



Universidad de Valladolid

Escuela de Ingeniería Informática

TRABAJO FIN DE GRADO

Grado en Ingeniería Informática
Mención en Ingeniería de Software

Gestión de diálogos en asistentes virtuales para la difusión de información

Autor:

D. David Díez Poza

Tutor:

D. Jesús M. Vegas Hernández

Resumen

El presente documento recoge el desarrollo de un asistente virtual dedicado a la difusión de información. Este tipo de asistentes permiten la interacción con el usuario mediante comandos de voz. El sistema recogerá información de varias fuentes (AEMET, ayuntamientos, diputación de Valladolid...) y la pondrá a disposición de los usuarios.

El objetivo principal de este proyecto es el desarrollo de un sistema que gestione los diálogos que llevará a cabo el asistente. Para la realización de este proyecto se estudian, además, las tecnologías detrás de estos asistentes.

Abstract

This document describes the development of a virtual assistant dedicated to information broadcasting. These types of assistants allow user interaction through voice commands. The system will collect information from various sources (AEMET, town councils, Valladolid council...) and will make it available to users.

The main goal of this project is the development of a system that manages the dialogues that the assistant will carry out. To carry out this project, the technologies behind these assistants are also studied.

Índice general

1. Introducción y objetivos	5
1.1. Resumen de objetivos	5
2. Estado del arte	7
2.1. Asistentes virtuales	7
2.2. Componentes de un asistente virtual	7
3. Desarrollo	11
3.1. Planificación	11
3.1.1. Seguimiento del proyecto	11
3.1.2. Presupuesto	12
3.2. Análisis	13
3.2.1. Requisitos Funcionales	13
3.2.2. Requisitos No-Funcionales	14
3.2.3. Casos de uso	14
3.3. Diseño	16
3.3.1. Diálogos	16
3.3.2. Skill	19
3.3.3. Controlador	24
3.3.4. Servidor	29
3.3.5. Despliegue	30
3.4. Implementación	32
3.5. Pruebas	33
3.5.1. Pruebas del asistente	33
3.5.2. Pruebas del servidor	35

4. Conclusiones y trabajo futuro	37
4.1. Trabajo futuro	37
Bibliografía	39
A. Documentos anexos	41
B. Sistema	43
B.1. Dependencias externas	43
B.1.1. Entorno del servidor	43
B.1.2. Entorno del asistente	43
B.2. Instalación	43
B.3. Ejecución	44
C. Tarjeta de sonido	45
C.1. Instalación	45
C.2. Configuración	45
D. Mycroft	47
D.1. Lenguaje	47
E. Estructura de datos generada por el servidor	49

1 | Introducción y objetivos

La forma más común en la que los usuarios interactúan con los sistemas informáticos de uso cotidiano es mediante interfaces gráficas. Sin embargo, a lo largo de los últimos diez años han ido surgiendo otros sistemas, los asistentes virtuales, que permiten la interacción mediante el uso de comandos de voz. El objetivo de estos asistentes es proporcionar una forma natural de realizar ciertas tareas cotidianas.

A lo largo del desarrollo del Grado en Ingeniería Informática no se ha profundizado en este tipo de interacción y esta una de las motivaciones del proyecto: aprender sobre la arquitectura de los sistemas de interacción por voz.

Para el alcanzar los objetivos de este proyecto se desarrollará un asistente virtual que permita el fácil acceso a la información en entornos rurales.

El principal objetivo es el desarrollo del sistema de diálogo que de soporte a este asistente. Es importante también que se garantice la privacidad de los usuarios.

Con carácter secundario, se trata de construir un prototipo que pueda ser mostrado a la Diputación de Valladolid. De este modo, inicialmente, se pretendía integrar este sistema de diálogo con otro proyecto encargado del desarrollo del sistema de gestión y recopilación de la información a la que tendrían acceso los asistentes.

Ante la no disponibilidad de este otro proyecto se han desarrollado también, a menor escala, los subsistemas necesarios para la demostración de proyecto en su conjunto. El objetivo es, por tanto, desarrollar la funcionalidad mínima de estos subsistemas para que el sistema total sea funcional, ya que estos serán sustituidos en un futuro por el proyecto antes mencionado.

1.1. Resumen de objetivos

- Desarrollar un sistema que gestione las conversaciones con el asistente virtual.
- Investigar sobre el funcionamiento de los asistentes virtuales.
- Estudiar cómo se diseñan los diálogos en un asistente virtual.
- Garantizar la privacidad de los usuarios.
- Construir un prototipo del asistente que pueda ser mostrado a la Diputación.

2 | Estado del arte

En este capítulo se realiza un recorrido por los asistentes virtuales más conocidos y se profundiza en la estructura genérica de estos sistemas.

2.1. Asistentes virtuales

Un asistente virtual es un agente software que realiza tareas o proporciona servicios a partir de órdenes o preguntas que se le proporcionan. Estas órdenes pueden ser escritas o habladas. En este proyecto nos centraremos en aquellos asistentes virtuales basados en comandos por voz.

Los asistentes más conocidos son Alexa de Amazon, Google Assistant y Siri de Apple. De estos el más extendido en cuanto a su uso es Amazon Alexa, seguido por el asistente de Google y muy por detrás, Siri. En el mercado estadounidense [2] un 69.7% de usuarios utilizan un producto basado en la tecnología de Amazon, mientras que el 31.7% se decantan por Google. En la figura 2.1 podemos observar la evolución y previsión de uso de estos dispositivos en los últimos años.

Otro estudio [3][4] apunta también a Alexa como el producto con más impacto en la industria, seguido de cerca también por Google. El resto de asistentes, incluido Siri, quedan muy por detrás.

Un punto a destacar cuando se habla de asistentes virtuales es la privacidad de los usuarios. El problema de los asistentes mencionados es que detrás de ellos están compañías cuyos principales objetivos son comerciales o publicitarios. No hay una garantía real del uso que se dé a los datos obtenidos de los usuarios mediante el uso de estos asistentes.

Por ello hay que destacar también otras iniciativas de código abierto en las que alguno de sus pilares principales se halle la privacidad. Entre esos cabe destacar Mycroft.AI y OVAL, una iniciativa de la Universidad de Stanford [7].

Para desarrollar este proyecto se ha elegido el sistema de Mycroft.AI, ya que es de código abierto y hace hincapié en la privacidad.

2.2. Componentes de un asistente virtual

A continuación se profundiza en la estructura de la tecnología tras estos asistentes virtuales desde la perspectiva de Mycroft [6].

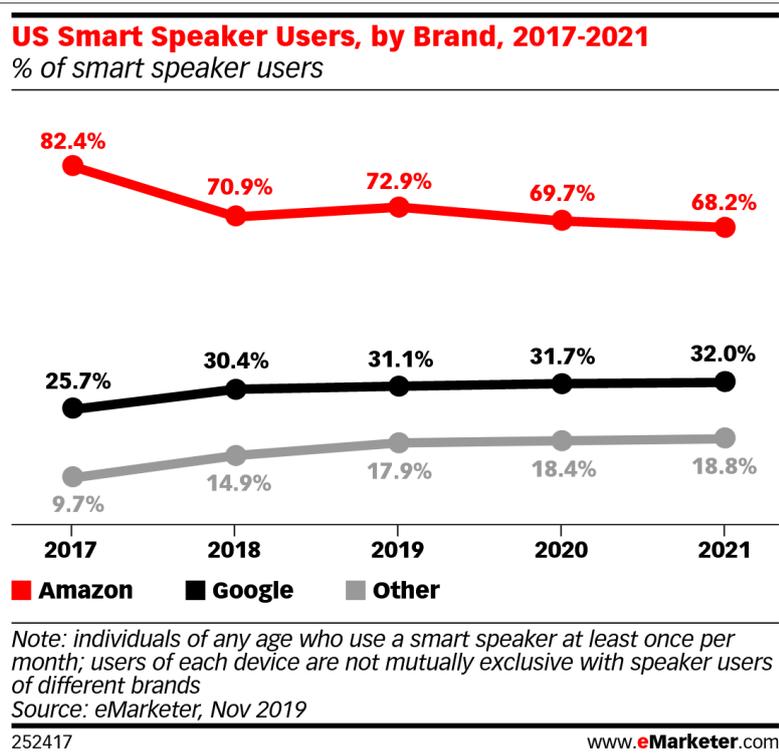


Figura 2.1: Evolución y previsión de uso de altavoces inteligentes en Estados Unidos

Detección de la palabra de activación

La “palabra de activación” es una frase para indicar al dispositivo que se va a emitir un comando. Mycroft puede utilizar dos sistemas:

- PocketSphinx: ligero y basado en “speech-to-text”, pero entrenado para habla inglesa.
- Precise: es una red neuronal entrenada mediante audio. Se basa por tanto en el sonido y no importa el idioma.

Speech to Text (STT)

Software que transforma la voz en oraciones textuales. Mycroft utiliza actualmente Google STT, aunque está trabajando junto a Mozilla en DeepSpeech, que es de código abierto. Sin embargo, todavía no está listo para producción. Para proporcionar una capa adicional de privacidad, las peticiones STT pasan por los servidores de Mycroft. Esto evita que Google asocie las grabaciones de audio a alguna identidad.

Analizador de intención (intent parser)

Este componente toma la salida textual del sistema STT y trata de identificar la intención del usuario a partir de la misma. Mycroft dispone de dos analizadores:

- Adapt: funciona con grupos limitados de palabras y es, por tanto, adecuado para aplicaciones con un vocabulario limitado. Es ligero, por lo que es adecuado para sistemas con recursos limitados.

- Padatious: basado en una red neuronal, se entrena con oraciones completas. Permite crear Intents (intenciones) de forma más sencilla.

Text to Speech

Parte de texto escrito, por ejemplo de un fichero, y utilizando una “voz” lo transforma en sonido. Mycroft dispone por defecto de:

- Mimic: ligero y rápido. Aunque la voz puede sonar robótica, se puede sintetizar en el propio dispositivo.
- Mimic2: la voz es más natural, pero requiere más capacidad de procesamiento y por ello está basado en la nube.

Ambos se ejecutan en el propio dispositivo, sin acceso a ningún servicio externo. Por tanto, ningún tercero puede tener acceso a la información que pueda transmitir el asistente.

Permite utilizar otros, como Google TTS.

Mimic y Mimic2 no incluyen el Castellano actualmente, por lo que se hace necesario utilizar Google TTS.

Skills

Son los plugins que permiten añadir más funcionalidad al sistema. La parte que comprende la interacción con el usuario en este proyecto está definida mediante una de estas Skills.

Middleware

Consta de:

- Mycroft Core: es el software que interconecta el resto de componentes anteriormente mencionados.
- Mycroft Home y API de Mycroft: plataforma en la que se almacenan datos de dispositivos y de usuarios. Proporciona servicios de abstracción, como por ejemplo almacenamiento de claves de API para el acceso a servicios de terceros.

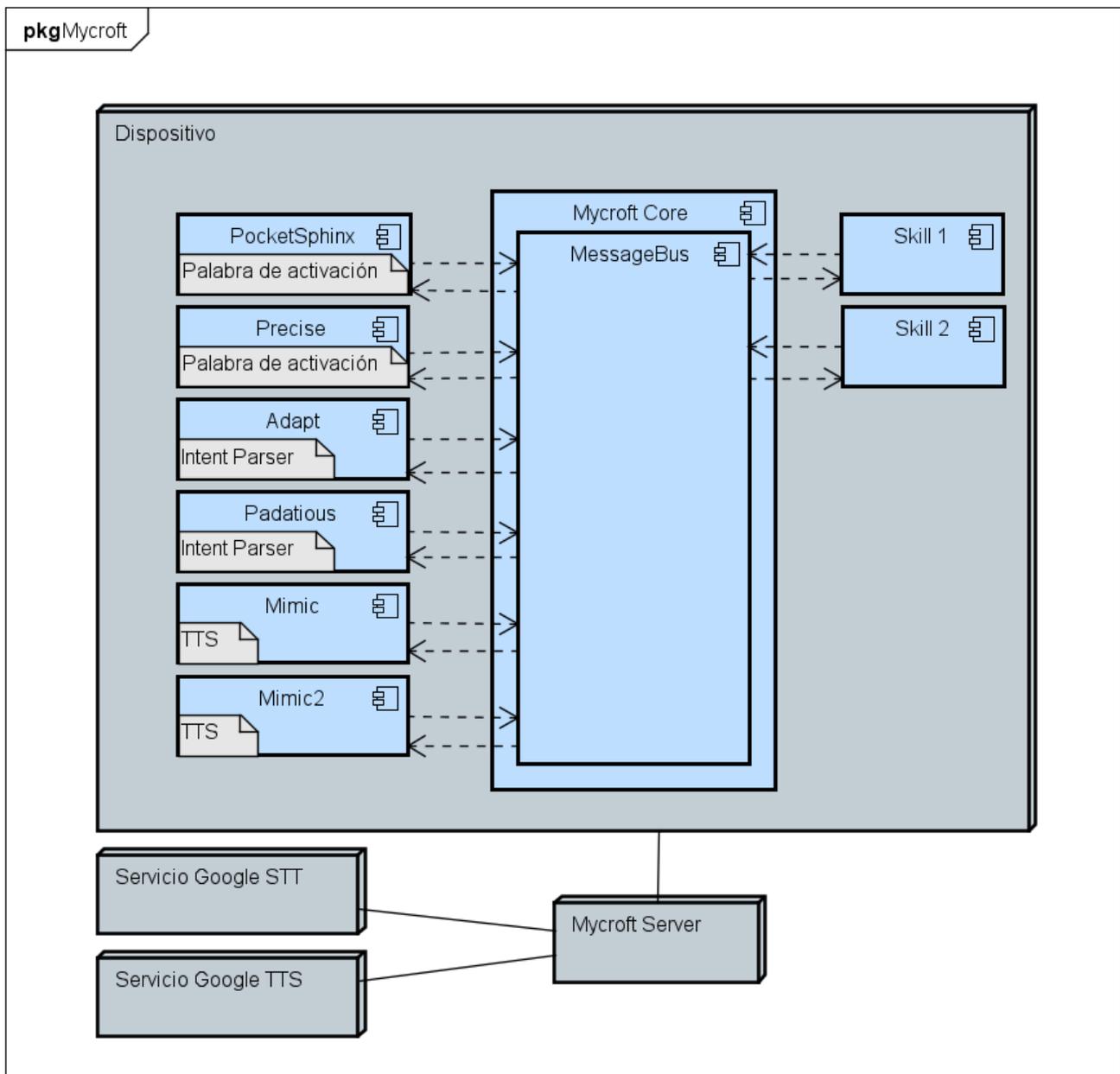


Figura 2.2: Componentes de un asistente virtual (Mycroft)

3 | Desarrollo

3.1. Planificación

El proyecto comenzó a finales de Febrero. Debido a los desajustes producidos por el COVID-19 y a la no disponibilidad por la participación en otros proyectos, se produjo un hiato entre mediados de Marzo y comienzos de Julio. Debido a esto, hubo que reajustar la planificación del proyecto.

