



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica
Superior d'Enginyeria
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica
Universitat Politècnica de València

Desarrollo de software basado en microservicios: un caso de estudio para evaluar sus ventajas e inconvenientes

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática

Autor: Víctor Alberto Iranzo Jiménez

Tutor: Patricio Orlando Letelier Torres

Curso 2017-2018

Resum

???

Paraules clau: Microservices, Arquitecturas de software, ????????????????

Resumen

???

Palabras clave: Microservicios, Arquitecturas de software, ????????????????

Abstract

???

Key words: Microservices, Software Architecture, ????????????????

Índice general

Índice general	V
Índice de figuras	VII
Índice de tablas	VII
1 Introducción	1
1.1 Motivación	1
1.2 Objetivos	1
1.3 Estructura de la memoria	2
2 Estado del arte	3
2.1 ¿Qué son los microservicios?	3
2.2 Los microservicios en la fase de requisitos	4
2.2.1 Requisitos funcionales y no funcionales	4
2.2.2 El teorema de CAP	5
2.3 Los microservicios en la fase de diseño	6
2.3.1 Librerías versus servicios	6
2.3.2 Diseño guiado por el dominio (DDD)	6
2.3.3 Descomposición en microservicios según las capacidades del negocio	7
2.3.4 La tarea del arquitecto de software	8
2.4 Los microservicios en la fase de implementación	8
2.4.1 Integración de microservicios	9
2.4.2 Programación y persistencia políglotas	10
2.4.3 Los microservicios y la persistencia de datos	11
2.4.4 Microservicios en la interfaz de usuario	11
2.5 Los microservicios en la fase de pruebas	11
2.6 Los microservicios en la fase de despliegue	11
2.7 Los microservicios en la fase de mantenimiento	11
2.8 Ventajas del desarrollo de software basado en microservicios	11
2.9 Inconvenientes del desarrollo de software basado en microservicios	11
2.10 Comparación con otras arquitecturas	11
3 Conclusiones	13
Bibliografía	15
<hr/>	
Apéndice	
A Configuración del sistema	17
A.1 Fase de inicialización	17

Índice de figuras

2.1	Los microservicios escalan de acuerdo a su carga de trabajo para asegurar la disponibilidad de la funcionalidad que ofrecen. [8]	4
2.2	Características y subcaracterísticas definidas en el modelo de calidad del producto de la ISO/IEC 25010. [14]	5
2.3	Ejemplo de dos contextos delimitados dentro del mismo dominio que emplean el mismo nombre para un concepto, pero con significados diferentes. [6]	7
2.4	Primero, se dividen los grandes servicios en microservicios. Una vez hecho esto, se migran sus datos. [12]	8
2.5	Ejemplo de integración basada en eventos con un contenedor de RabbitMQ. [3]	9
2.6	Ejemplo de sistema políglota.	11

Índice de tablas

CAPÍTULO 1

Introducción

1.1 Motivación

En la actualidad, no es necesario un alto grado de conocimientos en ingeniería del software para desarrollar una aplicación o sistema. Personas que no tienen estudios relacionados con la informática pueden producir código que, sin ser limpio y elegante, funciona. Desarrollar sistemas de calidad requiere de grandes conocimientos, pero minimiza los costes y aumenta la productividad de una organización. Se debe poner el foco en emplear una arquitectura de software que se adapte a nuestras necesidades. De lo contrario, el futuro mantenimiento será más costoso y repercutirá en la confianza de los clientes y en la moral del equipo. [9]

Las arquitecturas basadas en microservicios son una tendencia actual que emerge asociada a conceptos clave como la integración continua, el desarrollo centrado en el dominio del problema o el despliegue en contenedores. En estas arquitecturas diferentes funcionalidades se encapsulan en servicios pequeños y autónomos que cooperan entre ellos. En términos de diseño, principios como el de Responsabilidad Única son más fáciles de conseguir y los desafíos de organización del código pueden abordarse de formas más diversas por la baja granularidad de la arquitectura.

