



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica  
Superior d'Enginyeria  
Informàtica

Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Informàtica  
Universitat Politècnica de València

# **Diseño e implementación de un proxy inverso para una arquitectura de microservicios**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

Grado en Ingeniería Informática

*Autor:* Alejandro Carrión Sanmartín

*Tutor:* Patricio Letelier Torres

Curso 2020-2021



# Resumen

????

**Palabras clave:** ?????, ???

---

# Resum

????

**Paraules clau:** ????, ?????????

---

# Abstract

????

**Key words:** ?????, ?????

---

# Índice general

Índice general	IV
Índice de figuras	V
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1 Motivación	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Estructura del documento	3
<b>2 Estado del arte</b>	<b>5</b>
2.1 API Gateway	5
2.2 NGINX	6
2.3 Apache HTTPD	6
2.4 YARP	6
2.5 Ocelot	6
2.6 Comparativa	7
2.7 Tecnología utilizada	7
2.7.1 Ejemplo de uso básico	7
<b>3 Desarrollo de la solución</b>	<b>13</b>
3.1 Especificación de requisitos	13
3.1.1 Diagrama de casos de uso	13
3.1.2 Pruebas de aceptación	13
3.2 Diseño	13
3.2.1 Diagrama de componentes	13
3.2.2 Diagrama de clases	13
3.3 Programación	14
3.3.1 Construcción de prototipos	14
3.3.2 Consolidación del microservicio autogenerado	14
3.3.3 Primeros despliegues	14
3.4 Pruebas	15
3.4.1 Pruebas de regresión	15
3.4.2 Pruebas finales	15
<b>4 Conclusiones</b>	<b>17</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>19</b>

# Índice de figuras

---

1.1	Esquema de un <i>proxy</i> frente a un <i>proxy</i> inverso. Imágenes de <a href="https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-proxy-inverso">https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-proxy-inverso</a> .	2
1.2	Arquitectura de microservicios básica frente a una con <i>proxy</i> inverso. Imágenes de <a href="https://www.adictosaltrabajo.com/2020/05/27/introduccion-al-api-gateway-pattern">https://www.adictosaltrabajo.com/2020/05/27/introduccion-al-api-gateway-pattern</a> .	
2.1	Creación de un proyecto web vacío.	8
2.2	Solución proyecto.	9
2.3	Instalación del NuGet de YARP.	9
2.4	Clase <i>Startup</i> .	9
2.5	Fichero <i>appsettings</i> .	10
2.6	Servicios preparados.	10
2.7	Consulta Postman.	11
2.8	Servicios con consultas hechas.	11



---

# CAPÍTULO 1

## Introducción

---

La automatización de los despliegues de programas, combinada o no con el uso de arquitecturas de microservicios, es una práctica en auge hoy en día en el mundo del desarrollo de software. Prácticas de DevOps tales como la entrega continua son cada vez más utilizadas con el fin de acortar tiempos en el ciclo de vida del desarrollo de sistemas y facilitar así su construcción, además de sistematizar los despliegues para poder llevarlos a cabo de manera sencilla.

Por otro lado, el uso de arquitecturas de microservicios ya está consolidado hoy en día en el mundo del desarrollo de *software*. Esta consiste en la construcción de servicios independientes, ejecutados en procesos diferentes, que se encargan de realizar funciones concretas y que trabajan de forma conjunta para lograr el objetivo u objetivos globales de la aplicación que constituyen. Los beneficios que otorga este enfoque frente a la aproximación tradicional monolítica son muchos y muy variados. Algunos de ellos son:

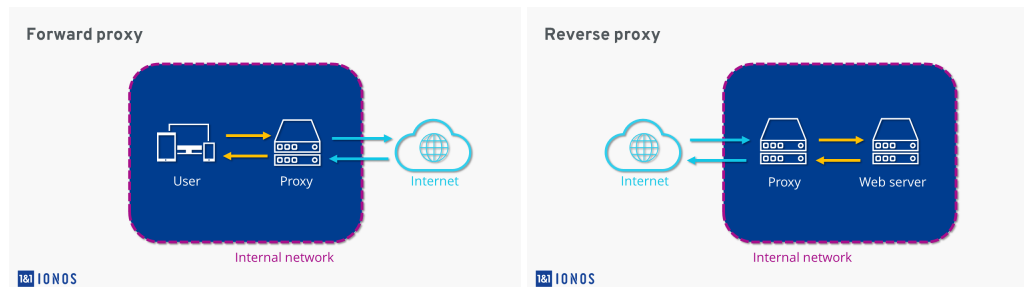
- **Uso de diferentes tecnologías.** Cada microservicio puede estar construido con una tecnología diferente y puede utilizar distintos mecanismos de persistencia.
- **Maniobrabilidad en los despliegues.** Ante cualquier cambio no es necesario desplegar la aplicación entera, solamente los microservicios implicados.
- **Tolerancia a fallos.** La posibilidad de desplegar la aplicación de forma que quede repartida en diferentes máquinas, incluso duplicando microservicios, otorga cierta capacidad para tolerar fallos.
- **Escalabilidad y mantenibilidad.** Los microservicios, y la separación funcional que otorgan, facilitan el escalado de las diferentes partes de la aplicación de manera independiente. Lo mismo sucede con el mantenimiento, pudiendo crear equipos especializados.