La siguiente tabla presenta el desglose de tareas y su disposición temporal.

Nombre tarea	Duración (días)	Inicio	Fin
Búsqueda de información sobre Mycroft	6	27/02/20	05/03/20
Pruebas del sistema Pycroft	13	27/02/20	16/03/20
Solución de problemas sonido	3	10/03/20	12/03/20
Elicitación de requisitos	2	21/04/20	22/04/20
Diseño del sistema	5	10/07/20	16/07/20
Implementación de una sección transversal del sistema	5	17/07/20	23/07/20
Implementación del servicio de información	2	24/07/20	27/07/20
Implementación de proveedores de información	10	28/07/20	10/08/20
Implementación de la gestión de alertas del controlador	3	31/07/20	04/08/20
Pruebas de los diálogos	5	06/08/20	12/08/20
Investigación de Flask	2	11/08/20	12/08/20
Implementación del servicio web de gestión	3	13/08/20	17/08/20
Diseño de la base de datos del servidor	1	17/08/20	17/08/20
Implementación de la persistencia del servidor	2	18/08/20	19/08/20
Elaborar la memoria	10	20/08/20	02/09/20

3.1.1. Seguimiento del proyecto

Nombre tarea	Duración prevista (días)	Duración real (días)	Inicio previsto	Inicio real	Fin previsto	Fin real
Búsqueda de información sobre Mycroft	6	6	27/02/20	05/03/20	27/02/20	05/03/20
Pruebas del sistema Pycroft	13	13	27/02/20	16/03/20	27/02/20	16/03/20

3.1. PLANIFICACIÓN

Solución de problemas sonido	3	3	10/03/20	12/03/20	10/03/20	12/03/20
Elicitación de requisitos	2	2	21/04/20	22/04/20	21/04/20	22/04/20
Diseño del sistema	5	5	10/07/20	16/07/20	10/07/20	16/07/20
Implementación de una sección transversal del sistema	5	5	17/07/20	23/07/20	17/07/20	23/07/20
Implementación del servicio de información	2	3	24/07/20	27/07/20	24/07/20	28/07/20
Implementación de proveedores de información	10	12	28/07/20	10/08/20	29/07/20	13/08/20
Implementación de la gestión de alertas del controlador	3	4	31/07/20	04/08/20	31/07/20	05/08/20
Pruebas de los diálogos	5	5	06/08/20	12/08/20	06/08/20	12/08/20
Investigación de Flask	2	2	11/08/20	12/08/20	14/08/20	17/08/20
Implementación del servicio web de gestión	3	3	13/08/20	17/08/20	15/08/20	18/08/20
Diseño de la base de datos del servidor	1	1	17/08/20	17/08/20	17/08/20	17/08/20
Implementación de la persistencia del servidor	2	3	18/08/20	19/08/20	19/08/20	21/08/20
Elaborar la memoria	10	19	20/08/20	02/09/20	22/08/20	16/09/20
Elaboración de gráficas adicionales	-	3	-	-	17/09/20	21/09/20

Durante el desarrollo del proyecto se han producido algunos desvíos en las estimaciones de tiempo de las tareas. Siendo el más notable en la elaboración de la memoria.

3.1.2. Presupuesto

A continuación se calculan los costes fijos y los costes de personal. Se considera que el salario es el de un Ingeniero Informático recién titulado.

Recurso	Coste
Raspberry Pi 3B+	40 €
ReSpeaker 2-Mics Pi HAT	10 €
Total	50 €

Cuadro 3.4: Costes fijos

Se estima que se han dedicado en torno a 295h al proyecto. Mediante Microsoft Project se ha calculado un coste del salario de alrededor de 2664 €.

El coste total del proyecto se estima en 2714 €.

3.2. Análisis

En esta sección se detallan las funciones que debe realizar el sistema, así como ciertas restricciones a la hora de desarrollarlo.

3.2.1. Requisitos Funcionales

En la siguiente tabla se recoge la relación de funciones que deberá ejercer el sistema.

ID	Descripción
RF-1	El sistema deberá recopilar información sobre el tiempo de la api de AEMET.
RF-2	El sistema deberá recopilar información sobre el Ayuntamiento mediante la iniciativa de datos abiertos del Gobierno de España.
RF-3	El sistema deberá recopilar información sobre la Diputación de Valladolid mediante la iniciativa de datos abiertos del Gobierno de España.
RF-4	El sistema deberá incluir un servicio que proporcione la información a los asistentes con una estructura consistente.
RF-5	Los asistentes deberán obtener la información proporcionada por el servicio (Definida en Requisitos de información como "Datos Total") periódicamente.
RF-6	El sistema deberá permitir configurar el período de consulta de información de los dispositivos al servidor.
RF-7	El sistema deberá permitir diálogos simples (pregunta-respuesta) entre el usuario y el asistente.
RF-8	El sistema deberá permitir diálogos complejos (cadena de preguntas y respuestas) entre el usuario y el asistente.
RF-9	El sistema deberá definir eventos con varios niveles de alerta: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nivel 0: caracteriza información que solo se proporciona cuando se pide. ▪ Nivel 1: caracteriza información de cierta importancia, que se proporciona tras comunicar otra información que se ha pedido. ▪ Nivel 2: caracteriza información de mayor importancia, que se proporciona periódicamente aunque no haya interacción con el usuario.
RF-10	El sistema deberá permitir generar alertas.
RF-11	El sistema deberá permitir registrar dispositivos (asistentes).

RF-12	El sistema deberá permitir comprobar el estado de los dispositivos (última conexión).
RF-13	El sistema deberá permitir al usuario del asistente conocer qué información hay disponible.
RF-14	El sistema deberá permitir al usuario del asistente consultar el tiempo.
RF-15	El sistema deberá permitir al usuario del asistente obtener datos del ayuntamiento.
RF-16	El sistema deberá permitir al usuario del asistente obtener datos sobre la parada del bibliobús.
RF-17	El sistema deberá permitir al usuario del asistente obtener las alertas disponibles.

Requisitos de información

La siguiente tabla recoge la información que de una forma u otra deberá almacenar el sistema.

ID	Descripción
RI-1	El sistema deberá almacenar información del municipio en el que se despliegue, en concreto: código del municipio y nombre de la localidad.
RI-2	El sistema deberá almacenar información del Ayuntamiento, en concreto: nombre, dirección, código postal, población, provincia, teléfono, fax, email, web y horario.
RI-3	El sistema deberá almacenar información sobre la parada del bibliobús, en concreto: lugar de parada, hora de llegada y hora de salida.
RI-4	El sistema deberá almacenar información sobre el tiempo diario en el municipio de despliegue, en concreto: temperatura máxima y mínima, probabilidades de precipitación, estados del cielo, velocidades y direcciones del viento, valores de humedad relativa.
RI-5	El sistema deberá almacenar información sobre las alertas, en concreto: identificador, mensaje, período de validez (fechas), horario de emisión, nivel y período de repetición en minutos.
RI-6	El sistema deberá almacenar información sobre los dispositivos (asistentes), en concreto: identificador (dirección mac de la tarjeta de red), hash del identificador y fecha y hora de la última conexión al servidor.

3.2.2. Requisitos No-Funcionales

La siguiente tabla especifica ciertas restricciones o formas de operar del sistema.

ID	Descripción
RNF-1	El sistema deberá poder desplegar los asistentes en Raspberry Pi 3 Modelo B+.
RNF-2	El sistema deberá contar con una capa de seguridad mínima (autenticación de dispositivos).
RNF-3	El servidor deberá almacenar la información mediante una base de datos SQLite, ya que no es un servidor de producción y facilita la implementación.
RNF-4	El asistente deberá comunicarse en castellano.
RNF-5	El sistema deberá minimizar el acceso de terceros a los datos del usuario.
RNF-6	El sistema deberá proporcionar una interfaz web sencilla para realizar RF-10, RF-11 y RF-12
RNF-7	El procesamiento de información en los asistentes deberá ser el mínimo imprescindible.

3.2.3. Casos de uso

A continuación se muestra cómo se han agrupado las funciones del sistema especificadas en los requisitos.

La siguiente figura muestra las distintas funciones del asistente:

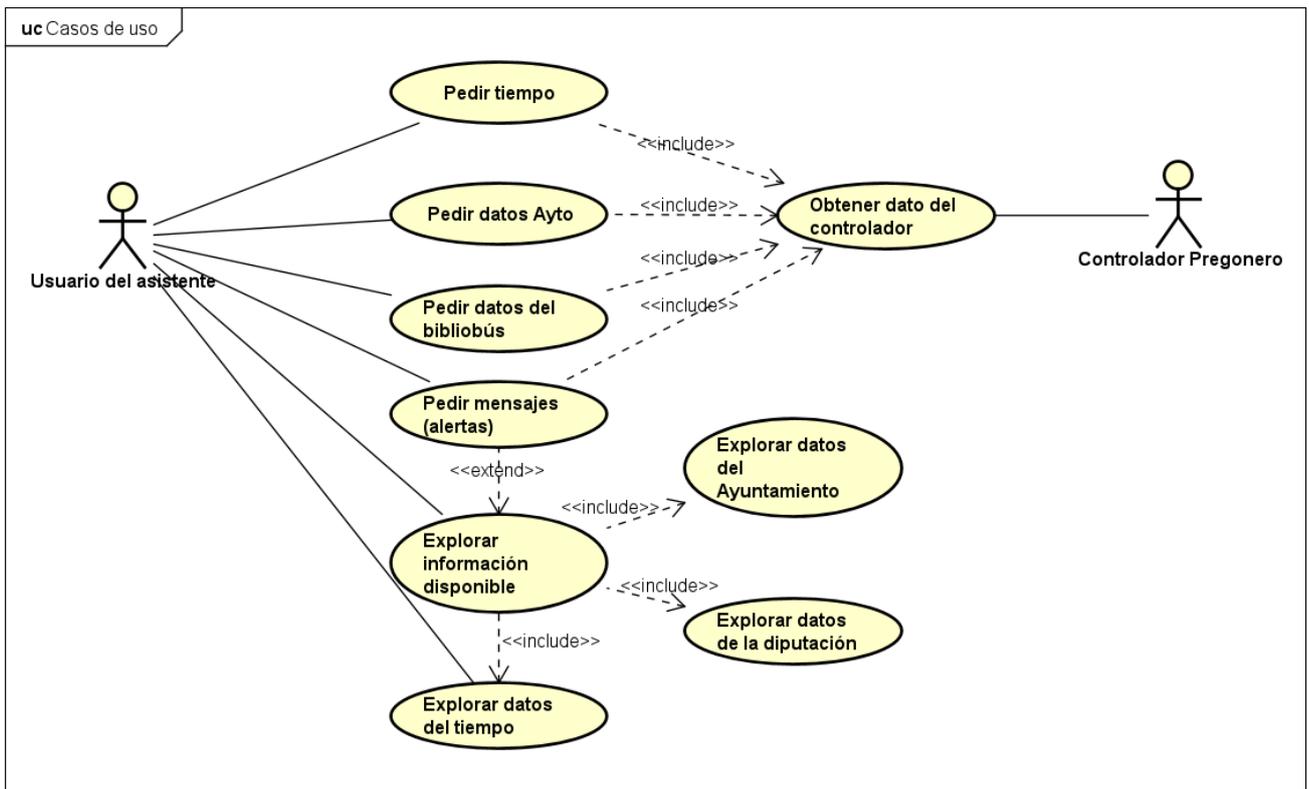


Figura 3.1: Casos de uso del asistente

Estas son las funciones ofrecidas por la web requerida en RNF-6:

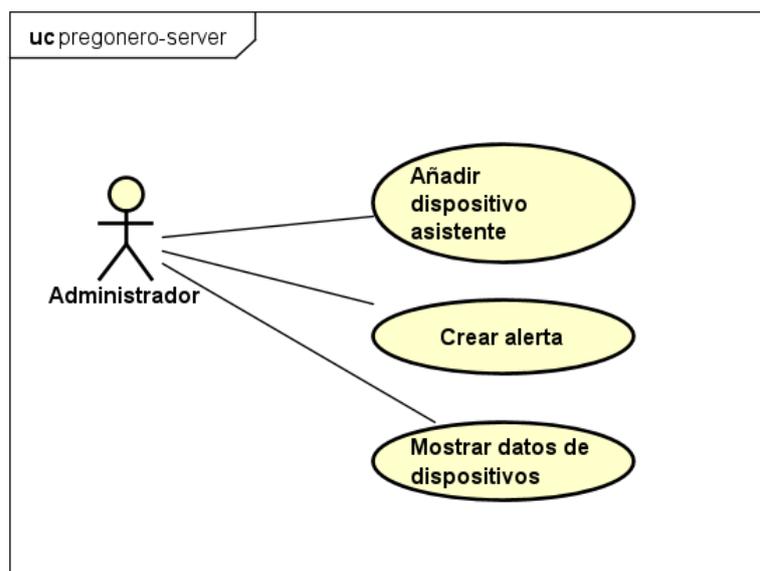


Figura 3.2: Casos de uso del servicio web

3.3. Diseño

En este capítulo se describen en primer lugar los distintos diálogos que incorpora el sistema, para pasar después a definir la estructura que les da soporte.

3.3.1. Diálogos

El objetivo principal del proyecto es el desarrollo de un sistema de diálogos para ofrecer la información detallada en la sección anterior al usuario. Más adelante se detallará cómo, pero Mycroft permite la definición de varias maneras de enunciar una misma petición.

