18** y en la **Tabla 19**.

Tabla 18. Comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad realizar confecciones

Fecha	Cantidad de pedidos en cola con 1 recurso adicional (obtenidos de la simulación)	Cantidad de pedidos en cola predichos con 1 recurso adicional
6/12/2021	139,10	142,99
7/12/2021	141,73	144,75
8/12/2021	146,31	143,58
9/12/2021	147,20	145,75
10/12/2021	144,45	147,74
11/12/2021	144,61	148,46
12/12/2021	144,61	154,83

Tabla 19. Comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad preparar envío

Fecha	Cantidad de pedidos en cola con 1 recurso adicional (obtenidos de la simulación)	Cantidad de pedidos en cola predichos con 1 recurso adicional
6/12/2021	87,46	89,17
7/12/2021	87,26	89,65
8/12/2021	87,25	90,13
9/12/2021	87,31	90,05
10/12/2021	87,29	90,88

11/12/2021	86,56	92,00
12/12/2021	86,56	92,95

La **Figura 29** y la **Figura 30**, representan los gráficos realizados que contrastan los datos de la recomendación al incluir un recurso con base en la predicción inicial, frente a los datos reales de ejecución con el recurso adicional. También, se observa que se logró disminuir notablemente la longitud de cola de solicitudes para dicha semana, en relación con los resultados que se preveía obtener. Por otra parte, la métrica presenta una baja dispersión entre los datos evaluados, por lo que se considera que la tendencia de la predicción fue apropiada teniendo en cuenta que los datos reales de la ejecución demostraron un mejor rendimiento y disminución con respecto a la variable objetivo analizada.

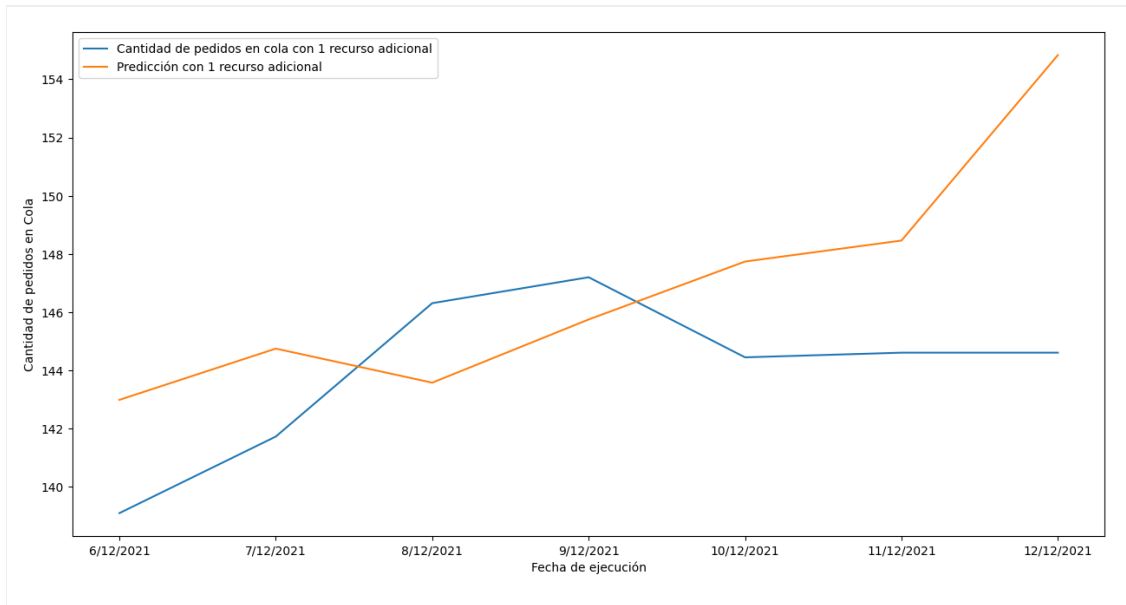


Figura 29. Gráfico de comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad realizar confecciones