Se puede obtener más información acerca de los microservicios en el artículo de James Lewis y Martin Fowler titulado "*Microservices*" [1]. Para una lectura con más profundidad, el libro "*Building Microservices*" [2] de Sam Newman.

Por contra, este tipo de arquitecturas aumentan la complejidad del desarrollo en algunos aspectos concretos como pueden ser el versionado de los microservicios o la coordinación de las comunicaciones entre ellos. Es aquí donde entra este trabajo, pues está enfocado a paliar otra de sus desventajas: la exposición de múltiples puntos de entrada al *backend* formado por los microservicios. Para ello, se pretende desarrollar un *proxy* inverso que sea su puerta de acceso.

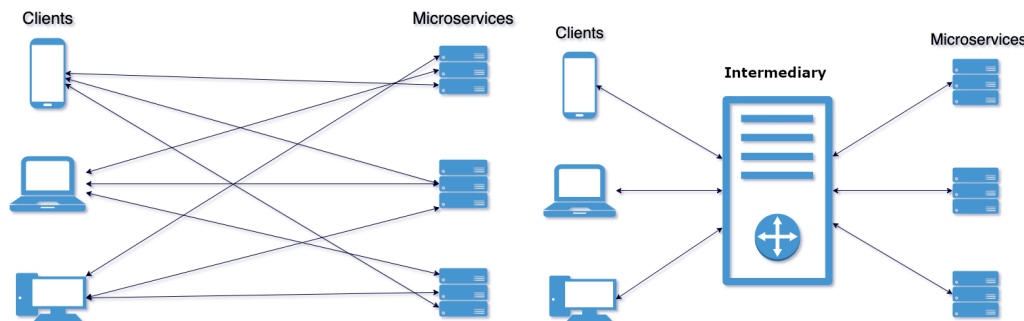
Para comprender correctamente que es un *proxy* inverso es conveniente ver su relación con su patrón hermano: el *proxy* de reenvío, o *proxy* a secas. Un *proxy* es un com-

ponente intermediario que se encarga de proteger una red cliente haciendo que estos clientes no tengan comunicación directa con los servidores a los que se conectan a través de Internet. Por otro lado, un *proxy* inverso hace la misma función pero protegiendo a un grupo de servidores, ocultándolos así de sus clientes. Ambos pueden coexistir, de hecho suelen hacerlo. Para ilustrar mejor esta diferencia, la figura 1.1 presenta un esquema conceptual de un *proxy* y otro de un *proxy* inverso.



**Figura 1.1:** Esquema de un *proxy* frente a un *proxy* inverso. Imágenes de <https://www.ionos.es/digitalguide/servidores/know-how/que-es-un-servidor-proxy-inverso>.

Como se puede inferir de las definiciones anteriores, el uso de un *proxy* inverso no queda restringido a ciertas arquitecturas, pudiéndose utilizar para ocultar el servicio o servicios que consume cualquier aplicación. Sin embargo, este componente adquiere una gran importancia en el enfoque de microservicios, pues es importante no exponer estos al exterior. Además, se suele utilizar también para realizar tareas de balanceo de carga. La figura 1.2 muestra la comparativa de una arquitectura de microservicios básica y otra que utiliza el componente comentado. En la segunda se observa que con el uso de un *proxy* inverso los clientes no acceden directamente a los microservicios, ni siquiera los conocen.



**Figura 1.2:** Arquitectura de microservicios básica frente a una con *proxy* inverso. Imágenes de <https://www.adictosaltrabajo.com/2020/05/27/introduccion-al-api-gateway-pattern>.

## 1.1 Motivación

La temática del trabajo es el desarrollo y despliegue de un *proxy* inverso que actúe de intermediario entre la interfaz de usuario de la nueva aplicación en desarrollo y sus microservicios. Se pretende construir este nuevo componente porque se cree necesario proteger el *backend* de la aplicación y ocultar los microservicios que lo forman. Por otro lado, también se quiere tener la posibilidad de lanzar a ejecución múltiples instancias de los microservicios con el fin de conseguir cierta tolerancia a fallos y poder también realizar balanceo de carga.

Este proyecto surge en el contexto de una práctica en empresa. El autor ha tenido la oportunidad de formar parte del equipo de I+D+i de una empresa de desarrollo de soft-



ware enfocada al sector sociosanitario, durante un periodo de tiempo de más de un año. Esta empresa comercializa un software de gestión geriátrica y actualmente está desarrollando la nueva versión de su producto, utilizando enfoques y tecnologías de vanguardia, entre ellos: arquitecturas de microservicios, desarrollo de software dirigido por modelos y generación automática de código.

