

Simulación de un proceso de logística de salidas con aplicaciones en la nube computacional e internet de las cosas

¹Romero Palacios, Matías Nicolás*; ¹Chezzi, Carlos María; ¹Tisocco, Fabián Gustavo; ²Tymoschuk, Ana Rosa.

*¹Facultad Regional Concordia, Universidad Tecnológica Nacional.
Grupo de Modelado Simulación y Control (GIMOSIC).
Salta 277, E3200 EKE, Concordia, Entre Ríos.*

matiasromero0811@gmail.com

carlos_chezzi@frcon.utn.edu.ar

fabiangtisocco@yahoo.com.ar

*²Facultad Regional Santa Fe, Universidad Tecnológica Nacional.
Departamento Sistemas de Información.*

Lavaise 610, S3004EWB Santa Fe.

anrotym@gmail.com

RESUMEN

Uno de los problemas principales en la Pyme es la inversión en tecnología para la transformación a una nueva estrategia de negocios y particularmente la logística en la entrega del producto. Por ello, el objetivo es presentar una estrategia de simulación para un modelo de logística de salidas con el fin de obtener una solución basada en tecnologías Industria 4.0. En cuanto a la logística y distribución se cuenta con tecnologías innovadoras, de las cuales se destacan Internet de las cosas y su complementación con la nube computacional. A través de la Internet de las cosas se dispone de recursos como medio de comunicación en tiempo real que posibilitan el seguimiento individualizado del producto y con la nube computacional se disponen de servicios que permiten la implementación de plataformas informáticas como soporte de las aplicaciones sin necesidad de una inversión inicial. Lo antes dicho implica una decisión de implementación de cambios para una nueva filosofía de trabajo. Como resultado del trabajo se obtiene un marco conceptual que muestre los recursos e introduzca al desarrollo de soluciones utilizando las mencionadas tecnologías. Se aplica en un modelo de gestión Pull procurando optimizar los costos estructurales relacionados con el almacenamiento de inventarios y aumentando la eficiencia de distribución y entrega del producto. Por otro lado, se puede implementar como estrategia de negocios un modelo low cost para reducir los costos de transporte para la Pyme, lo que permite mejorar el servicio, el beneficio y el tiempo de respuesta al cliente.

Palabras Claves: Industria 4.0, Comercio Electrónico, Logística, Internet de las cosas, Nube Computacional.

ABSTRACT

One of the main problems in the SME is the investment in technology for the transformation to a new business strategy and particularly the logistics in the delivery of the product. Therefore, the objective is to present a simulation evaluation strategy of an outbound logistics process model in order to obtain a solution based on Industry 4.0 technologies. In terms of logistics and distribution, innovative technologies are available, of which the Internet of things and its complementation with the computational cloud stand out. Through the Internet of things, resources are available as a means of real-time communication that allow individualized monitoring of the product and with the cloud computing there are services available that allow the implementation of computer platforms to support applications without the need for an initial investment. The aforementioned implies a decision of implementation of changes for a new work philosophy. As a result of the work, a conceptual framework is obtained that shows the resources and introduces the development of solutions using the mentioned technologies. It is applied in a pull management model trying to optimize the structural costs related to inventory storage and increasing the efficiency of distribution and delivery of the product. On the other hand, a low cost model can be implemented as a business strategy to reduce transportation costs for the SME, which improves service, profit and customer response time.

1. INTRODUCCIÓN.

La informatización de los procesos industriales ha traído la necesidad de repensar los modelos de negocios existentes. Dichos modelos se ven afectados por la innovación necesaria a través de la incorporación de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) al proceso industrial y por la reconfiguración de la creación de valor. Esta fusión entre fabricación y TIC es lo que identificamos como Industria 4.0 [1].

Se puede decir que la Industria 4.0 provee las tecnologías necesarias para organizar los procesos de producción, de modo que se interconecten mediante sensores, máquinas y sistemas informáticos a lo largo de la cadena de valor, para comunicar el mundo físico con el virtual y obtener inteligencia del mismo [2].

Este nuevo enfoque exige a la industria un paradigma de modelado con capacidad de innovación, autonomía, dinamismo, personalización y flexibilidad. Existen paradigmas que se basan en TIC, tales como: Business Process Reengineering (BPR) [3], Customer Relationship Management (CRM) [4] y Enterprise Resource Planning (ERP) [5], que se centran en los procesos y son estáticos respecto a los cambios en el ámbito de negocios.

El Modelado de Procesos de Negocios (BPM por su sigla del inglés Business Process Management) es un paradigma que se utiliza para lograr modelos dinámicos que aseguren rápidos cambios frente a nuevas estrategias de negocios o innovación en tecnologías [6, 7]. Bonita [8] es una plataforma de libre licencia para la automatización de un modelo de proceso de negocios que contempla el modelado, la simulación y el diseño de un sistema informático integrado.

El desafío es abordar la construcción de soluciones con tecnologías Industria 4.0, sobre la base del paradigma BPM, de modo que todo el proceso esté orientado a lograr una meta de negocios y con un diseño flexible de la estructura organizacional y sus recursos. Para demostrar el uso de dicho paradigma se considera un caso de estudio de la logística de entrega para una empresa regional dedicada al transporte.

Por ello, el objetivo de este trabajo es presentar una estrategia de evaluación por simulación de un modelo de proceso de negocios de la logística de salidas con el fin de obtener una solución basada en tecnologías Industria 4.0 y un marco conceptual de métricas para la evaluación del modelo diseñado. De las diferentes tecnologías de Industria 4.0, se consideran Internet de las cosas (IoT por su sigla del inglés, Internet of Things) y computación en la nube.

2. INDUSTRIA 4.0 Y SUS TECNOLOGÍAS.

2.1. Concepto de Industria 4.0.

El concepto de Industria 4.0 nace en Alemania en el año 2011 y se refiere a la digitalización de la industria, pudiendo conocerse en el mundo con términos como; fabricación inteligente, internet industrial, fabricación avanzada, industria integrada e industria inteligente [9].

