

Mejoras en maquinaria industrial con IoT. Hacia la Industria 4.0

Luis Damian Candia¹, Anahí S. Rodríguez¹, Nestor Castro¹, Patricia Bazán¹,
Viviana M. Ambrosi^{1,2}, Javier Díaz¹

1- LINTI – Facultad de Informática – UNLP

2- Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires - CIC
dcandia@linti.unlp.edu.ar, arodriguez@linti.unlp.edu.ar, ncastro@isis.unlp.edu.ar,
pbaz@info.unlp.edu.ar, javier.diaz@info.unlp.edu.ar, vambrosi@info.unlp.edu.ar

Resumen. Se calcula que en el año 2025 existirán más de 26 billones de dispositivos conectados incluyendo casas, teléfonos, autos y fábricas. Esta era de hiperconectividad se conoce como “La era de Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things)”, la cual impone grandes desafíos y conduce a las industrias a adaptar sus procesos de producción a la nueva realidad. La aplicación de este nuevo concepto en la industria es conocida como Industria 4.0 o la nueva revolución industrial. La misma consiste en la digitalización de los procesos industriales por medio de la interacción de la inteligencia artificial con las máquinas y la optimización de recursos enfocada en la creación de efectivas metodologías comerciales. Esto implica cambios orientados a infraestructuras inteligentes y a la digitalización de metodologías. Este trabajo propone la actualización de una maquinaria industrial mediante la incorporación de sensores que alimentan sistemas informáticos de control, mediante una arquitectura por capas.

Palabras Clave: Industria 4.0, IoT, I2oT, Servicios web.

1 Introducción

Nos encontramos en los inicios de una nueva revolución industrial, que cambiará para siempre los procesos de negocio de las fábricas, esta nueva revolución es conocida como “*Industria 4.0*”. El término se refiere a un nuevo modelo de organización y de control de la cadena de valor a través del ciclo de vida del producto apoyado por las tecnologías de la información. En definitiva se trata de la aplicación a la industria del modelo “Internet de las cosas” (IoT) [1].

En este contexto, en octubre de 2017 la Secretaría de la Transformación Productiva del Ministerio de Producción de Argentina, realizó una encuesta online a 78 ejecutivos de 66 grandes empresas industriales argentinas de diferentes sectores económicos. El objetivo era conocer el progreso en la implementación de nuevas tecnologías en sus procesos productivos y los desafíos más importantes que encuentran a la hora de ejecutar esta transformación y el resultado fue que solamente el 30 % de la industria de nuestro país había implementado alguna solución referida con la Industria 4.0 [2].

Este resultado demuestra la necesidad de pensar soluciones que sean económicas y de rápida implementación para que nuestra industria nacional no pierda competitividad. Un enfoque posible es utilizando herramientas de hardware y software libre para realizar el despliegue de soluciones de IoT e integrarlas con las máquinas y los sistemas ya existentes en las industrias, de modo de alcanzar la cobertura total de la actividad de la organización. Es necesario adaptar los elementos con los que ya cuenta la industria a las nuevas tecnologías; esto permite una reutilización que no solamente favorece económicamente a las empresas, sino que también reduce el impacto de descarte de las mismas

El objetivo del presente trabajo es mostrar un caso de estudio en el cual se implementó una red de sensores de IoT con un backend de administración basado en web en una fábrica de bolsas de plástico, adaptando con nuevas tecnologías toda la maquinaria de la planta para poder medir en tiempo real la producción de la misma.

El artículo se organiza de la siguiente manera: en la Sección 2 se muestra el estado del arte y antecedentes acerca del concepto de Industria 4.0. En la Sección 3 se presenta la propuesta arquitectónica para abordar soluciones basadas en Industria 4.0. En la Sección 4 se aplica a un caso de estudio en la industria del plástico. Finalmente se arriban a algunas conclusiones y trabajos futuros.

2 Estado del Arte de la Industria 4.0

Los procesos industriales han atravesado tres grandes transformaciones tecnológicas a lo largo de la historia, las primeras revoluciones industriales como fueron la creación de la máquina de vapor, la electricidad y la automatización causaron un profundo impacto en la sociedad luego de su implementación. La cuarta revolución industrial llega de la mano de la tecnología.