Se han definido diálogos con dos enfoques diferentes:

- Descubrimiento: ayudan al usuario a aprender que información está disponible en el sistema.
- General: proporcionan datos concretos sobre distintas categorías.

Diálogos de descubrimiento

Se ha diseñado un diálogo que permite preguntar por la información disponible en el sistema. Para iniciar esta conversación el usuario podría decir:

- ¿Qué [te] puedo preguntar?
- ¿Qué información tienes?
- ¿Qué datos tienes?
- ¿Qué datos puedo preguntar?
- Ayuda.

Un ejemplo de diálogo sería:

–**Usuario:** *¿Qué puedo preguntar?*

–**Sistema:** *Te puedo informar sobre: el tiempo, el ayuntamiento, la diputación, mensajes.
¿Sobre qué quieres saber?*

–**Usuario:** *Ayuntamiento.*

–**Sistema:** *Del ayuntamiento tengo: dirección, código postal, teléfono, fax, correo electrónico.
¿Qué quieres saber?*

–**Usuario:** *Correo electrónico.*

–**Sistema:** *ayuntamiento@ejemplo.gob.es*

La figura 3.3 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

Se ha definido también un diálogo para averiguar la información disponible sobre el tiempo. En este caso el usuario podría decir:

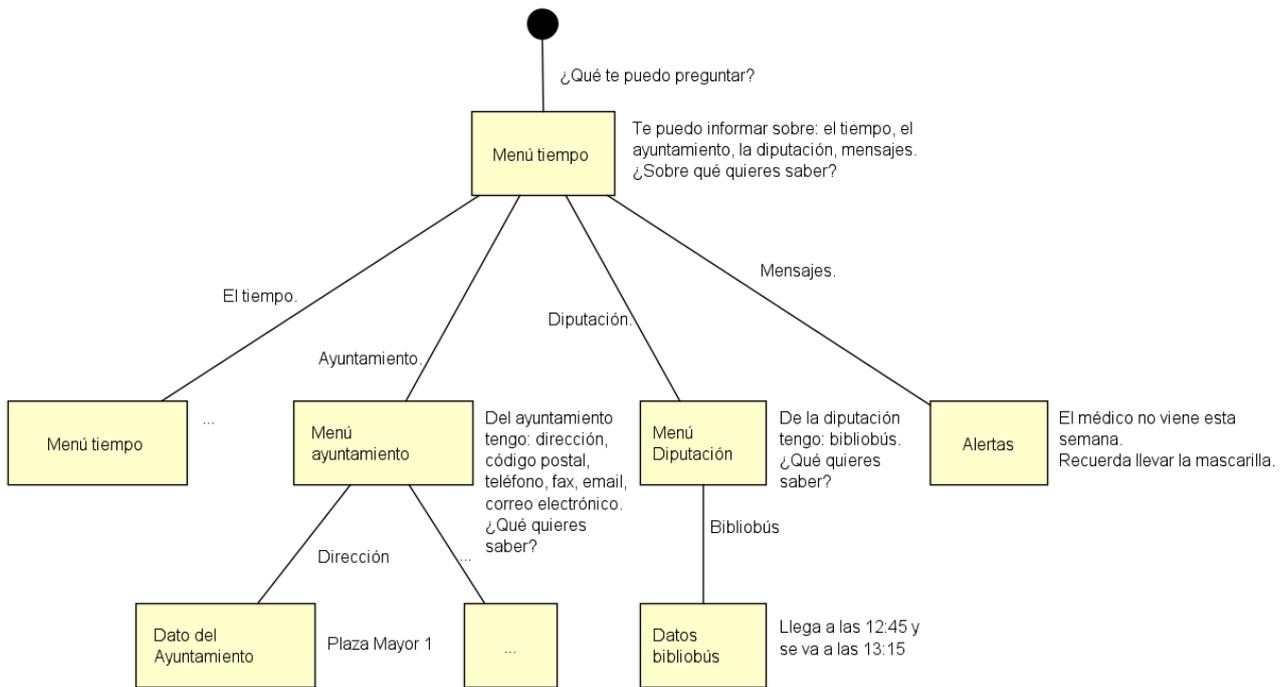


Figura 3.3: Diálogo de exploración de información del sistema.

- ¿Qué puedo preguntar del tiempo?
- ¿Qué me puedes decir del tiempo?
- ¿Qué tienes del tiempo?
- Dime qué tienes del tiempo.
- ¿Qué datos tienes del tiempo?
- ...

La figura 3.4 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

Diálogos generales

La obtención de información general se ha diseñado mediante diálogos simples de tipo pregunta-respuesta.

- **Información sobre el ayuntamiento:** El usuario puede preguntar:
 - ¿Cuál es la dirección del ayuntamiento?
 - ¿Cuál es el código postal del ayuntamiento?
 - ¿Cuál es el teléfono del ayuntamiento?
 - ¿Cuál es el fax del ayuntamiento?
 - ¿Cuál es el correo electrónico del ayuntamiento?

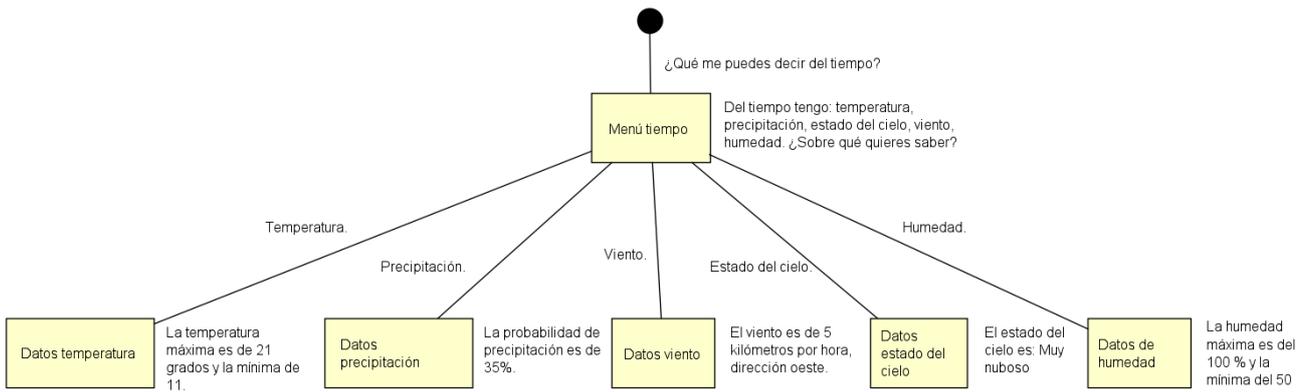


Figura 3.4: Diálogo de exploración de información sobre el tiempo.

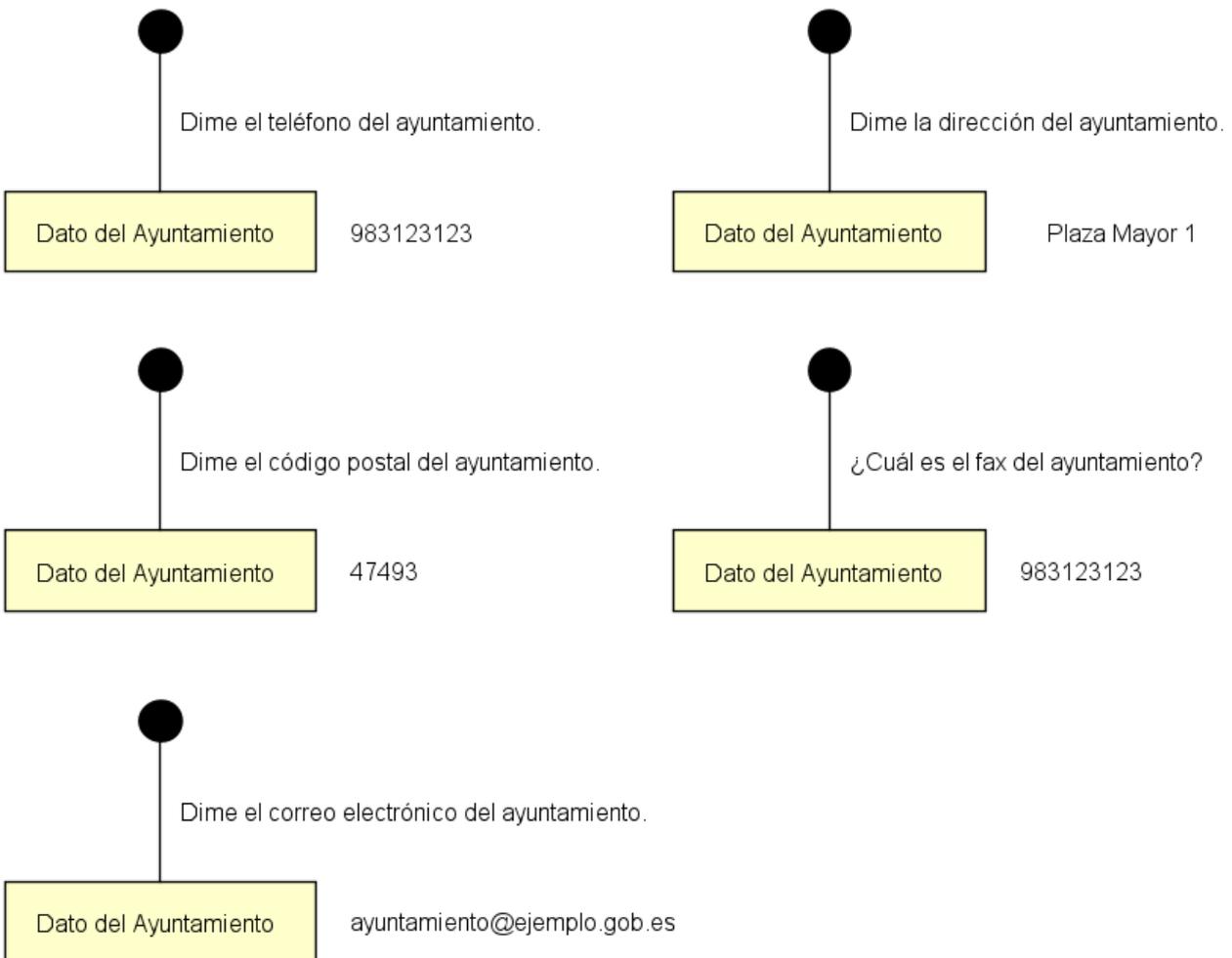


Figura 3.5: Diálogos de información del ayuntamiento.

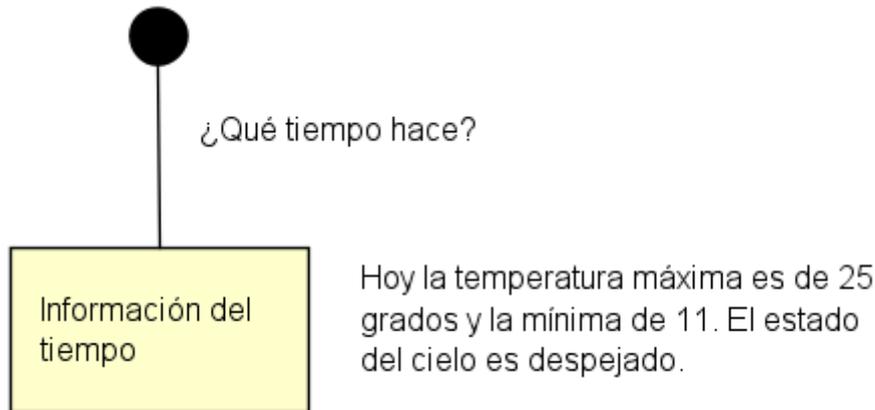


Figura 3.6: Diálogo de información del tiempo.

La figura 3.5 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

- **Información del tiempo:** El usuario puede preguntar:
 - ¿Qué tiempo hace?
 - ¿Qué tiempo hace hoy?
 - ¿Cuál es la previsión del tiempo?
 - Dime el tiempo

La figura 3.6 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

- **Información del bibliobús:** El usuario puede preguntar:
 - ¿Cuándo llega el bibliobús?
 - ¿A qué hora viene el bibliobús?
 - ¿Cuándo sale el bibliobús?
 - ¿A qué hora se va el bibliobús?
 - Dime la parada del bibliobús.
 - ¿Dónde llega el bibliobús?
 - Horario del bibliobús.

La figura 3.7 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

- **Mensajes / alertas:** El usuario puede preguntar:
 - ¿Tengo algún mensaje?
 - ¿Qué mensajes tengo?
 - Dame los mensajes.

La figura 3.8 define en detalle la estructura del árbol de diálogo.

3.3.2. Skill

Para añadir funcionalidad nueva al sistema de Mycroft, este define lo que denomina Skill. La Skill cuenta con dos componentes principales: ficheros de definición de Intents y el fichero de entrada a la skill.

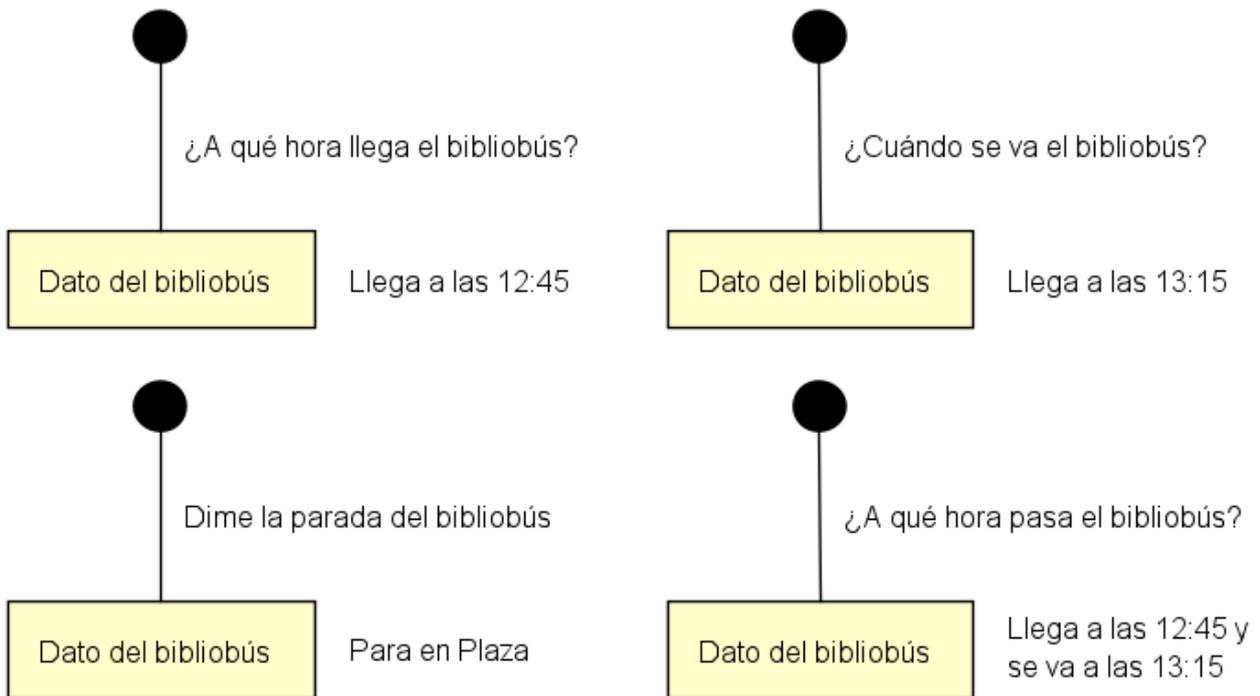


Figura 3.7: Diálogos de información del bibliobús.