A partir de la exploración bibliográfica se presentan los siguientes conceptos de Industria 4.0:

- “La convergencia de tecnologías como Manufactura Integrada por Computadora (CIM), Smart Manufacturing, Big Data, Robótica Colaborativa, Web 2.0, entre otras; que permitirá que la producción industrial se caracterice por una fabricación flexible, con una fuerte individualización de los productos y una gran integración entre clientes y socios de negocios” [9].
- Es un concepto que consiste en la integración horizontal y vertical en la cadena de valor. En el nivel horizontal se vincula en tiempo real la información y las redes de comunicaciones, con los recursos de producción y servicios. Mientras que, en el vertical, consiste en la conversión de los sistemas clásicos en nuevos controlados vía Web [10].
- Es la capacidad de fusión entre las TIC y la producción, a través de la conexión de información, personas y objetos, que se logra por la posibilidad de conectar el mundo físico con el virtual a través de sistemas ciberfísicos. Esto permite desarrollar un ámbito inteligente [1]. Cuando se habla de sistemas ciberfísicos se refiere a aquellos en los cuales se adiciona capacidades de computación y comunicaciones a sus componentes físicos del ámbito de trabajo, para convertirlos en inteligentes y autónomos.
- “Se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto y a lo largo de los sistemas de fabricación, con el apoyo de las tecnologías de la información” [11].
- “Industria 4.0 apunta a tener una visión más global, en donde la unidad sea la empresa en su conjunto. Conduce inevitablemente a relacionar los procesos de manufactura, con los de venta, marketing e inversión; pues el objetivo es acumular información sobre cada una de las áreas en un mismo lugar y analizarla relacionándola entre sí. Esto permite un mayor control de la empresa y conduce a eficientizar todos los procesos” [12].

2.2. Tecnologías de la Industria 4.0.

En cuanto a las tecnologías [9] que forman parte de Industria 4.0, se destacan:

- **Big Data y analítica:** comprende el análisis, administración y manipulación inteligente de una gran cantidad de datos a través de modelos de descripción, predicción y optimización para una mejor y más eficiente toma de decisiones. Ejemplo: (i) a través del análisis del comportamiento de los clientes en los sitios de comercio electrónico realizar una segmentación de clientes, (ii) optimización de procesos a través del conocimiento anticipado por el análisis realizado de modelos de comportamiento de los clientes y mercados.
- **Integración horizontal y vertical de sistemas de información:** se busca establecer redes de comunicación horizontal y vertical, como por ejemplo: (i) entre proveedor, fabricante y cliente y (ii) internamente entre las secciones.
- **Internet de las cosas:** conexión de cualquier dispositivo a distancia para la comunicación de datos entre ellos o a uno central con el fin de captarlos en la fuente y tomar decisiones en tiempo real.
- **Simulación:** técnica que busca reproducir el mundo físico a través un modelo virtual. Se plantean escenarios, se experimenta sobre el modelo virtual y se analizan las salidas. De este modo se cuenta con un recurso de predicción que analiza “que pasaría si”, previo a la ejecución.
- **Robótica:** Aporte de robots autónomos, flexibles y cooperativos, logrados por los avances de la inteligencia artificial y la utilización de sensores.
- **Ciberseguridad:** la conectividad está sujeta a vulnerabilidades, por ello se necesita proteger los sistemas, la propiedad intelectual, los datos personales y la privacidad de posibles intromisiones.
- **Computación en la nube:** plataforma de recursos computacionales integrada por servidores, almacenamiento y aplicaciones, que son puestos a disposición para ser utilizados a medida que se requieren y cuyo acceso es posible desde cualquier dispositivo móvil o fijo con acceso a Internet y cuyo costo está asociado al tiempo de uso.
- **Fabricación aditiva o fabricación 3D:** consiste en la fabricación de un cuerpo sólido a partir de la integración de finas capas sucesivas de un material, hasta conformar la figura con forma buscada. Se utiliza en casos como: prototipos o producción de productos personalizados.
- **Realidad aumentada:** tecnologías que incorporan información virtual a la información física, de modo que el usuario observe una situación real a través de un dispositivo tecnológico con el agregado de información gráfica. De esta manera los elementos físicos se combinan con virtuales creando una realidad aumentada en tiempo real. Por ejemplo, un operario equipado con lentes de realidad aumentada puede recibir instrucciones de reparación de una máquina en particular de un grupo.
- **Plataformas sociales:** uso de las capacidades de comunicación en las redes sociales, para una interacción dinámica, compartir conocimientos, favorecer la colaboración y la innovación, y recabar información sobre los clientes.

La Industria 4.0 es un concepto que consiste en un nuevo modelo de negocio basado en la integración total, por medio de las tecnologías de la información y las comunicaciones, con el fin de agregar inteligencia a la gestión y a los procesos de fabricación.

2.3. El modelo de negocio en la nube computacional.

El modelo de negocios en la nube se basa en el concepto de servicios cuyas licencias de uso no están sujetas a una persona o recurso y su fundamento es reemplazar los desembolsos de capital por la inversión en tecnología, por el pago de un servicio de acuerdo a lo utilizado.

Respecto a los costos, los proveedores de servicio de nubes como Amazon, Google, Microsoft, entre otros, ofrecen un esquema de tarifas en función del uso de los recursos. Por ejemplo, lo más común es el cobro de minuto, hora, ciclo de CPU, lecturas o escrituras por demanda [13-15]. Cada proveedor dispone aplicaciones en la Web que permiten estimar los costos de los recursos contratados.

Un aspecto importante de las nubes son los acuerdos de niveles de servicio para asegurar que el proveedor cumpla con la calidad requerida. Es importante destacar que en el largo plazo el pago de una suscripción a los servicios puede ser más costoso que comprar el hardware, por lo que deben ajustarse las estrategias de negocios cuidadosamente.

La nube computacional se clasifica en pública cuando se contrata el servicio o privada cuando se la implementa con equipamiento propio.

2.3.1. Tipos de servicios.

Existen tres tipos de servicios:

- (i) **Software como servicio** (su sigla en inglés SaaS: Software as a Service), donde se contrata la utilización de aplicaciones que se ejecutan en la infraestructura de la nube computacional, ofrecidas por el proveedor.
- (ii) **Plataforma como servicio** (su sigla en inglés PaaS: Platform as a Service), en la que se provee los recursos informáticos para desarrollar aplicaciones en la infraestructura de la nube computacional, tales como lenguajes de programación, bibliotecas, servicios y herramientas.
- (iii) **Infraestructura como servicio** (su sigla en inglés IaaS: Infrastructure as a Service), que proporciona la capacidad de procesamiento, almacenamiento y redes para implementar y ejecutar un *software* determinado, ya sean el sistema operativo y las aplicaciones [16].

