

# Proyecto Fin de Carrera Ingeniería de Telecomunicación

## Diseño e Implementación de un Sistema de Comunicación en eSalud de Bajo Coste Basado en Software Libre

Autor: David Garduño Navarro

Tutora: Laura M. Roa Romero

**Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2015





Proyecto Fin de Carrera  
Ingeniería de Telecomunicación

# **Diseño e Implementación de un Sistema de Comunicación en eSalud de Bajo Coste Basado en Software Libre**

Autor:

David Garduño Navarro

Tutora:

Laura M. Roa Romero

Catedrática de Universidad

Dpto. Ingeniería de Sistemas y Automática  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2015



Proyecto Fin de Carrera:   Diseño e Implementación de un Sistema de Comunicación en eSalud de  
Bajo Coste Basado en Software Libre

Autor:           David Garduño Navarro  
Tutora:          Laura M. Roa Romero

El tribunal nombrado para juzgar el trabajo arriba indicado, compuesto por los siguientes profesores:

Presidente:

Vocal/es:

Secretario:

acuerdan otorgarle la calificación de:

El Secretario del Tribunal

Fecha:



# Agradecimientos

---

A mis padres, Miguel y Chari, porque supieron ver el final del camino mucho antes que yo y me convencieron de que seguíamos avanzando, aunque yo pensara que estábamos atascados.

A mi hermana, María, por hacer de hermana mayor siendo más pequeña, y dejarme hacer de hermano mayor sin poder igualarla.

A mis tías, Moni y Loli, y a mi tío, Pedro, que me han abierto la puerta de sus casas siempre que lo he necesitado, sin reservas, sin excusas, sin necesidad de explicaciones.

A mis compañeros de clase, por dejar de serlo, para convertirse en amigos.

A mis tutores, Laura y Miguel Ángel, por darme la oportunidad de trabajar con ellos y enseñarme un mundo apasionante dentro de la ingeniería.

A los compañeros del Grupo de Ingeniería Biomédica, David, Gerardo, Amparo y sobre todo a Jorge y Alejandro, por sacrificar su tiempo de trabajo para ayudarme con este proyecto.

A Sandra, por aparecer al final del trayecto y darme el aliento que necesitaba para terminar. Gracias por tus consejos, por tu ayuda, por tus ánimos, por tu cariño, y por hacerme ser y sentir mejor cada día.

A todos los que, de una manera u otra, habéis ayudado a completar este proyecto os dedico mi más sincero agradecimiento.

*David Garduño Navarro*  
*Ingeniero Superior de Telecomunicaciones*

*Sevilla, 2015*



# Resumen

---

En el presente proyecto se aborda el diseño e implementación de un sistema de comunicaciones modular, destinado al seguimiento y control de pacientes renales que no dispongan de servicios avanzados de telecomunicaciones en sus hogares. El objetivo es desarrollar una solución de bajo coste a partir de software libre para su integración en la plataforma de eSalud *eNefro*.

En particular, se desarrolla un sistema adaptado para aquellos usuarios que no dispongan de conexión a Internet, por lo que está diseñado para ser accesible mediante llamada telefónica (red fija o móvil). En líneas generales, el proyecto incluye una centralita telefónica virtual de software libre que implementa un sistema de Respuesta Vocal Interactiva (IVR) encargado de interactuar con el usuario.

La aplicación guía al usuario de forma transparente en los procesos de introducción, envío y almacenamiento de datos; y genera alarmas ante situaciones de emergencia, estableciendo un canal de comunicaciones estable y seguro entre usuario asistido y profesional sanitario en caso necesario.

El sistema está adaptado para garantizar la accesibilidad a usuarios con limitaciones físicas sensoriales y cognitivas (pacientes crónicos, personas de movilidad reducida, personas mayores, etc).

El producto final se integrará como una vía de acceso alternativa para *eNefro*, un proyecto de arquitectura extensible y adaptable desarrollado por el Grupo de Ingeniería Biomédica de la Universidad de Sevilla para la asistencia remota de pacientes en prediálisis, diálisis peritoneal y en tratamiento conservador.



# Abstract

---

The current project approaches the design and implementation of a modular communications system intended for monitoring and control of renal patients who do not have advanced telecommunications services at home. The aim is to develop a low-cost solution from free software for integration into the eHealth platform eNefro.

Particularly, it develops an adapted system for users who do not have Internet access, so it is designed to be accessible by telephone call (fixed or mobile network). Overall, the project includes a free software virtual PBX that implements an Interactive Voice Response (IVR) system responsible for interacting with the user.

The application guides the user transparently through the introduction, sending and data storage process; and generates alarms to emergency situations, establishing a secure communications channel between user and health professional if necessary.

The system is adapted to ensure accessibility for users with sensory, physical and cognitive limitations (chronically ill, disabled, elderly ...).

The final product will be integrated as an alternate access path for eNefro, a project with extensible and adaptable architecture developed by the Biomedical Engineering Group of the University of Seville for the remote assistance of patients in predialysis, peritoneal dialysis or conservative treatment.



# Índice

---

<i>Resumen</i>	III
<i>Abstract</i>	V
<i>Índice de Figuras</i>	IX
<i>Índice de Tablas</i>	XIII
<b>1. Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Estado del arte	5
1.1.1. Proyectos relacionados con la diabetes	5
1.1.2. Proyectos relacionados con trastornos cardiovasculares	6
1.1.3. Proyectos relacionados con trastornos pulmonares	6
1.1.4. Proyectos relacionados con trastornos renales	6
1.1.5. Otros proyectos	6
Proyectos relacionados con trastornos psiquiátricos	6
Proyectos relacionados con el cáncer	7
Proyectos relacionados con lesiones cerebrales	7
1.2. Justificación	7
1.3. Metodología	9
1.4. Objetivos	10
1.4.1. Objetivo principal	10
1.4.2. Objetivos secundarios	11
<b>2. Materiales y métodos</b>	<b>13</b>
2.1. Materiales	13
2.1.1. Materiales Hardware	13
2.1.2. Materiales Software	13
2.2. Métodos	15
2.2.1. Accesibilidad, Usabilidad y Diseño para todos	15
Contexto de uso	15
2.2.2. Estudio de las necesidades generales del paciente	16
2.2.3. Estudio de las necesidades especiales de los pacientes	17
2.2.4. Normativa	20
2.2.5. Gestión de alarmas o incidencias	27
2.2.6. Sistema de Respuesta Vocal Interactiva (IVR). Asterisk.	28
Diseño del IVR	29
Programación del IVR	33
2.2.7. Generación de las locuciones	35
Tratamiento de los archivos de audio	35
2.2.8. Integración con calendarios	39
Uso dentro del proyecto	39
2.2.9. Gestión y almacenamiento de datos. Integración con la base de datos eNefro	40

Modo de acceso: Pool de conexiones	41
<b>3. Resultados</b>	<b>43</b>
3.1. Descripción funcional	43
3.2. Componentes de la solución tecnológica	43
3.2.1. Componentes Hardware	43
3.2.2. Componentes Software	44
3.3. Arquitectura general del sistema eNefro-Asterisk	44
3.4. Bloques funcionales de la aplicación IVR	45
3.4.1. Bloque Manager Listener	45
3.4.2. Bloque ThreadAMI	45
Bloque Autenticación de usuario	46
Bloque Primera configuración de las opciones de usuario	47
Bloque Configuración del PIN	47
Bloque Configuración del volumen	47
Bloque Configuración de la velocidad de las locuciones	47
Carga de las opciones de usuario	47
Tarea elegida en el menú IVR	47
3.4.3. Tareas del menú principal del IVR	48
Bloque Introducción de las variables fisiológicas y síntomas	48
Bloque Carga de la configuración del paciente	48
Bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas	48
Bloque Recogida de alarmas generadas	49
Bloque Almacenamiento de variables fisiológicas y síntomas en la base de datos	49
Bloque Gestión de las alarmas generadas	49
Bloque Opciones personales	49
Bloque Cambiar PIN	49
Bloque Cambiar Volumen	49
Bloque Cambiar la velocidad de las locuciones	49
Bloque Volver a los parámetros por defecto	49
3.4.4. Bloque ThreadCalendar	50
3.5. Arquitectura del sistema IVR	67
3.6. Casos de uso	68
3.6.1. Caso de uso: Primera configuración	68
3.6.2. Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas sin generación de alarmas	73
3.6.3. Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas con generación de alarmas sin redirección de llamada	78
3.6.4. Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas con generación de alarmas y redirección de llamada	85
3.6.5. Caso de uso: Opciones personales: Cambio del número PIN	92
3.6.6. Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de volumen	95
3.6.7. Caso de uso: Opciones personales: Cambio de la velocidad de las locuciones	98
3.6.8. Caso de uso: Opciones personales: Volver a los parámetros por defecto	101
<b>4. Conclusiones</b>	<b>105</b>
<b>5. Mejoras futuras</b>	<b>107</b>
5.1. Migración hacia una única base de datos	107
5.2. Generación de las locuciones	107
5.3. Comunicación directa paciente-doctor	107
<b>Apéndice A. Integración de calendarios en el sistema eNefro-Asterisk</b>	<b>109</b>
A.1. Instalación del servidor DAViCal	109
A.2. Creación de calendarios dentro del servidor DAViCal	109
A.2.1. Creación de usuarios en el servidor DAViCal	109
A.2.2. Creación de calendarios en el servidor DAViCal	110

---

A.2.3.	Configuración de Asterisk para el uso de los calendarios	111
A.2.4.	Creación de eventos en el calendario. Cliente de calendario Thunderbird.	114
	Añadir nuevo calendario	114
	Creación de eventos en el calendario	114
	Creación de eventos para el calendario Citas	114
	Creación de eventos para el calendario Horario de Consulta	116
<b>Apéndice B.</b>	<b>Generación de archivos de audio mediante la herramienta SoX</b>	<b>117</b>
B.1.	Creación de locuciones MP3 a través del servicio Google Translate	117
B.2.	Conversión de formatos de audio mediante la herramienta SoX	117
B.2.1.	Convertir MP3 a WAV	117
B.2.2.	Convertir WAV a ALAW	117
B.2.3.	Convertir WAV a ULAW	117
B.2.4.	Convertir WAV a GSM	117
B.2.5.	Convertir WAV a SLIN	118
	<i>Bibliografía</i>	119