1.2 Objetivos

El objetivo de este proyecto es validar con un caso de estudio las ventajas e inconvenientes de una arquitectura basada en microservicios frente a una arquitectura monolítica. Concretamente, los objetivos específicos son:

- Desarrollar una misma aplicación para la venta de productos y la gestión de pedidos siguiendo dos arquitecturas diferentes: una basada en microservicios y otra monolítica.
- Comparar el proceso de desarrollo de ambos sistemas a lo largo del ciclo de vida del software.
- Evaluar cómo se pueden llevar a cabo diferentes modificaciones durante el mantenimiento de ambas aplicaciones una vez se ha finalizado su implementación.
- Verificar que una arquitectura basada en microservicios facilita alcanzar los requisitos no funcionales de disponibilidad y tolerancia a fallos frente a una arquitectura monolítica.

1.3 Estructura de la memoria

CAPÍTULO 2

Estado del arte

2.1 ¿Qué son los microservicios?

Según Newman, los microservicios son servicios pequeños y autónomos que trabajan conjuntamente. [11] Podemos desglosar esta definición así:

- Un **servicio** es un conjunto de funcionalidades que se expone a los clientes para que las empleen con diferentes propósitos. [16] La programación orientada a servicios es un paradigma que se aplica en las arquitecturas orientadas a servicios (SOA). El objetivo principal de SOA es desarrollar servicios que aporten valor al negocio y se adapten a los cambios en las necesidades de los clientes, de forma ágil y con el menor coste posible. Las arquitecturas orientadas a servicios no están asociadas a ninguna tecnología específica. En líneas generales, dividen un sistema en componentes que cambian por el mismo motivo y promueven la flexibilidad y los servicios compartidos frente a implementaciones específicas y óptimas. Son muchos los beneficios de estas arquitecturas, sin embargo existe una falta de consenso sobre cómo debe llevarse a cabo este tipo de arquitecturas en aspectos como los protocolos de comunicación a emplear o la granularidad de los servicios. [2] Los microservicios pueden entenderse como una aproximación específica de las arquitecturas SOA.
- Diseñar microservicios con el menor **tamaño** posible no debe ser el foco principal. En todo momento han de cumplirse los principios de cohesión y coherencia: el código relacionado debe agruparse conjuntamente porque será modificado por el mismo motivo. Una regla que puede ser aplicada según el autor Jon Eaves es establecer un tamaño para un microservicio tal que pueda ser completamente reescrito en 2 semanas.
- Los servicios han de ser lo menos acoplados posibles para garantizar la **autonomía** de cada uno. Cada microservicio es una entidad separada: cambian de forma independiente al resto y al hacerlo sus consumidores no necesitan ser modificados, a menos que se modifique el contrato entre ambas partes. Para lograrlo, lo más habitual es que cada servicio exponga una interfaz (API) y todas las comunicaciones se realicen mediante llamadas a través de la red.

Otra definición interesante es la que aportan Lewis y Fowler. Según ellos, los microservicios son una aproximación para desarrollar una aplicación compuesta por pequeños servicios, cada uno ejecutándose en su propio proceso y comunicando a través de mecanismos ligeros. Estos servicios se construyen alrededor de las capacidades de negocio y se despliegan de forma independiente. [8] Cada funcionalidad se encapsula en un servi-

cio que puede escalar de forma diferente de acuerdo a sus necesidades, a diferencia de las aplicaciones monolíticas donde se debe replicar el monolito al completo.