Figura 3.8: Diálogos de alertas.

Definición de Intents

Como se ha comentado anteriormente Mycroft emplea dos sistemas de definición de Intents (intenciones): Padatious y Adapt. Para la definición de la interacción con el usuario este sistema utiliza Padatious, ya que facilita la generación de Intents.

Cada Intent se define en un fichero con extensión `.intent`. Este fichero se encuentra en el directorio base de la Skill en `locale/es-es`. Cada línea del fichero define una sentencia distinta que puede decir el usuario. Por ejemplo:

```
( dime | ) qué tiempo hace
( dime | ) qué tiempo hace hoy
( cuál es | dime ) ( la previsión del | el ) tiempo
```

La anotación mediante paréntesis denota grupos de palabras alternativos. Así pues, en el ejemplo anterior, un usuario podría decir:

```
¿Qué tiempo hace?
Dime qué tiempo hace.
...
```

Es posible también extraer entidades de una oración. Para ello se indica la entidad mediante llaves:

```
(Cuál es | Dime | ) ( el | la ) {dato-ayuntamiento} del ayuntamiento
```

Y se especifican los valores posibles de la entidad mediante un fichero con extensión `.entity`. Cada línea del fichero contiene un valor de la entidad. Esto permite preguntar, por ejemplo:

```
¿Cuál es la dirección del ayuntamiento?
¿Cuál es el código postal del ayuntamiento?
```

Y así identificar sobre qué dato del ayuntamiento se está preguntando.

Definición de la skill

El punto de entrada a la skill es el fichero `__init__.py`. Este fichero debe incluir la definición de una función nombrada `create_skill`. Esta función es la que utiliza el framework de Mycroft para la creación de la Skill.

La función `create_skill` debe a su vez retornar un objeto que herede de `MycroftSkill`.

Será sobre esta clase que herede de `MycroftSkill` sobre la que se implemente el comportamiento del sistema de diálogo.

Mediante el uso de anotaciones en los métodos de esta clase, se asocian los Intents definidos en los ficheros con extensión `.intent` al comportamiento de cada uno de estos métodos.

Por ejemplo:

```
@intent_handler('aemet-tiempo.intent')
def handle_aemet_tiempo(self, message):
    ...
```

En la figura 3.9 está reflejado el modelo de dominio que da estructura a la Skill.

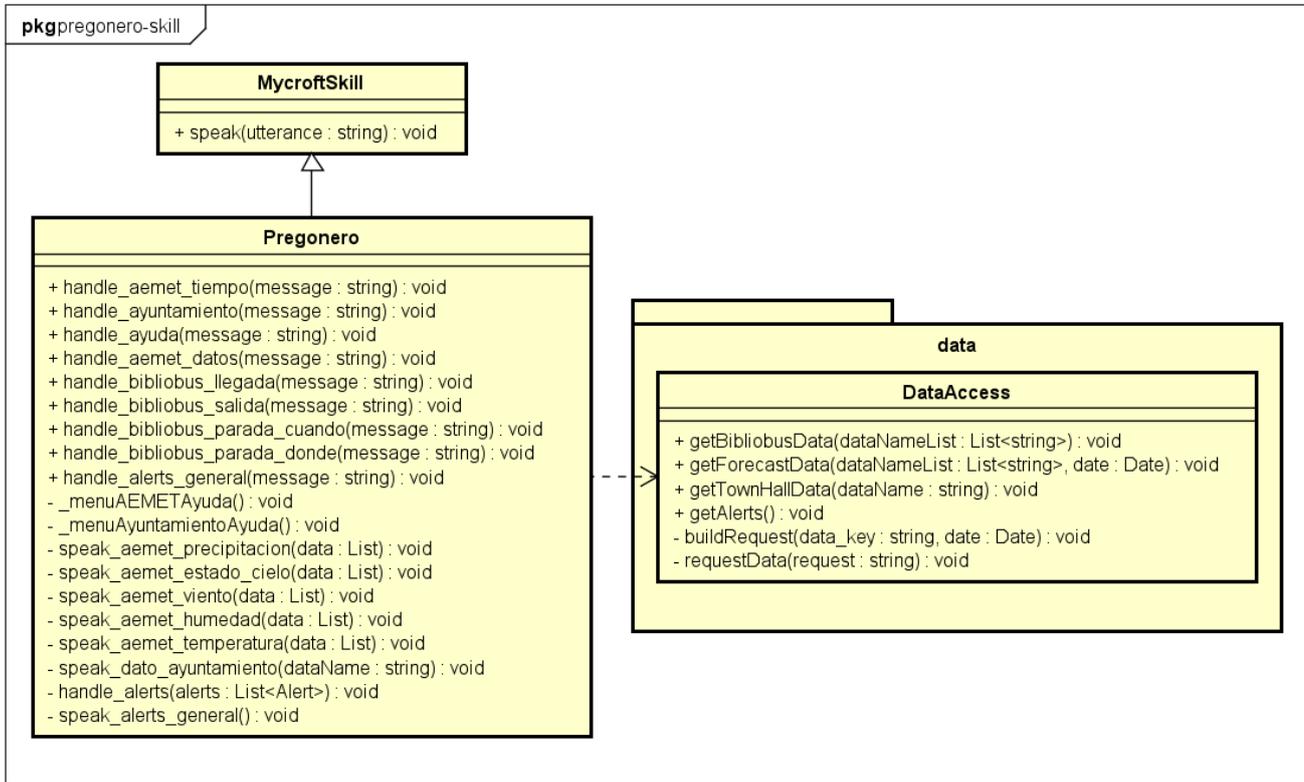


Figura 3.9: Modelo de dominio de la Skill.

Diagramas de secuencia

En el sistema se define un caso de uso para cada petición de información por parte del usuario del asistente (Figura 3.1). En concreto: información sobre el tiempo actual, datos básicos del ayuntamiento (dirección, teléfono, email...), datos de la diputación (horario y parada del bibliobús) y alertas emitidas.

Ya que estos casos de uso tienen una estructura similar, se describirá el comportamiento del sistema a partir de uno de ellos.

En primer lugar, el usuario pide información al sistema (Figura 3.10), por ejemplo diciendo “¿Qué tiempo hace?”. El sistema de Mycroft, como se ha descrito anteriormente, genera una intención (Intent) a partir de la petición del usuario. La Skill tiene asociado a este Intent un comportamiento. En concreto: pide los datos disponibles del tiempo para hoy al controlador. Si hay datos disponibles les da formato y un mensaje de voz con la respuesta. Si no hay datos informa de ello al usuario. Finalmente, comprueba si hay alertas disponibles de nivel 2 (aquellas que se tienen que emitir tras cada interacción con el usuario) y las emite (Figura 3.11).

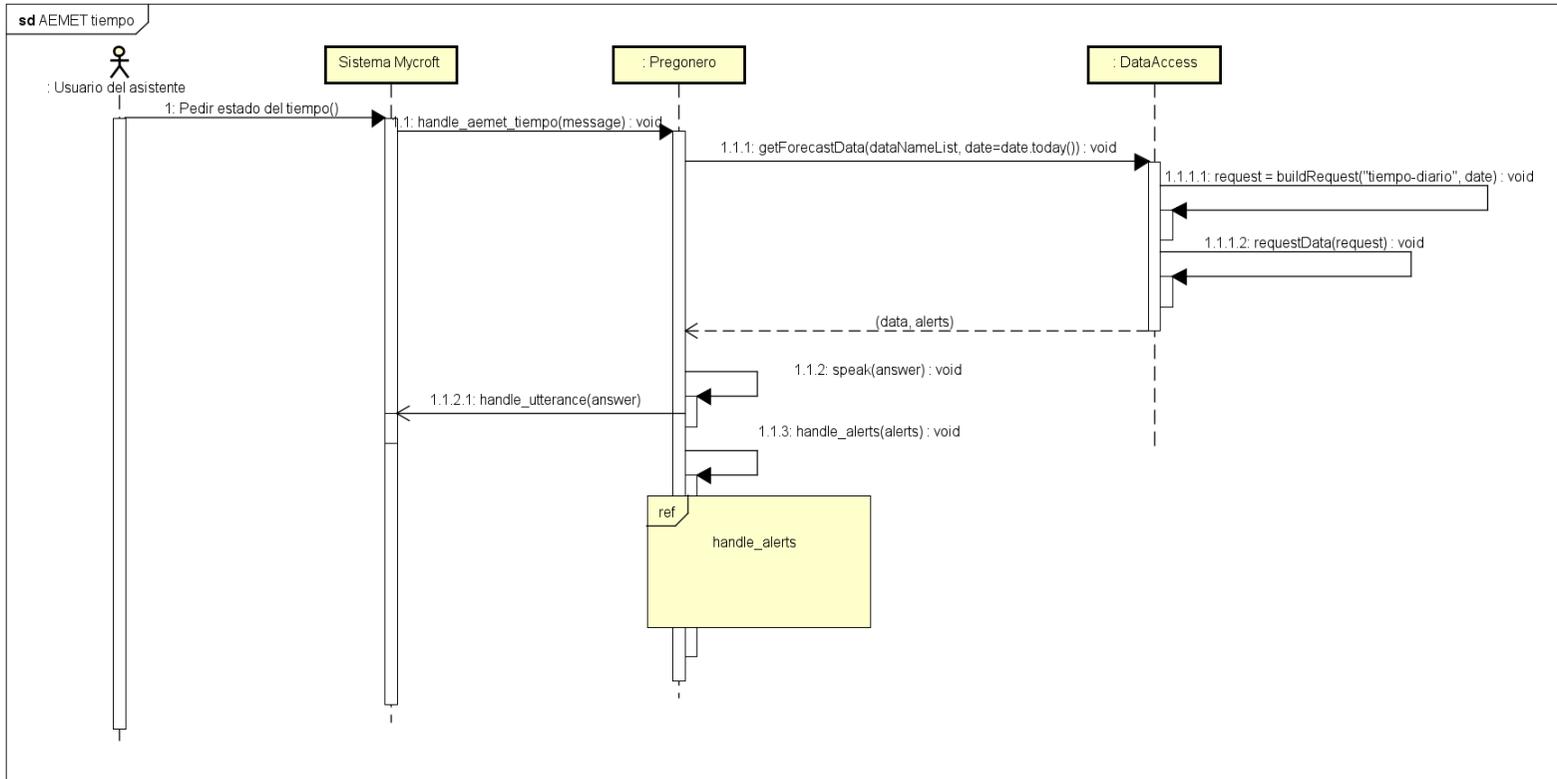


Figura 3.10: Diagrama de secuencia CU-PedirTiempo

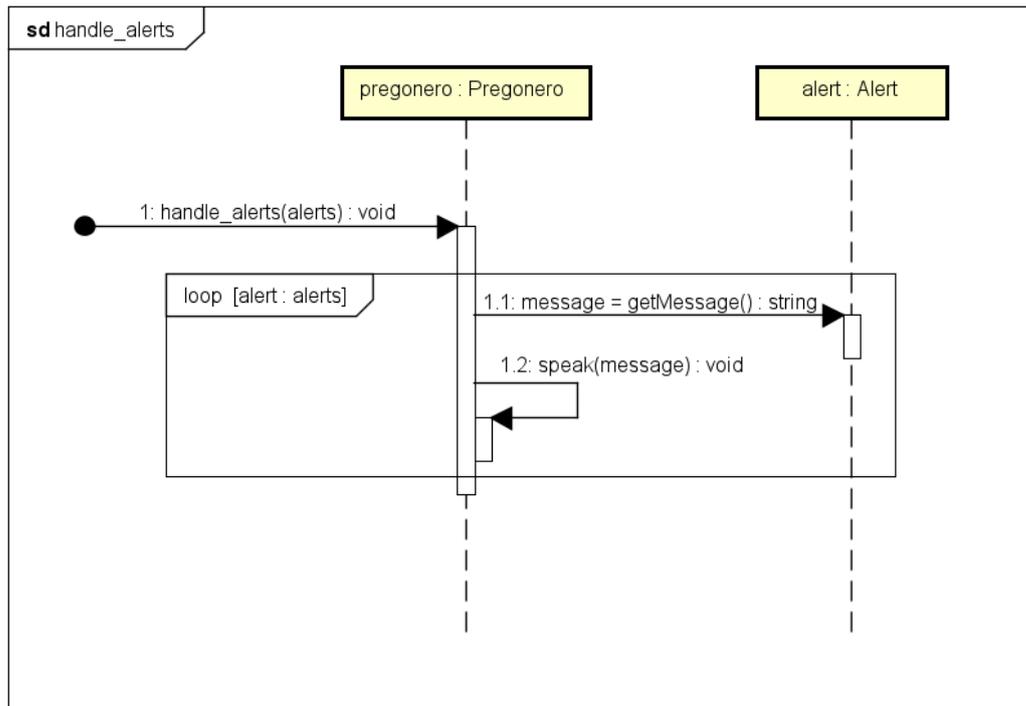


Figura 3.11: Diagrama de secuencia emisión de alertas

3.3.3. Controlador

El controlador se ejecuta como un servicio en el sistema Linux y realiza tres tareas en paralelo (Figura 3.12):

- Cada cierto tiempo (Figura 3.13), establecido mediante un fichero de configuración, realiza una petición de información al servidor. Si el servidor no está disponible, trata de obtener la información de las fuentes originales. En caso de obtener la información la almacena en un fichero (caché). Si no consigue obtener la información, utiliza la que hubiera en la caché, de haberla, y reintenta la conexión periódicamente.
- Crea un punto de acceso en una dirección del sistema de ficheros mediante Sockets de Dominio Unix (Figura 3.14). Esta dirección (básicamente una ruta en el sistema de ficheros) es conocida por la Skill. Tras esto espera a recibir peticiones de información por parte de la Skill. Estas peticiones contendrán una clave asociada al tipo de información requerida, por ejemplo, datos del tiempo. Opcionalmente, pueden contener una fecha, por ejemplo para pedir el tiempo de hoy. Recupera la información asociada a la clave y obtiene las alertas de nivel 2 activas (Figura 3.15) (cada alerta tiene un período de validez y unas horas a las que puede ser emitida, además de un período de repetición). Por último, envía a la Skill el dato pedido y las alertas y procede a esperar a la siguiente petición.
- Conecta con el bus de mensajes de Mycroft (Figura 3.16) y periódicamente obtiene las alertas activas de nivel 3 (aquellas que se emiten sin interacción del usuario). Envía peticiones mediante el bus de mensajes para que el sistema de voz de Mycroft emita las alertas.