La temática comentada fue elegida debido a la estrecha relación que guarda con el desempeño del autor en las prácticas mencionadas, esto es, contribuciones a un microservicio específico destinado a orquestar el despliegue de la aplicación. Por otro lado, el desarrollo a llevar a cabo le va a otorgar una visión más global de la aplicación sobre la que se trabaja, así como aumentar el nivel de conocimiento acerca de la misma, con la motivación de seguir contribuyendo al proyecto por mucho tiempo más. Por último, la tecnología a utilizar, .NET, es de su interés y aspira así a crecer como desarrollador de ese *framework*.

## 1.2 Objetivos

---

El objetivo principal de este trabajo es construir un *proxy* inverso. La construcción de este tiene las siguientes aspiraciones sobre la aplicación en construcción:

- **Ocultar los microservicios** que forman la aplicación para que la interfaz de usuario no acceda directamente a ellos por motivos de seguridad.
- Permitir **múltiples instancias** en ejecución de los microservicios que, a su vez, tiene por finalidad:
  - Conseguir que la aplicación sea **tolerante a fallos**, gracias a la posibilidad de tener un mismo microservicio desplegado en máquinas diferentes.
  - **Aumentar la eficiencia**, al poder crear o parar instancias dinámicamente según el tráfico que reciba la aplicación.

## 1.3 Estructura del documento

---

?????



---

## CAPÍTULO 2

# Estado del arte

---

En la actualidad existen en el mercado muchas aplicaciones y servicios que se pueden utilizar como *proxy* inverso. Algunas de estas soluciones son de pago, otras gratuitas e incluso algunas de código abierto. Se pueden dividir en dos tipos: productos *software* ya contruidos y librerías. Los primeros suelen ser fáciles de configurar y se pueden poner en marcha de una manera muy rápida. Las segundas requieren una parte de programación pero se adaptan mejor a las necesidades particulares, pues permiten tener más control al usuario. A continuación se van a comentar dos herramientas de cada tipo, una de las cuales será la tecnología utilizada. También se mostrará un ejemplo básico de uso de esta.

Cabe destacar que lo habitual es hacer uso de un producto ya hecho, por lo que no es fácil encontrar librerías que permitan personalizar un *proxy* inverso, menos aún si hay que tener en cuenta la tecnología que se utiliza. En relación con esto, las librerías elegidas son para el lenguaje de programación C#, utilizado en el resto de la aplicación de la que forma parte el *proxy* inverso.

### 2.1 API Gateway

---

A modo de aparte, es interesante mencionar un patrón parecido al *proxy* inverso y que también podría haber sido utilizado para resolver el problema que atañe a este trabajo: el *API Gateway*. Ambos comparten algunos casos de uso, por lo que sus diferencias causan confusión y no suelen quedar claras. Generalmente, se entiende que un *API Gateway* es una especialización de un *proxy* inverso, proporcionando así funcionalidades extra. Las más aceptadas e importantes son:

- Interpretan los mensajes que reciben y pueden hacer transformaciones sobre ellos; los *proxy* inversos solo los redirigen donde corresponda.
- Suelen ofrecer agregaciones de peticiones, esto es, aunar dos o más llamadas al *backend* y exponer esta composición a través de un único *endpoint*.
- Realizan tareas transversales a todos los *endpoints* como autenticación, autorización o monitorización.

El patrón recién comentado fue descartado desde el primer momento porque no se quería tener la funcionalidad de ninguno de los tres puntos clave que caracterizan esta aproximación. Por este motivo, y por la búsqueda de sencillez, era más coherente decantarse por un *proxy* inverso.

---

## 2.2 NGINX

---

Originariamente NGINX [3] fue construido para ser un servidor web, como por ejemplo Apache, pero más tarde ofreció la posibilidad de actuar como *proxy* inverso, balanceador de carga o *proxy* para protocolos de correo electrónico. Desde la vertiente que interesa a este trabajo:

- Se trata de un *proxy* inverso ligero y de alto rendimiento
- Ofrece una versión gratuita y otra de pago, NGINX Plus, la cual ofrece funcionalidades extra.
- Se configura a través de un fichero el cual puede ser recargado durante su ejecución, es decir, se puede configurar dinámicamente.

---

## 2.3 Apache HTTPD

---

Apache HTTPD [4]

---

## 2.4 YARP

---

YARP [5] es una librería hecha por el propio Microsoft y su objetivo es precisamente facilitar la creación de *proxies* inversos. Sus aspectos más destacados son:

- Se encuentra todavía en desarrollo y la única versión lanzada hasta la fecha es una *preview*. Se prevé que vayan saliendo a la luz más versiones con más funcionalidades basadas en la experiencia de la propia empresa pero también en las opiniones de la gente.
- Fue diseñada para construir *proxies* inversos dentro de la propia infraestructura de Microsoft ya que en muchas áreas de la compañía necesitaban algo así.
- A raíz de la heterogeneidad de casos de uso que debe cubrir derivado del punto anterior, está pensada para ser muy personalizable y flexible.
- Permite cambiar su configuración de forma dinámica.
- La documentación propia no es corta pero tampoco excesiva. Además, su juventud hace que no se encuentren referencias o ejemplos de código fácilmente.
- Permite modificar la petición HTTP antes de redirigirla, su contenido no.