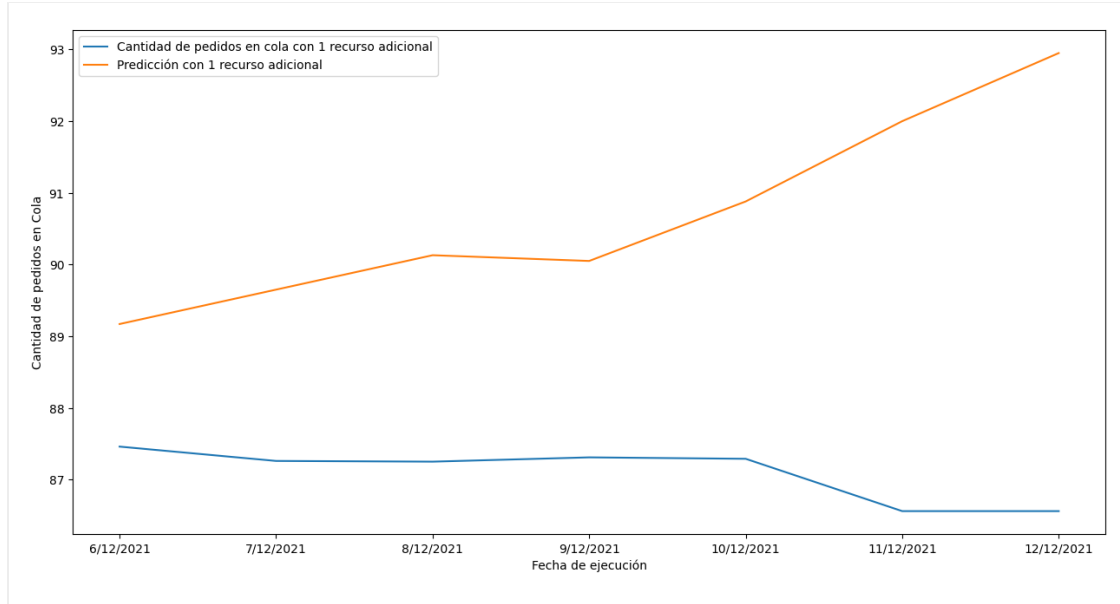


Figura 30. Gráfico de comparación de los datos adicionando un recurso a la actividad preparar envío

Una vez se realizaron los ajustes correspondientes a los recursos en las actividades, se evidenció que durante la semana simulada se completaron 34 solicitudes, una diferencia notable con respecto al proceso simulado sin los recursos de apoyo sugeridos, en donde para la misma semana, se completaron un total de 17 solicitudes, obteniendo como resultado que efectivamente hubo una disminución en la longitud de cola al aplicar los cambios sugeridos. De esa manera, se pudo determinar que las solicitudes se completaron en menor tiempo, logrando reducir el tiempo medio de la ejecución del proceso de negocio simulado.

Para medir la cantidad de tiempo medio que se logró reducir en el trámite de una solicitud, se analizó el tiempo obtenido, en la simulación inicial sin los cambios de recursos sugeridos, tomando el tiempo en sistema promedio, otorgado por el software de simulación durante la semana de predicción, que corresponde a un valor de 676,5 horas, dividido entre la cantidad de solicitudes completadas, con lo que se obtiene un resultado de 39,8 horas, que corresponden al tiempo promedio de procesamiento de una solicitud a lo largo de todo el proceso de negocio. Ahora bien, se realizó el mismo procedimiento después de añadir los recursos de apoyo, donde se obtuvo un tiempo en sistema promedio de 656,29 horas que al dividirse entre las 34 solicitudes completadas da como resultado 19,30 horas, que es el tiempo promedio de cada solicitud desde el inicio hasta el fin del proceso de negocio. Lo anterior evidencia una mejora, ya que asegura al usuario una disminución considerable en el procesamiento de su solicitud.

Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

CAPÍTULO 6

6 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

En relación con el primer objetivo específico, se realizó un modelo de servicios genéricos para la mejora automática de procesos de negocio. La representación visual se efectuó de acuerdo con los estándares de modelado en nomenclatura BPMN con la herramienta Bizagi Modeler. De esa manera, el Servicio de Gestión de Cuellos de botella se compuso de los procesos: entrenamiento de modelo de predicción, predicción de cuellos de botellas en las actividades, medición de rendimiento del modelo de predicción y evaluación de la mejora del modelo; teniendo como complementos los subprocesos: extraer datos del proceso de negocio, definir el modelo de predicción a usar, asignar recursos a las actividades del proceso de negocio, calcular el rendimiento del modelo en producción, actualizar el modelo de predicción, y modificar configuración de modelos; los cuales, de manera conjunta, buscan detectar demoras significativas en las actividades manuales de un proceso de negocio, con base en el análisis del registro de ejecución del proceso, para aumentar la productividad de este.