2.3.2. Costos en la nube pública.

Los servicios ofrecidos por nube pública se basan en los siguientes modelos de costos:

- **Pago por lo que se usa:** se paga por lo que se usa por hora, con costos variables de acuerdo a los recursos demandados. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.
- **Pagar menos cuando se reserva:** se puede invertir en capacidad reservada para ciertos productos y obtener una tarifa por hora con un descuento significativo.
- **Pagar menos por unidad al utilizar más:** se produce un ahorro a medida que se predice un crecimiento de la demanda. Pago por lo que se usa: se paga por lo que se usa por hora, con costos variables de acuerdo a los recursos demandados. No se requiere un contrato previo. Se paga un extra por gigabyte para el almacenamiento y la transferencia.
- **Pagar menos cuando reserva:** se puede invertir en capacidad reservada para ciertos productos y obtener una tarifa por hora con un descuento significativo.

Se considera a EC2 de Amazon un estándar de facto, en el cual se contrata servicios por instancias, considerando una instancia a una máquina virtual en la nube con capacidades de procesamiento y memoria RAM. Su modelo de costos [17], consiste en pagar por el tiempo que se utilizan las máquinas virtuales, teniendo en cuenta las siguientes modalidades:

- **Instancias bajo demanda:** se paga por la infraestructura demandada por hora. No requiere planificación, ni contratos a largo plazo.
- **Instancias reservadas:** se realiza una reserva con el pago reducido único para cada instancia contratada, con el fin de lograr un considerable descuento.
- **Instancias spot:** se calcula un precio spot que cambia según la oferta y la demanda periódicamente. Los clientes cuyas ofertas lo igualen o lo superan obtienen acceso a las a las instancias disponibles.

2.4. El modelo de Internet de las Cosas.

El modelo IoT consiste en una infraestructura que permite la combinación de objetos inteligentes, tales como, sensores inalámbricos, robots móviles, sistemas de radio frecuencia, entre otros, para diseñar una red inteligente, utilizando diferentes protocolos de comunicación interoperables. En esta infraestructura, las diferentes entidades se descubren, se exploran mutuamente y aprenden a aprovechar los datos de cada una agrupando recursos para tomar decisiones inteligentes en tiempo real [18].

Es decir, es una red que según protocolos establecidos conecta cualquier objeto con Internet con el fin de intercambiar información y comunicación y lograr una identificación inteligente de red, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración mediante tecnologías tales como: (i) Identificación por radiofrecuencia (RFID), (ii) Sensores infrarrojos, (iii) GPS (Global Positioning System) y (iv) Dispositivo de escaneo láser, entre otros.

3. LOGÍSTICA.

El caso a presentar se fundamenta en un modelo de logística, por ello para su mayor precisión esta se conceptualiza como la parte del proceso de la cadena de suministro que planea, lleva a cabo y controla el flujo y almacenamiento eficientes y efectivos de bienes y servicios, con el fin de satisfacer los requerimientos de los clientes [19]. Para comprender el proceso de logística y modelarlo se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

- **Características de los bienes y servicios transportados:** se debe considerar que si se transportan productos cuya relación entre el peso y el volumen es alta, por ejemplo, los materiales de la industria del acero, ladrillos y cemento, se hace una mejor utilización de los espacios en los equipos de transporte y en los almacenes. Por otro lado, los productos perecederos, como las frutas y las verduras, los productos inflamables y explosivos por lo general requieren de un manejo y transporte específico, almacenamiento y transporte refrigerado, áreas de almacenamiento restringidas o con sistemas de seguridad elevados.

La gran mayoría de los productos requiere de un embalaje protector que le permite facilitar su almacenamiento y manejo, favoreciendo el uso de los equipos de transporte y reduciendo reclamaciones por daños y rupturas durante la distribución.

- **Características de los pedidos y del sistema logístico:** es común que, ante situaciones de pedidos pendientes, se opte por diferenciar algún cliente respecto de otro; esto conlleva que el servicio de distribución presente altas variaciones en relación con el tiempo estándar o el tiempo esperado por el cliente. A su vez, los clientes tampoco desean esperar más tiempo por su pedido si este resulta dañado o equivocado. La operación del sistema logístico se puede ver afectado por paros laborales, accidentes de tránsito, incendios, inundaciones y otros eventos inesperados. Para cumplir con el nivel de servicio establecido por la empresa y realizar entregas a tiempo, sin daños y pérdidas, es necesario establecer planes de acción apropiados ante estas situaciones extraordinarias.

La logística en relación con la incorporación de la Industria 4.0 es un medio para lograr la innovación, proponer nuevos modelos de negocios, agregar inteligencia al proceso, tener información para comunicarse y anticiparse a las necesidades del cliente.

3.1. Estrategia de modelado y simulación de los procesos de logística.

Para construir el modelo de proceso de negocios se plantean las siguientes etapas:

1. Descripción de la empresa, de la situación y el problema a estudiar.
2. Planteo de las estrategias de negocios o las ventajas competitivas de base para el diseño del modelo de logística.
3. Establecer las tareas y sus relaciones para configurar los procesos de acuerdo con las metas establecidas.
4. Construir el modelo de procesos de negocios e implementarlo en una herramienta informática de BPM.
5. Parametrizar la simulación: (i) las tareas tienen asociado un tiempo de servicio promedio demandado por el recurso que las ejecuta, (ii) las entradas, que son el número de clientes que solicitan la prestación del servicio (casos) y (iii) el tiempo entre arribos de clientes al servicio.
6. Plantear métricas de desempeño. En general, se obtienen el número de clientes que arriban, el tiempo de simulación y los recursos consumidos. En la Sección 4 se propone un Conjunto de Métricas que profundiza las métricas planteadas.
7. Proponer escenarios de simulación, obtener las salidas y realizar el análisis “que pasaría si”.

4. MARCO DE NEGOCIOS PARA TECNOLOGÍAS EN LA NUBE COMPUTACIONAL E INTERNET DE LAS COSAS.

El Conjunto de Métricas propone una visión general de las principales variables a abordar ante la selección de una alternativa de solución utilizando la nube computacional e IoT. Entre los requerimientos se consideran: (i) la nube computacional pública para el nivel PaaS, (ii) nube computacional privada en comparación con la pública, (iii) requerimientos de IoT, (iv) el desarrollo propio del sistema de información para la gestión de la logística y (v) recursos humanos comunes a todas las tecnologías utilizadas.