---

## 2.5 Ocelot

---

Ocelot [6] es una librería para .NET Core que permite a una aplicación de ese *framework* actuar como *API Gateway*. Posee las características siguientes:

- Está pensada para arquitecturas orientadas a servicios o a microservicios.
- Al tratarse de una librería, se utiliza de forma sencilla añadiéndola como un paquete NuGet más.

- Su configuración es muy básica, teniendo que especificarla en un fichero Json.
- No permite cambiar su configuración de manera dinámica.

## 2.6 Comparativa

---

Precio, API Gateway, Reverse proxy, documentación, previa configuración, configuración, posibilidad de extensión, recarga de configuración dinámica.

## 2.7 Tecnología utilizada

---

Primero de todo, la tecnología utilizada es .NET, más concreto, el lenguaje de programación C# y el entorno de desarrollo habitual para él, Visual Studio, en la versión del 2019. Como se comenta en la introducción de este capítulo, la aplicación en la cual se incluye el *proxy* inverso está construida con ese *framework*, por lo que se quiso mantener ese aspecto también en el nuevo componente.

Por otro lado, se ha utilizado YARP para construir el *proxy* inverso. La aplicación sobre la que se trabaja posee un mecanismo de despliegue automático muy particular por lo que la flexibilidad y capacidad de adaptación que ofrece esta librería son muy adecuadas para integrar el *proxy* inverso con dicho proceso. Si se hubiera utilizado un producto ya hecho, no se hubiera podido conseguir un nivel alto de cohesión y se hubieran tenido que abordar problemas de integración.

Por último, se ha utilizado Postman [7] para realizar consultas de prueba al *proxy* inverso y comprobar su funcionamiento. Postman es una herramienta gratuita que permite hacer justo lo que se ha descrito. Se trata de un cliente para peticiones HTTP REST que se utiliza para probar de manera sencilla servicios web y así agilizar su desarrollo.

### 2.7.1. Ejemplo de uso básico

Una vez comentado la elección que finalmente se hizo y el porqué, se va a introducir un ejemplo de uso básico de YARP para dar una visión general de lo que es capaz de hacer esta librería. De este modo, también será más fácil comprender el funcionamiento del *proxy* inverso desarrollado.

En líneas generales, empezar a utilizar Yarp no es nada difícil, en un par de horas se puede llegar a tener un *proxy* inverso sencillo funcionando, si bien utilizar características más avanzadas o personalizarlo en función de las necesidades particulares es más complejo.

Para empezar, se crea un proyecto web básico de .NET, tal y como se observa en la figura.

Se puede configurar a través de código pero requiere algo más de trabajo y en esta demostración no se va a utilizar por simplicidad.