Seguidamente, el Servicio de Gestión de Recursos se estructuró con el proceso de Asignar recursos a las actividades, el cual se relaciona con el primer servicio definido, y busca asignar los recursos apropiados a las actividades con base en las sugerencias del Reporte de Predicción obtenido del Servicio de Gestión de Cuellos de Botella, para optimizar el tiempo de ejecución de las actividades manuales.

Finalmente, se incorporó el servicio de Gestión de entradas, conformado por los procesos: recepción de documentos, crear vista minable de clasificación, definir modelo de clasificación, verificación de la extracción de datos y monitoreo de resultados, que de manera conjunta se encarga de asegurar que las entradas de los procesos de negocio, correspondan a los requisitos definidos en las reglas de negocio establecidas por las empresas, para dar confiabilidad de las decisiones que se toman durante la ejecución del proceso al recibir una solicitud.

El Grupo Focal y la posterior evaluación con un subconjunto de participantes del mismo, permitió dos cosas importantes:

Primero. Ayudó a identificar aspectos por mejorar en la presentación de los procesos de negocio, para una mayor comprensión, y a confirmar que el camino que se estaba siguiendo en las propuesta era el indicado.

Segundo. La evaluación rigurosa del modelo, con base en las directrices definidas por Montes de Oca [30], permitió definir el nivel de representación visual y complejidad de los procesos, y a que cada uno cumpliera con los objetivos para los que fue diseñado. Los resultados de la evaluación fueron positivos, obteniendo de acuerdo con la escala calificativa de Likert, resultados de **Totalmente de acuerdo** y **De acuerdo**, con un valor superior a 4,8 sobre 5 en todos los servicios.

En relación con el segundo objetivo específico, se implementó el servicio de Gestión de cuellos de botella, donde se estructuraron varias funcionalidades para obtener una predicción de acuerdo con los data sets obtenidos del proceso de negocio ejecutado mediante la herramienta de simulación utilizada. Los módulos creados fueron: ejecutar los modelos de regresión disponibles, seleccionar el regresor con el mejor rendimiento, y realizar la predicción de la longitud de cola de solicitudes por día en una semana. Una vez se obtuvo la predicción, se realizaron las respectivas sugerencias sobre los recursos que se pueden involucrar en el proceso, especialmente las actividades analizadas que generaron cuellos de botella. Lo anterior se logró desarrollando el backend del servicio con librerías de Python y el respectivo frontend y la conexión global con el Framework .Net Core.

En el tercer objetivo específico se comprobó que, al añadir los recursos sugeridos a cada actividad analizada, de acuerdo con la predicción de la longitud de cola obtenida, se optimizó el tiempo medio de ejecución del proceso de negocio simulado, logrando una mejora global de un 3% en la eficiencia y productividad del mismo, corroborando que también es notable la agilidad con la que se atiende por completo una solicitud, lo que se espera redunde en una mejor satisfacción del usuario, al evidenciar la reducción del tiempo de servicio. Además, trabajar con la herramienta Process Simulator, facilitó la definición y ejecución de escenarios de simulación, permitiendo la visualización de las instancias de solicitudes en actividades y los recursos asignados al proceso de negocio simulado. También proporcionó los datos requeridos para analizar el comportamiento del proceso, de acuerdo con la distribución de solicitudes y los tiempos de producción, permitiendo realizar ajustes para evidenciar mejoras en producción y en los tiempos promedios de atención.