# Índice de Figuras

---

1.1.	Esperanza de vida al nacer	1
1.2.	Evolución de la población mayor en España, 1900-2050 (porcentaje)	2
1.3.	Población según sexo y edad. Año 2011	2
1.4.	Población según sexo y edad. Año 2050	3
3.1.	Componentes de la solución tecnológica	45
3.2.	Diagrama de flujo del bloque Manager Listener	46
3.3.	Diagrama de flujo del bloque ThreadAMI	51
3.4.	Estructura interna del bloque Thread-AMI	52
3.5.	Diagrama de flujo del bloque Autenticación de usuario	53
3.6.	Diagrama de flujo del bloque Primera configuración	54
3.7.	Diagrama de flujo del bloque Configuración del PIN	55
3.8.	Diagrama de flujo del bloque Configuración del volumen	56
3.9.	Diagrama de flujo del bloque Configuración de la velocidad de las locuciones	57
3.10.	Diagrama de flujo del bloque Carga de las opciones de usuario	58
3.11.	Diagrama de flujo del bloque Introducción de las variables fisiológicas y síntomas	59
3.12.	Diagrama de flujo del bloque Carga de la configuración del paciente	60
3.13.	Diagrama de flujo del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas	61
3.14.	Diagrama de flujo del bloque Recogida de alarmas generadas	62
3.15.	Diagrama de flujo del bloque Almacenamiento de variables fisiológicas y síntomas en la base de datos	62
3.16.	Diagrama de flujo del bloque Gestión de las alarmas generadas	63
3.17.	Diagrama de flujo del bloque Opciones personales	64
3.18.	Diagrama de flujo del bloque Volver a los parámetros por defecto	65
3.19.	Diagrama de flujo del bloque ThreadCalendar	66
3.20.	Arquitectura del sistema IVR con el bloque Thread-AMI	67
3.21.	Arquitectura del sistema IVR con el bloque Thread-Calendar	68
A.1.	Creación de usuario en el servidor DAViCal	110
A.2.	Selección de usuario en el servidor DAViCal	110
A.3.	Sección para la creación de calendarios en el servidor DAViCal	110
A.4.	Creación de calendario	111
A.5.	Creación de calendario	112
A.6.	Calendarios creados	112
A.7.	Ejemplo base del archivo calendar.conf	112
A.8.	Ejemplo del archivo calendar.conf	113
A.9.	Configuración de un nuevo calendario en Thunderbird	114
A.10.	Configuración de un nuevo calendario en Thunderbird	115
A.11.	Configuración de un nuevo evento en un calendario para Citas	115



# Índice de Tablas

---

2.1.	Variables fisiológicas y sus valores máximos y mínimos	17
2.2.	Síntomas asociados a cada tipo de paciente	17
2.3.	Variables fisiológicas y nivel de prioridad asociado	28
2.4.	Síntomas y nivel de prioridad asociado	28
2.5.	Librerías y Frameworks para AGI-AMI	34
2.6.	Codec Translator	36
2.7.	Format Interpreters	37
2.8.	Formatos de audio utilizados en las locuciones del sistema	39
3.1.	Casos de uso: Primera configuración	73
3.2.	Casos de uso: Inserción de variables y síntomas sin generación de alarmas	78
3.3.	Casos de uso: Inserción de variables y síntomas con generación de alarmas sin redirección de llamada	85
3.4.	Casos de uso: Inserción de variables y síntomas con generación de alarmas y redirección de llamada	92
3.5.	Caso de uso: Opciones personales: Cambio del número PIN	95
3.6.	Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de volumen	98
3.7.	Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de velocidad de las locuciones	101
3.8.	Caso de uso: Opciones personales: Volver a los parámetros por defecto.	104
A.1.	Nomenclatura utilizada en los calendarios.	109
A.2.	Configuración base del archivo calendar.conf	113



# 1 Introducción

---

*The fundamental problem of communication is that of reproducing at one point either exactly or approximately a message selected at another point.*

CLAUDE SHANNON, 1948

Las mejoras de las condiciones de vida generales, los avances de la tecnología médica y la mejora de la sanidad pública han provocado el aumento de la esperanza de vida de la población española. La vida media o esperanza de vida al nacer pasó de 33,9 y 35,7 años en 1900 para hombres y mujeres, respectivamente, a 74,4 y 81,5 en 1995 [12] como refleja la Figura 1.1.

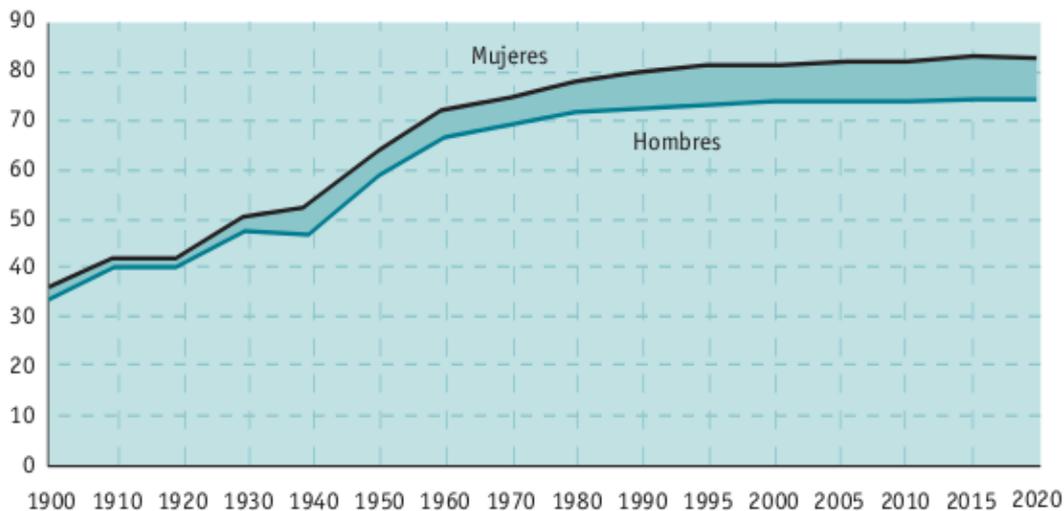


Figura 1.1 Esperanza de vida al nacer.

A pesar de un leve incremento durante el período comprendido entre 2000 y 2008 lo cierto es que las dos últimas décadas del siglo XX representaron para España, al igual que para la mayor parte de los países desarrollados, la entrada en una nueva fase demográfica caracterizada por niveles de fecundidad inferiores al nivel de reemplazo y el alargamiento de la esperanza de vida al nacer. Estos cambios en los patrones demográficos han provocado un incremento del volumen absoluto y del peso relativo de las personas mayores de 65 años, que en el año 2011 suponía un 17,3% de la población [18].

Además, las proyecciones de población apuntan que en las próximas décadas la población de 65 años y más seguirá aumentando. En el año 2050 habrá algo más de 15 millones de mayores, casi el doble que en la actualidad y representarán más de un tercio del total de la población española (36,4%) [Figura 1.2].

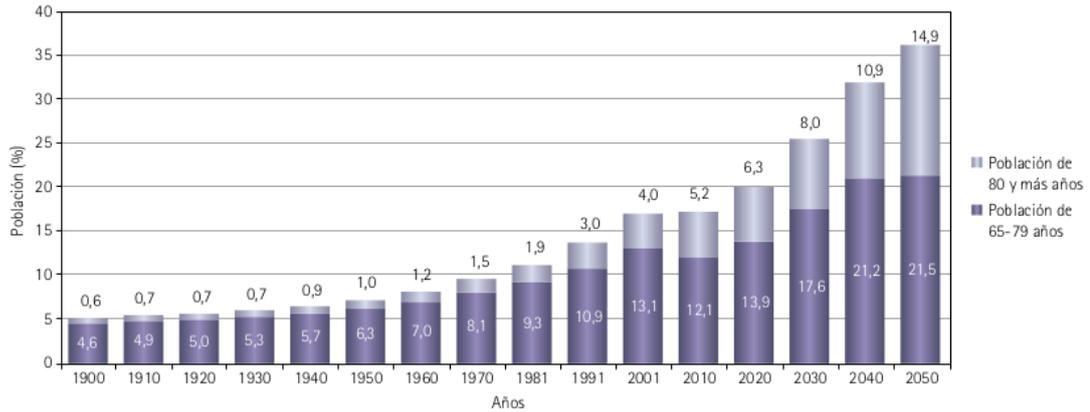


Figura 1.2 Evolución de la población mayor en España, 1900-2050 (porcentaje).

Otra de las tendencias previstas en la composición de la población es el llamado “envejecimiento de las personas mayores”. En un futuro a largo plazo se producirá un incremento de la población más anciana, es decir, la que supere los 80 años. Las proyecciones de población apuntan a que en el año 2050 las personas de más de 80 años representarán un 14,9% sobre el total de población mayor [18].

Las previsiones de crecimiento y envejecimiento de la población española van a provocar un cambio en la estructura de la población que se verá reflejado en el aspecto de la “pirámide poblacional” que pasará de tener aspecto de “pirámide” con la parte inferior y central más ancha (comprendida por la población más joven) a tomar aspecto de “pilar” cuando la población más anciana iguale en valores a la población joven. Una comparativa de este efecto puede verse en las Figuras 1.3 y 1.4.