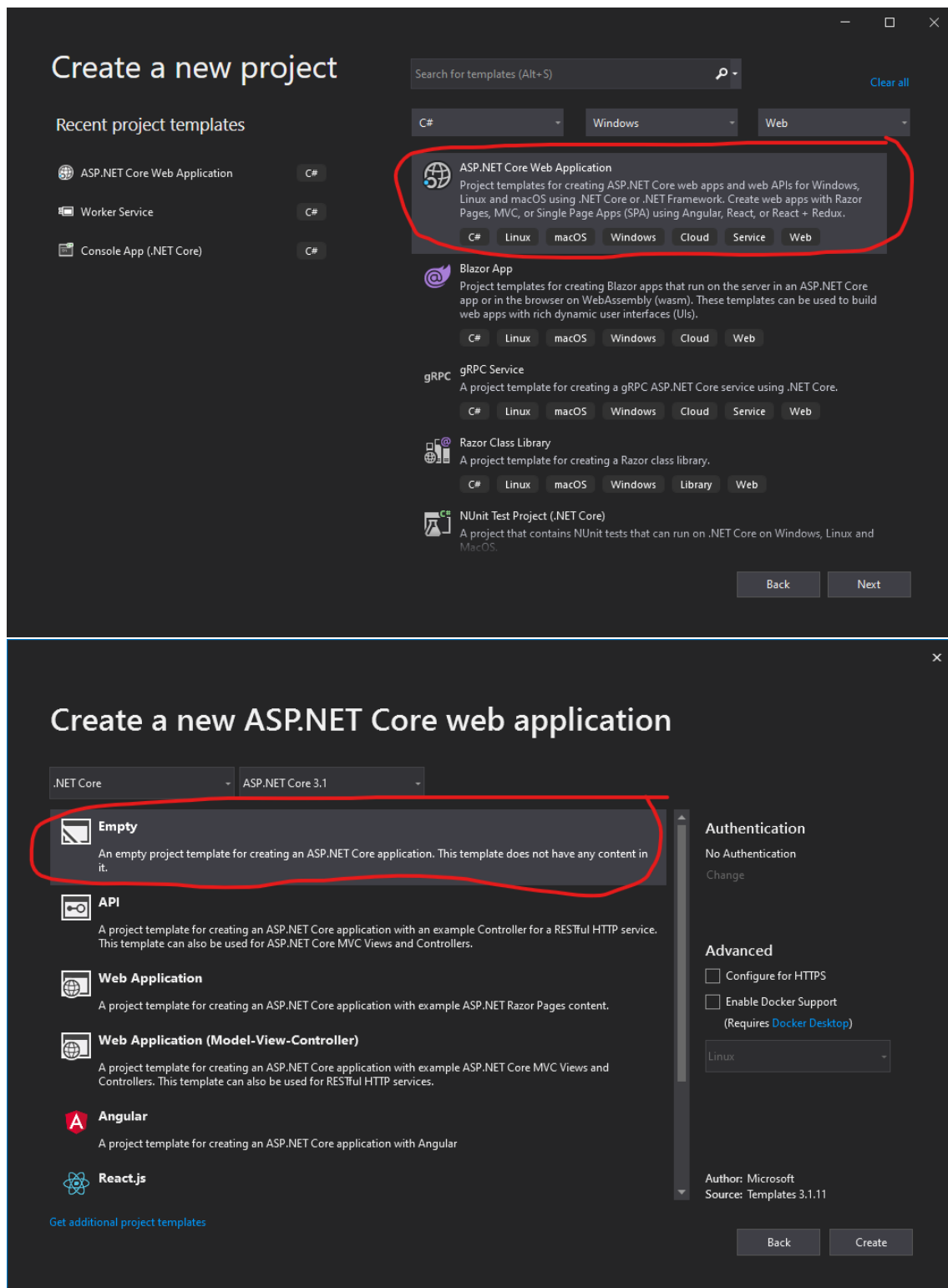


Figura 2.1: Creación de un proyecto web vacío.

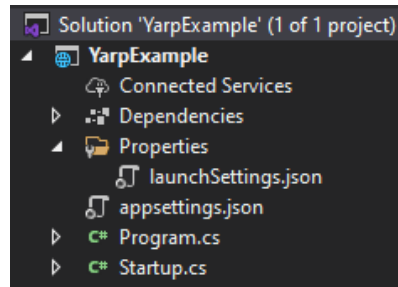


Figura 2.2: Solución proyecto.

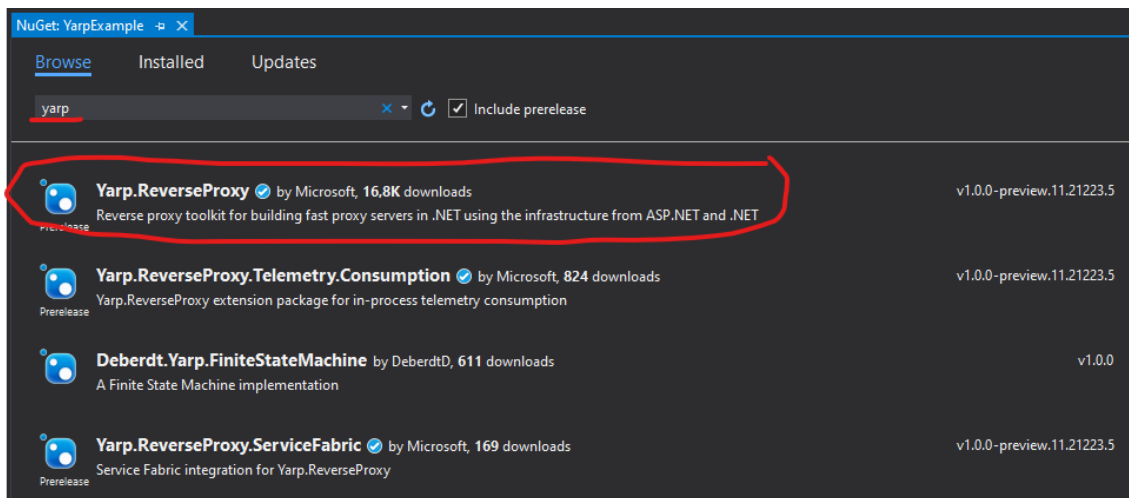


Figura 2.3: Instalación del NuGet de YARP.

```
public class Startup
{
    2 references
    public IConfiguration Configuration { get; }

    0 references
    public Startup(IConfiguration configuration)
    {
        Configuration = configuration;
    }

    0 references
    public void ConfigureServices(IServiceCollection services)
    {
        IReverseProxyBuilder proxyBuilder = services.AddReverseProxy();
        proxyBuilder.LoadFromConfig(Configuration.GetSection("ReverseProxy"));
    }

    0 references
    public void Configure(IApplicationBuilder app, IWebHostEnvironment env)
    {
        app.UseRouting();

        app.UseEndpoints(endpoints =>
        {
            endpoints.MapReverseProxy();
        });
    }
}
```