A diferencia de las tres revoluciones industriales anteriores, la cuarta revolución industrial se generó primero en la sociedad como un cambio cultural y en la actualidad la industria intenta alcanzar el mismo nivel de tecnología con el cual viven las personas en sus hogares. El concepto de “Industria 4.0” fue nombrado por primera vez en Alemania en el año 2010. Esta nueva ola de tecnologías, que hoy avanza en diversas regiones del mundo a distintas velocidades, implica una transformación a partir de nuevas tecnologías industriales con foco digital, con potencial de crear fábricas con procesos productivos totalmente integrados y automatizados, permitiendo que diferentes sistemas interactúen analizando información en tiempo real para optimizar la producción, predecir fallas e integrar las cadenas de suministros para volverlas más eficientes. El impacto en los procesos productivos será significativo, volviéndolos más flexibles, eficientes y veloces, con importantes implicancias para los nuevos empleos que demandarán las empresas [3].

Se pueden identificar tecnologías clave de esta transformación, descritas a continuación:

- Robótica: robots industriales autónomos y cooperativos.
- Internet industrial: red de máquinas y productos con comunicación multidireccional entre objetos de la red.
- Simulación: simulación y optimización de redes de valor basada en información en tiempo real procesada por sistemas integrados.

- Cloud y ciberseguridad: administración de grandes volúmenes de datos en sistemas abiertos con alto nivel de interacción entre máquinas inteligentes, productos y sistemas que exige altos requisitos de seguridad.
- Manufactura aditiva: impresión 3D particularmente para prototipos y repuestos y para reducir envíos e inventario.
- Realidad aumentada: realidad aumentada para mantenimiento, logística y procesos operativos, Información de apoyo, ej.: mediante lentes.
- Big Data y analítica: análisis integral de la información disponible (ej.: ERP, SCM, CRM e información de robots productivos para apoyo a toma de decisiones en tiempo real.

La adopción de tecnología a pesar de parecer un gasto inicial, podría aumentar considerablemente la productividad y competitividad de una organización, haciendo más eficientes los procesos, generando nuevos negocios para las empresas y favoreciendo la creación de nuevos puestos de trabajo. Cada día más, los gobiernos diseñan e implementan instrumentos e incentivos para potenciar la economía del conocimiento y acompañar a las empresas en la adopción de nuevas tecnologías.

Argentina no es ajena a esta tendencia, empezó a plantear una estrategia integral de políticas públicas para que la adopción de tecnología cobre mayor protagonismo [4].

Sin embargo, incluir nuevas tecnologías depende, en gran parte, de la posibilidad de que todas las empresas del entramado productivo incorporen estos procesos de innovación en sus modelos de negocio, sin estos esfuerzos complementarios no existirán mejoras sustentables.

Industria 4.0 es un concepto que forma parte de la agenda de las empresas de todo el mundo y las compañías argentinas no son una excepción. Esta transformación involucra cambios en múltiples frentes y abarca diversos tópicos, siendo los más importantes aquellos relacionados con fábricas inteligentes, control de la producción y diseño de fábricas digitales, gestión del desempeño en tiempo real, tableros electrónicos de desempeño y mantenimiento predictivo.

3 Industria 4.0 en una solución integral por capas

El escenario que plantea la Industria 4.0 amerita el planteo de soluciones que consideren distintas capas de abstracción y un modelo arquitectónico orientado a servicios [5].