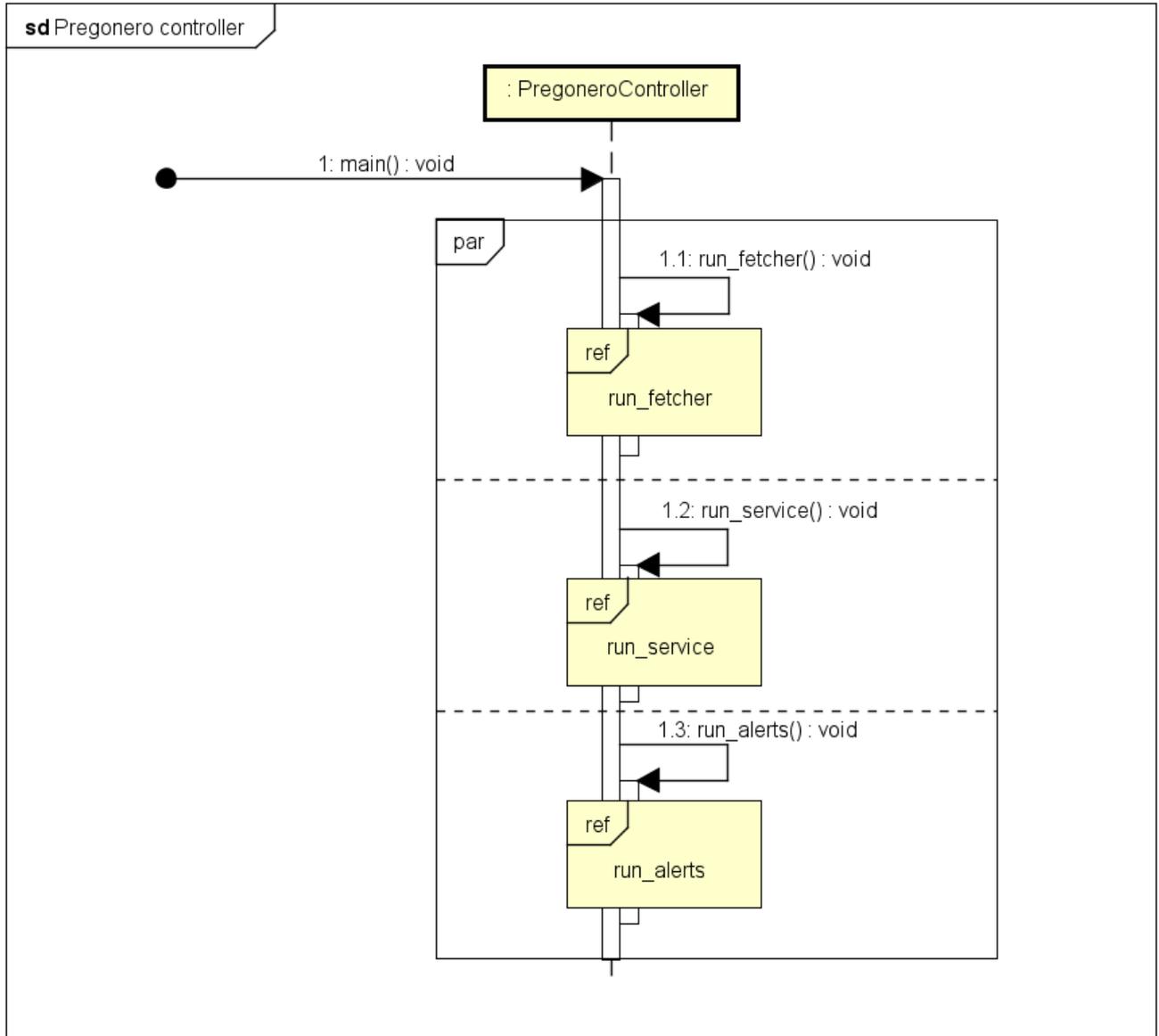


Figura 3.12: Diagrama de secuencia del controlador

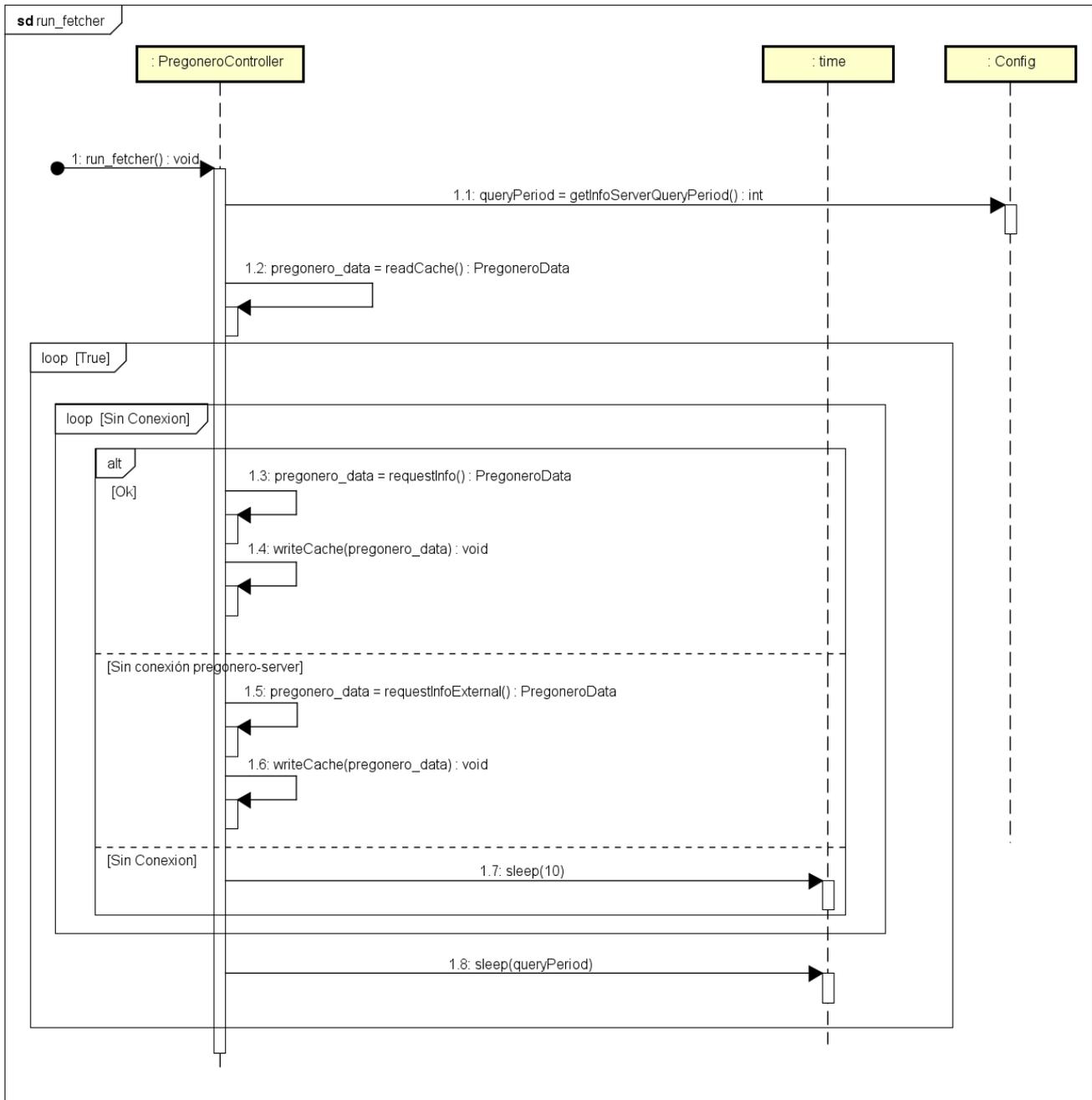


Figura 3.13: Diagrama de secuencia del controlador: petición de información al servidor

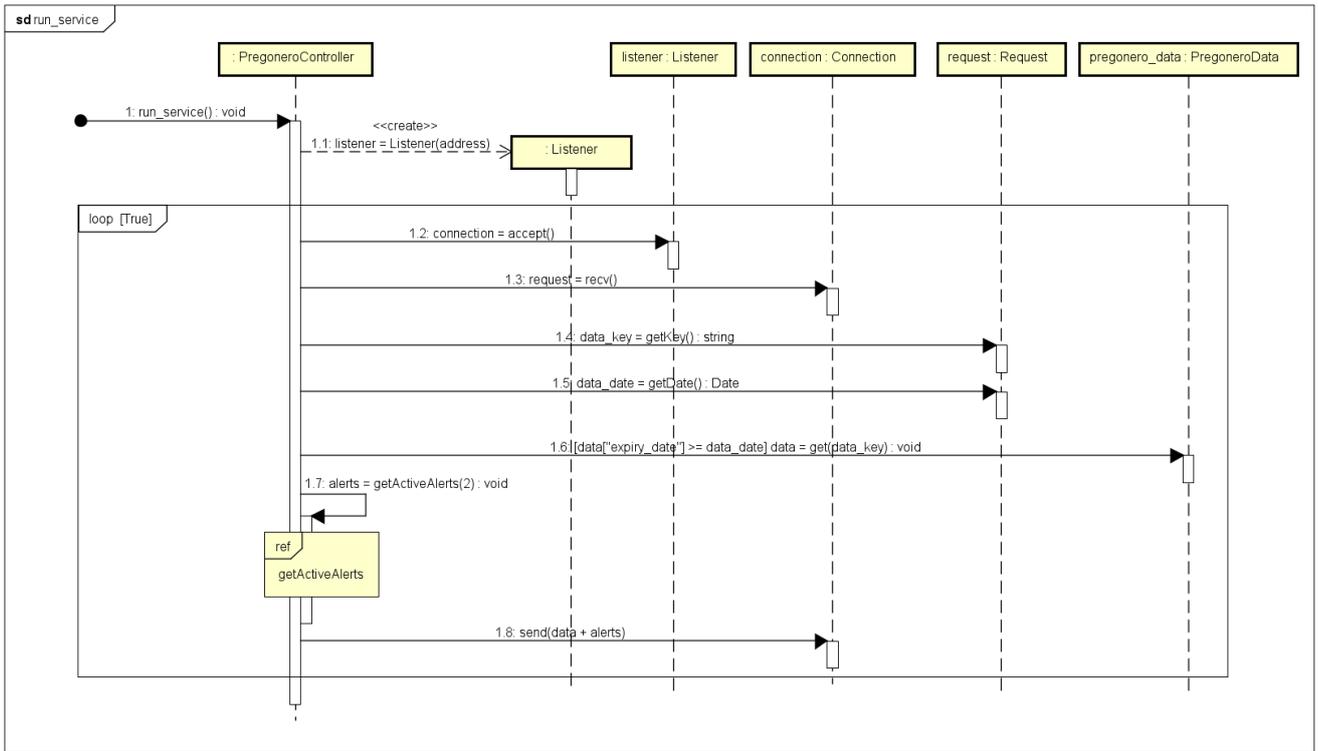


Figura 3.14: Diagrama de secuencia del controlador: servicio de información a la skill

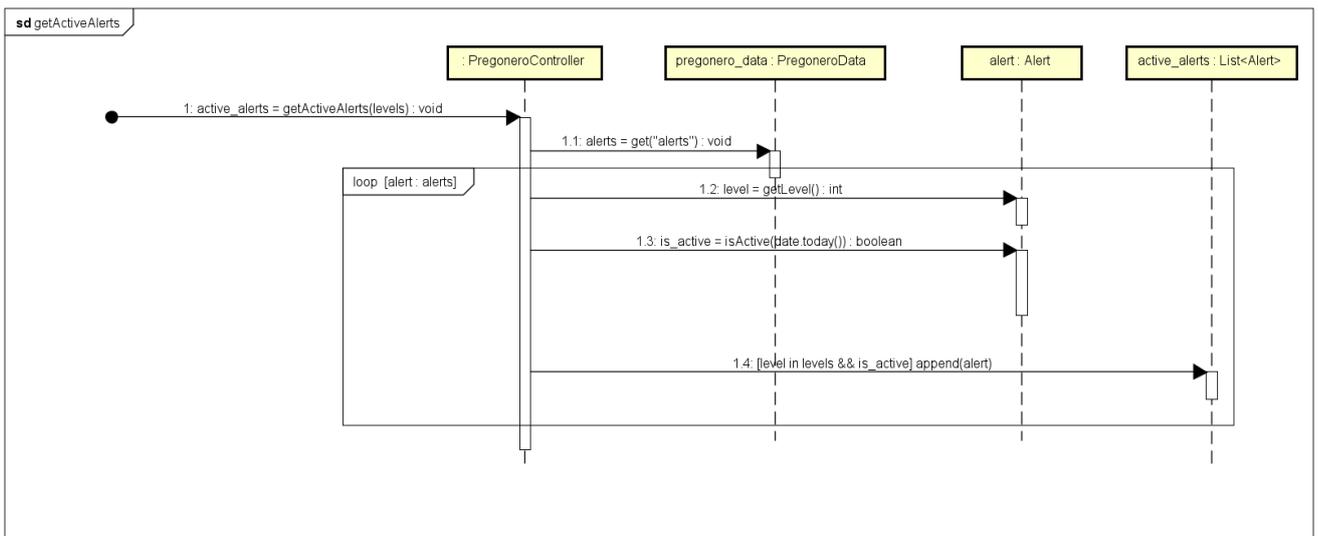


Figura 3.15: Diagrama de secuencia del controlador: obtención de las alertas activas