Es importante destacar que se puede comparar la alternativa de selección de la nube privada (pagar por el servicio utilizado), con la pública (adquirir la tecnología propia para implementar la nube computacional). Por cada requerimiento se plantean atributos medir que se cuantifican con la métrica (ver Tabla 1).

5. CASO DE ESTUDIO.

El caso de estudio se base en una pyme dedicada exclusivamente a la logística y distribución de cargas por vía terrestre que brinda un servicio de envíos de cargas totales o parciales de todo tipo y volumen. Realizan traslados de mudanzas, correspondencias, maquinarias, encomiendas, cereales, maderas, cítricos, entre otros, desde o hacia sus depósitos ubicados en Buenos Aires y Rosario abarcando las regiones noreste de Entre Ríos y sudeste de Corrientes.

5.1 Descripción de la empresa.

La empresa cuenta con catorce choferes y cuatro acompañantes que son los encargados de las actividades de carga, traslado y descarga. No existe una asignación de personal a cada localidad de destino. Cada equipo de transporte, que cuenta con rastreo satelital, tiene su propio chofer; la asignación de acompañante es dependiente del destino y del tipo de carga trasladada. Las

encomiendas paletizadas son cargadas en camiones medianos; las cajas y paquetes pequeños son trasladados en camionetas de menor porte.

Tabla 1 Conjunto de Métricas.

Requerimiento	Atributos	Métrica
Nube Computacional Pública (PaaS)	Ciclo de Facturación de la instancia contratada (máquina virtual)	Instancias bajo demanda (costo variable): se paga por la infraestructura demandada por hora. No requiere planificación, ni contratos a largo plazo.
	Acuerdos de Niveles de Servicio	Calidad del servicio: medir si el nivel de servicio es el establecido en el acuerdo.
	Conexión a internet	Abono del servicio contratado según tipo de conexión (costo fijo).
Nube Privada	Tecnología Informática	Amortización del Servidor (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación del equipamiento (costos variables).
	Software de Sistema Operativo (SO), antivirus y seguridad	Costos de licencias del SO, antivirus y de seguridad (costo fijo)
	Operador informático.	Costo de implementación de la infraestructura (costo fijo).
	Energía Eléctrica	Consumo de energía del servidor y del aire acondicionado para refrigeración (costo semivariable).
	Operador informático: mantenimiento y actualización del sistema.	Sueldo mensual + Cargas Sociales (costo fijo).
	Conexión a internet	Abono del servicio contratado por tipo de conexión (costo fijo). Hosting del sitio Web (costo fijo).
IoT	Etiquetas EPC (Código electrónico de producto).	Costos Variables por tipo de etiquetas (con alimentación propia, con mayor autonomía, etc.).
	Identificación inteligente del producto, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración	Amortización del Equipo de radiofrecuencia (RFID), sensores infrarrojos, GPS y dispositivo de escaneo láser (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación de equipo (costos variables).
	Identificación inteligente del transporte, posicionamiento, seguimiento, monitoreo y su administración	Amortización del Equipo de GPS, GIS y plataforma de videovigilancia (costo fijo) Costo de Mantenimiento y Reparación de equipo (costos variables).
	Operador del sistema de monitoreo	Sueldos y Cargas Sociales del operador (costo fijo)
Sistema de Información para la gestión de la logística	Sistema de Gestión de Logística	Honorarios por desarrollo del Sistema (costo fijo)
	Operador informático: Configuración, instalación del sistema, arranque y mantenimiento	Sueldo mensual del Operador + Cargas Sociales (costo fijo)
Recursos Humanos	Distribución, financiación y administración general	Sueldos Mensuales y Cargas Sociales (costos fijos y hundidos por considerarlos comunes a todas las alternativas analizadas). Costos directos e indirectos

No se cuenta con un patrón de procesos de recolección y almacenamiento de pedidos, estas acciones son adaptaciones que no siguen ningún protocolo de estandarización. No se posee un registro de tiempos computados, debido a que la Pyme no cuenta con un modelo de control de estos. En algunos casos, la distribución regional puede durar apenas unos minutos, mientras que

la finalización del servicio en otros casos puede extenderse durante días si se trata de cargas a granel, frutas cítricas y maderas. Estas cargas también se ven afectadas por condiciones climáticas desfavorables como lluvias y heladas.

Otros problemas particulares que se presentan están relacionados con extravíos, faltantes o roturas de mercaderías durante la distribución. También se puede dar que los remitos y los paquetes no tengan una relación de coincidencia generando demoras en las entregas ya que debe existir un proceso de recuperación de tales encomiendas.

5.2. Estrategia de negocio.

- Aplicando un modelo de gestión Pull se busca optimizar los costos estructurales relacionados con el almacenamiento de inventarios, aumentando también la eficiencia de la distribución y la entrega a tiempo del producto.
- Agregar inteligencia con IoT al conocer la trazabilidad de cada producto y con la nube computacional que registra las transacciones de modo que a través de herramientas analíticas se cuente con información para optimizar los procesos.

5.3 Proceso de logística.

El proceso de Logística 4.0 propuesto comienza cuando un cliente solicita una prestación de servicio de transporte y distribución de cargas. El modelo inteligente de logística puede anticipar la necesidad de la demanda aprovechando la información de clientes que utilizan el servicio de distribución con frecuencia. La solicitud de servicio se puede producir en diferentes modalidades:

1. Por correo electrónico.
2. Telefónicamente.
3. De manera presencial en la empresa.
4. Utilizando la página web de la compañía.

El encargado de recibir y evaluar la solicitud de servicio puede utilizar los datos de la nube computacional para gestionar tiempos de respuestas más cortos ante la petición del servicio. La negación del servicio se puede dar si:

1. El peso o volumen de la carga supera la capacidad de los equipos de transporte.
2. La carga requiere un almacenamiento y traslado especial y la empresa no está adaptada a estos tipos de pedidos.
3. La carga no posee un embalaje adecuado para su almacenamiento y traslado.
4. No se puede cumplir con el tiempo de envío solicitado por el cliente.
5. No se puede cumplir con el nivel de seguridad exigido por el cliente.