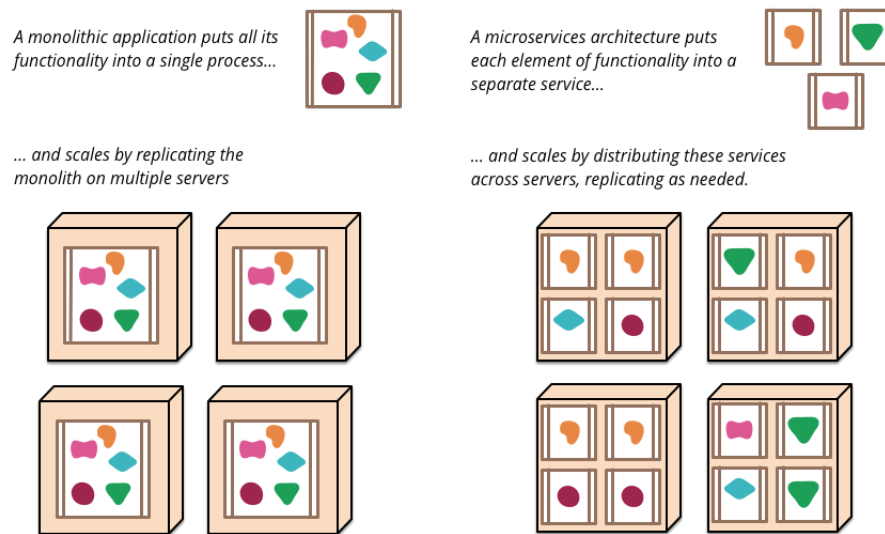


Figura 2.1: Los microservicios escalan de acuerdo a su carga de trabajo para asegurar la disponibilidad de la funcionalidad que ofrecen. [8]

2.2 Los microservicios en la fase de requisitos

La fase de requisitos del software es aquella en la que se elicitán, analizan, documentan, validan y mantienen los requisitos del sistema. Los requisitos del software expresan las necesidades y restricciones asociadas a un sistema. [4] El artefacto principal que se produce en esta fase es el documento con la especificación de requisitos software (ERS). Una vez validado dicho documento por los stakeholders se puede iniciar la fase de diseño la solución. Esto no significa el final de esta fase del proceso: la gestión de los requisitos continúa durante el resto del desarrollo del producto.

2.2.1. Requisitos funcionales y no funcionales

Los requisitos se pueden clasificar en funcionales y no funcionales. Los **requisitos funcionales** (RF) describen la funcionalidad que los usuarios esperan del sistema. Los **requisitos no funcionales** (RNF) son restricciones impuestas sobre el sistema a desarrollar, estableciendo por ejemplo como de rápido o fiable ha de ser. Mientras que los primeros no incluyen ninguna mención relacionada con la tecnología que emplea el sistema, los segundos sí pueden establecer restricciones de este tipo. Por ejemplo, un requisito no funcional puede consistir en desarrollar una aplicación en un lenguaje de programación específico o hacer que esté disponible para diferentes sistemas operativos móviles. Por este motivo, los requisitos deben ser tenidos en cuenta a lo largo de todo el desarrollo del sistema.

Los requisitos funcionales y no funcionales son ortogonales en el sentido de que diferentes diseños de software pueden ofrecer la misma funcionalidad (RF) pero con distintos atributos de calidad (RNF). Los arquitectos software están más centrados en los requisitos no funcionales porque estos son los que conducen hacia la elección de una u otra arquitectura. Los requisitos no funcionales pueden influir en los patrones arquitectóni-

cos a seguir, las futuras estrategias de implementación del sistema o la plataforma sobre la que se desplegará el sistema. [1]



Figura 2.2: Características y subcaracterísticas definidas en el modelo de calidad del producto de la ISO/IEC 25010. [14]

Requisitos no funcionales asociados a atributos de calidad como la tolerancia a fallos o la disponibilidad pueden conducir al arquitecto hacia la elección de una arquitectura basada en microservicios:

- La **tolerancia a fallos** se define en la ISO/IEC 25010 como la capacidad del sistema para operar según lo previsto en presencia de fallos hardware o software. [14] Cuando se escala un sistema, la probabilidad de fallo es inevitable. Muchas organizaciones invierten mucho esfuerzo en evitar que un fallo se produzca, pero muy poco en mecanismos para recuperar el sistema una vez se ha producido. Un sistema que por culpa de un servicio caído deja de funcionar es menos resiliente que un sistema que puede continuar ofreciendo el resto de sus funcionalidades.
- La **disponibilidad** se define como la capacidad del sistema de estar operativo y accesible para su uso cuando se requiere. [14] En los sistemas distribuidos existen 3 características sobre las que se debe hacer balance: la consistencia, que establece que vamos a obtener una respuesta correcta de cualquier nodo de un servicio de acuerdo a su especificación, la disponibilidad, que ya hemos definido, y la tolerancia a particiones, que es la habilidad de gestionar situaciones en las que la comunicación entre las partes de un sistema se interrumpe. El teorema de CAP (debe sus siglas a las características en inglés Consistency, Availability y Partition Tolerance) establece que en caso de fallo, solo dos de las tres características pueden prevalecer. [7]