Debido a los problemas encontrados durante el proceso de selección y experimentación con las herramientas BPMN open source existentes en el mercado, las cuales en su mayoría no cumplieron con las especificaciones y funcionalidades requeridas para realizar la integración de los servicios propuestos; se recomienda a los investigadores e innovadores del área, mantener el enfoque open source y no reducir funcionalidades en las nuevas versiones del software, con el fin de permitir que las nuevas propuestas de mejora de la minería de procesos se puedan integrar, ejecutar y replicar. Lo anterior, teniendo en cuenta que durante la exploración de las herramientas BPMN, no se encontró una que incluyera la funcionalidad del simulador y las pocas que incluían una función de automatización, sólo se enfocan en mapear las actividades de un proceso de negocio en formularios de entrada.

Como trabajo futuro se considera importante Integrar en una herramienta de procesos de negocio del mercado (GFile, Bonita BPM, jBPM, jSonic, ProcessMaker, RunaWFE o Camunda) el modelo de servicios genéricos propuesto en este trabajo de grado, incluyendo las técnicas y estrategias de minería de datos, para la gestión de los procesos de negocio en las Organizaciones, estipuladas en este trabajo de grado.

Esta página ha sido dejada intencionalmente en blanco.

CAPÍTULO 7

7 BIBLIOGRAFÍA

- [1] S. Park and Y. S. Kang, “A Study of Process Mining-based Business Process Innovation,” *Procedia Computer Science*, vol. 91, no. Itqm, pp. 734–743, 2016, doi: 10.1016/j.procs.2016.07.066.
- [2] C. Dos *et al.*, “Process mining techniques and applications-A systematic mapping study Keywords: Process mining Workflow mining Process mining applications Process mining case studies,” *Expert Systems With Applications*, vol. 133, pp. 260–295, 2019, doi: 10.1016/j.eswa.2019.05.003.
- [3] P. Harmon, “Software tools for business process work,” *Business Process Change*, pp. 369–392, 2019, doi: 10.1016/b978-0-12-815847-0.00015-7.
- [4] C. Liu *et al.*, “Petri Net Based Data-Flow Error Detection and Correction Strategy for Business Processes,” *IEEE Access*, vol. 8, pp. 43265–43276, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2976124.
- [5] E. Vasilyev, D. R. Ferreira, and J. Iijima, “Using inductive reasoning to find the cause of process delays,” in *Proceedings - 2013 IEEE International Conference on Business Informatics, IEEE CBI 2013*, 2013, pp. 242–249. doi: 10.1109/CBI.2013.41.
- [6] G. Park and M. Song, “Predicting performances in business processes using deep neural networks,” 2019, doi: 10.1016/j.dss.2019.113191.
- [7] A. Rozinat, I. S. M. de Jong, C. W. Günther, and W. M. P. van der Aalst, “Process mining applied to the test process of wafer scanners in ASML,” *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews*, vol. 39, no. 4, pp. 474–479, 2009, doi: 10.1109/TSMCC.2009.2014169.
- [8] A. S. Dzihni, R. Andreswari, and M. A. Hasibuan, “Business process analysis and academic information system audit of helpdesk application using genetic algorithms a process mining approach,” in *Procedia Computer Science*, 2019, vol. 161, pp. 903–909. doi: 10.1016/j.procs.2019.11.198.