En tales casos, el cliente es notificado acerca de la cancelación de la solicitud y puede realizar una nueva solicitud si modifica el o los parámetros que llevaron a la negación del servicio. Si se acepta la solicitud de prestación de servicio, el cliente puede llevar la carga a centro de distribución personalmente o requerir que el paquete sea retirado en domicilio. El gerente realiza las tareas de recepción de remitos, o de confección de estos en caso de que el cliente no los posea.

El encargado del depósito gestiona las tareas de etiquetado de productos con tecnología EPC, de embalaje, control de carga y posterior despacho. Al utilizar las etiquetas de código de producto en los paquetes, cajas y pallets, y gracias a los lectores con tecnología RFID, se puede realizar un control de detección de defectos, estado del producto, maduración del producto, temperatura de carga, tiempo y ubicación de los paquetes, destino, peso, dimensiones, etc. Al realizar el seguimiento de los paquetes en tiempo real, se puede detectar si estos fueron cargados por error en un equipo de transporte con otro destino, lo que elimina la falla de envíos erróneos y los extravíos de paquetes. Además, se pueden percibir daños, rupturas o un mal estado de la carga producidos por un mal embalaje o durante la carga de los paquetes al equipo de transporte, lo que también reduce los tiempos y costos en la gestión de cambios y devoluciones.

Al iniciar la tarea de transporte desde el centro de distribución hacia el destino, el uso de los sensores permite detectar problemas relacionados con un aumento de temperatura y de humedad si se tratan de productos perecederos o inflamables y solucionar estos desvíos antes de que la carga llegue a destino. La tecnología GPS y GIS permite conocer las rutas y caminos más eficientes en tiempo real y evitar las circunstancias que lleven a demoras como los accidentes de tránsito, huelgas y cortes de rutas, zonas peligrosas o afectadas por catástrofes naturales, etc.

Por otro lado, en el modelo de logística inteligente, se puede reducir el número de entregas fallidas ante la ausencia de los receptores en el destino o si estos modifican las preferencias relacionadas con el lugar, la fecha y la hora de entrega. Además, los clientes también pueden realizar el seguimiento de las mercaderías desde que el paquete se encuentra en el centro de distribución hasta el momento en que el receptor final es visitado por la empresa de logística, lo que mejora la calidad del servicio de distribución, reduce los costos de transporte y almacenaje en los centros de distribución y de depósito y afianza la confianza del cliente con la compañía.

5.4. Herramienta BPM de modelización Bonita.

Bonita es una plataforma código abierto de aplicaciones de flujo de trabajo y gestión de procesos. En su versión Bonita Studio, permite al usuario modificar gráficamente los procesos de negocio siguiendo el estándar BPMN (Business Process Model and Notation). BPMN no es un lenguaje de programación; está diseñado para ser "consumido" por los motores de proceso y convertirse en procesos ejecutables. La organización del BPMN básico utiliza pools y lanes que funcionan como el contenedor para el flujo del proceso.

- Pool: contiene un solo proceso completo. El flujo de trabajo no puede abandonar un grupo: necesitamos transferir acciones o datos de un grupo o proceso a otro utilizando colaboraciones.
- Lane: se utiliza para ayudar a organizar el proceso en función de quién y qué hace (actores). El flujo de trabajo cruza los límites de los lanes como si no existieran, procurando mayor claridad organizacional.

El flujo de trabajo incluye actividades, compuertas, eventos y el flujo de secuencia que los conecta [20]. En la Figura 1 se muestra un ejemplo de diagrama de proceso.

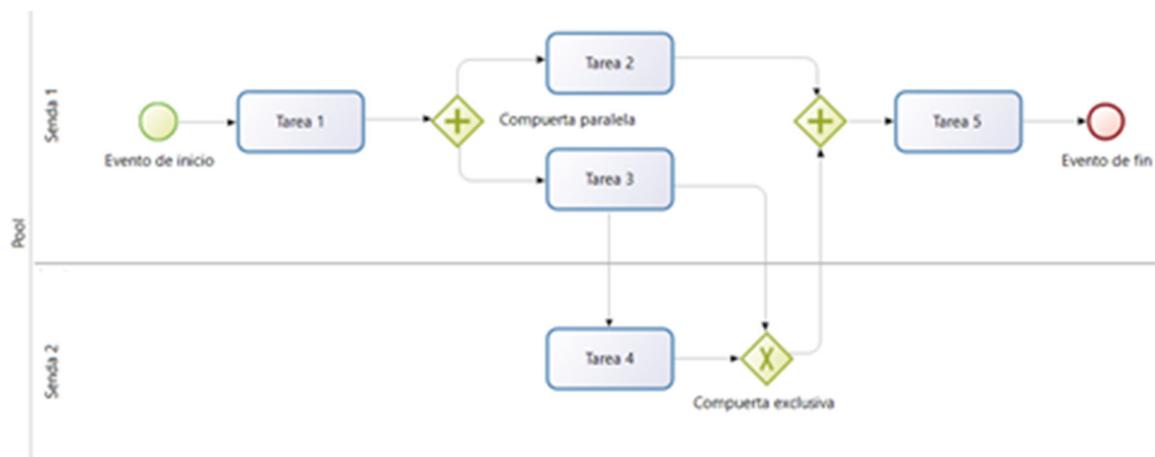


Figura 1 Diagrama de proceso.

Cada uno de los elementos que conforman un diagrama de proceso tiene varios tipos, y todos estos tipos se pueden conectar en una secuencia.

- Tareas: tareas que se realizan en el proceso: por humanos, por automatización o que activan subprocesos. Se configura el tiempo de servicio determinístico o estocástico.
- Eventos: se utilizan para iniciar o finalizar un proceso y para gestionar acciones específicas durante un flujo de trabajo; se desencadena o es el resultado de algo externo al flujo del proceso. Se configura por el número de casos y el tiempo entre ellos.
- Flujos de secuencia: se usa para mostrar cómo se mueve el flujo de trabajo.
- Compuerta de enlace (gateway): se utilizan para separar o unir el flujo del proceso y sus bifurcaciones se basan en probabilidades de ocurrencia. [20].

En la Tabla 2 se presentan algunos de los elementos que componen un BPMN básico, los cuales fueron considerados en el diseño del modelo.

Tabla 2 Elementos de un BPMN básico.