Figura 2.4: Clase *Startup*.

```
"ReverseProxy": {
  "Routes": {
    "locationRoute": {
      "ClusterId": "locationCluster",
      "Match": {
        "Path": "**catch-all"
      }
    }
  },
  "Clusters": {
    "locationCluster": {
      "Destinations": {
        "locationCluster_firstDestination": {
          "Address": "http://localhost:5001"
        },
        "locationCluster_secondDestination": {
          "Address": "http://localhost:5002"
        }
      }
    }
  }
}
```

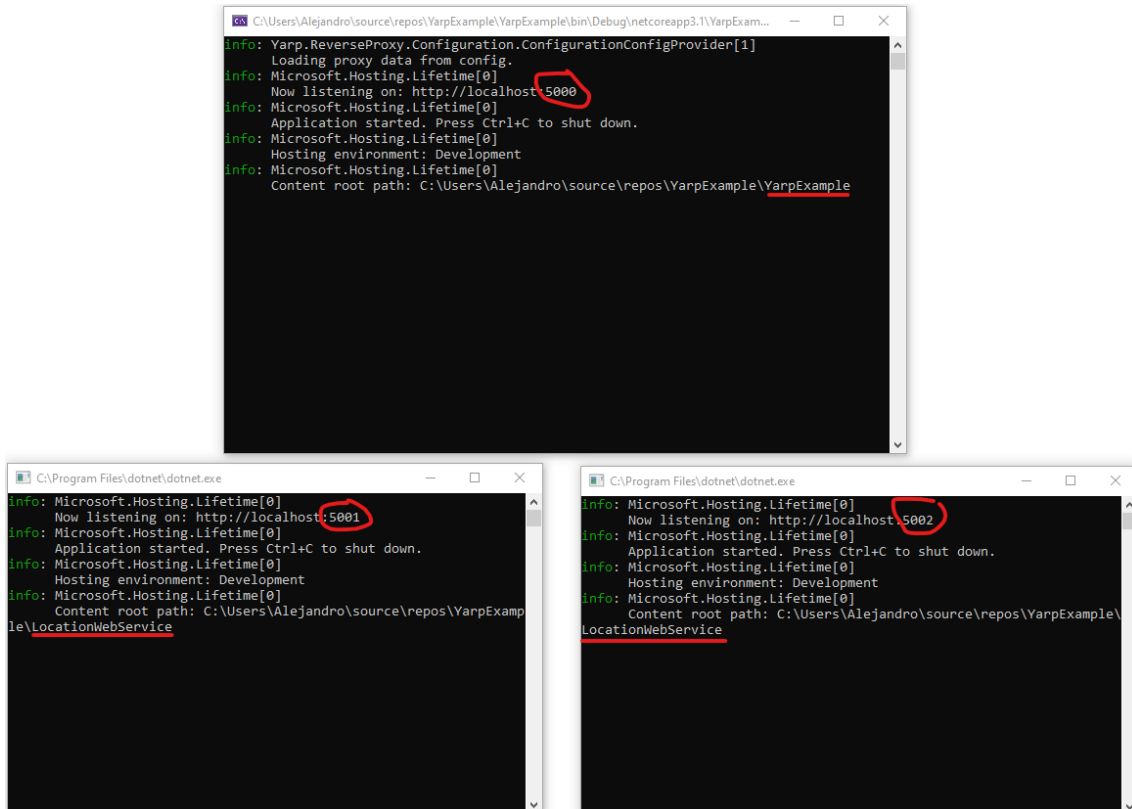
Figura 2.5: Fichero *appsettings*.

Figura 2.6: Servicios preparados.