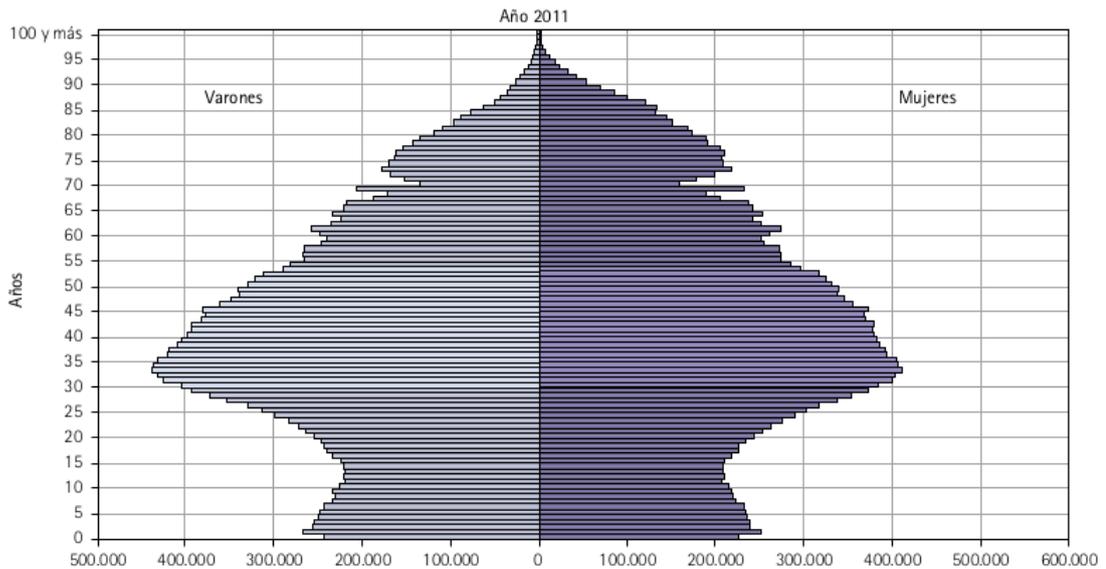
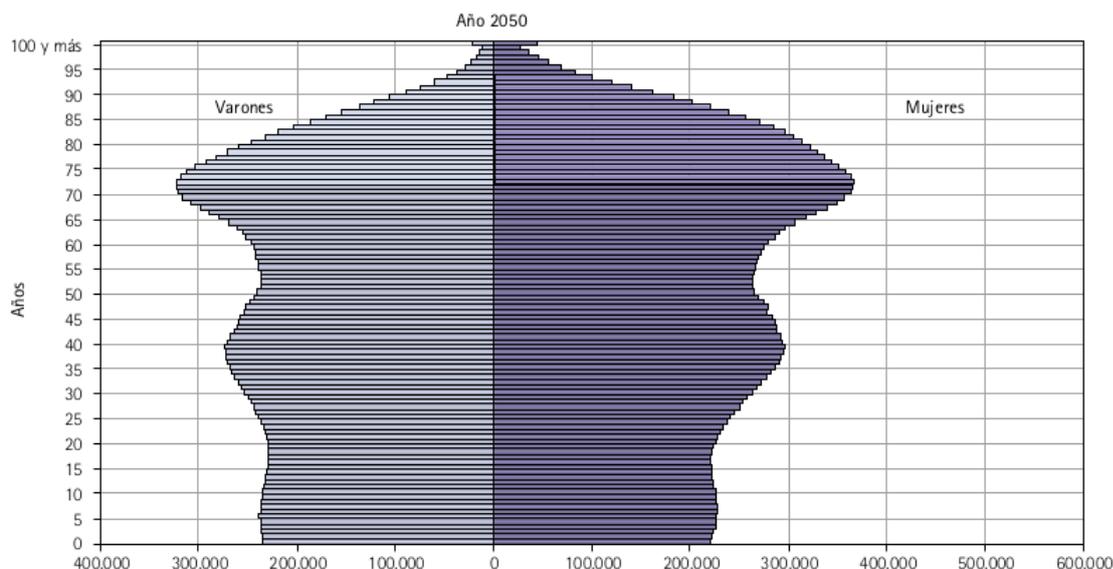


Figura 1.3 Población según sexo y edad. Año 2011.



**Figura 1.4** Población según sexo y edad. Año 2050.

El progresivo envejecimiento de la población lleva aparejado un aumento de las personas dependientes. Edad y dependencia están estrechamente relacionadas, ya que el volumen de personas con limitaciones de su capacidad funcional aumenta en los grupos de edad superiores, sobre todo a partir de los 80 años [18]. Del mismo modo el aumento de la población anciana provoca un aumento de las enfermedades crónicas dada su mayor incidencia en las personas mayores.

Estas patologías representan el 70 % del trabajo sanitario total y suponen el 80 % de las consultas en centros de salud y el 60 % de los ingresos hospitalarios [44]. Afrontar la carga de estas situaciones supone un reto importante para la sostenibilidad del sistema sanitario español y encontrar una solución a ambas es vital para garantizar su supervivencia.

El cuidado de las personas dependientes requerirá de nuevas políticas sociales que suplan el papel que hasta ahora ocupaba la familia, sobre todo las mujeres, en el cuidado de las personas dependientes. A su vez la reducción de costes en el cuidado de pacientes crónicos, sin que esto suponga una merma en la calidad de su asistencia, supone una prioridad ya que, por el progresivo envejecimiento de la población cabe esperar un aumento del gasto sanitario asociado.

En este sentido el uso de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (en adelante TIC) aplicadas a la salud y el cuidado de pacientes se postula como un pilar fundamental dentro de las soluciones destinadas a garantizar la continuidad y sostenibilidad del sistema nacional de salud. Tal y como ha ocurrido con el resto de la sociedad actual donde la incorporación de las TIC a la vida diaria ha transformado el modo en el que nos relacionamos, trabajamos y participamos en la sociedad, el futuro de la asistencia sanitaria pasa por incorporar las TIC dentro del procedimiento de diagnóstico y cuidado de pacientes y enfermedades para lo cual será necesaria la colaboración por parte de pacientes, profesionales y administraciones. De esta evolución de la sociedad, la sanidad y las TIC surge el concepto **e-Salud**.

Mientras que la Telemedicina *se refiere a los cuidados de salud conocidos hasta ahora pero aplicados a distancia y no involucra necesariamente servicios clínicos* [6], el concepto de **eSalud implica un cambio de paradigma en la forma de uso y acceso a los servicios sanitarios** basado en 3 pilares fundamentales: Medicina preventiva, medicina basada en la evidencia y medicina centrada en el paciente. Esta forma de practicar la medicina existe desde hace años, sin embargo, es ahora con el uso de las TIC cuando se está produciendo un cambio que permite obtener mayores beneficios, debido sobre todo a la cantidad de información que la ciudadanía va a producir cuando utilice las nuevas tecnologías para el cuidado de su salud, y a los sistemas de procesamiento de esa información.

### **Medicina preventiva:**

El seguimiento de los indicadores del estado de salud y el registro metódico de variables fisiológicas y síntomas generan una gran cantidad de información médica que permitiría descubrir y corregir comportamientos nocivos para la salud del paciente evitando la aparición de la enfermedad o atajándola en sus estadios iniciales.

#### **Medicina basada en la evidencia:**

La medicina basada en la evidencia, es la manera de abordar los problemas clínicos, utilizando para solucionar éstos los resultados originados en la investigación científica (evidencia científica). En palabras de sus precursores "es la utilización concienzuda, juiciosa y explícita de las mejores pruebas disponibles, en la toma de decisiones sobre el cuidado de los pacientes". [29].

La práctica de la Medicina basada en la evidencia científica requiere cuatro pasos consecutivos:

1. Formular de manera precisa una pregunta a partir del problema clínico del paciente.
2. Localizar las pruebas disponibles en la literatura.
3. Evaluación crítica de las pruebas.
4. Aplicación de las conclusiones de esta evaluación a la práctica.

#### **Medicina centrada en el paciente:**

La medicina centrada en el paciente tiene un enfoque individual, busca la particularización y la mejora de los resultados sanitarios en los pacientes individuales. Así mismo el paciente se convierte en parte activa del proceso sanitario; se traslada al paciente, entendido como ciudadano involucrado en la sociedad en la que vive, la tarea de participar dentro del sistema sanitario como primer responsable de las actividades relacionadas con su salud, participando en la prevención y recogida de información sanitaria. La gran cantidad de información generada por la ciudadanía permitirá procesar todos esos datos como si de un macroensayo clínico se tratase, reduciendo el sesgo de los mismos y favoreciendo la detección de los procedimientos y medicamentos que resultan beneficios separándolos de los perjudiciales.

Secundariamente la eSalud incluye la digitalización de información clínica (historial médico, imágenes, pruebas) que facilita el archivo, consulta, edición e intercambio de datos de los pacientes entre diversos profesionales sanitarios (centros de salud, hospitales, especialistas, farmacias), **la prestación de servicios médicos a distancia** evitando la visita presencial del paciente, servicios de información centrados en las necesidades de los profesionales sanitarios y el uso de equipos virtuales de cuidados sanitarios. [53]

Según estudios realizados por el Centro Superior de Investigaciones Científicas (CSIC) [6] y por el Club de Excelencia en Sostenibilidad [17], los beneficios esperados por la integración de las TICs en el ámbito sanitario incluyen:

- Transformación del sistema hacia un modelo centrado en el paciente que afectará a todos los agentes del sistema (personal sanitario, administración, industria tecnológica sanitaria, pacientes).
- Mejora la calidad del servicio con una reducción de los plazos de lista de espera y un incremento del tiempo disponible por parte de los médicos para atender a los pacientes.
- Descenso general de la mortalidad.
- Mejora de las habilidades funcionales.
- Incrementa el carácter preventivo de la sanidad a través de la realización de mayor número de diagnósticos en menor tiempo.
- El colectivo de enfermos crónicos se verá beneficiado por una atención sanitaria de calidad desde la comodidad de su propio domicilio reduciendo incómodos traslados y/o hospitalizaciones en ocasiones innecesarias con las posibilidades de monitorización y seguimiento en tiempo real que ofrecen las TIC al personal sanitario.
- Descenso de las visitas a urgencias y retraso en los ingresos hospitalarios.
- Aumenta la eficiencia de la gestión y operación de los centros sanitarios (se reduce la duplicidad de diagnósticos y pruebas, se generan informes con mayor rapidez, se realizan consultas de los expedientes médicos en tiempo real, etc.) que redundará en una optimización del presupuesto sanitario.

- En términos económicos se estima que para el 2020 el gasto sanitario supondrá casi el 8,1 % del PIB. El uso de la telemedicina permitiría un ahorro estimado de más de 122.958 millones de euros.
- Paralelamente al ahorro económico, la aplicación de las TIC al ámbito de la sanidad supondría la creación de 47.000 nuevos puestos de trabajo.

Por su parte la **monitorización remota o a distancia** permite al personal sanitario realizar el seguimiento del estado de salud del paciente (parámetros biológicos, síntomas) desde su propio domicilio, evitando desplazamientos del paciente y mejorando en la eficiencia de los procesos de atención sanitaria [45]. En esencia es un proceso similar al que se hace en una Unidad de Cuidados Intensivos, donde el paciente tiene conectado un monitor y un profesional sanitario hace el seguimiento de unos parámetros: frecuencia cardíaca, temperatura, etc.

Los beneficios de la monitorización remota son especialmente relevantes para el cuidado de los pacientes crónicos y por tanto entronca con el problema de la sostenibilidad del sistema sanitario. Entre sus beneficios se incluyen [45][46]:

- Prevención de posibles complicaciones en el corto plazo: El control intensivo de las biomedidas permite anticipar cambios en el estado de salud del paciente en una etapa temprana
- Reducción del número de visitas a urgencias por descompensaciones.
- Disminución de la duración media de hospitalización de estos pacientes y reducción de las rehospitalizaciones.
- Reducción de costes: La monitorización remota de pacientes podría suponer un ahorro estimado de 80.000 millones de euros (suponiendo un ahorro del 10 % en los costes actuales).