Elemento	Descripción
Tarea abstracta	Sin ejecución específica, actúa como marcador de posición para fines de documentación.
Inicio de evento	Comienza un flujo de proceso.
Fin de evento	Finaliza un flujo de proceso.
Puerta paralela	Todas las entradas deben recibirse (en cualquier orden) antes de que el proceso pueda continuar. Todas las salidas están activadas: el proceso continúa en paralelo.
Puerta exclusiva	Solo se necesita una entrada para que el proceso continúe. Solo se activa una salida: se necesita una condición para determinar cuál.
Puerta inclusiva	Puede disparar múltiples salidas simultáneamente. Admite condiciones en los flujos de secuencia salientes.
Flujo de secuencia	Dirige el flujo del proceso de una actividad a otra.

5.5. Modelo de simulación del proceso de logística.

Para el modelo del proceso de simulación de logística solo se presenta una parte del diagrama por restricciones de espacio. El proceso comienza con el evento de inicio denominado Solicitud de servicio, como se muestra en la Figura 2. El cliente genera la solicitud y es recibida por el gerente del centro de distribución (Figura 3). Al evaluar la prestación del servicio, el gerente toma la decisión de aceptar la misma o denegarla en caso de que no cumpla con los requisitos mencionados. Ante esta última instancia, el cliente puede generar una nueva solicitud, si modifica las condiciones del pedido mencionadas anteriormente o bien, cancelar el servicio generando un evento de Fin. Si la solicitud es aceptada, el flujo del proceso sigue una serie de actividades relacionadas la creación de remitos y la recepción de la carga.

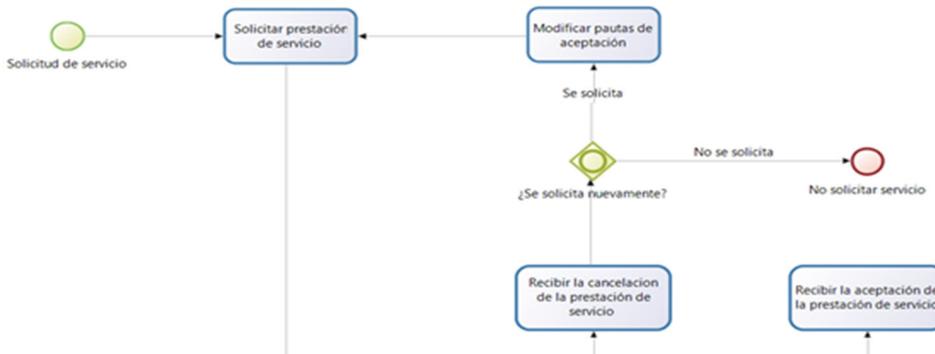


Figura 2 Lane del cliente (Inicio de proceso).

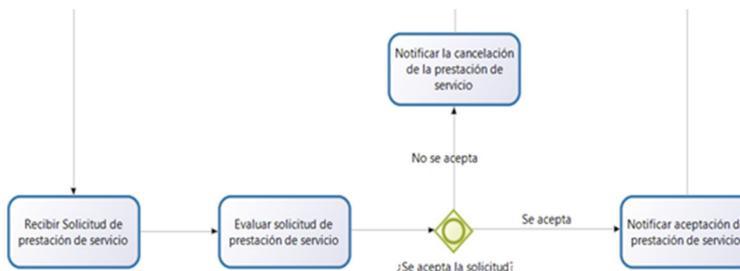


Figura 3 Lane del gerente de depósito.

En la Figura 4 se presentan las tareas realizadas por el supervisor del depósito y el personal de carga. Estas actividades son las que demandan más tiempo promedio debido a que están directamente relacionadas con la manipulación, embalaje, carga y descarga de las encomiendas en el equipo de transporte y con los controles durante dichas tareas.

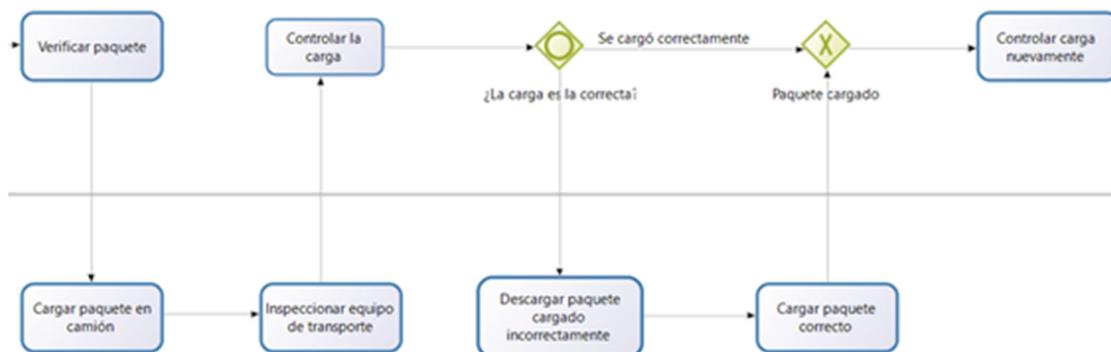


Figura 4 Lane del supervisor de depósito (parte superior) y del personal de carga (parte inferior).

Inmediatamente después de que la carga sale del depósito, tanto el cliente como el receptor reciben una notificación de que su pedido se encuentra en camino (Figura 5). Durante el traslado de las mercaderías, el gerente del depósito, el cliente y el receptor pueden seguir en tiempo real el recorrido de la carga. Cuando el chofer llega al centro de distribución, se envía una notificación de arribo al gerente y este es el encargado de notificar al cliente de la llegada de su carga al centro. Luego de esta actividad, se converge al Evento de Terminación denominado Fin de Servicio, que procede a dar fin al proceso.

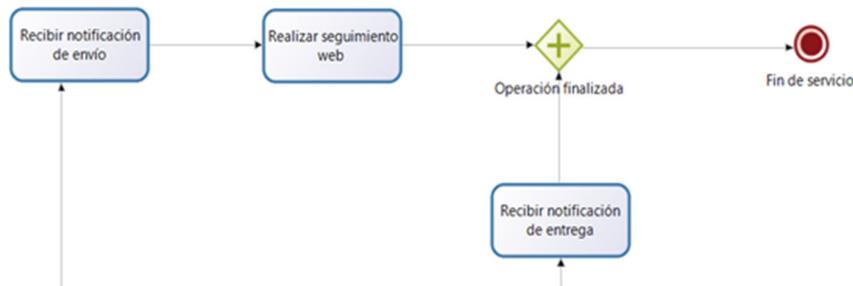


Figura 5 Lane del Cliente (Evento de Fin).