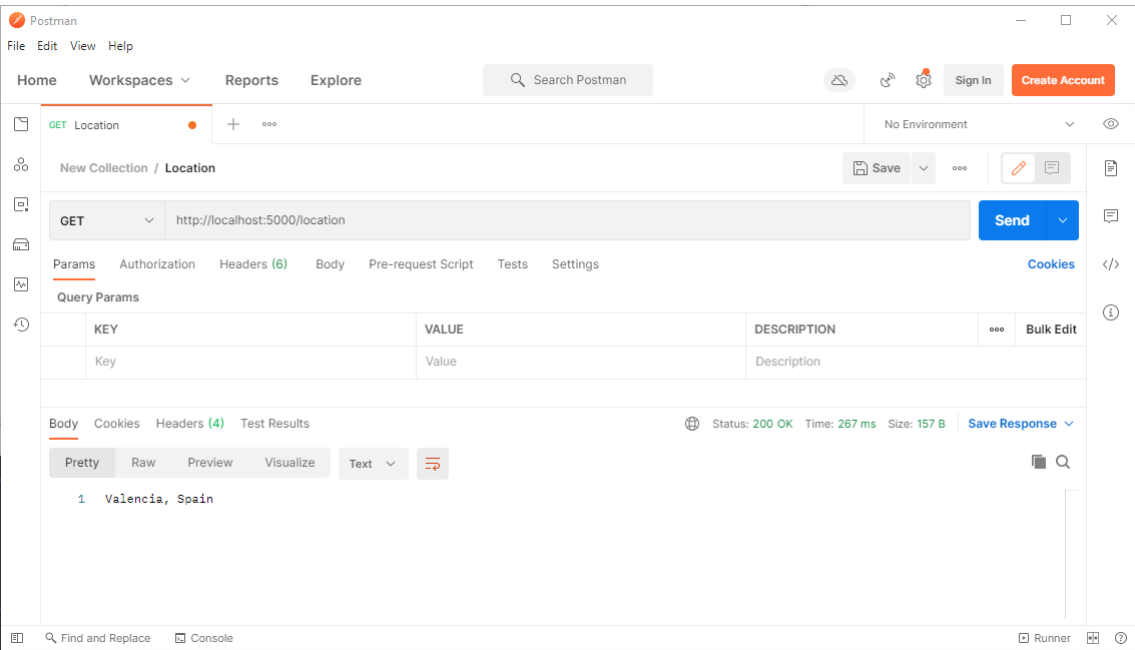


Figura 2.7: Consulta Postman.

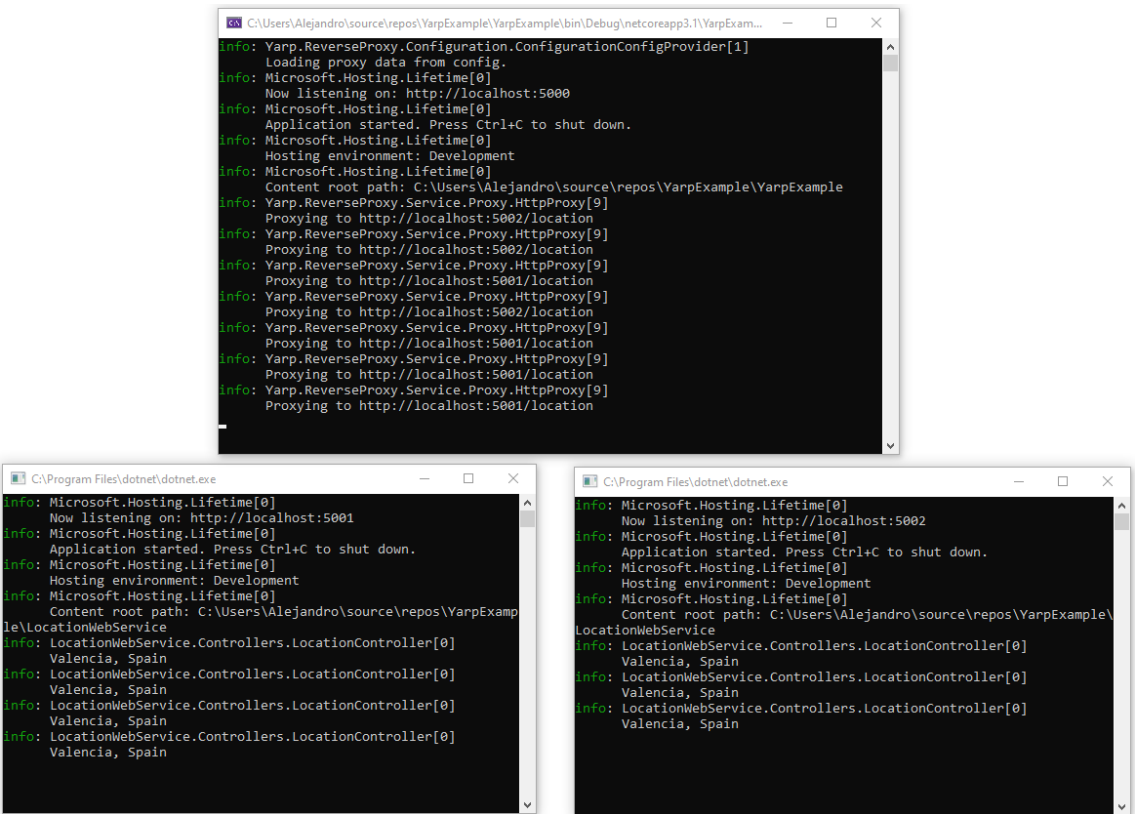


Figura 2.8: Servicios con consultas hechas.



---

## CAPÍTULO 3

# Desarrollo de la solución

---

?????

### 3.1 Especificación de requisitos

---

- Redirección de peticiones
- Carga dinámica de rutas
- Eliminación de rutas
- Instancia múltiple de microservicios
- Versionado de microservicios

#### 3.1.1. Diagrama de casos de uso

?????

#### 3.1.2. Pruebas de aceptación

?????

### 3.2 Diseño

---

?????

#### 3.2.1. Diagrama de componentes

?????

#### 3.2.2. Diagrama de clases

?????

### 3.3 Programación

---

Para la construcción del *proxy* inverso que protagoniza este trabajo se ha seguido una serie de pasos que se van a comentar a continuación.