2.2.2. El teorema de CAP

Pongamos un ejemplo en el que un microservicio está replicado y se produce un fallo por el cual la comunicación entre las replicas se interrumpe y los cambios en una replica no se pueden propagar al resto. Los **sistemas AP** son los sistemas que surgen fruto de sacrificar la consistencia cuando un fallo se produce, mientras que en los **sistemas CP** se pierde la disponibilidad.

En el primer tipo, las replicas continuarían operativas, pero como los datos entre las replicas no se sincronizan se pueden obtener datos incorrectos al hacer una consulta. Cuando la comunicación se restablece, los cambios entre las replicas se sincronizarán. En los sistemas CP, para mantener la consistencia entre las replicas se tiene que rechazar cualquier petición, con lo que el servicio deja de estar disponible.

Los sistemas AP escalan más fácilmente y son más sencillos de construir, pero nos obligan a una consistencia eventual de los datos. Los segundos son los únicos que nos aseguran una consistencia fuerte, pero son más difíciles de construir. A la hora de optar por una solución u otra se debe tener en cuenta la especificación de requisitos, donde

se debe detallar de forma específica y cuantitativa cuánto tiempo puede nuestro servicio estar inoperativo o con un dato obsoleto. Si en las fases siguientes se opta por una arquitectura basada en microservicios, no será necesario implementar el sistema completo de una u otra forma. Cada microservicio tendrá necesidades diferentes y podrá seguir la aproximación que mejor le convenga. [11]

2.3 Los microservicios en la fase de diseño

En la fase de diseño se definen la arquitectura, componentes e interfaces del sistema. La especificación de requisitos es analizada para producir una descripción de la estructura interna del sistema, con el suficiente nivel de detalle para que sirva como base en su construcción. En esta fase se plantean diferentes diseños como alternativas de las que se debe hacer balance. Los modelos que se generan se emplearán para validar que se cumplen los requisitos establecidos y para planificar la fase de implementación. [13]

2.3.1. Librerías versus servicios

Un componente es una unidad de software que se puede reemplazar y actualizar de forma independiente. Las **librerías** son componentes que están ligados a un programa y son invocadas a través de llamadas a funciones. En cambio, los **servicios** son componentes que se ejecutan como procesos externos y con los que se puede comunicar a través de mecanismos como llamadas a procedimientos remotos (RPC) o peticiones HTTP. [8]

Uno de los motivos por los que se recomienda emplear servicios frente a librerías es que los servicios se pueden desplegar de forma independiente. Solo algunos cambios en la interfaz o contrato del servicio requerirán un cambio en sus consumidores. Sin embargo, las llamadas remotas son más costosas que las invocaciones dentro del mismo proceso, por lo que la interfaz del servicio debe definirse de tal forma que sus consumidores no tengan que comunicarse con él continuamente.

2.3.2. Diseño guiado por el dominio (DDD)

El **diseño guiado por el dominio** (DDD) es un enfoque para el desarrollo de software que propone un modelado rico, expresivo y evolutivo basado en la realidad del negocio. El dominio representa lo que hace una organización y la forma en qué lo hace.

Con esta aproximación los expertos del dominio y los desarrolladores se sitúan en el mismo nivel empleando un lenguaje ubicuo. No hace falta ninguna traducción de términos entre ellos porque todos hablan un lenguaje común, que se plasma hasta en el código de programación. El lenguaje no tiene porque seguir los estándares de la industria que representa: emplea los términos y acciones que en el negocio se dan. [15]

El lenguaje ubicuo que se emplea crece y cambia con el paso del tiempo. Nadie es capaz de conocer el dominio de un negocio completo porque este forma parte de un proceso de descubrimiento continuo. Si la organización sigue una estrategia de desarrollo ágil, en cada iteración se refina el modelo de forma incremental y este plasma en todo momento el software en funcionamiento.