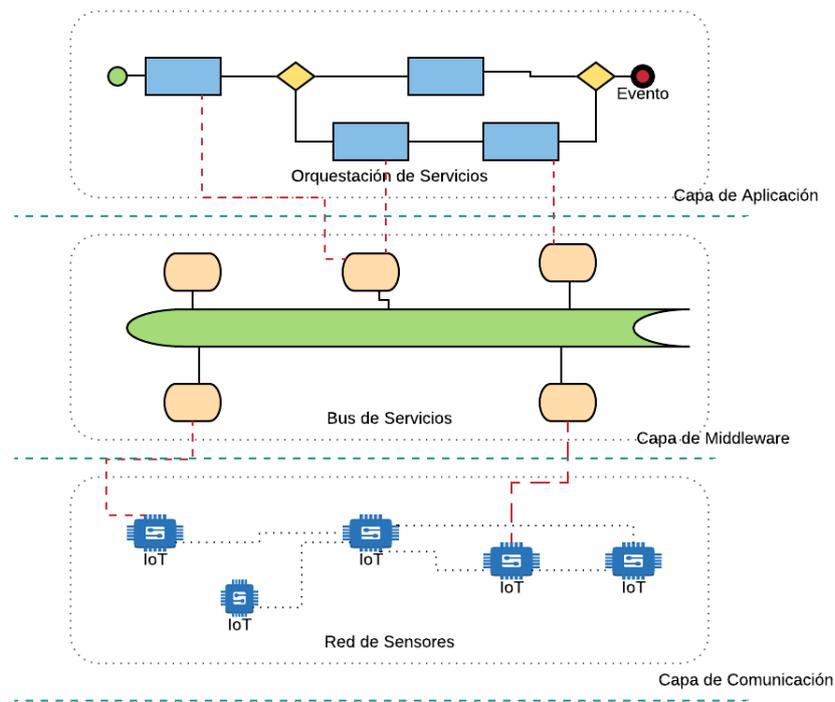


Figura 1 – Modelo Arquitectónico por capas

La Figura 1 plantea dicho modelo arquitectónico:

1. Capa de Comunicación: está conformada por una red de sensores que producen la información que alimenta a los sistemas de la organización. Esta capa posee sus propias reglas y protocolos de comunicación y establece un mecanismo uniforme para propagar sus registros hacia una capa de servicios.
2. Capa Middleware: está conformada por servicios o componentes, que son las piezas de software que se comunican con la red de sensores y procesan los datos obtenidos para disponerlos al usuario.
3. Capa de Aplicación: realiza la orquestación de los servicios y resuelve los mecanismos y circuitos propios del dominio conformando el flujo de trabajo (workflow).

Este trabajo propone una solución aplicada a un caso de estudio para la capa de sensores y la de servicios. Esta última implementada, en este ejemplo, por una aplicación Web tradicional.

Se propuso la implementación de una red de sensores que puedan tomar en tiempo real información de las máquinas y enviarlas a una aplicación Web que se encarga de almacenarlas en su base de datos, para que luego los administradores de la planta puedan observar en tiempo real cuantas unidades llevan completas cada orden de

trabajo y el tiempo en que estuvo productiva cada máquina para poder tomar mejores decisiones de negocio.

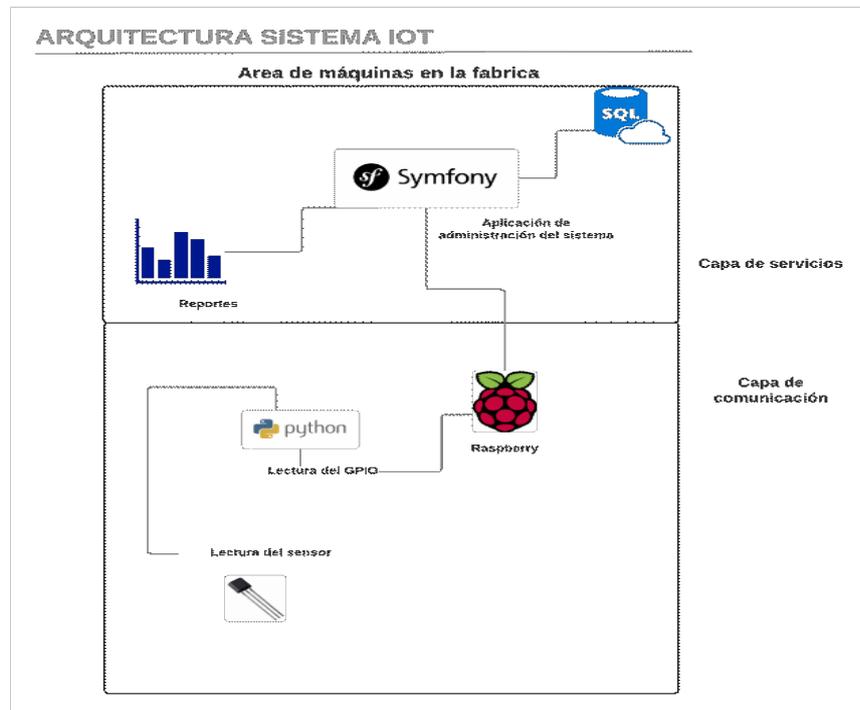


Figura 2. Solución en Fábrica de Bolsas de Plásticos – Tecnologías utilizadas

En la Figura 2 se muestran un gráfico con los elementos tecnológicos utilizados en el caso de estudio. En este caso, el middleware y la orquestación de servicios están representados por una aplicación Web tradicional.