## 1.1 Estado del arte

Realizar un estudio de la situación de las soluciones tecnológicas en cualquier ámbito relacionado con las Tecnologías de la información y comunicación (TIC) siempre es una tarea aventurada debido a la rápida evolución y cambio que éstas experimentan. Lo que hoy es una solución puntera y con proyección de futuro mañana puede ser una tecnología obsoleta y desfasada.

Teniendo en mente esta premisa se han recopilado las soluciones encontradas en los ámbitos de la eSalud relacionados con el tratamiento de diversas enfermedades.

Los avances más importantes en cuanto a la implantación de las TICs en el cuidado de enfermedades en los últimos años se ha realizado en el tratamiento de la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y trastornos pulmonares (EPOC). Progresivamente se están produciendo avances en el tratamiento de enfermedades relacionadas con trastornos psiquiátricos, neurológicos, cáncer, lesiones cerebrales y enfermedades renales (éstas últimas cobran especial relevancia por su relación con este PFC).

### 1.1.1 Proyectos relacionados con la diabetes

#### Commodity12

Commodity12 ([www.commodity12.eu](http://www.commodity12.eu)) constituirá una plataforma para monitorización continua de diabetes. El proyecto se focaliza en la interacción diabetes y trastronos cardiovasculares [15].

#### PERSONA

Personalized Decision Support for Enhanced Control in Pervasive Healthcare Platforms (PERSONA) es un proyecto intramural del CIBER-BBN y el Ministerio de Ciencia y Tecnología que tiene por objeto el desarrollo de una plataforma de cuidado de la salud que integra asistencia personal de modo que: 1. comunica a los pacientes y a los profesionales de la salud, 2. proporciona acceso a herramientas personalizadas de apoyo a la decisión y 3. recupera datos directamente de dispositivos médicos. Combina diferentes aproximaciones de inteligencia artificial con técnicas de modelado y simulación. La plataforma, que permite la monitorización del paciente y la generación de consejos personalizados, será probada en mujeres con diabetes tipo 1 bajo cuidados de optimización preconceptiva [26].

**EMPOWER**

EMPOWER ([www.empower-fp7.eu](http://www.empower-fp7.eu)) soporta la auto-gestión de los pacientes con diabetes a través de un Marco de Empoderamiento del Paciente (Patient Empowerment Framework). Ayuda a los pacientes diabéticos con la observación diaria de los patrones de vida y con la gestión personalizada de planes de acción [15].

**DIAB-SUPPORT**

Personalized Decision Support (DIAB-SUPPORT) aborda el desarrollo de un sistema de toma de decisiones (DSS) integrado en una plataforma de telemedicina para evaluar diabetes mellitus tipo 1. El DSS analiza múltiples parámetros combinados con información clínica adquirida a través de dispositivos y sensores y proporciona consejo a los pacientes y cuidadores en forma de asesoramiento personalizado [25].

**1.1.2 Proyectos relacionados con trastornos cardiovasculares****Bravehealth**

Bravehealth ([fastuk.org/research](http://fastuk.org/research)) es una proximación centrada en el paciente para un contexto de diagnóstico y gestión de trastornos cardiovasculares adaptado e integrado [15].

**HeartCycle**

Heartcycle ([www.heartcycle.eu](http://www.heartcycle.eu)) es un sistema de telemonitorización para pacientes cardíacos en rehabilitación [15].

**iCARDEA**

iCARDEA ([www.srdc.com.tr/projects/icardea](http://www.srdc.com.tr/projects/icardea)) es una plataforma personalizada de monitorización remota para pacientes cardíacos con implantes electrónicos [15].

**1.1.3 Proyectos relacionados con trastornos pulmonares****CHRONIOUS**

Una plataforma abierta, ubicua y adaptativa para la gestión de pacientes afectados de EPOC (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) [15]. Más información en [www.chronious.eu](http://www.chronious.eu).

**Synergy-COPD**

El proyecto Synergy-COPD ([www.synergy-copd.eu](http://www.synergy-copd.eu)) tiene como objetivo estudiar los mecanismos subyacentes de la EPOC (COPD en inglés) y busca producir un modelo informático completo de los mecanismos de la EPOC. Synergy-COPD cubre parte de la "Virtual Physiological Human" (VPH), que se ocupa del modelado y simulación biomédica del cuerpo humano [15].

**WELCOME**

Para ayudar a los pacientes con EPOC con comorbilidades y para reducir la carga sobre nuestros sistemas de salud, el proyecto FP7 WELCOME tiene como objetivo crear soluciones innovadoras, como una herramienta de gestión de cuidados integrada y un chaleco de monitorización [15]. Más información [www.welcome-project.eu](http://www.welcome-project.eu)

**1.1.4 Proyectos relacionados con trastornos renales****NEPHRON+**

NEPHRON+ ([www.nephronplus.eu](http://www.nephronplus.eu)) proporcionará un gran salto hacia adelante en la atención renal: Los expertos del proyecto están desarrollando un riñón artificial portátil para la purificación de la sangre en el cuerpo - una nueva generación, integrada para el tratamiento personalizado, a distancia de pacientes con insuficiencia renal crónica. Diálisis continua fuera del hospital que ofrece una mejor depuración de la sangre, mientras que los pacientes pueden permanecer móvil y activos en la vida social y económica [15].

**1.1.5 Otros proyectos****Proyectos relacionados con trastornos psiquiátricos****Help4Mood**

Soporte informatizado para las personas con depresión mediante el control de su estado de ánimo y la actividad física en casa [15]. Más información: [help4mood.info](http://help4mood.info)

### Proyectos relacionados con el cáncer

#### DR THERAPAT

El objetivo de DR THERAPAT es crear la Plataforma Digital de Pacientes en Radioterapia . Esta plataforma integrar los conocimientos disponibles en imágenes de tumores, interpretación y análisis de imágenes, modelos radiobiológicos y la planificación de la radioterapia en una representación digital coherente, reutilizable y multi-escala [15]. Más información: [drtherapat.eu](http://drtherapat.eu)

### Proyectos relacionados con lesiones cerebrales

#### SCRIPT

Apoyo a la rehabilitación en casa (después de un derrame cerebral) con un sistema de participación de dispositivos robóticos [15]. Más información: [scriptproject.eu](http://scriptproject.eu)

## 1.2 Justificación

La labor realizada en este proyecto fin de carrera se encuentra en el marco de un proyecto de investigación actualmente en desarrollo por el Grupo de Ingeniería Biomédica, el proyecto eNefro (PI11/00111).

El proyecto eNefro (Arquitectura modular adaptable para la teleasistencia integral de pacientes renales) es un esfuerzo multicéntrico entre la Universidad de Sevilla y diversos hospitales nacionales, estando formado el equipo investigador por especialistas en Ingeniería Biomédica y un equipo médico integrado por nefrólogos de cuatro Servicios de Nefrología pertenecientes a tres comunidades autónomas diferentes.

El objetivo principal del proyecto eNefro es establecer una arquitectura extensible y adaptable para la asistencia remota de pacientes en pre-diálisis y diálisis peritoneal (DP). Para cumplir el objetivo anterior se plantea el cumplimiento de otro objetivo, el de introducción en la metodología de trabajo de los conceptos de “diseño para todos” y “espacio de diseño”, que permitan la personalización de los dispositivos a las necesidades específicas de los usuarios. Más de 70 millones de personas en todo el mundo tienen enfermedad renal crónica (ERC) y de acuerdo a las estimaciones esta prevalencia aumentará aún más al igual que el ya enorme impacto en los recursos del sistema de salud relacionados a la atención de ERC [3]. En España se estima que hay 25.000 personas con enfermedad renal crónica que están en tratamiento de diálisis. De ellas, un 15 % reciben la diálisis en sus domicilios a través de la diálisis peritoneal.

La diálisis peritoneal utiliza una membrana natural (el peritoneo) como filtro. El fluido de diálisis se introduce en la cavidad peritoneal a través de un pequeño tubo flexible que se implanta en el abdomen del paciente de forma permanente en una intervención quirúrgica menor. Parte de este tubo, o catéter, permanece fuera del abdomen. De esta forma puede conectarse a las bolsas de solución de diálisis [29]. Mientras el líquido está en la cavidad peritoneal se produce la diálisis: el exceso de líquidos y los productos de desecho pasan desde la sangre al fluido de diálisis a través de la membrana peritoneal.

La solución se cambia periódicamente y a este proceso se le llama intercambio. Los pacientes en diálisis peritoneal ambulatoria continua (DPAC), que es la modalidad más utilizada, necesitan realizar 3 ó 4 intercambios diarios. El tratamiento se realiza sin salir de casa, es flexible y puede ajustarse a distintas necesidades y horarios.

Además de estos intercambios, los pacientes en diálisis peritoneal tienen que realizar la medición de una serie de parámetros fisiológicos como pueden ser el peso, la temperatura y la tensión arterial, y deben anotar diariamente todos estos valores para comunicárselos a su médico en las revisiones en consulta [9]. Este procedimiento para el control de la enfermedad permite que estos pacientes puedan ser monitorizados remotamente sin abandonar su propio hogar.

Como parte de la filosofía de accesibilidad y reducción de la brecha digital que acompaña a todo el proyecto **surge la necesidad de cubrir todos los medios de acceso posibles para el uso del sistema eNefro; y dar cobertura a todo tipo de pacientes sin importar su localización geográfica, nivel económico o conocimientos en nuevas tecnologías.**

Para conseguir este objetivo es necesario crear un método de acceso para pacientes que no poseen conexión a internet de alta velocidad, que no pueden abordar la compra de nuevos terminales (smartphones, pc, etc) o cuyo conocimiento en el uso de nuevas tecnologías es reducido. Además es necesario que el método escogido tenga un coste reducido para el paciente a fin de evitar la discriminación por falta de recursos económicos y un coste de implementación y mantenimiento eficiente para asegurar la sostenibilidad dentro del sistema sanitario. En este sentido la línea telefónica (fija o móvil) aparece como la mejor alternativa.

La implantación de la línea telefónica (fija o móvil) llega al 99% de la población [27] y su uso es conocido por la amplia mayoría por ser una tecnología implantada en España desde el año 1882 para la telefonía fija y desde el año 1976 en el caso de la telefonía móvil, siendo ampliamente usado en la vida cotidiana desde 1985 en el caso fijo y con un uso extendido y regular a partir del año 1999 para el caso móvil [14] [16].