Para su tratamiento, las áreas independientes del dominio se transforman en contextos delimitados. Cada contexto delimitado es un límite explícito que tiene su propio lenguaje ubicuo. Un concepto tiene un significado dentro de un contexto delimitado, pero fuera de él puede tener un significado totalmente diferente. No se puede tratar de incluir todos los conceptos en un único contexto: se deben separar los conceptos en diferentes

contextos y entender las diferencias que existen para un concepto llamado igual en uno y otro contexto.

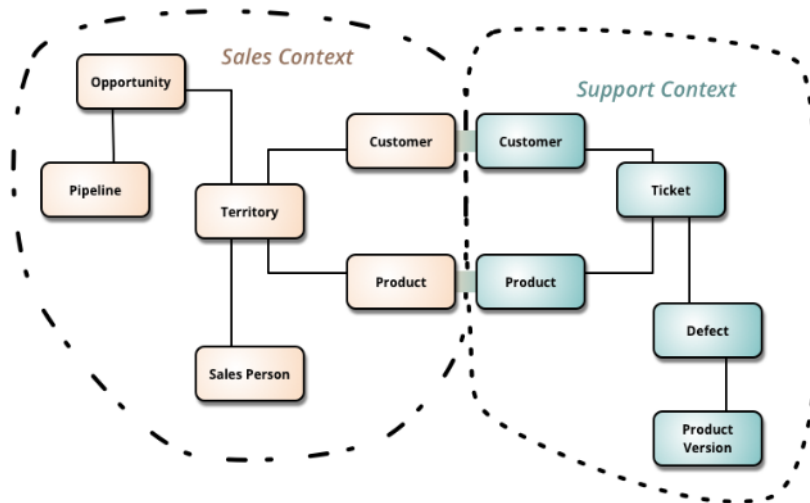


Figura 2.3: Ejemplo de dos contextos delimitados dentro del mismo dominio que emplean el mismo nombre para un concepto, pero con significados diferentes. [6]

Cada contexto está formado por modelos que no necesitan ser compartidos con otros a menos que se defina explícitamente una interfaz que los empleen. La interfaz es el punto de entrada para que otros contextos puedan comunicar con el nuestro, empleando los términos y entidades que en nuestros modelos se definan.

Esta perspectiva puede trasladarse fácilmente al modelado de microservicios. Los contextos delimitados que analicemos en nuestro sistema son firmes candidatos a transformarse en servicios. Así, los límites de un servicio quedan bien limitados porque todas las entidades que pueda requerir se encuentran dentro de sus fronteras, garantizándose su alta cohesión y bajo acoplamiento. [11]

2.3.3. Descomposición en microservicios según las capacidades del negocio

Cuando se razona sobre los límites de un servicio no se debe pensar en los datos que este almacena sino en las funcionalidades que ofrece. Pensar en los datos que almacena nos conduce a desarrollar únicamente servicios CRUD (en inglés, aquellos que nos permiten las operaciones de crear, leer, actualizar y eliminar datos), que ofrecen unas operaciones muy limitadas. Un servicio ofrece ciertas funcionalidades o capacidades que aportan **valor al negocio**.

Una descomposición temprana de un sistema en microservicios puede conllevar ciertos riesgos. Si el equipo a cargo del desarrollo tiene pocos conocimientos del dominio del problema a resolver, puede ser buena idea comenzar la implementación como si de un sistema monolítico se tratara.