Se describen los elementos de la Figura 2:

Raspberry PI 3 [6]: es una mini computadora del tamaño de una billetera, que a pesar de su tamaño reducido cuenta con una gran capacidad de procesamiento si la comparamos con otros dispositivos de IoT, cuenta con 1 GB de memoria RAM, un GPIO de 40 pines, 4 puertos USB, un puerto Ethernet y un módulo WIFI. Los beneficios propuestos por este tipo de placas es su gran capacidad de procesamiento, ya que además de sensar las confeccionadoras, el staff de la empresa desea a futuro poder agregarle pantallas táctiles que permitan al operario mediante un aplicativo escrito en PYTHON poder observar información de la producción y poder interactuar con el sistema de IoT en la zona de producción de la planta.

Sistema operativo Raspbedian [7]: es una versión del sistema operativo Debian optimizado para poder ejecutarse en las placas Raspberry PI. Cuenta con una interfaz de configuración completa para todos los parámetros configurables de la placa “rasi-conf”.

Sensor de efecto Hall [8]: es un sensor con salida digital y retención de estado, que cambia de cero a uno ante la presencia de un campo electromagnético. Esto significa

que cada vez que un imán este dentro de su rango de sensado, el sensor cambiara su estado, de 0 a 1 o de 1 a 0 según su estado actual, reteniéndolo hasta que de nuevo un imán se encuentre dentro de su rango de sensado, al contrario de otros sensores que solo cambian su estado cuando el imán está cerca.

Symfony [9]: es un framework de programación web basado en PHP, es uno de los más utilizados en el mercado y reduce considerablemente los tiempos de desarrollo, brindando múltiples módulos de servicios reutilizables.

Python [10]: lenguaje de programación de propósito general, orientado a objetos, que también puede utilizarse para el desarrollo web.

4 Caso de estudio real – Implementación de red IoT en industria de plástico

La organización que se presenta en el caso de estudio es una fábrica de bolsas de plástico, la misma cuenta con 4 (cuatro) máquinas denominadas confeccionadoras, 2 (dos) extrusoras y 3 (tres) impresoras. Durante este trabajo nos centraremos en las máquinas confeccionadoras.

Durante la tarea de producción de la fábrica se ejecutan diferentes procesos, primero se prepara el material líquido por las máquinas extrusoras, logrando un material sólido, que luego atraviesa un conjunto de rodillos, dispuestos en impresoras, para imprimir los gráficos de las bolsas.

Las máquinas denominadas confeccionadoras se encargan de cortar por unidad las bolsas que se generaron en los procesos anteriores, para eso cuenta con una guillotina que automáticamente, según las indicaciones de medida que le ingresa el operario, realiza el corte de cada una de las unidades. Las máquinas cuentan con distintos conjuntos de rodillos por los cuales va a pasando el material.

El sector de administración crea órdenes de trabajo indicando las unidades que deben fabricarse, el tiempo estimado de trabajo y la velocidad de funcionamiento de la confeccionadora. Este proceso cuenta con el inconveniente de que la información de la producción actual, junto con el tiempo de utilización y detención de la máquina son ingresados manualmente por un operario de la planta en una planilla de papel, la que luego al finalizar su turno, es dejada en administración para su posterior procesamiento. Esto provoca que la disponibilidad de la información de producción de la planta sea lenta e insegura.

La propuesta de mejora que presenta este trabajo se centra en construir una red de sensores que realicen la lectura de la cantidad de cortes realizados por la confeccionadora.

El proceso de lectura de los sensores (Capa de Comunicación)

Como se mencionó, las confeccionadoras cuentan con una cuchilla con la cual generan el corte de cada unidad, por lo tanto se utilizó un sensor de efecto hall [8], que se activa al detectar un cambio en el campo magnético, en este caso sería cuando la cuchilla se acerca a la base de la máquina en donde está alojado el sensor para realizar un corte. En la Figura 3 se muestra el diagrama de conexión del sensor.