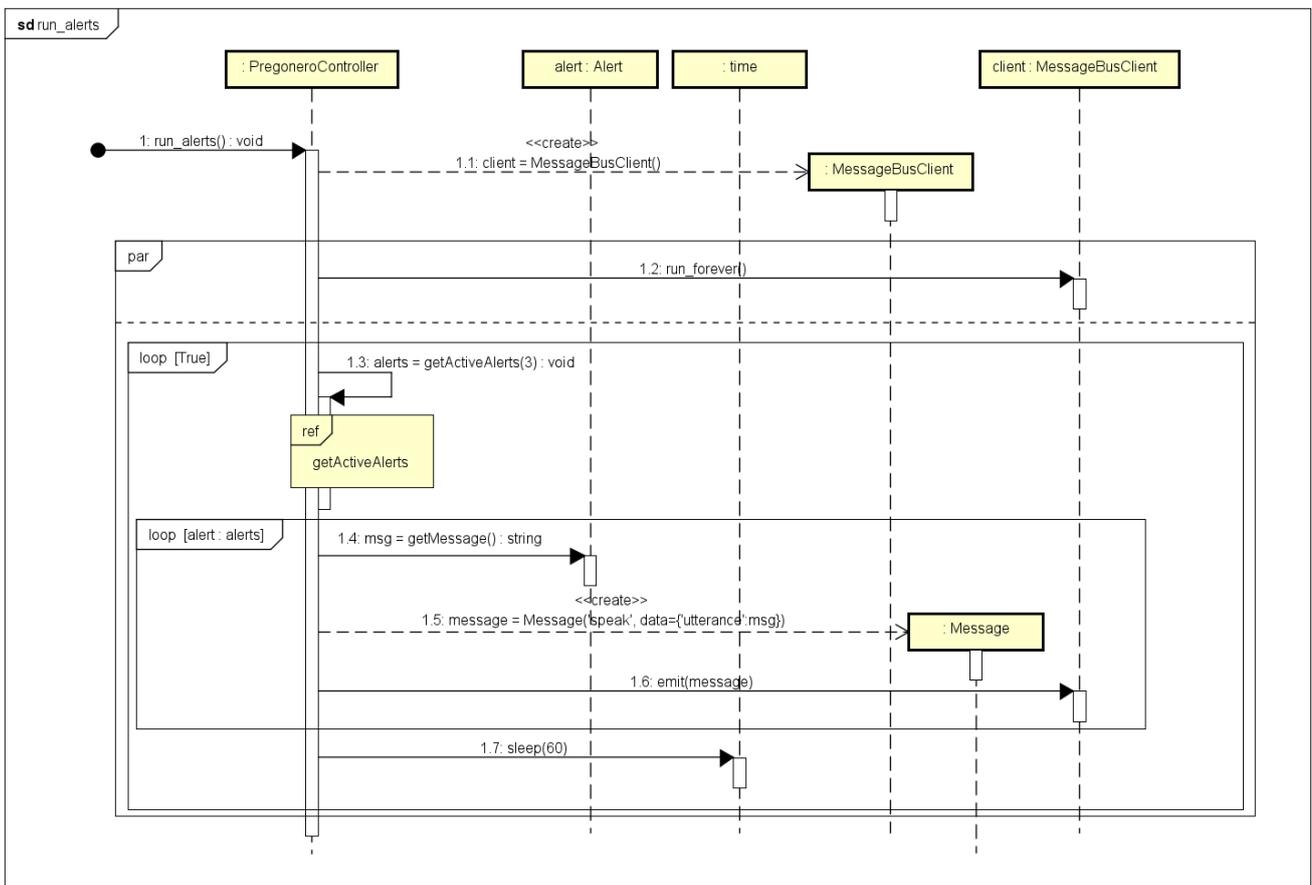


Figura 3.16: Diagrama de secuencia del controlador: emisión de alertas de nivel 3

3.3.4. Servidor

El servidor proporciona acceso a dos servicios: API de información para los asistentes y frontend web para la gestión de dispositivos y alertas.

API de información

Ya que el servidor solo está pensado para demostrar el funcionamiento del sistema y será sustituido en un futuro, se ha diseñado una API sencilla, con un solo punto de entrada: /info. Así pues, si el servidor está desplegado en la red local, la dirección de acceso a esta API sería, por ejemplo: <https://localhost:8080/info>.

La información se recopila de varias fuentes:

- AEMET: se obtienen datos sobre el estado del tiempo para el municipio en que está desplegado el sistema. AEMET proporciona la previsión para siete días.
- Ayuntamiento: mediante la iniciativa de datos abiertos [1], se obtienen los datos especificados en RI-2.
- Diputación: se sirve también de la iniciativa de datos abiertos, a nivel de la diputación. Proporciona información sobre el servicio del bibliobús (RI-3).
- Alertas: generadas por el propio sistema. Quedan definidas por RF-9 y RI-5.

Los datos recopilados se estructuran mediante JSON. Se puede ver un ejemplo de la estructura de datos en el apéndice E.

Web de gestión

Permite gestionar los dispositivos (asistentes) y las alertas con las que se demostrará el prototipo del sistema.

Si el servidor está desplegado en la red local, la dirección de acceso sería, por ejemplo:

<https://localhost:8080/admin/>

Cuenta con un menú que da acceso a:

- Dispositivos (/admin/device_info/): muestra una lista de los dispositivos registrados en el sistema. Para cada dispositivo muestra la fecha y hora de la última conexión al servidor.
- Registrar dispositivo (/admin/add_device/): permite registrar un nuevo asistente en el sistema. Cada dispositivo se identifica mediante la dirección MAC de su tarjeta de red.
- Alertas (/admin/alerts/): permite emitir una alerta. Se especifican:
 - Mensaje: Lo que dirá el asistente cuando se emita la alerta.
 - Intervalo de fechas de vigencia: la alerta solo se emitirá durante este período.
 - Horario: mientras esté vigente, la alerta solo se emitirá durante este intervalo de horas.
 - Nivel: el nivel de la alerta indica en qué circunstancias se emite (1 - cuando lo pide el usuario, 2 - tras cada interacción del usuario con el asistente, 3 - automáticamente, sin interacción).
 - Período de repetición: en el caso de los niveles 2 y 3, cada cuanto tiempo se repite la alerta.

Persistencia

Para realizar sus funciones el servidor necesita almacenar datos sobre las alertas (RI-5) y los dispositivos (RI-6). Estos datos se almacenarán en una base de datos cuya estructura se define en la figura 3.17.

Table: alert		
Column	Data type	Constraints
id	INTEGER	•PRIMARY KEY AUTOINCREMENT •NOT NULL
message	VARCHAR	•NOT NULL
date_start	DATETIME	•NOT NULL
date_end	DATETIME	•NOT NULL
time_start	TIME	•NOT NULL
time_end	TIME	•NOT NULL
level	INTEGER	•NOT NULL
period	INTEGER	•NOT NULL

Table: device		
Column	Data type	Constraints
id	VARCHAR	•PRIMARY KEY •NOT NULL
hash	BIGINT	•NOT NULL
last_seen	DATETIME	

Figura 3.17: Esquema relacional de la base de datos del servidor.

3.3.5. Despliegue

El sistema cuenta con tres componentes principales:

- pregonero-skill: la Skill Mycroft, en la que se define la interacción con el usuario.
- pregonero-controller: se ejecuta como servicio en el sistema Linux y se encarga de: obtener información del servidor, proporcionar la información a la Skill y emitir alertas de nivel 3 periódicamente.
- pregonero-server: el servidor, que recopila información de distintas fuentes y proporciona un agregado de la misma a través de un servicio web. Ofrece también un front-end sencillo para la gestión de asistentes y alertas.

La skill y el controlador se despliegan sobre una Raspberry (asistente) y el servidor se despliega sobre un ordenador personal en modo debug, ya que es solo un prototipo (Figura 3.18).

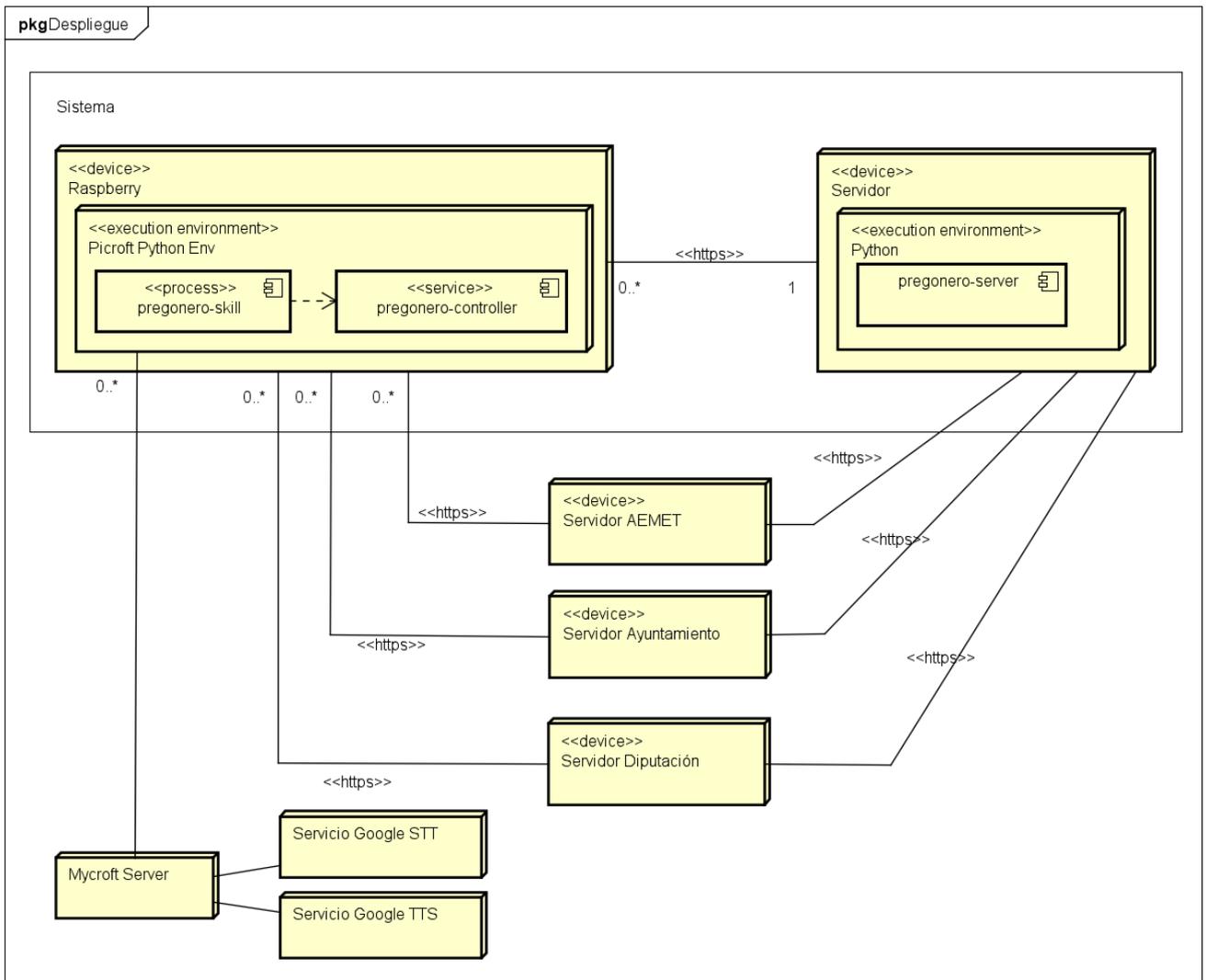


Figura 3.18: Despliegue del sistema

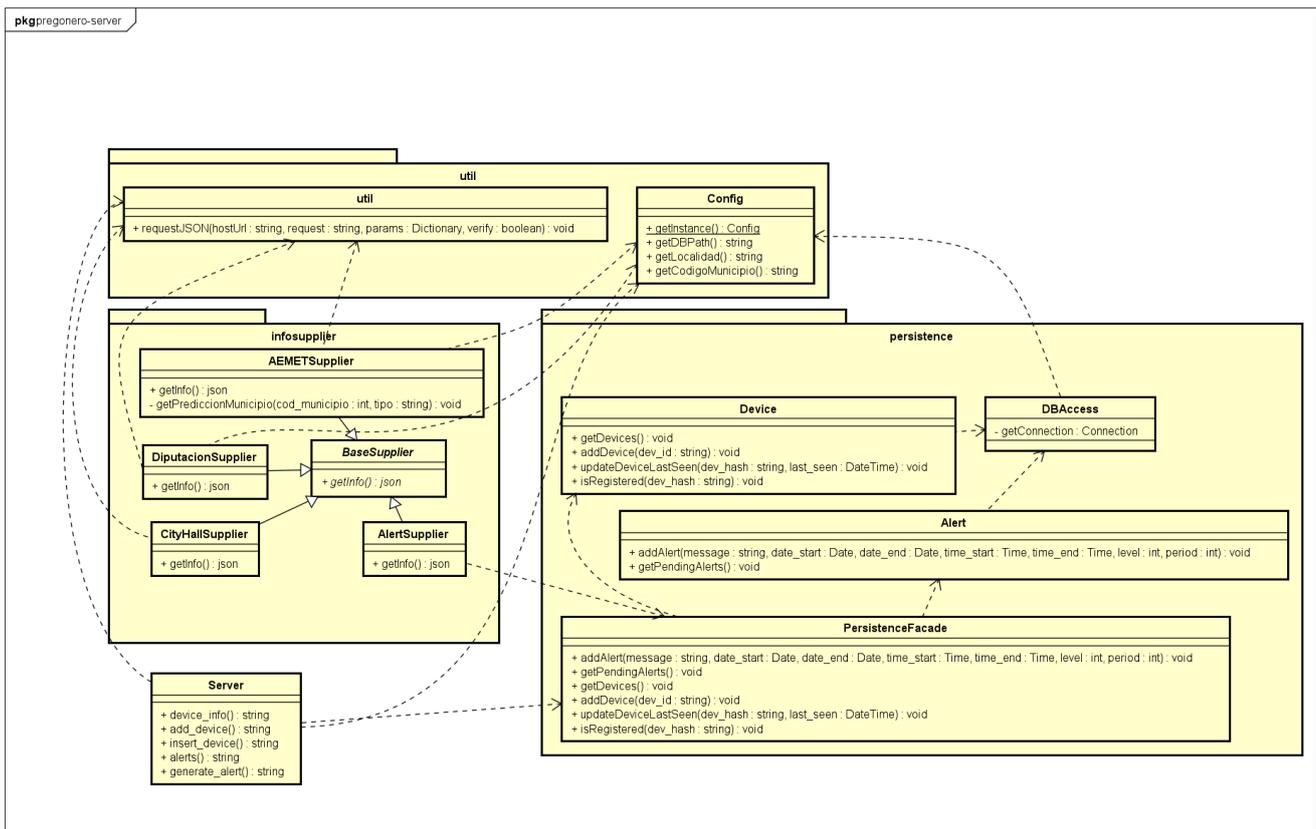


Figura 3.19: Modelo de dominio del servidor

3.4. Implementación

Aspectos a destacar

Para facilitar las pruebas y la corrección de errores del controlador en funcionamiento en la propia Raspberry se ha implementado un sistema de logging sencillo.