Es aconsejable dividir la solución en grandes servicios que poco a poco se vayan dividiendo en más pequeños conforme se estudien las ventajas de hacer cada nueva extracción. Una vez sean conocidos los límites de cada servicio, se pueden refactorizar el código y los datos hacia una granularidad más fina. Como se puede ver en la figura, se puede migrar primero solo la funcionalidad del servicio sin preocuparse por sus límites en base de datos para no tener que realizar simultáneamente dos migraciones. Una vez nos aseguremos de que el servicio funciona correctamente, podemos migrar sus datos a

una base de datos diferentes ya que cada servicio ha de ser dueño de sus propios datos. [12]

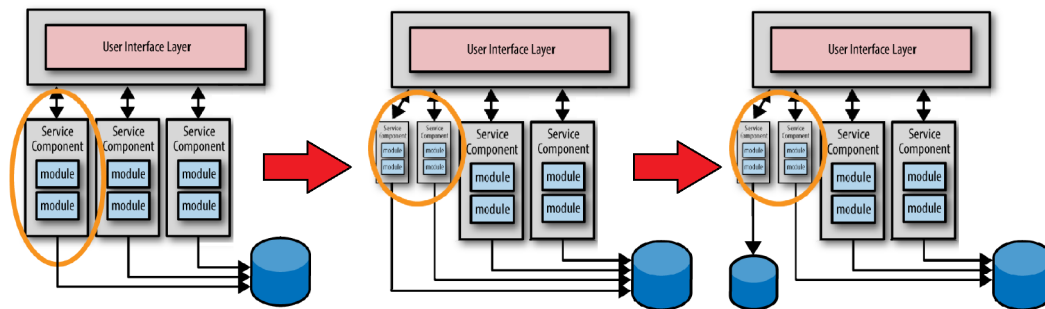


Figura 2.4: Primero, se dividen los grandes servicios en microservicios. Una vez hecho esto, se migran sus datos. [12]

Cuando sea necesario realizar un cambio por nuevos requisitos del negocio, estos se localizarán en un contexto bien delimitado porque existirá una correspondencia entre la estructura de la organización y los microservicios del sistema. Como consecuencia, el tiempo medio para realizar un cambio se verá reducido porque solo hará falta volver a desplegar una porción del sistema. Además, la comunicación entre microservicios se asemejará a la existente entre las entidades del negocio.

2.3.4. La tarea del arquitecto de software

El software ha de ser diseñado para ser flexible, adaptarse y evolucionar en función de los requisitos de los usuarios. En lugar de centrarse en diseñar un producto final perfecto, el arquitecto debe crear un entorno donde el sistema correcto pueda emerger creciendo progresivamente a medida que se descubren nuevos requisitos. Gracias a su modularidad, los microservicios son el entorno perfecto para que esto ocurra.

El arquitecto de software debe preocuparse más por como interaccionan los servicios entre ellos y no tanto en lo que ocurre dentro de sus límites. En organizaciones grandes, cada microservicio puede estar desarrollado por un equipo distinto y es el arquitecto quien debe hacer de puente entre ellos. [11]

Una de las ventajas de las arquitecturas basadas en microservicios es la **heterogeneidad tecnológica**: cada servicio puede ser desarrollado empleando una pila tecnológica distinta. No obstante, dejar plena libertad a cada equipo para elegir la tecnología del servicio que va a desarrollar puede traer problemas a la hora de integrarlo con el resto del sistema. El uso de contratos o establecer normas en aspectos clave como el protocolo de comunicación entre los servicios facilitará su consumo. Las decisiones de diseño de un servicio en particular pueden recaer en el equipo responsable. En este caso, el arquitecto solo juega un papel de supervisor y asesor para evitar que se pierda la imagen del sistema completo.

2.4 Los microservicios en la fase de implementación

La fase de implementación consiste en la creación de un sistema o componente software combinando técnicas de programación, verificación y depuración. Esta fase emplea la salida de la fase de diseño y sirve como entrada para la de pruebas. Los límites entre estas tres fases varían en función del proceso seguido. [13]

2.4.1. Integración de microservicios

La **integración** es la parte más relevante en los sistemas basados en microservicios. Hacerlo correctamente nos asegurará su autonomía y su despliegue de manera independiente.