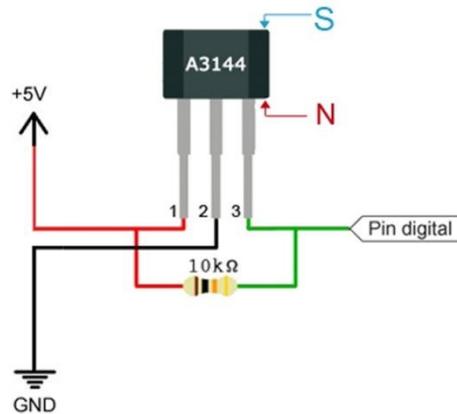


Figura 3. Conexión del sensor.

En la placa raspberry mediante código PYTHON se realiza la lectura del sensor, en el GPIO correspondiente al pin digital del circuito que es por donde llegara la lectura del sensor, la información de que se registro una nueva lectura es encapsulada y enviada al servidor mediante API REST, a continuación se muestra el código PYTHON.

```
import RPi.GPIO as GPIO
import time
import urllib
GPIO.setmode(GPIO.BCM)
GPIO.setup(23, GPIO.IN, pull_up_down=GPIO.PUD_DOWN)

print 'Sensores iniciado'

GPIO.add_event_detect(23, GPIO.BOTH)
def my_callback(dd):
    print 'Cambio en el sensor'
    url = 'http://10.0.1.2/app_dev.php/machine_uno_encendida'
    u = urllib.urlopen(url)
    data = u.read()

GPIO.add_event_callback(23, my_callback)

while True:
    time.sleep(0.5)
```

Aplicación web de administración (Middleware y Orquestación)

El sistema web propuesto en el presente trabajo se desarrolló con Symfony [9] para administrar las órdenes de trabajo y observar la productividad generada por las máquinas confeccionadoras. La información obtenida en tiempo real del estado de producción de la fábrica, permite optimizar los recursos y el tiempo de trabajo, pudiendo balancear de forma correcta las órdenes entre las distintas máquinas confeccionadoras, según su tiempo ocioso.

A continuación mostraremos los módulos relacionados con la lectura de los sensores.

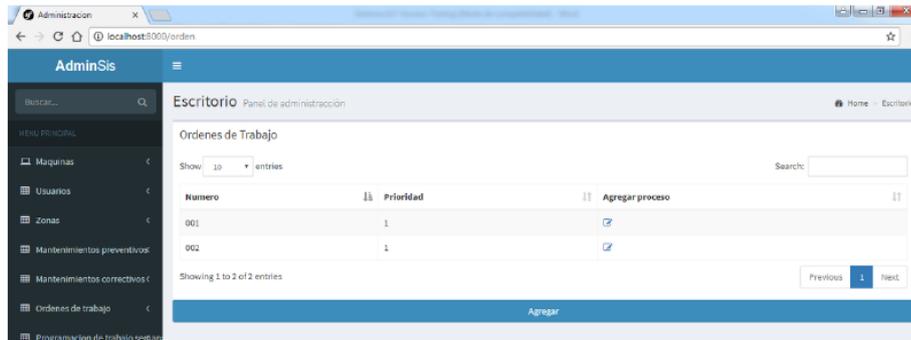


Figura 4. Listado de ordenes de trabajo

En la Figura 4 se observa el módulo donde se pueden crear nuevas órdenes de trabajo, indicando el tiempo teórico de ejecución, la cantidad de unidades y en que máquina confeccionadora se va a ejecutar, también se puede observar el listado de órdenes de trabajo creadas, editarlas o eliminarlas.

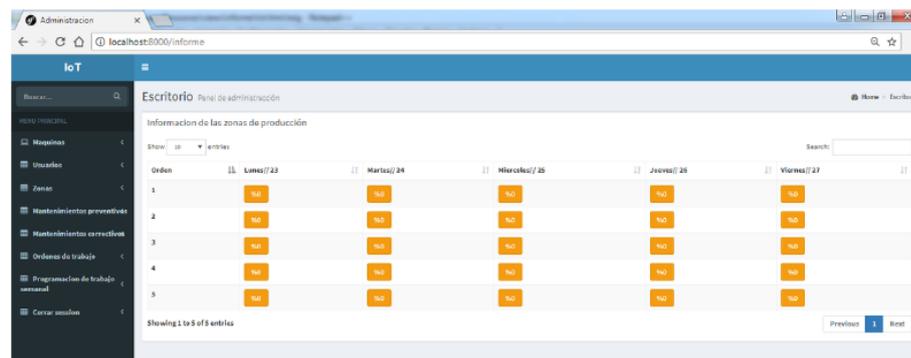


Figura 5. Proceso de ejecución por día de cada orden de trabajo

En la Figura 5 se observa el proceso de ejecución por día de cada orden de trabajo, en la cual se muestra el crecimiento de la ejecución de las órdenes de trabajo dividido por día, de esta manera poder tener un histórico de la información registrada.