Para la recopilación de información en el servidor se han implementado una serie de proveedores de información. Cada proveedor de información se corresponde con una clase en python que hereda de BaseSupplier (Figura 3.19). Todos estos proveedores se cargan dinámicamente en tiempo de ejecución y el servidor agrega la información de cada uno llamando al método *getInfo*. Por tanto, para añadir un nuevo proveedor de información, basta con crear una nueva clase que herede de BaseSupplier e implemente el método *getInfo*, devolviendo éste la información recopilada.

Persistencia del servidor

Para el almacenamiento de los datos en el servidor se ha utilizado una base de datos SQLite. Se ha utilizado este sistema por la sencillez de su implementación y despliegue: se basa en la utilización de ficheros para almacenar la base de datos y no requiere de ningún servicio extra.

Una vez más, la razón es que el servidor está pensado únicamente para la demostración del sistema, no para su uso en producción.

Entorno de trabajo

Para la implementación del sistema se han utilizado las siguientes herramientas:

- Visual Studio Code 1.49: para la programación de los distintos componentes en Python.
- MobaXterm 11.0: para la conexión a la Raspberry Pi mediante SSH y el despliegue de ficheros mediante FTP.
- SQLiteStudio 3.2.1: para facilitar la construcción y las pruebas sobre la base de datos del servidor.
- Astah Professional 8.2.0: para la realización de los diagramas de ingeniería.

Lenguajes

- Python 3.7.3

3.5. Pruebas

3.5.1. Pruebas del asistente

A lo largo del desarrollo del sistema se han realizado pruebas de caja negra para comprobar el correcto funcionamiento del mismo. Estas pruebas solo tienen en cuenta las entradas y salidas del sistema.

PCN-1	Preguntar tiempo.
Descripción	El usuario pregunta por el tiempo de varias formas: '¿Qué tiempo hace?', 'Dime el tiempo'
Resultado esperado	El sistema responde con los datos del tiempo actual.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuntamiento dirección.
Descripción	El usuario pregunta por la dirección del ayuntamiento de varias formas: '¿Cuál es la dirección del ayuntamiento?', 'Dime la dirección del ayuntamiento'
Resultado esperado	El sistema responde la dirección del ayuntamiento.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuntamiento código postal.
Descripción	El usuario pregunta por el código postal del ayuntamiento de varias formas: '¿Cuál es el código postal del ayuntamiento?', 'Dime el código postal del ayuntamiento'
Resultado esperado	El sistema responde el código postal del ayuntamiento.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuntamiento teléfono.
Descripción	El usuario pregunta por el teléfono del ayuntamiento de varias formas: '¿Cuál es el teléfono del ayuntamiento?', 'Dime el número de teléfono del ayuntamiento'
Resultado esperado	El sistema responde el teléfono del ayuntamiento.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuntamiento fax.
Descripción	El usuario pregunta por el fax del ayuntamiento de varias formas: '¿Cuál es el fax del ayuntamiento?', 'Dime el fax del ayuntamiento'
Resultado esperado	El sistema responde el fax del ayuntamiento.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuntamiento correo electrónico.
Descripción	El usuario pregunta por el correo electrónico del ayuntamiento de varias formas: '¿Cuál es el correo electrónico del ayuntamiento?', 'Dime el correo electrónico del ayuntamiento'
Resultado esperado	El sistema responde el fax del ayuntamiento.
Valoración	OK

PCN-1	Mensajes.
Descripción	El usuario pregunta por las alertas activas de varias formas: '¿Tengo algún mensaje?', 'Dame los mensajes.'
Resultado esperado	El sistema responde con los mensajes de alerta activos.
Valoración	OK

PCN-1	Bibliobús llegada.
Descripción	El usuario pregunta por la llegada del bibliobús de varias formas: '¿Cuándo llega el bibliobús?', '¿A qué hora viene el bibliobús?'
Resultado esperado	El sistema responde con la hora de llegada del bibliobús.
Valoración	OK

PCN-1	Bibliobús salida.
Descripción	El usuario pregunta por la salida del bibliobús de varias formas: '¿Cuándo sale el bibliobús?', '¿A qué hora se va el bibliobús?'
Resultado esperado	El sistema responde con la hora de salida del bibliobús.
Valoración	OK

PCN-1	Bibliobús lugar parada.
Descripción	El usuario pregunta por el lugar de parada del bibliobús de varias formas: '¿Dónde para el bibliobús?', 'Dime la parada del bibliobús.'
Resultado esperado	El sistema responde con el lugar de parada del bibliobús.
Valoración	Éxito parcial: responde correctamente a 'Dime la parada del bibliobús', pero a '¿Dónde para el bibliobús?' responde con la hora de llegada.

PCN-1	Bibliobús horario.
Descripción	El usuario pregunta por el horario del bibliobús de varias formas: '¿Cuándo pasa el bibliobús?', 'Dime el horario del bibliobús.'
Resultado esperado	El sistema responde con las horas de llegada y de salida del bibliobús.
Valoración	OK

PCN-1	Ayuda del sistema.
Descripción	El usuario pregunta por la información disponible y elige las opciones que el asistente le va presentando.'
Resultado esperado	El sistema responde con el menú de información disponible y realiza las transiciones correctas por el árbol de diálogo.
Valoración	OK

3.5.2. Pruebas del servidor

Se han realizado las siguientes pruebas de caja negra para comprobar el funcionamiento de la página web de gestión.

PCN-1	Navegar registro asistente
Descripción	El usuario pulsa sobre 'Registrar dispositivo'.
Resultado esperado	Se carga el formulario de registro de dispositivos.
Valoración	OK

PCN-1	Navegar listado dispositivos
Descripción	El usuario pulsa sobre 'Dispositivos'.
Resultado esperado	Se carga el listado de dispositivos.
Valoración	OK

PCN-1	Navegar registro alertas
Descripción	El usuario pulsa sobre 'Alertas'.
Resultado esperado	Se carga el formulario de registro de alertas.
Valoración	OK

PCN-1	Registrar asistente
Descripción	El usuario introduce los datos del dispositivo y pulsa sobre 'Registrar'.
Resultado esperado	El asistente ha quedado registrado en el sistema.
Valoración	OK

PCN-1	Registrar asistente sin datos
Descripción	El usuario NO introduce los datos del dispositivo y pulsa sobre 'Registrar'.
Resultado esperado	El sistema indica que introduzca los datos.
Valoración	OK

PCN-1	Registrar alerta
Descripción	El usuario introduce los datos de la alerta y pulsa sobre 'Emitir alerta'.
Resultado esperado	La alerta ha quedado registrada en el sistema.
Valoración	OK

PCN-1	Registrar alerta sin datos
Descripción	El usuario NO introduce algún dato de la alerta y pulsa sobre 'Emitir alerta'.
Resultado esperado	El sistema indica que introduzca ese dato.
Valoración	OK

4 | Conclusiones y trabajo futuro

La realización de este proyecto me ha ayudado a comprender como funcionan los asistentes virtuales. También me ha permitido ver las dificultades que puede entrañar el diseño de diálogos, debido a las distintas formas con que se puede expresar un mismo concepto.

Ha quedado manifiesta, además, la importancia de la planificación de proyectos, y como una pobre estimación puede influir en gran medida en los plazos de consecución de los mismos.

Aunque la garantía de privacidad era un objetivo importante, se ha visto afectada debido a la necesidad de que el sistema se comunique en Castellano y las limitaciones de Mycroft al respecto (los sistemas TTS de Mycroft, aunque garantizan la privacidad, no funcionan en Castellano).

El asistente desarrollado muestra lo que se puede conseguir con el sistema: se han implementado diálogos simples y complejos, se ha dado acceso a diversas fuentes de información. No obstante, se puede expandir en gran medida.

4.1. Trabajo futuro

- Es importante que las conversaciones resulten naturales. Por lo que se puede investigar cómo conseguir un mayor grado de naturalidad en las interacciones entre usuario y asistente.
- En ocasiones, el tiempo de respuesta del asistente es excesivo. Se pueden investigar las posibles causas (capacidad de procesamiento, uso de un servicio TTS externo, ...) y buscar formas de mejorarlo.
- Para mejorar la calidad de la información ofrecida, se podría realizar un estudio entre los usuarios finales, de cara a ofrecer datos o servicios que sean más relevantes para ellos.
- Para mejorar el sistema se podría refactorizar la parte de obtención de información de la Skill de forma que fuera más fácil extenderla con nuevas fuentes de información.
- Mycroft cuenta con un sistema de pruebas de integración. Se podría desarrollar una batería de pruebas para facilitar desarrollos futuros.
- Se podría estudiar el uso de DeepSpeech, el sistema 'Speech to text' de Mozilla, ya que es de código abierto y, por tanto, se podría desplegar en un servidor propio. Esto supondría una mejora de la privacidad.
- Investigar motores 'Text to speech' alternativos que incluyan el Castellano y se puedan incorporar a Mycroft, con el objetivo de sustituir Google TTS y mejorar la privacidad del sistema.
- De cara a futuro será necesario también integrar este proyecto con el que implementa la parte de gestión de información y dispositivos.

Bibliografía

- [1] *Datos Abiertos - San Vicente del Palacio*. 2020. URL: <https://sanvicentedelpalacio.ayuntamientosdevalles/gobierno-abierto/datos-abiertos>. (accessed: 23.09.2020).
- [2] Amy He. *Amazon Maintains Convincing Lead in US Smart Speaker Market*. Feb. de 2020. URL: <https://www.emarketer.com/content/amazon-maintains-convincing-lead-in-us-smart-speaker-market>. (accessed: 16.09.2020).
- [3] Bret Kinsella. *Voice Industry Professionals Say Amazon Alexa is Having the Biggest Impact Followed by Google with Everyone Else Far Behind – New Report*. Mayo de 2020. URL: <https://voicebot.ai/2020/05/11/voice-industry-professionals-say-amazon-alexa-is-having-the-biggest-impact-followed-by-google-with-everyone-else-far-behind-new-report/>. (accessed: 16.09.2020).
- [4] John Koetsier. *Alexa, Siri, Google Assistant: How The Top Smart Assistants Stack Up*. Ago. de 2020. URL: <https://www.forbes.com/sites/johnkoetsier/2020/08/08/alexa-siri-google-assistant-how-the-top-smart-assistants-stack-up/>. (accessed: 16.09.2020).
- [5] *Mycroft Language setting*. 2020. URL: <https://mycroft-ai.gitbook.io/docs/using-mycroft-ai/customizations/languages#1-language-setting>. (accessed: 16.09.2020).
- [6] *Mycroft Technology Overview*. 2020. URL: <https://mycroft-ai.gitbook.io/docs/mycroft-technologies/overview>. (accessed: 16.09.2020).
- [7] *Stanford Open Virtual Assistant Lab*. 2020. URL: <https://oval.cs.stanford.edu/>. (accessed: 16.09.2020).

A | Documentos anexos

Junto con la memoria del Trabajo Fin de Grado se presenta un fichero comprimido anexo DatosTFGDavidDiezPoza.zip que contiene:

- pregonero-controller: código del controlador, ha instalar en el asistente.
- pregonero-server: código del servidor y script de creación de la base de datos.
- pregonero-skill: código de la Skill Mycroft, ha instalar en el asistente.
- diagramas.asta: fichero Astah, que contiene los diagramas de ingeniería de software.

B | Sistema

B.1. Dependencias externas

Para el correcto funcionamiento se requiere la instalación en Python de los módulos que se enumeran en las siguientes secciones.

B.1.1. Entorno del servidor

Ejecutar los siguientes comandos:

```
pip install flask
pip install flask_restful
pip install pyopenssl
pip install requests
```

B.1.2. Entorno del asistente

Ejecutar los siguientes comandos:

```
pip install pyopenssl
pip install requests
```

B.2. Instalación

Para instalar el asistente en la Raspberry:

```
Copiar el contenido del directorio pregonero-controller en /home/pi/pregonero/
Ejecutar setup.sh.
Copiar el contenido del directorio pregonero-skill en /opt/mycroft/skills/
```

B.3. Ejecución

Para iniciar el servidor, desde el directorio `pregonero-server`, ejecutar:

```
python server.py
```

Para iniciar/reiniciar el controlador, ejecutar:

```
/home/pi/pregonero/start.sh
```

Para detener el controlador, ejecutar:

```
/home/pi/pregonero/stop.sh
```

C | Tarjeta de sonido

Para el correcto funcionamiento de la tarjeta de sonido instalada en la Raspberry Pi, seguir las instrucciones de las siguientes secciones.