Por un lado, la tecnología empleada para la comunicación entre servicios no debe restringir la tecnología empleada en estos. Por otro lado, los consumidores deberían de tener total libertad en la tecnología que emplean y consumir un servicio para ellos no debe ser complejo de implementar. Además, los consumidores no deben conocer detalles internos del servicio que consumen para garantizar que estén desacoplados. [11] Existen muchas técnicas para la integración entre las que destacan:

- **RPC (Remote Procedure Call):** la llamada a procedimiento remoto es una técnica que permite ejecutar una llamada a un servicio como si de una llamada local se tratara. No es necesario que cliente y servidor empleen la misma pila tecnológica, aunque algunas tecnologías como Java RMI (Remote Method Invocation) sí lo requieren.

El formato de los mensajes también varía de una tecnología a otra. SOAP (proviene del inglés Simple Object Access Protocol) emplea XML (también del inglés eXtensible Markup Language) mientras que por ejemplo Java RMI transmite mensajes binarios.

- **REST (Representational State Transfer):** la transferencia de estado representacional es un estilo arquitectónico inspirado en la Web. Se basa en el concepto de recurso, un objeto que el servicio conoce y del que puede crear diferentes representaciones bajo demanda. La representación del recurso está completamente desacoplada de como se almacena.

La arquitectura REST es ampliamente usada junto con HTTP (término que proviene del inglés Hypertext Transfer Protocol). Los verbos que se definen en HTTP actúan sobre recursos: por ejemplo, con el verbo GET se puede obtener una representación del recurso y con el POST crear uno nuevo.

- **Integración basada en eventos:** en la integración basada en eventos, un servicio publica un evento cuando sucede algo relevante. Al evento se suscriben aquellos componentes que deben reaccionar al evento producido. Para hacer llegar los eventos a sus consumidores se debe mantener una nueva infraestructura, como puede ser una cola basada en mensajes.



Figura 2.5: Ejemplo de integración basada en eventos con un contenedor de RabbitMQ. [3]

Un bróker de mensajería es un patrón arquitectónico para la validación, la transformación y el enrutamiento de mensajes. RabbitMQ es un ejemplo de este patrón. En esta herramienta, el productor de un evento publica este a través de una API, donde será tramitado por el bróker para hacerlo llegar a todos los consumidores suscritos.

Tanto SOAP como REST emplean HTTP, aunque solo el segundo emplea los verbos definidos en HTTP. Existen pocas librerías para trabajar con SOAP, mientras que prácticamente cualquier lenguaje de programación contemporáneo cuenta con un cliente HTTP, con soporte para más o menos verbos. En cuanto a su rendimiento, REST es más eficiente en términos de latencia y ancho de banda consumido. [10] REST es más recomendable que SOAP para enviar grandes volúmenes de datos por ser más compacto y permitir formatos como el JSON o el binario. Sin embargo, ni uno ni otro son recomendables para trabajar en redes con latencias bajas porque emplean HTTP. En este caso, es mejor emplear directamente protocolos como TCP o UDP.

En cuanto al tercer tipo de integración, la integración basada en eventos fomenta la escalabilidad y resiliencia de los servicios y reduce el acoplamiento entre ellos. No obstante, requiere aprovisionar nuevas infraestructuras y añade complejidad a la hora de razonar sobre el sistema por ser una comunicación asíncrona. Algunas buenas prácticas para afrontar su complejidad van desde el uso efectivo de sistemas de monitorización hasta el uso de identificadores de correlación para trazar las llamadas entre servicios. [11]

2.4.2. Programación y persistencia políglotas

Como hemos comentado anteriormente, diferentes microservicios se pueden desarrollar empleando diferentes tecnologías. La base de datos que contiene los datos del servicio o la arquitectura interna del microservicio también pueden adaptarse a los requisitos del mismo. [3] La **programación políglota** se fundamenta en que diferentes lenguajes de programación son más aptos para tratar problemas específicos. Es más productivo escoger el lenguaje adecuado para un servicio concreto que tratar de buscar un lenguaje que se ajuste a los requisitos de todos.

El término también se puede extrapolar a la persistencia. La **persistencia políglota** emplea diferentes tecnologías para la persistencia en función de los datos a almacenar y de cómo estos se van a manipular. Las bases de datos relacionales no son la única opción y se deben considerar otras que escalen mejor si la aplicación recibe muchas peticiones o se quiere hacer una explotación eficiente de los datos. [5]

En ambos casos, se debe hacer balance entre los beneficios que puede aportar un diseño políglota y sus costes asociados, por ejemplo, de aprendizaje.