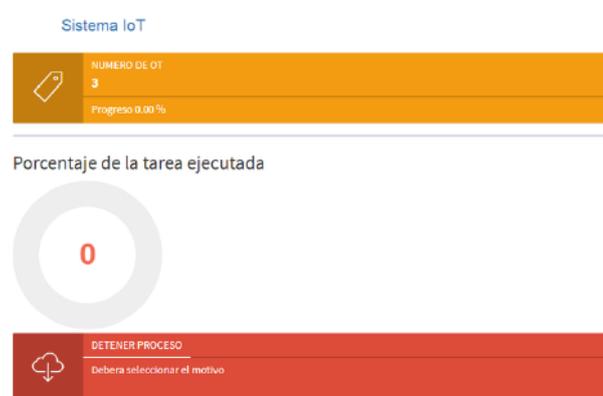


Figura 6. Porcentaje de ejecución de una orden de trabajo determinada

En la Figura 6 al ingresar en una orden de trabajo se observa el porcentaje de ejecución de la misma, pudiendo también detener la lectura de los sensores.

4 Conclusiones y Trabajos Futuros

Es necesario pensar soluciones que permitan la innovación tecnológica dentro de la industria a un bajo costo, esta innovación es indispensable para lograr que la industria nacional pueda ser competitiva con la de otros países más evolucionados tecnológicamente hablando.

Las empresas tienen que considerar a la tecnología de IoT como un gran aliado estratégico para poder fortalecer su crecimiento.

El futuro de IoT dependerá de cómo sus componentes puedan interactuar con los procesos de negocio o con las soluciones de IT que se ejecuten a su alrededor [11]. Una costosa red de sensores carece de utilidad si no se construyen soluciones de software que consuman las señales. Si ese software está conformado por componentes orquestados como procesos de negocio, es natural pensar que los elementos de IoT deban ser tenidos en cuenta desde la fase de modelado de dichos procesos de negocio [12].

En futuros trabajos se plantea cambiar en la arquitectura planteada la aplicación web por un motor de procesos de negocio, logrando la completa integración entre todas las capas de la arquitectura, también se plantea modificar el protocolo de comunicación API REST entre las placas de IoT y el módulo Web por un protocolo de comunicación más liviano como es MQTT para evitar posibles congestiones en la red.

5 Referencias

- 1- Okano, M. T. (2017). IOT and Industry 4.0: The Industrial New Revolution. In International Conference on Management and Information Systems September (Vol. 25, p. 26).

- 2- http://image-src.bcg.com/Images/Acelerando-el-Desarrollo-de-Industria-40-en-Argentina_tcm62-184622.pdf.
- 3- https://www.aimplas.es/sites/default/files/optiman_entregable.pdf.
- 4- <http://www.mincyt.gob.ar/adjuntos/archivos/000/038/0000038319.pdf>.
- 5- Bazán, P. (2009). Un modelo de integrabilidad con SOA y BPM (Doctoral dissertation, Cap. 4, Facultad de Informática).
- 6- Raspberry PI 3, <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>.
- 7- Sistema operativo Raspbian, <https://www.raspberrypi.org/downloads/raspbian/>.
- 8- Sensor de efecto Hall, <https://www.ucm.es/data/cont/docs/76-2015-03-19-Efecto-Hall-Final.pdf>.
- 9- Symfony, <http://symfony.com/doc/current/index.html>.
- 10- Python, <http://www.python.org.ar/>.
- 11- Meyer, S., Sperner, K., Magerkurth, C., & Pasquier, J. (2011, June). Towards modeling real-world aware business processes. In Proceedings of the Second International Workshop on Web of Things (p. 8). ACM.
- 12- Weske, M. (2012). Business process management architectures. In Business Process Management (pp. 333-371). Springer, Berlin, Heidelberg.