El uso de la telefonía permite el acceso a la e-salud a pacientes situados en zonas remotas o aisladas de grandes núcleos urbanos por ser un servicio de comunicaciones amparado en la ley de servicio universal. El servicio universal es un conjunto de servicios básicos de comunicaciones electrónicas cuya prestación se garantiza a todos los usuarios que lo soliciten, independientemente de su localización geográfica, con una calidad especificada y a un precio asequible. Entre ellos está contemplada la prestación del servicio telefónico disponible al público desde una ubicación fija y medidas específicas para usuarios con discapacidad [28].

El coste asequible del servicio garantiza la no exclusión de pacientes con bajos recursos económicos y el equipo electrónico necesario (teléfono) es, en comparación con otros aparatos electrónicos (pcs, smartphones, etc) bastante menor pudiendo ser incluso alquilado a la compañía telefónica a coste reducido [51].

Además para que estos servicios sean asequibles a los usuarios con necesidades sociales especiales, el operador designado para prestar el servicio universal debe ofrecer el plan especial de precios denominado Abono Social, que va dirigido a jubilados y a pensionistas cuya renta familiar no exceda el 120% del IPREM y consistirá en la aplicación de una bonificación del 70% en el importe de la cuota de alta o cuota de conexión de líneas individuales y del 95% en el importe de la cuota de abono de la línea individual de carácter periódico [28].

El uso de tecnologías de software libre asociadas a telefonía y el abaratamiento del equipo electrónico relacionado han permitido una reducción de costes en la construcción, instalación y explotación de sistemas de telefonía privados y de negocios. Esto ha permitido que el uso de centralitas privadas virtuales y sistemas de respuesta automática como automatic attendants y sistemas de Respuesta Vocal Interactiva (IVR) estén al alcance de cualquier pequeño negocio desde finales de los 90 [30]. Además la aparición de sistemas que combinan la telefonía fija tradicional y RDSI con los sistemas de telefonía VoIP permiten una reducción aún más significativa en el consumo con el consecuente ahorro en la factura con el proveedor de servicios.

La inserción de los datos relativos a la enfermedad renal pueden ser introducidos a través del teléfono siendo su uso más sencillo que el de otras formas de acceso al no existir más interfaz que el teclado físico y el proceso puede ser guiado a través de instrucciones mediante un sistema de Respuesta Vocal Interactiva IVR. La respuesta de voz interactiva o IVR (del inglés *Interactive Voice Response*) consiste en un sistema telefónico que es capaz de recibir una llamada e interactuar con el humano a través de grabaciones de voz y el reconocimiento de respuestas simples, como «sí», «no» u otras. Es un sistema automatizado de respuesta interactiva, orientado a entregar o capturar información a través del teléfono, permitiendo el acceso a servicios de información, compra, reservas y otras operaciones, incluyendo su uso en servicios sanitarios [3] [5].

El empleo de esta tecnología reduce costes al prescindir de un operador humano, aumenta la disponibilidad horaria pudiendo ofrecer atención a los pacientes a cualquier hora y cualquier día, permite la posibilidad de atender varios usuarios simultáneamente sin aumentar el coste y es configurable en función del tipo de usuario para ofrecer una atención personalizada y específica a las necesidades del paciente (capacidad cognitiva, capacidad auditiva, velocidad de reacción a las órdenes, movilidad, etc...).

El acceso al sistema eNefro a través de la línea telefónica está especialmente indicado para pacientes situados en zonas rurales o de difícil acceso donde los desplazamientos de pacientes hasta el centro de asistencia sanitaria o el de los médicos hasta la casa del paciente son costosos, lentos y molestos para un tipo

de paciente que suele presentar edad avanzada y estado de salud delicado.

Aunque el desarrollo de aplicaciones móviles y web dedicadas a la eSalud es cada vez superior, estudios científicos sobre el uso de este tipo de aplicaciones han demostrado que la frecuencia de uso desciende considerablemente a partir de los dos meses, que la aplicación es percibida en muchas ocasiones como molesta por su constantes notificaciones y peticiones de uso, y que los pacientes de mayor edad (los que mayor incidencia de enfermedades crónicas presentan) se muestran reacios a adoptar el uso de nuevas tecnologías sobre todo por los impedimentos que encuentran al utilizar la aplicación debido al deterioro de la visión, el oído, la movilidad y la cognición asociados al envejecimiento [1]. Sin embargo estos estudios han demostrado que cuando la aplicación está adaptada para eliminar las barreras de uso, especializada para el tipo de enfermedad que padece, y sobre todo, que el paciente toma conciencia de que el uso de la aplicación le reporta un beneficio real, el uso de la aplicación se extiende por más tiempo y se incorpora a la rutina de cuidados de la enfermedad [1] [2] [4].

El teléfono fijo (e incluso el móvil) permite alcanzar los beneficios destacados en el estudio y eliminar los inconvenientes descritos para las aplicaciones móviles y web puesto que a diferencia éstas el teléfono fijo es una tecnología "antigua" y conocida (lo que evitaría la reticencia al uso de nuevas tecnologías) es fácilmente adaptable para pacientes con deficiencias visuales, auditivas, cognitivas y de movilidad, personalizable para el tratamiento específico de una enfermedad y de uso sencillo (alta usabilidad). Por todo lo anterior queda probado que el acceso a través de la línea telefónica es el método óptimo para garantizar las necesidades de inclusión, accesibilidad y bajo coste requeridas por el sistema eNefro, y justifica la realización de este PFC.

### 1.3 Metodología

La consecución de los objetivos marcados en el proyecto ha exigido una toma de requisitos de las necesidades del paciente, un estudio de las soluciones tecnológicas (software y hardware) existentes para la creación del sistema, una búsqueda de normativa relacionada con las TIC aplicadas al ámbito de la salud y una etapa final de desarrollo y pruebas.

La metodología seguida para la realización de este proyecto ha sido, en primer lugar, el estudio de las necesidades de los pacientes renales en relación a la monitorización y cuidado de su enfermedad a través del sistema nefro. Esto ha incluido la definición de los parámetros fisiológicos y síntomas de la enfermedad, y la creación de un plan de cuidados. El plan de cuidados comprende una serie de actividades que el paciente debe realizar para que los doctores puedan monitorizar su estado de salud, éste incluye la inserción periódica de datos como las variables fisiológicas de su enfermedad, los síntomas que experimenta durante el tratamiento de diálisis, la toma de medicamentos, la comunicación de alarmas/incidencias al doctor u hospital, etc. También se han analizado las necesidades especiales de pacientes de la tercera edad o con alguna discapacidad que pueden encontrar dificultades a la hora de utilizar el sistema a través del teléfono como puede ser el nivel de audición, la velocidad de reacción ante las órdenes de guiado o el uso del teclado físico del teléfono para introducir los datos, con el fin de limitar estos impedimentos durante la fase de desarrollo del software.

En segundo lugar ha seguido una fase de investigación de las soluciones tecnológicas disponibles para la creación del software, y el hardware para su ejecución. En la elección del software se ha apostado por soluciones de software libre. Esto ha incluido el estudio de los sistemas operativos y la búsqueda de herramientas software para la creación de aplicaciones que involucran comunicación en tiempo real (como la centralita virtual o el sistema IVR). Se ha tenido en cuenta a la hora de realizar esta búsqueda la flexibilidad de estas herramientas a la hora de facilitar su programación como pueden ser la existencia de distintas interfaces de programación, lenguajes de programación admitidos y entornos de desarrollo para éstos así como librerías disponibles para facilitar la escritura del código.

Con respecto al hardware se ha realizado la búsqueda de una tarjeta telefónica analógica para computadora, compatible con el software elegido en el paso anterior, que permita la conexión del sistema a la red telefónica tradicional y un equipo informático con los requisitos mínimos para el funcionamiento con la llamada de un paciente. El propósito es comprobar el correcto funcionamiento del servicio pero sin llegar a la carga de trabajo que tendría el sistema en un entorno real con decenas de pacientes accediendo al sistema simultáneamente. No obstante el desarrollo del software se ha hecho pensando en ese escenario final por lo que una mayor carga de trabajo simplemente necesitaría del aumento de las capacidades hardware (incremento de la

potencia de la cpu y memoria del equipo informático y aumento de los módulos de la tarjeta telefónica que permitan aumentar el número de líneas analógicas).

Posteriormente se ha realizado una búsqueda de la normativa existente en torno a las tecnologías de la información y las comunicaciones que sean o puedan ser de aplicación en el ámbito de la salud, haciendo énfasis en los ámbitos relacionados con sistemas y dispositivos para los grupos de tercera edad y personas con discapacidad. Dentro de la normativa AENOR se ha investigado sobre pautas de accesibilidad para equipos y servicios TIC, requisitos de accesibilidad en el desarrollo software y directrices sobre la individualización (configuración, personalización, etc) de aplicaciones informáticas.

A continuación se realizó la instalación y configuración del hardware y el software necesario para el desarrollo del código para lo cual se han seguido las instrucciones y métodos provistos en la documentación oficial de cada producto, acudiendo a terceras fuentes cuando ha sido necesario resolver algún incidente (comunidad de soporte, foros, webs, listas de correo de desarrolladores, etc) atendiendo siempre a las recomendaciones de buenas prácticas.

Una vez el escenario completo estuvo disponible para el desarrollo del código entramos en una etapa de diseño, desarrollo, instalación y pruebas de las distintas funciones y tareas a realizar por el sistema como pueden ser: la recepción de llamadas a través de la tarjeta analógica, la recepción de datos introducidos a través del teléfono, la generación de audio a partir de texto (TTS), la redirección de llamadas, la generación de mensajes y llamadas a través del calendario, interacción con la base de datos, etc. Todas las tareas se han desarrollado y probado con el fin de comprobar su correcto funcionamiento antes de pasar a la siguiente fase.

Finalmente se han ensamblado las distintas tareas de la fase anterior para conformar un sistema completo que cumpla los objetivos marcados. En la creación del IVR se ha seguido la normativa internacional encontrada al respecto atendiendo a criterios de optimización y accesibilidad en los temas en los que no hay una norma específica.

Como última fase se han realizado pruebas de laboratorio con los posibles casos de uso del sistema eNefro para comprobar el buen funcionamiento del sistema.

## 1.4 Objetivos

### 1.4.1 Objetivo principal

El objetivo principal es el diseño, implementación y puesta en marcha de un sistema IVR integrado en una centralita virtual de software libre, accesible y personalizable por el usuario, que permita a los pacientes en prediálisis o diálisis peritoneal introducir en el sistema eNefro los datos fisiológicos y síntomas relacionados con su enfermedad a través de la línea telefónica. El término elegido para nombrar a este sistema es **eNefro-Asterisk** y así nos referiremos a él a lo largo de esta memoria.