#### 3.3.1. Construcción de prototipos

El desarrollo comenzó con la elaboración de dos prototipos de microservicio con la funcionalidad mínima para redirigir peticiones. Estos prototipos tenían la misión de demostrar si era posible seguir la estructura general de todos los microservicios de la aplicación, con gran parte del código generado a partir de modelos. Precisamente este código autogenerado es lo que generaba ciertas dudas con lo referente al rendimiento final, el cual se podía ver perjudicado debido a un código menos específico y más genérico, así como a un exceso de características innecesarias para el caso en cuestión pero que sí debían poseer el resto de microservicios.

El primero de los prototipos se hizo lo más simple posible, es decir, con la lógica justa y necesaria para desempeñar su trabajo y sin seguir ninguna estructura concreta. El segundo, fue construido utilizando las mismas herramientas con las que fueron construidos el resto de microservicios de la aplicación, esto es, generación de código a partir de modelos. Cabe destacar que, para no realizar esfuerzos en vano sin saber qué prototipo iba a ser la opción elegida, se dejaron algunos detalles correspondientes a la generación de código pendientes. Esto se debe a que el proceso de generación de código no se adaptaba al cien por cien a las necesidades del nuevo microservicio.

Una vez construidos los prototipos, se procedió a medir el impacto de seguir la norma para decidir qué prototipo desechar y con cuál seguir adelante.

Los resultados de las mediciones fueron claros: ambos prototipos tenían un rendimiento casi idéntico. De esta forma, se decidió continuar con la versión autogenerada.

#### 3.3.2. Consolidación del microservicio autogenerado

Una vez elegida la opción de seguir el estándar, hubo que resolver los aspectos de la generación de código que no quedaron resueltos. Así pues, se tuvo que modificar algunas plantillas de código a partir de las cuales se generan los microservicios. Por otro lado, también fue necesario abordar otros problemas derivados de seguir el patrón de microservicio estándar.

#### 3.3.3. Primeros despliegues

A estas alturas del desarrollo ya se tenía una primera versión del *proxy* inverso perfectamente funcional pero antes de llevar a cabo los primeros despliegues había que adaptarlo al proceso de despliegue que se seguía hasta el momento. La interfaz de usuario de la aplicación se conectaba directamente a los microservicios por lo que hizo falta interponer el nuevo componente entre ella y el *backend*.

Más tarde, se hizo que los propios microservicios utilizaran el *proxy* inverso para comunicarse entre ellos.

El único microservicio que no se pudo reemplazar fue el de autorización porque tenía una dirección específica, configurada a través del DNS.

Como paso previo a incluir el *proxy* inverso al proceso de despliegue primero se hicieron pruebas de manera local. Se desplegó el *proxy* inverso en una máquina a parte y se le

cargó con rutas que apuntaban a los microservicios ya desplegados para que la interfaz de usuario lo utilizara. Se comprobó que todo funcionaba correctamente.

Un problema que surgió fue el de los timeouts. Dos microservicios tenían un timeout muy grande debido al elevado coste de sus peticiones. El *proxy* inverso cortaba las llamadas antes de que terminaran. Al final esto resultó culpa de *YARP*, que tiene un timeout por defecto de 100 segundos. La solución fue aumentar el timeout para las peticiones que se dirigen a los microservicios en cuestión. Para ello, fue necesario añadir un parámetro opcional para el timeout en la creación de rutas. De esta forma se permite la personalización del timeout en función de la ruta que se utilice.

## 3.4 Pruebas

---

Para comprobar el correcto funcionamiento del *proxy* inverso se han realizado dos tipos de pruebas: unas más sencillas, hechas cada vez que se producía un incremento considerable de funcionalidad, y otras más formales, al final del proyecto.

### 3.4.1. Pruebas de regresión

Se trata de una serie de comprobaciones definidas formalmente que han servido para verificar que las funcionalidades anteriormente implementadas no dejaban de funcionar al añadir nuevas.

### 3.4.2. Pruebas finales

Con el propósito de garantizar la corrección del comportamiento del producto *software* desarrollado se llevaron a cabo pruebas finales. A las pruebas de regresión anteriormente comentadas se les añade...



---

## CAPÍTULO 4

# Conclusiones

---

Decir que los objetivos se han cumplido.

En un futuro se puede querer extender la funcionalidad y convertirlo en un API *Gateway*.





# Bibliografía

---

- [1] Artículo de J. Lewis y M. Fowler acerca de los microservicios. Disponible en:  
<https://martinfowler.com/articles/microservices.html>
- [2] Libro de referencia sobre microservicios Sam Newman Building Microservices
- [3] Sitio oficial de NGINX:  
<https://www.nginx.com>
- [4] ¿Cómo utilizar Apache HTTPD como proxy inverso?:  
[https://httpd.apache.org/docs/trunk/es/howto/reverse\\_proxy.html](https://httpd.apache.org/docs/trunk/es/howto/reverse_proxy.html)
- [5] Sitio oficial de YARP:  
<https://microsoft.github.io/reverse-proxy>
- [6] Sitio oficial de Ocelot:  
<https://threemammals.com/ocelot>
- [7] Sitio oficial de Postman:  
<https://www.postman.com>