- [9] K. S. Pratt and H. R. Bright, “Design Patterns for Research Methods: Iterative Field Research.”
- [10] K. Schwaber and M. Beedle, *Agile software development with Scrum*. 2002.
- [11] L. K. Ajayi *et al.*, “Current Trends in Workflow Mining,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Oct. 2019, vol. 1299, no. 1. doi: 10.1088/1742-6596/1299/1/012036.
- [12] W. Van Der Aalst, “Process mining: Overview and opportunities,” *ACM Trans. Manage. Inf. Syst.*, vol. 3, no. 7, 2012, doi: 10.1145/2229156.2229157.
- [13] W. Van der Aalst, *Process mining: Data science in action*. Springer Berlin Heidelberg, 2016. doi: 10.1007/978-3-662-49851-4.
- [14] E. Ruschel, E. de F. Rocha Loures, and E. A. P. Santos, “Performance analysis and time prediction in manufacturing systems,” *Computers & Industrial Engineering*, vol. 151, p. 106972, Jan. 2021, doi: 10.1016/J.CIE.2020.106972.
- [15] J. Wang, R. K. Wong, J. Ding, Q. Guo, and L. Wen, “Efficient selection of process mining algorithms,” *IEEE Transactions on Services Computing*, vol. 6, no. 4, pp. 484–496, Oct. 2013, doi: 10.1109/TSC.2012.20.
- [16] R. Andrews, C. G. J. Van Dun, M. T. Wynn, W. Kratsch, M. K. E. Röglinger, and A. H. M. Ter Hofstede, “Quality-informed semi-automated event log generation for process mining,” 2020, doi: 10.1016/j.dss.2020.113265.
- [17] S. J. Van Zelst, M. Fani Sani, A. Ostovar, R. Conforti, and M. La Rosa, “Detection and removal of infrequent behavior from event streams of business processes,” *Information Systems*, vol. 90, p. 101451, 2020, doi: 10.1016/j.is.2019.101451.
- [18] R. Sarno, F. Sinaga, and K. R. Sungkono, “Anomaly detection in business processes using process mining and fuzzy association rule learning,” *Journal of Big Data*, vol. 7, no. 1, Dec. 2020, doi: 10.1186/s40537-019-0277-1.
- [19] K. S. Pratt, “Design Patterns for Research Methods: Iterative Field Research,” *AAAI Spring Symposium: Experimental Design for Real*, no. 1994, pp. 1–7, 2009.
- [20] E. Benevento, D. Aloini, and N. Squicciarini, “Towards a real-time prediction of waiting times in emergency departments: A comparative analysis of machine learning techniques,” *International Journal of Forecasting*, Dec. 2021, doi: 10.1016/J.IJFORECAST.2021.10.006.
- [21] M. Subramaniyan, A. Skoogh, J. Bokrantz, M. A. Sheikh, M. Thürer, and Q. Chang, “Artificial intelligence for throughput bottleneck analysis – State-of-the-art and

future directions,” *Journal of Manufacturing Systems*, vol. 60, pp. 734–751, Jul. 2021, doi: 10.1016/J.JMSY.2021.07.021.

- [22] “Bizagi Modeler Guía de usuario,” 2020. https://download.bizagi.com/docs/modeler/3300/es/Modeler_manual_del_usuario.pdf (accessed Mar. 15, 2022).
- [23] M. Von Rosing, S. A. White, F. Cummins, and H. De Man, “Business process model and notation-BPMN,” *The Complete Business Process Handbook: Body of Knowledge from Process Modeling to BPM*, vol. 1, no. January, pp. 429–453, 2014, doi: 10.1016/B978-0-12-799959-3.00021-5.
- [24] “ProModel - Better Decisions Faster.” <https://www.promodel.com/> (accessed Feb. 21, 2022).
- [25] “Retail lending.” <https://www.bpsimulator.com/run/> (accessed Feb. 21, 2022).
- [26] “jBPM Documentation.” https://docs.jbpm.org/7.65.0.Final/jbpm-docs/html_single/ (accessed Feb. 21, 2022).
- [27] “Process Simulator Help - Welcome to Process Simulator.” <https://www.promodel.com/onlinehelp/processsimulator/108/> (accessed Feb. 23, 2022).
- [28] M. Diaz Lozano, D. Guijo Rubio, P. A. Gutiérrez, C. Casanova Mateo, S. Salcedo Sanz, and C. Hervás Martínez, “Algoritmos de aprendizaje automático para predicción de niveles de niebla usando ventanas estáticas y dinámicas,” in *Proceedings of the 2018 Conference of the Spanish Association for Artificial Intelligence (CAEPIA2018)*, Granada, Spain, 2018, pp. 833–838.
- [29] M. Mendoza-Moreno, C. González-Serrano, and F. J. Pino, “FOCUS GROUP COMO PROCESO EN INGENIERÍA DE SOFTWARE: UNA EXPERIENCIA DESDE LA PRÁCTICA FOCUS GROUP AS A SOFTWARE ENGINEERING PROCESS: AN EXPERIENCE FROM THE PRAXIS,” vol. 80, pp. 51–60, 2013.
- [30] I. M. Montes de Oca, “Patrón y clasificación taxonómica para directrices prácticas en modelos de procesos de negocio,” Santa Clara, 2015. Accessed: Mar. 09, 2022. [Online]. Available: <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/7212>