Para conseguir este objetivo será necesaria cumplir los siguientes hitos:

- Instalación y configuración del equipo informático necesario para el funcionamiento del sistema.
- Instalación y configuración de una centralita virtual de software libre.
- Instalación y configuración de una tarjeta telefónica analógica compatible con la centralita virtual que permita el acceso a la red telefónica.
- Investigación sobre la normativa existente en torno a la creación de IVRs.
- Investigación sobre la normativa existente en torno a las pautas y directrices de creación de servicios TIC accesibles para usuarios en riesgo de exclusión: discapacitados físicos o mentales, personas mayores, etc.
- Investigación sobre las normas relacionadas con la personalización y configuración de servicios TIC para usuarios discapacitados o con facultades físicas mermadas (problemas de audición, velocidad de comprensión y reacción, etc).
- Diseño e implementación del sistema IVR. Incluyendo entre otras tareas:

- Diseño de los menús.
  - Control de acceso.
  - Recogida de los datos del paciente.
  - Almacenamiento de información en la base de datos.
  - Creación de las locuciones mediante la tecnología TTS (Text to Speech).
  - Opciones de personalización: Volumen y velocidad de las locuciones.
- Diseño e instalación de una base de datos para el almacenamiento de los datos usados por el sistema y los usuarios.

#### 1.4.2 Objetivos secundarios

Como objetivos secundarios del proyecto que añaden funcionalidades al sistema tenemos:

- Generación de alarmas/incidencias para que los valores fisiológicos o síntomas que excedan los límites seguros se pongan en conocimiento del doctor.
- Integración de un calendario en la centralita virtual: Un calendario integrado en el sistema que permite al doctor programar mensajes que serán enviados al paciente mediante llamada telefónica actuando como recordatorios de citas o avisos o simplemente como información. El mensaje enviado al paciente será generado mediante tecnología TTS (Text to Speech).
- Proveer una vía de contacto telefónico entre paciente y doctor a través del sistema enefro. El sistema redirige la llamada a la localización del doctor en función del horario de consulta, llamando al teléfono de la consulta o al teléfono personal del doctor.
- Permitir a los doctores controlar la disponibilidad de esa vía de contacto telefónica mediante un sistema independiente Latch. La aplicación Latch funciona como un cerrojo virtual que integrada con la centralita virtual permitirá el paso o bloqueo de llamadas al doctor según su elección.
- Proporcionar compatibilidad para llamadas VoIP.



## 2 Materiales y métodos

---

La realización de este PFC ha requerido el uso de los siguientes materiales, tanto hardware como software.

### 2.1 Materiales

#### 2.1.1 Materiales Hardware

##### **Ordenador de sobremesa Dell Optiplex GX280**

Utilizado como servidor para alojar todas las aplicaciones software necesarias para el funcionamiento del sistema eNefro-Asterisk

##### **Tarjeta TDM410 Analog Series de Digium**

Tarjeta PCI para la conexión de un ordenador a la Red Telefónica Conmutada (RTC o PSTN en inglés)

##### **Ordenador portátil Sony Vaio**

Utilizado para el desarrollo e implementación del software. Los softphones utilizados para comprobar el funcionamiento del sistema eNefro-Asterisk con llamadas VoIP también se han instalado en este equipo.

##### **Teléfono analógico Telko**

Teléfono analógico utilizado para comprobar el funcionamiento del sistema eNefro-Asterisk con llamadas telefónicas analógicas.

#### 2.1.2 Materiales Software

##### **Asterisk**

Asterisk es un framework de software libre para la creación de aplicaciones y soluciones de comunicación multiprotocolo en tiempo real. Se ha utilizado para crear la centralita telefónica virtual y el sistema IVR. Versión utilizada: 1.8.32.2

##### **Eclipse**

Entorno de desarrollo utilizada para la creación del código Java. Versión utilizada: Luna Service Release 2 (4.4.2).

##### **Asterisk-Java**

Librería utilizada para la integración de aplicaciones Java en el servidor Asterisk. Versión utilizada: asterisk-java-1.0.0.CI-20150301.214527-1899.

##### **Java SE Development Kit versión 1.8.0\_40**

##### **Softphones Zoiper (versión 3.3.25608) y Twinkle (versión 3.3.8b)**

Utilizados para comprobar el funcionamiento del sistema eNefro-Asterisk con llamadas VoIP.

##### **MySQL**

Sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario. Usado para la creación y gestión de la base de datos del sistema. Versión utilizada: 5.5.43

**Google Translate**

Servicio de Google utilizado como motor TTS (Text-to-Speech) utilizado para transformar archivos de texto en archivos de voz generada por ordenador.

**SoX**

Sound eXchange es una herramienta multiplataforma (Windows, Linux, MacOS X, etc.) de línea de comando que puede convertir varios formatos de archivos de audio a otros formatos. Versión utilizada: 14.3.2

**DAViCal**

Servidor para uso compartido de calendario. Usado para alojar los calendarios integrados en el sistema eNefro-Asterisk. Versión utilizada: 1.1.1

**Thunderbird**

Cliente de correo y calendario. Utilizado para gestionar los calendarios creados para las pruebas del sistema. Versión utilizada: 31.4.0

**Firefox**

Navegador web. Utilizado durante las pruebas realizadas para la comprobación del funcionamiento de la interfaz web. Versión utilizada: 35.0.1

**TexMaker**

Entorno de desarrollo LaTeX con el que se ha creado la documentación de este PFC. Versión utilizada: 3.2

## 2.2 Métodos

En este apartado se describen los métodos, normas, estudios y recomendaciones seguidos para el diseño y desarrollo de las distintas partes del proyecto.

### 2.2.1 Accesibilidad, Usabilidad y Diseño para todos

Motivado por la tendencia creciente que pretende eliminar las barreras en el acceso a los servicios TIC este proyecto aborda su diseño con la vista puesta en alcanzar el mayor grado de accesibilidad y usabilidad.

La accesibilidad de un sistema interactivo hace referencia a la usabilidad de un producto, servicio, entorno o instalaciones por personas con la mayor gama posible de capacidades; mientras que la usabilidad o utilizabilidad se define como el grado en que un producto puede ser utilizado por usuarios especificados para lograr objetivos concretos con eficacia, eficiencia y satisfacción, en un determinado contexto de utilización [22].

Como vemos ambos conceptos se superponen y son interdependientes. Un sistema será accesible en tanto en cuanto sea usable y un sistema será usable en función de su accesibilidad, lo que ha llevado a la definición de un término que aúna ambos conceptos: diseño para todos. El término "diseño para todos" en Europa ("diseño universal" en Estados Unidos), afronta el objetivo de lograr la máxima accesibilidad posible para la mayor cantidad y diversidad de usuarios, independientemente de su nivel de habilidad, idioma, cultura, entorno o discapacidad [22].

Como esta solución no es fácilmente alcanzable, en este proyecto se pretende al menos paliar los inconvenientes e impedimentos que un paciente con necesidades especiales pudiera encontrarse al hacer uso del servicio eNefro-Asterisk. Por supuesto, esto no significa que cada producto podrá ser usado por todos los consumidores. Siempre habrá una minoría de personas con deficiencias graves o múltiples que necesitarán adaptaciones o productos especializados, y más importante aún, el grado de accesibilidad/usabilidad estará supeditado al contexto de uso para el que fue diseñado.

El contexto de uso engloba los usuarios, tareas, equipamiento (equipo, programas y documentos) y entorno físico y social en que un producto es utilizado. La norma UNE-EN ISO 9241-11 regula las pautas a seguir para la definición del contexto de uso (también llamado contexto de utilización)[22].

#### Contexto de uso

La norma UNE-EN ISO 9241-11 regula las pautas a seguir para la definición del contexto de uso (también llamado contexto de utilización)

#### 1. Contexto de uso

- 1.1. **Usuarios.** Es necesario conocer las características significativas de los usuarios. Estas pueden ser: sus conocimientos, destreza, experiencia, educación, entrenamiento, atributos físicos y capacidades motoras y sensoriales. Puede que sea necesario distinguir las características de diferentes tipos de usuario, por ejemplo, las de los usuarios que tienen distintos niveles de experiencia o que desempeñan funciones diferentes.
- 1.2. **Tareas.** Las tareas son las actividades que se realizan para alcanzar objetivos. Es conveniente conocer las características de aquellas tareas que pueden verse influidas por la utilizabilidad como, por ejemplo, la frecuencia y la duración de la tarea. Si la descripción del contexto se va a utilizar como base para el diseño o la evaluación de los detalles de la interacción con el producto, pueden ser necesarias descripciones detalladas de las actividades y los procesos. Esto puede incluir la descripción de la distribución de actividades y de las acciones y relaciones entre los recursos humanos y tecnológicos.
- 1.3. **Equipo.** Es necesario conocer las características relevantes del equipo, la descripción del material, los programas y los documentos asociados.
- 1.4. **Entornos.** Es necesario investigar las características relevantes del entorno físico y social. Entre los aspectos que necesitan ser conocidos, se incluyen características del entorno técnico más amplio (por ejemplo, la red local), del entorno físico (por ejemplo, lugar de trabajo, mobiliario),

del ambiente (por ejemplo, temperatura y humedad) y del entorno social y cultural (por ejemplo, procedimientos de trabajo, estructura de la organización y actitudes de los individuos).

### 2.2.2 Estudio de las necesidades generales del paciente

La primera aproximación para la creación del sistema Asterisk-Enefro necesitaba entender las necesidades del paciente que iba a utilizar el servicio. El sistema pretende proporcionar un método para la monitorización y control a distancia de los pacientes en proceso de diálisis usando la línea telefónica. Los pacientes se dividen en tres tipos, atendiendo al estadio en el que se encuentre su enfermedad. Existen pacientes en prediálisis, pacientes con diálisis peritoneal y pacientes en tratamiento conservador.

- **Prediálisis:** La pre-diálisis es una situación clínica en la que el paciente tiene una importante afectación de la función renal y cuyo destino final será la muerte o la inclusión en tratamiento renal sustitutivo (diálisis y/o trasplante) [31].
- **Diálisis Peritoneal:** Es una diálisis que utiliza como filtro la membrana natural del peritoneo, que recubre todos los órganos del abdomen formando una cavidad llamada cavidad peritoneal. En esta cavidad peritoneal, se introduce un líquido especial llamado peritoneo, que permanece en dicha cavidad durante un tiempo, por lo general 6-8 horas (3-4 veces al día), durante el cual se lleva a cabo la salida de toxinas y agua desde la sangre al pasar por el peritoneo [34].
- **Tratamiento conservador:** Es un tratamiento destinado a los pacientes en edad avanzada (normalmente pacientes mayores de 75 años) que, por su situación de salud, no pueden recibir la diálisis. Su misión es proporcionar cuidados para evitar un mayor deterioro de la salud y paliar los síntomas de la enfermedad.