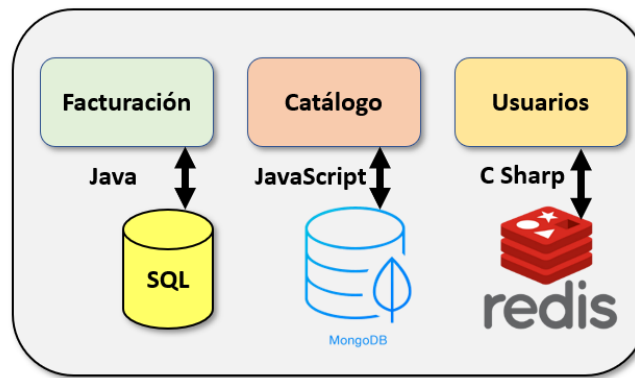


Figura 2.6: Ejemplo de sistema políglota.

2.4.3. Los microservicios y la persistencia de datos

2.4.4. Microservicios en la interfaz de usuario

2.5 Los microservicios en la fase de pruebas

2.6 Los microservicios en la fase de despliegue

2.7 Los microservicios en la fase de mantenimiento

2.8 Ventajas del desarrollo de software basado en microservicios

2.9 Inconvenientes del desarrollo de software basado en microservicios

2.10 Comparación con otras arquitecturas

CAPÍTULO 3

Conclusiones

????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ?????????????? ??????????????

Bibliografía

- [1] David Ameller, Claudia Ayala, Jordi Cabot, and Xavier Franch. Non-functional Requirements in Architectural Decision Making. *IEEE SOFTWARE*, 2013.
- [2] Ali Arsanjani, Grady Booch, Toufic Boubez, Paul C. Brown, David Chappell, John DeVadoss, Thomas Erl, Nicolai Josuttis, Dirk Krafzig, Mark Little, Brian Loesgen, Anne Thomas Manes, Joe McKendrick, Steve Ross-Talbot, Stefan Tilkov, Clemens Utschig-Utschig, and Herbjörn Wilhelmsen. SOA Manifesto. *SOAManifesto*, 2009.
- [3] Cesar De la Torre, Bill Wagner, and Mike Rousos. *Microservicios .NET: Arquitectura para Aplicaciones .NET Contenerizadas*. Microsoft Corporation, 2 edition, 2018.
- [4] João M. Fernandes and Ricardo J. Machado. *Requirements in Engineeng Projects*. Springer, 2016.
- [5] Martin Fowler. PolyglotPersistence, 2011.
- [6] Martin Fowler. BoundedContext, 2014.
- [7] Seth Gilbert and Nancy Lynch. Perspectives on the CAP Theorem. *Computer*, 45(2):30–36, feb 2012.
- [8] James Lewis and Martin Fowler. Microservices, 2014.
- [9] Robert C. Martin. *Clean Architecture: A Craftsman’s Guide to Software Structure and Design*. Prentice Hall, 2017.
- [10] Gavin Mulligan and Denis Gračanin. A COMPARISON OF SOAP AND REST IMPLEMENTATIONS OF A SERVICE BASED INTERACTION INDEPENDENCE MIDDLEWARE FRAMEWORK. Technical report, 2009.
- [11] Sam Newman. *Building Microservices*. O’Reilly, 2015.
- [12] Mark Richards. *Microservices AntiPatterns and Pitfalls*. O’REILLY, 2016.
- [13] IEEE COMPUTER SOCIETY. *Guide to the Software Engineering - Body of Knowledge*. 2014.
- [14] International Standard. ISO 25010. 2010, 2010.
- [15] Vaughn Vernon. *Implementing Domain-Driven Design*. Addison-Wesley Professional, 2013.
- [16] Wikipedia. Service (systems architecture).

APÉNDICE A

Configuración del sistema

???? ????????????? ????????????? ????????????? ????????????? ?????????????

A.1 Fase de inicialización

???? ????????????? ????????????? ????????????? ????????????? ?????????????