5.6. Resultados.

Al ejecutar cada simulación, un número específico de instancias durante un período de tiempo se ejecuta con datos que emulan la situación real y el resultado acumulado de todas las iteraciones se muestra en un informe [21]. En este caso, cada instancia corresponde a una solicitud de servicio.

Para el caso de estudio, se definió la fecha y la hora del comienzo de la simulación, como también el número total de instancias para ejecutar. Las instancias fueron lanzadas a intervalos de tiempo, siguiendo una distribución exponencial entre arribos. También se definió el tiempo de servicio para cada tarea (estocástico) y se le asignaron recursos humanos y materiales.

En la Figura 6 se presenta una parte del informe del proceso completo que muestra los datos de la fecha y hora del inicio y de la finalización de la simulación para 100 instancias. La ejecución de las 100 instancias tuvo una duración de simulación de 24 horas, 43 minutos y 48 segundos. Este dato nos permite validar el modelo del proceso simulado ya que se corresponde con el tiempo real del proceso de logística.



Figura 6 Informe de simulación para 100 instancias.

Los resultados de la simulación presentados a continuación representan el trabajo del capital humano en la gerencia del depósito. El proceso ejecutado para 10 instancias en la Figura 7 muestra que, para dicha cantidad de arribos, el número máximo de recursos necesarios no supera a la unidad. Los picos que se aprecian corresponden a las instancias en que el flujo del proceso vuelve a la tarea Solicitar prestación, por lo que el recurso es utilizado nuevamente.

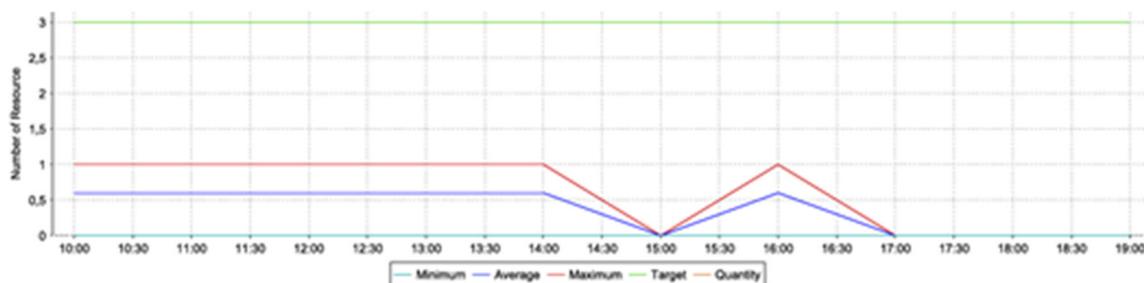


Figura 7 Consumo de Gerencia de depósito para 10 instancias.

En la Figura 8, el proceso fue ejecutado para 50 instancias. En este caso, los picos del recurso alcanzan a 3 unidades. Lo que significa un aumento del número de participantes en la gerencia del depósito si la empresa recibe un total de 50 solicitudes de prestación de servicio.

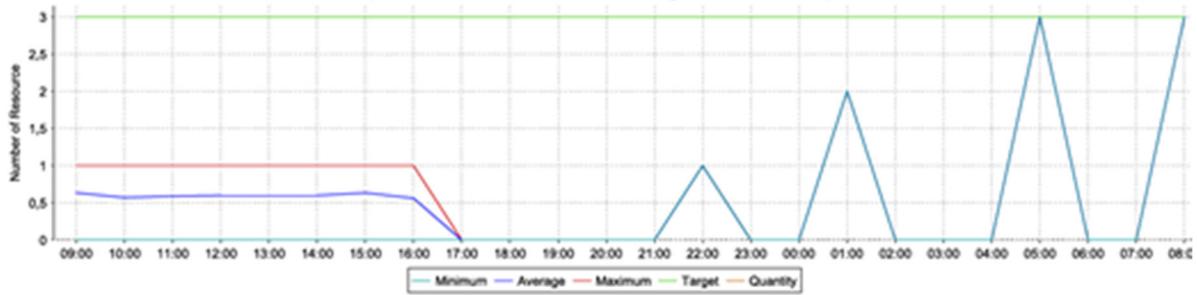


Figura 8 Consumo de Gerencia de depósito para 50 instancias.

En la ejecución de 100 instancias de la Figura 9, nuevamente se aprecia que se necesitan 3 unidades de capital humano mostrando que, para realizar todas las actividades gerenciales, el número de recursos objetivo tiende a 3 unidades. Se puede concluir que bastará contar con 3 gerentes en el depósito para cubrir un total de 100 solicitudes de prestación de servicio.

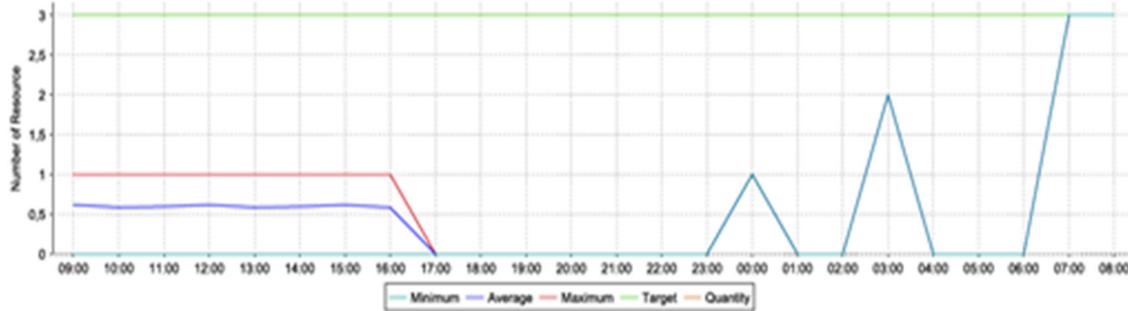


Figura 9 Consumo de Gerencia de depósito para 100 instancias.

La gerencia de la empresa está integrada por sus 2 dueños, por lo que deberá contratar a un tercer administrador para gestionar todas las actividades del área. Al conformar este nuevo equipo, la información permitirá la disminución en los tiempos de respuestas por cada solicitud de servicio y optimizará el servicio.