Todos los pacientes han de seguir un **plan de cuidados** para el control de su enfermedad. Este plan de cuidados consiste en una serie de actividades que el paciente deberá realizar y posteriormente comunicar a su médico. Entre las distintas tareas la más importante es **el registro de una serie de variables fisiológicas** relacionadas con su estado de salud, su condición física y el tratamiento de la enfermedad.

Las variables fisiológicas y los valores mínimos y máximos admisibles se enumeran en la Tabla 2.1:

**Tabla 2.1** Variables fisiológicas y sus valores máximos y mínimos.

Variable fisiológica	Valor mínimo	Valor máximo
Intercambios	1000 ml	2000 ml
Peso	Peso del día anterior – 2 kg	Peso del día anterior + 2kg
Tensión arterial máxima	85 mmHg	160 mmHg
Tensión arterial mínima	40 mmHg	80 mmHg
Temperatura	35 °C	38 °C
Glucemia	60 mg/dl	200 mg/dl
Aspecto del líquido peritoneal	No hay volr mínimo o máxima. Existen dos valores para el aspecto del líquido peritoneal: Turbio o Normal.	

Otra de las tareas del plan de cuidados consiste en **registrar los síntomas** que el paciente experimenta durante el tratamiento y comunicarlos al médico según sea su gravedad. En la tabla 2.2 se describen los síntomas asociados a cada tipo de paciente.

**Tabla 2.2** Síntomas asociados a cada tipo de paciente.

Tipo de Paciente	Síntoma
Prediálisis/Tratamiento conservador	Asfixia
	Edemas
	Calambres
	Picores
Diálisis peritoneal	Dolor abdominal
	Asfixia
	Fiebre

En función de los valores de la variables fisiológicas o de la gravedad de los síntomas, el paciente deberá comunicarse con su médico para informar de este asunto. Se definen tres niveles de prioridad para las alarmas/incidencias generados por valores peligrosos de las variables fisiológicas y los síntomas. Cada nivel lleva asociado una acción a llevar a cabo por el paciente que, en este caso, será facilitada por el propio sistema. La sección 2.2.5 *Gestión de alarmas o incidencias* amplía esta información.

Finalmente se ha contemplado la posibilidad de que el sistema ayude al paciente a recordar citas importantes, medicaciones, actividades o simplemente mensajes que su médico quiera enviarle. Con este objetivo en mente se ha desarrollado una plataforma que, mediante un calendario integrado en el sistema y controlado por el médico permite programar mensajes que serán enviados al paciente.

La información relativa a las necesidades del paciente se ha obtenido del equipo creador del sistema eNefro que ha reunido esta información directamente de los pacientes y doctores involucrados en el proyecto.

### 2.2.3 Estudio de las necesidades especiales de los pacientes

El propósito de alcanzar el mayor grado de accesibilidad para el sistema eNefro-Asterisk obliga a analizar las necesidades especiales de los potenciales pacientes. La categoría pacientes con “necesidades especiales” es una definición ambigua que puede abarcar un vasto número de pacientes, pero atendiendo al contexto de uso del servicio (servicio a través de la línea telefónica) la definición “pacientes con necesidades especiales” hace referencia a pacientes con alguna deficiencia en las capacidades físicas o cognitivas necesarias para el uso correcto de aparatos telefónicos y sistemas IVR. Se han identificado 6 discapacidades o deficiencias que coinciden con este criterio. Su definición corresponde a la dada en la guía de la *ETSI Guidelines for*

*ICT products and services; "Design for All"* [20]. Para cada discapacidad se presentan recomendaciones de diseño de dispositivos y servicios a fin de evitar que puedan limitar su uso.

### **Discapacidades sensoriales**

#### **Audición**

Existe una amplia extensión en cuanto a lo que se considera una capacidad de audición normal, de tal manera que una desviación de

$\pm 20\%$  sobre el nominal se considera dentro del rango normal de la audición. Aunque hay otros tipos más complejos de defecto auditivo que no pueden ser fácilmente clasificadas, las personas con discapacidad auditiva suelen dividirse en categorías de acuerdo a la gravedad de la pérdida auditiva:

- Las personas que son moderadamente sordas (con una pérdida auditiva media del orden de 50 dB a 60 dB).
- Las personas que tienen graves problemas de audición (con una pérdida media de audición del orden de 70 dB a 90 dB).
- Las personas que son profundamente sordas (con una pérdida media de audición superior a 92 dB).

La capacidad de audición se altera con la edad y las personas entre las edades de 20 y 80 experimentan cambios en los umbrales de audición continuamente durante toda la edad adulta (como se muestra en la figura 5) con un cambio promedio de 1 dB por año a 8 kHz. La tasa de el cambio es menor para las frecuencias del habla (0,5 kHz a 2 kHz).

A la edad alrededor de los 50, normalmente hay pérdida de audición suficiente para provocar deterioro en algunas de las situaciones de escucha más exigentes, tales como escuchar sonidos débiles, escuchando con excesivo ruido de fondo, la audición con múltiples fuentes (por ejemplo, la selección de una sola voz en un estruendo de voces) Se ha informado de que las personas con pérdida de audición en el rango de 24 dB a 34 dB, que presentan alguna dificultad en una conversación normal, no tienen problemas apreciables utilizando el teléfono; y que las personas con pérdida de audición de hasta 54 dB pueden oír satisfactoriamente a través del teléfono a nivel del habla normales. El uso de un segundo auricular puede ser beneficioso para las personas con una pérdida de audición más grave.

La pérdida de audición, básicamente, se puede clasificar en la pérdida conductiva y senso-neural.

- La pérdida conductiva ocurre cuando algún defecto, infección o daño en el oído externo o medio hace el oído menos eficiente en la transmisión de vibraciones al interior del oído. La sordera conductiva es a menudo tratable y se puede aliviar por medio de un audífono.
- La pérdida neurosensorial se produce en el oído interno cuando los nervios que transmiten el sonido en el oído interno no funcionan correctamente y puede ser congénita o adquirida. Comúnmente se llama sordera nerviosa o perceptiva. La pérdida senso-neural no puede ser curada, pero a veces puede ser aliviada por un audífono.

A su vez las personas profundamente sordas se dividen tradicionalmente en dos categorías:

- Las personas que tienen sordera pre-lingual: Son las personas que nacen sordos o han perdido su audición antes de aprender a hablar. Estas personas suelen tener un discurso o pobre inteligibilidad del habla y pocas o ninguna habilidad de lectura. Esto es porque para la mayoría de estas personas su primer idioma será el lenguaje de señas manuales de su país y no la lengua nativa hablada en su entorno.
- Las personas que tienen sordera pos-lingual: Las personas que pierden la audición más tarde en la vida, después de haber adquirido un lenguaje hablado básico, se les llama sordos post-lingual. Dependiendo del tiempo de aparición de la sordera, estas personas pueden retener desde una intacta y totalmente inteligible expresión a una muy ininteligible o ninguna expresión en absoluto. Las habilidades de lectura de las personas de sordera post-lingual normalmente también son retenidas, pero algunas personas de sordera post-lingual pueden no ser capaces de leer o no leer muy bien.

### **Discapacidades físicas**

#### **Destreza**

La destreza se define como la habilidad de manipulación. Implica el uso coordinado de la mano y el

brazo para recoger y manejar objetos, la manipulación y la liberación de ellos utilizando los dedos y el pulgar de una mano.

El deterioro de la destreza incluye una incapacidad para llevar dedos y el pulgar juntos o una incapacidad para separarlos normalmente. Operaciones más complejas, tales como empuje y giro simultáneo, que requieren tanto la presión sostenida y torsión de la muñeca, pueden ser dolorosas o imposibles. Las personas con movimientos involuntarios o espasmos tienen problemas con tareas que requieren precisión y pueden ponerse en peligro a sí mismos por la operación incorrecta de los controles.

Un estudio realizado por Welford, Norris y Shock (1969) [i.132] ilustra que el envejecimiento tiene un efecto sobre la destreza con un conjunto de medidas relativas a la precisión de movimientos a la velocidad de los movimientos y la distancia de los movimientos. Las conclusiones generales son que el movimiento exacto depende de una compleja relación entre la mano / ojo coordinación, absoluta habilidades de posicionamiento absoluto, habilidades de control, retroalimentación kinestésica y habilidades de decisión. Además de que es previsible que las personas mayores tendrán problemas en los que existe una relación compleja entre una serie de procesos que se aplica simultáneamente. Este es de hecho el caso, como se muestra en la figura 6, con una pérdida significativa de precisión que ocurre incluso dentro del rango en edad de trabajar.

Un buen diseño debe evitar la necesidad de la actividad motora rápida durante las tareas, debe proporcionar suficiente tamaño y espaciado de teclas y deben evitar controles giratorios que se basan en pequeños ángulos de rotación. Algunas personas pueden tener dificultades para utilizar un ratón y es muy fácil para ellos cometer errores y hacer clic en la parte equivocada de la pantalla. Podrían ser ayudados por métodos alternativos de navegación a través del teclado. Puede ser difícil para los usuarios con problemas de destreza mantener pulsadas varias teclas simultáneamente. Problemas graves de destreza con el dispositivo podrían ser suplidos con el control de voz del dispositivo, a pesar de que algunas dificultades, como el temblor se asocian a menudo con dificultades en el habla.

### **Fuerza y resistencia**

Fuerza se refiere a la fuerza generada por la contracción de un músculo o grupo muscular y puede ser la fuerza ejercida con una parte específica del cuerpo en un objeto específico. También depende de la resistencia (la capacidad de sostener tal la fuerza) y puede estar relacionado con el corazón y la función pulmonar.

El envejecimiento trae comúnmente con ello una reducción en la fuerza muscular y la pérdida de resistencia que puede hacer que sea difícil de operar un dispositivo con resistencia o par de torsión significativo. Un agarre débil puede hacer que sea difícil mantener un teléfono por períodos prolongados. La provisión de un dispositivo manos libres en los teléfonos sería de gran ayuda en estos casos.

Terminales públicos que puedan ser utilizados por largos períodos deben ofrecer algún tipo de apoyo o "percha" para ayudar a los usuarios con resistencia reducida.