C.1. Instalación

Ejecutar los siguientes comandos:

```
git clone https://github.com/respeaker/seeed-voicecard
cd seeed-voicecard
sudo ./install.sh
sudo reboot
```

C.2. Configuración

En el fichero `/etc/mycroft/mycroft.conf` sustituir:

```
‘‘play_wav_cmdline’’: ‘‘aplay -Dplughw:ArrayVAC10,0 %1’’
```

por

```
‘‘play_wav_cmdline’’: ‘‘aplay -Ddmix:CARD=seeed2micaudioc,DEV=0 %1’’
```

y

```
‘‘play_mp3_cmdline’’: ‘‘mpg123 -a plughw:ArrayUAC10,0 %1’’
```

por

```
‘‘play_mp3_cmdline’’: ‘‘mpg123 -a plughw:CARD=seeed2micaudioc,DEV=0 %1’’
```


D | Mycroft

D.1. Lenguaje

Para cambiar el lenguaje de Mycroft a español [5], ejecutar en el entorno Mycroft:

```
mycroft-config set lang "es-es"  
mycroft-config set stt.mycroft.lang "es-es"
```

Ejecutar: `mycroft-config edit user`

Y reemplazar el contenido por:

```
{  
  "max_allowed_core_version": 20.8,  
  "lang": "es-es",  
  "tts": {  
    "espeak": {  
      "lang": "es",  
      "voice": "es"  
    },  
    "module": "google"  
  },  
  "stt": {  
    "mycroft": {  
      "lang": "es-es"  
    }  
  }  
}
```


E | Estructura de datos generada por el servidor

A continuación se muestra un ejemplo de los datos que recoge el sistema:

```
{
  "alerts": [
    {
      "date_end": "2020-09-25",
      "date_start": "2020-09-04",
      "id": 6,
      "level": 2,
      "message": "Recuerda llevar la mascarilla",
      "period": 5,
      "time_end": "22:00",
      "time_start": "09:00"
    },
    {
      "date_end": "2020-09-27",
      "date_start": "2020-09-21",
      "id": 17,
      "level": 1,
      "message": "El m\u00e9dico viene la semana que viene.",
      "period": 60,
      "time_end": "22:00",
      "time_start": "09:00"
    }
  ],
  "ayuntamiento": {
    "CodPostal": "47493",
    "Direccion": "Plaza Mayor, 1",
    "Email": "ayuntamiento@sanvicentedelpalacio.gob.es",
    "Fax": "+34 983 825 056",
    "Horario": null,
    "Nombre": "Ayuntamiento de San Vicente del Palacio",
    "Poblacion": "San Vicente del Palacio",
    "Provincia": "Valladolid",
    "Telefono": "+34 983 825 006",
    "Web": null
  },
  "diputacion": {
```

```
"bibliobus": {
  "horaLlegada": "12:45",
  "horaSalida": "13:15",
  "parada": "PLAZA"
},
"tiempo-diario": [
  {
    "cotaNieveProv": [
      {
        "periodo": "00-24",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "00-12",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "12-24",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "00-06",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "06-12",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "12-18",
        "value": ""
      },
      {
        "periodo": "18-24",
        "value": ""
      }
    ],
    "estadoCielo": [
      {
        "descripcion": "",
        "periodo": "00-24",
        "value": ""
      },
      {
        "descripcion": "",
        "periodo": "00-12",
        "value": ""
      },
      {
        "descripcion": "",
```

```

        "periodo": "12-24",
        "value": ""
    },
    {
        "descripcion": "",
        "periodo": "00-06",
        "value": ""
    },
    {
        "descripcion": "",
        "periodo": "06-12",
        "value": ""
    },
    {
        "descripcion": "",
        "periodo": "12-18",
        "value": ""
    },
    {
        "descripcion": "Poco nuboso",
        "periodo": "18-24",
        "value": "12"
    }
],
"expiry_date": "2020-09-21",
"humedadRelativa": {
    "dato": [
        {
            "hora": 6,
            "value": 0
        },
        {
            "hora": 12,
            "value": 0
        },
        {
            "hora": 18,
            "value": 45
        },
        {
            "hora": 24,
            "value": 65
        }
    ],
    "maxima": 100,
    "minima": 45
},
"probPrecipitacion": [
    {
        "periodo": "00-24",
        "value": 0
    }
]

```

```
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": 0
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": 0
    },
    {
      "periodo": "00-06",
      "value": 0
    },
    {
      "periodo": "06-12",
      "value": 0
    },
    {
      "periodo": "12-18",
      "value": 0
    },
    {
      "periodo": "18-24",
      "value": 5
    }
  ],
  "rachaMax": [
    {
      "periodo": "00-24",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "00-06",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "06-12",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "12-18",
      "value": ""
    }
  ],
```

```

        {
            "periodo": "18-24",
            "value": ""
        }
    ],
    "sensTermica": {
        "dato": [
            {
                "hora": 6,
                "value": 0
            },
            {
                "hora": 12,
                "value": 0
            },
            {
                "hora": 18,
                "value": 18
            },
            {
                "hora": 24,
                "value": 11
            }
        ],
        "maxima": 22,
        "minima": 11
    },
    "temperatura": {
        "dato": [
            {
                "hora": 6,
                "value": 0
            },
            {
                "hora": 12,
                "value": 0
            },
            {
                "hora": 18,
                "value": 18
            },
            {
                "hora": 24,
                "value": 11
            }
        ],
        "maxima": 22,
        "minima": 11
    },
    "uvMax": 6,
    "viento": [

```

```

    {
      "direccion": "",
      "periodo": "00-24",
      "velocidad": 0
    },
    {
      "direccion": "",
      "periodo": "00-12",
      "velocidad": 0
    },
    {
      "direccion": "",
      "periodo": "12-24",
      "velocidad": 0
    },
    {
      "direccion": "",
      "periodo": "00-06",
      "velocidad": 0
    },
    {
      "direccion": "",
      "periodo": "06-12",
      "velocidad": 0
    },
    {
      "direccion": "NO",
      "periodo": "12-18",
      "velocidad": 10
    },
    {
      "direccion": "SO",
      "periodo": "18-24",
      "velocidad": 10
    }
  ]
},
{
  "cotaNieveProv": [
    {
      "periodo": "00-24",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": ""
    }
  ],

```

```

    {
      "periodo": "00-06",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "06-12",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "12-18",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "18-24",
      "value": ""
    }
  ],
  "estadoCielo": [
    {
      "descripcion": "Intervalos nubosos",
      "periodo": "00-24",
      "value": "13"
    },
    {
      "descripcion": "Despejado",
      "periodo": "00-12",
      "value": "11"
    },
    {
      "descripcion": "Nuboso",
      "periodo": "12-24",
      "value": "14"
    },
    {
      "descripcion": "Poco nuboso",
      "periodo": "00-06",
      "value": "12n"
    },
    {
      "descripcion": "Despejado",
      "periodo": "06-12",
      "value": "11"
    },
    {
      "descripcion": "Nuboso",
      "periodo": "12-18",
      "value": "14"
    },
    {
      "descripcion": "Nuboso",
      "periodo": "18-24",

```

```
        "value": "14"
      }
    ],
    "expiry_date": "2020-09-22",
    "humedadRelativa": {
      "dato": [
        {
          "hora": 6,
          "value": 100
        },
        {
          "hora": 12,
          "value": 50
        },
        {
          "hora": 18,
          "value": 40
        },
        {
          "hora": 24,
          "value": 95
        }
      ],
      "maxima": 100,
      "minima": 35
    },
    "probPrecipitacion": [
      {
        "periodo": "00-24",
        "value": 25
      },
      {
        "periodo": "00-12",
        "value": 0
      },
      {
        "periodo": "12-24",
        "value": 25
      },
      {
        "periodo": "00-06",
        "value": 0
      },
      {
        "periodo": "06-12",
        "value": 0
      },
      {
        "periodo": "12-18",
        "value": 10
      }
    ],
```

```

        {
            "periodo": "18-24",
            "value": 15
        }
    ],
    "rachaMax": [
        {
            "periodo": "00-24",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "00-12",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "12-24",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "00-06",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "06-12",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "12-18",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "18-24",
            "value": ""
        }
    ],
    "sensTermica": {
        "dato": [
            {
                "hora": 6,
                "value": 8
            },
            {
                "hora": 12,
                "value": 20
            },
            {
                "hora": 18,
                "value": 18
            },
            {
                "hora": 24,

```

```
        "value": 13
      }
    ],
    "maxima": 23,
    "minima": 7
  },
  "temperatura": {
    "dato": [
      {
        "hora": 6,
        "value": 9
      },
      {
        "hora": 12,
        "value": 20
      },
      {
        "hora": 18,
        "value": 18
      },
      {
        "hora": 24,
        "value": 13
      }
    ],
    "maxima": 23,
    "minima": 9
  },
  "uvMax": 6,
  "viento": [
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-24",
      "velocidad": 15
    },
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-12",
      "velocidad": 15
    },
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "12-24",
      "velocidad": 20
    },
    {
      "direccion": "S0",
      "periodo": "00-06",
      "velocidad": 10
    },
    {
```

```

        "direccion": "0",
        "periodo": "06-12",
        "velocidad": 15
    },
    {
        "direccion": "0",
        "periodo": "12-18",
        "velocidad": 20
    },
    {
        "direccion": "S0",
        "periodo": "18-24",
        "velocidad": 10
    }
]
},
{
    "cotaNieveProv": [
        {
            "periodo": "00-24",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "00-12",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "12-24",
            "value": ""
        }
    ],
    "estadoCielo": [
        {
            "descripcion": "Cubierto con lluvia",
            "periodo": "00-24",
            "value": "26"
        },
        {
            "descripcion": "Cubierto",
            "periodo": "00-12",
            "value": "16"
        },
        {
            "descripcion": "Muy nuboso con lluvia",
            "periodo": "12-24",
            "value": "25"
        }
    ],
    "expiry_date": "2020-09-23",
    "humedadRelativa": {
        "dato": [],

```

```
    "maxima": 100,
    "minima": 50
  },
  "probPrecipitacion": [
    {
      "periodo": "00-24",
      "value": 100
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": 45
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": 100
    }
  ],
  "rachaMax": [
    {
      "periodo": "00-24",
      "value": "35"
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": "35"
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": "35"
    }
  ],
  "sensTermica": {
    "dato": [],
    "maxima": 22,
    "minima": 11
  },
  "temperatura": {
    "dato": [],
    "maxima": 22,
    "minima": 11
  },
  "uvMax": 6,
  "viento": [
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-24",
      "velocidad": 25
    },
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-12",
```

```

        "velocidad": 25
    },
    {
        "direccion": "0",
        "periodo": "12-24",
        "velocidad": 25
    }
]
},
{
    "cotaNieveProv": [
        {
            "periodo": "00-24",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "00-12",
            "value": ""
        },
        {
            "periodo": "12-24",
            "value": ""
        }
    ],
    "estadoCielo": [
        {
            "descripcion": "Muy nuboso con lluvia escasa",
            "periodo": "00-24",
            "value": "45"
        },
        {
            "descripcion": "Muy nuboso con lluvia escasa",
            "periodo": "00-12",
            "value": "45"
        },
        {
            "descripcion": "Nuboso",
            "periodo": "12-24",
            "value": "14"
        }
    ],
    "expiry_date": "2020-09-24",
    "humedadRelativa": {
        "dato": [],
        "maxima": 100,
        "minima": 40
    },
    "probPrecipitacion": [
        {
            "periodo": "00-24",
            "value": 65
        }
    ]
}

```

```
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": 35
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": 35
    }
  ],
  "rachaMax": [
    {
      "periodo": "00-24",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "00-12",
      "value": ""
    },
    {
      "periodo": "12-24",
      "value": ""
    }
  ],
  "sensTermica": {
    "dato": [],
    "maxima": 20,
    "minima": 9
  },
  "temperatura": {
    "dato": [],
    "maxima": 20,
    "minima": 9
  },
  "uvMax": 5,
  "viento": [
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-24",
      "velocidad": 20
    },
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "00-12",
      "velocidad": 20
    },
    {
      "direccion": "0",
      "periodo": "12-24",
      "velocidad": 20
    }
  ]
}
```

```

    ]
  },
  {
    "cotaNieveProv": [
      {
        "value": ""
      }
    ],
    "estadoCielo": [
      {
        "descripcion": "Nuboso con lluvia escasa",
        "value": "44"
      }
    ],
    "expiry_date": "2020-09-25",
    "humedadRelativa": {
      "dato": [],
      "maxima": 100,
      "minima": 50
    },
    "probPrecipitacion": [
      {
        "value": 60
      }
    ],
    "rachaMax": [
      {
        "value": "50"
      }
    ],
    "sensTermica": {
      "dato": [],
      "maxima": 15,
      "minima": 6
    },
    "temperatura": {
      "dato": [],
      "maxima": 15,
      "minima": 6
    },
    "uvMax": 5,
    "viento": [
      {
        "direccion": "NO",
        "velocidad": 25
      }
    ]
  },
  {
    "cotaNieveProv": [
      {

```

```

        "value": ""
    }
],
"estadoCielo": [
    {
        "descripcion": "Muy nuboso",
        "value": "15"
    }
],
"expiry_date": "2020-09-26",
"humedadRelativa": {
    "dato": [],
    "maxima": 100,
    "minima": 60
},
"probPrecipitacion": [
    {
        "value": 20
    }
],
"rachaMax": [
    {
        "value": ""
    }
],
"sensTermica": {
    "dato": [],
    "maxima": 18,
    "minima": 4
},
"temperatura": {
    "dato": [],
    "maxima": 18,
    "minima": 4
},
"viento": [
    {
        "direccion": "NO",
        "velocidad": 15
    }
]
},
{
    "cotaNieveProv": [
        {
            "value": ""
        }
    ],
    "estadoCielo": [
        {
            "descripcion": "Nuboso",

```

```

        "value": "14"
    }
],
"expiry_date": "2020-09-27",
"humedadRelativa": {
    "dato": [],
    "maxima": 100,
    "minima": 55
},
"probPrecipitacion": [
    {
        "value": 10
    }
],
"rachaMax": [
    {
        "value": ""
    }
],
"sensTermica": {
    "dato": [],
    "maxima": 20,
    "minima": 7
},
"temperatura": {
    "dato": [],
    "maxima": 20,
    "minima": 7
},
"viento": [
    {
        "direccion": "N",
        "velocidad": 10
    }
]
}
]
}

```