Con la incorporación del sistema de gestión en la nube computacional la empresa contará con una estrategia de implementación basada en contratar la tecnología informática que necesita y pagar por su uso, sin necesidad de desembolsos iniciales importantes de capital. Además centralizará la información existente en forma distribuida a través de un panel de control que monitorice en tiempo real el desarrollo de las operaciones de la empresa.

Por otro lado, el uso de las tecnologías de IoT reducirá la negación de las prestaciones de servicio, porque se podrán optimizar los pesos y volúmenes de cargas en los equipos de transporte. También, se reducirán los problemas de extravíos, faltantes y roturas de mercaderías gracias al seguimiento individualizado de cada producto. Así como, la mejora en la entrega a tiempo de mercaderías mediante la coordinación en tiempo real con los receptores, reduciendo así las entregas fallidas.

De este modo con el modelo y su simulación se propone un recurso que propicia el análisis de los resultados para diferentes escenarios y permite evaluar el comportamiento de los procesos y su desempeño antes de la implementación. Se pueden obtener otras métricas que profundizan el análisis de las salidas de simulación [21].

6. CONCLUSIONES.

En este trabajo se presenta una estrategia para el diseño de modelos de simulación, aplicada a Logística 4.0. Este se introduce con la presentación de diferentes definiciones de Industria 4.0 de reconocidos autores y se describen sus principales tecnologías. Sabiendo que solo la incorporación de tecnología no logra lo pretendido en Industria 4.0, se determina la necesidad de estudiar una metodología que haga una posible implementación.

Con base en el enfoque sistémico, con una visión desestructurada y tendiendo a la integración total, se selecciona el Modelado de Procesos de Negocios como teoría para la construcción de los modelos, de modo que a partir de estrategias de negocios se desarrollen tareas que interactúen en forma integrada para lograrlas. Es así que en la Sección 3.1 se desarrollan las etapas de la estrategia propuesta para el modelado y simulación de los procesos de logística.

Como complemento a la estrategia se propone en la Sección 4 un Conjunto de Métricas que propicie una visión general de las principales variables a abordar ante la utilización la nube

computacional e IoT. Se aborda un caso de estudio en una empresa de transporte y se muestra, utilizando la simulación, la aplicación de la estrategia propuesta. Como trabajo futuro se prevé la obtención de costos basados en el Conjunto de Métricas presentadas y el inicio del diseño del proceso planteado.

7. REFERENCIAS.

- [1] Ibarra, Dorleta; Ganzarain, Jaione; Igartua, Juan Ignacio. (2018). "Business model innovation through Industry 4.0: A review". *11th International Conference Interdisciplinarity in Engineering, INTER-ENG 2017. Vol. 22, pp. 4-10*. Tirgu-Mures, Rumania.
- [2] Blanco, Raúl; Fontodrona, Jordi; Poveda, Carmen. (2017). "La industria 4.0: El estado de la cuestión". *Economía industrial, N° 406, pp.151-164*.
- [3] Kong, Zaojie; Meng, Yingxin; Dong, Ruiguo. (2008). "Study for method of BPR based on supply chain". *IEEE International Conference on Automation and Logistics*. Qingdao, China.
- [4] Steel, Marion; Dubelaar, Chris; Ewing, Michael T. (2013). "Developing customised CRM projects: The role of industry norms, organisational context and customer expectations on CRM implementation". *Industrial Marketing Management. Vol. 42, N° 8, pp. 1328-1344*.
- [5] Haddara, Moutaz; Elragal, Ahmed. (2015). "The Readiness of ERP Systems for the Factory of the Future". *Procedia Computer Science, Vol. 64, pp. 721-728*.
- [6] Virgilio, Gilart; Pérez, Maciá; Berna-Martinez, Francisco; Gea, José Vicente; Martínez, Jorge, Selva Soler. (2008). "Modelando la maquinaria industrial como servicios: orientando los procesos de fabricación hacia el BPM". *Universidad de Alicante, pp. 77-91*.
- [7] Schmiedel, Theresa; Recker Jan; vom Brocke, Jan. (2019). "The relation between BPM culture, BPM methods, and process performance: Evidence from quantitative field studies". *Information & Management*. In Press.
- [8] Bonitasoft: <https://es.bonitasoft.com/>. Último acceso octubre de 2019.
- [9] Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva. (2015). "Industria 4.0: escenarios e impactos para la formulación de políticas tecnológicas en los umbrales de la cuarta revolución industrial". *INFOSePP, Año 5, n° 21*. Buenos Aires. Argentina.
- [10] Khan, Maqbool; Wu, Xiaotong; Xu, Xiaolong; Dou, Wanchun. (2017). "Big Data Challenges and Opportunities in the Hype of Industry 4.0". *IEEE International Conference on Communications (ICC 2017), SAC Symposium, Big Data Networking Track*. Paris, Francia.
- [11] del Val Román, José Luis. (2016). "Industria 4.0: la transformación digital de la industria". *Conferencia de directores y decanos de Ingeniería Informática*. Buenos Aires.
- [12] Lempel, Ariel. (2018). "Los robots en la Industria 4.0". *AADECA Revista. N° 9, pp. 46-48*.
- [13] Amazon EC2: <https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [14] Google Cloud: <https://cloud.google.com/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [15] Microsoft Azure: <https://azure.microsoft.com/es-es/pricing/>. Último acceso septiembre de 2019.
- [16] Mell, P., Grance, T. (2011). "The NIST Definition of Cloud Computing." *National Institute of Standards and Technology (NIST)*. Special Publication 800-145.
- [17] Amazon EC2: <https://aws.amazon.com/es/ec2/pricing/>. Último acceso octubre de 2019.
- [18] Vermesan, O. Friess, P. (2011). *Internet of Things - Global Technological and Societal Trends: Smart Environments and Spaces to Green ICT*. River Publishers.
- [19] Ballou, Ronald H. (2004). *Logística. Administración de la cadena de suministro*. Quinta edición. Pearson Educación. México.
- [20] Bonitasoft. Ultimate Guide to BPMN2. 2019. BonitaSoft S.A.
- [21] Bonita Open Solution. BOS 5.5. Simulation Guide. Mayo de 2011. BonitaSoft S.A.