### **Discapacidades cognitivas**

#### **Intelecto**

El intelecto es la capacidad de conocer, comprender y razonar. Cuando la gente envejece tienen más dificultad para concentrarse y prestar atención a una tarea.

Investigaciones recientes han demostrado que las personas mantienen sus habilidades intelectuales básicas (que llamamos inteligencia) durante toda la vida, siempre que no estén afectados por enfermedades como la demencia, el Alzheimer o golpes que son más frecuentes con las personas mayores. Sin embargo, las personas mayores requieren más tiempo para realizar las tareas, y la memoria para la nueva información se deteriora. Por lo tanto, los tiempos de espera deben ser generosos o variables y no debe haber ninguna necesidad de memorizar información para realizar una tarea.

La marcación en bloque (tal como se utiliza en los teléfonos móviles) puede ser mucho mejor para las personas de mayor edad que la marcación solapada (como en teléfono ordinario), ya que les permitirá

componer y comprobar un número de teléfono antes de "enviar" a la red. Sin embargo, un uso de por vida de marcación solapada puede tender a hacer que sea difícil para recordar el nuevo procedimiento.

El deterioro de la inteligencia conduce a dificultades en la percepción y la resolución de problemas y puede incluir dificultad en la toma de información. Las personas con discapacidad intelectual generalmente no tendrán las habilidades de lectura necesarias para leer instrucciones escritas. A menudo pueden reconocer iconos simples y abreviaturas y puede ser capaz de seguir las instrucciones gráficas. A menudo pueden funcionar bien en un ambiente familiar, pero pueden ser fácilmente confundidos cuando sea necesario para responder rápidamente.

### **Memoria**

La falta de memoria afecta a la capacidad de las personas para recordar y aprender cosas y también puede dar lugar a confusión. Cualquiera, o ambos, a corto plazo y memoria a largo plazo pueden estar afectados. La memoria a corto plazo es más importante para el uso de productos de TIC y servicios. Con el envejecimiento la capacidad de memoria se reduce y puede ser difícil de recordar números largos. Las personas con deterioro de la memoria a corto plazo pueden olvidar dónde están en una secuencia de operaciones. El equipo debe tener una interfaz de entrada simple, que no lo hace la carga de la memoria.

### **Lenguaje y alfabetización**

Lenguaje y alfabetización son las funciones mentales específicas del reconocimiento y el uso de signos, símbolos y otros componentes del lenguaje. El envejecimiento no es de por sí una causa de pérdida de la capacidad lingüística, pero tal impedimento puede ser causada por un derrame cerebral o demencia. Las víctimas pueden ser capaces de pensar como antes, pero ser incapaz de expresar sus pensamientos en palabras.

La dislexia se considera a menudo un deterioro del lenguaje, aunque hay alguna evidencia de que puede ser clasificado como un defecto de la visión. Personas de todas las edades con dislexia tienen dificultades con la lectura y la escritura. Las formas leves de la dislexia son muy común, por lo que es muy importante mantener la redacción de las señales e instrucciones simples y cortas como posible. Las personas con un trastorno del lenguaje pueden ser puestas en riesgo si no son capaces de comprender las advertencias escritas o instrucciones.

Según esta apreciación los pacientes con necesidades especiales podrían ser:

- Pacientes con baja velocidad de reacción.
- Pacientes con dificultades en la movilidad de las extremidades superiores.
- Pacientes con dificultades en el entendimiento de las ordenes de guiado.
- Pacientes con bajo conocimiento en el uso de servicios TIC.
- Pacientes con dificultades en la comprensión de vocabulario especializado.
- Pacientes con pérdidas de audición.
- Otros.

Dentro de este grupo podemos englobar: personas mayores (un porcentaje cada vez mayor de la población) que se podrían beneficiar de nuevos productos y servicios pero ven disminuidas sus capacidades físicas, sensoriales y cognitivas personas con deficiencias físicas, sensoriales y con problemas cognitivos desde su nacimiento o adquiridos a lo largo de la vida [24].

#### **2.2.4 Normativa**

Para eliminar estas barreras y dotar al sistema de un respaldo normativo se ha realizado una investigación de las normas relativas a estos aspectos.

A continuación se detallan las normas encontradas y los puntos de las mismas que aplican a los términos de accesibilidad expuestos anteriormente. Estas regulaciones han sido consideradas como requisitos de diseño para el desarrollo del sistema y están implementadas en el resultado final.

## Norma UNE-EN ISO 9241-20

Ergonomía de la interacción persona-sistema Parte 20: Pautas de accesibilidad para equipos y servicios de tecnologías de información/comunicación (TIC) [24].

### 1. ACCESIBILIDAD

#### 1.1. Generalidades.

Los equipos y servicios TIC se diseñan generalmente para una serie limitada de contextos de uso. La accesibilidad sólo se consigue cuando el equipo o servicio TIC se diseña teniendo suficientemente en cuenta los objetivos, habilidades y limitaciones de los usuarios y de forma que facilite una buena interacción. Los factores que pueden limitar la accesibilidad surgen a partir de uno o más componentes del contexto de uso (es decir, los usuarios, las tareas, los equipos y/o el entorno), y de la interacción entre estos. Los equipos y servicios TIC desarrollados para una serie limitada de contextos de uso se exponen a crear más problemas de accesibilidad que los sistemas desarrollados para una gama más amplia de contextos de uso. **NOTA** Los equipos y servicios TIC pueden estar formados por muchos componentes hardware y software, incluidas las ayudas técnicas.

La accesibilidad existe en diferentes niveles de los equipos y servicios, dentro del entorno específico de un usuario, y pueden ser diferentes para diferentes usuarios. La accesibilidad se puede mejorar teniendo en cuenta los usuarios, las tareas, los equipos y servicios y el entorno, o mediante ajustes entre estos elementos dentro del contexto de uso. Sin embargo, la mejora de elementos individuales no puede garantizar la accesibilidad ni siquiera mejorar la accesibilidad. Lo que se necesita es un enfoque que trate de optimizar todos los elementos. Esto puede implicar acciones como formar a los usuarios, estructurar las tareas para que se adapten a los usuarios, mejorar el entorno y mejorar el diseño de equipos y servicios.

#### 1.2. Contexto(s) de uso y accesibilidad.

Es importante identificar el contexto o contextos de uso, incluyendo los usuarios, las tareas, y el entorno social, físico y técnico, aplicables a los equipos o servicios TIC desarrollados o evaluados.

Al especificar los grupos de usuarios, se debería prestar especial atención a la identificación de la gama de características de usuarios que se pueden encontrar dentro de la población de usuarios, ya que el objetivo es satisfacer las necesidades de la mayor gama de usuarios posible. La accesibilidad del equipo o del servicio aumenta en proporción a la variedad de características de usuario tenidas en cuenta, de forma que los usuarios puedan alcanzar los objetivos de la tarea.

- a) Los equipos y servicios TIC se diseñan para ser utilizados por la población de usuarios, sin necesidad de realizar ninguna modificación o conectar ayudas técnicas. Este criterio es importante para los equipos y servicios TIC diseñados para su uso por el público en general y/o basados en un acceso y utilización inmediatos.
- b) Los equipos y servicios TIC se diseñan para ser configurables de acuerdo a las necesidades de los usuarios individuales. Esto permite a los usuarios con diferentes capacidades y preferencias seleccionar la forma en que interactúan con el equipo o servicio para optimizar su eficacia, eficiencia y satisfacción.

#### 1.3. Proceso.

Para garantizar la accesibilidad se deberían realizar las siguientes actividades:

- Entender y especificar el contexto de uso, prestando especial atención a la variedad de características de los usuarios y el impacto de la tarea, el equipo y las características del entorno que afectan a la accesibilidad.
- Identificar y especificar las necesidades de accesibilidad de los usuarios.
- Producir soluciones de diseño, prestando especial atención a las consideraciones de accesibilidad.
- Evaluar soluciones de diseño de accesibilidad de equipos y servicios TIC con usuarios que tengan unas características que reflejen a los grupos de usuarios objetivo.

### 2. RECOMENDACIONES RELATIVAS A LA GESTIÓN DEL DESARROLLO

**2.1. Responsabilidad del desarrollo.**

Los directores generales y los directores de desarrollo deberían garantizar que la política de accesibilidad de la información se siga durante la planificación, el diseño, el desarrollo y la evaluación de equipos y servicios TIC. El resultado que se obtiene es generalmente mejor, y tiene un menor coste, cuando la accesibilidad de la información se plantea desde el primer momento, al principio del proceso de diseño.

**3. RECOMENDACIONES RELATIVAS A LAS CARACTERÍSTICAS DEL USUARIO****3.1. Generalidades.****3.1.1. Soporte a una gama de características de usuarios.**

La gama de características de usuarios soportadas por los equipos y servicios TIC debería ser suficientemente amplia como para permitir que la mayor gama posible de usuarios pueda realizar las tareas previstas en el diseño.

**3.1.2. Permitir la individualización**

Los equipos y servicios TIC deberían permitir la individualización por los usuarios.

**3.2. Audición****3.2.1. Usuarios con capacidad auditiva limitada**

Los equipos y servicios TIC deberían dar soporte a los usuarios con limitaciones auditivas.

**3.2.2. Facilitar el control del volumen**

Para cualquier información presentada en formato auditivo, se debería proporcionar la posibilidad de aumentar y disminuir el volumen. Esto es especialmente importante en ambientes ruidosos.

**3.2.3. Gestión de frecuencias de sonido**

Cuando sea apropiado para la tarea, se debería proporcionar la posibilidad de ajustar la frecuencia de sonidos no vocales. Cuando esto no sea posible, se ha de tener en cuenta la posibilidad de utilizar frecuencias no agudas.

**3.3. Capacidades físicas****3.3.1. Permitir que el usuario controle el tiempo de respuesta**

Si una tarea requiere que los usuarios den una respuesta (por ejemplo, pulsar un botón o teclear información) en un plazo de tiempo para que la respuesta sea válida (un tiempo límite), el plazo de tiempo debería ser ajustable por el usuario, incluyendo la opción de desactivar todos los requisitos de tiempo. Es importante que los equipos y servicios TIC se diseñen de forma que los tiempos no sean una parte esencial de la interacción, o que al menos se dé uno de los siguientes casos: el usuario tiene un gran margen para ajustar el tiempo de espera que es al menos diez veces más amplio que la configuración por defecto;

**3.4. Capacidades cognitivas****3.4.1. Limitaciones en las capacidades cognitivas**

Los equipos y servicios TIC deberían dar soporte a los usuarios que tienen limitaciones en sus capacidades cognitivas.

**3.4.2. Evitar demandas cognitivas innecesariamente elevadas**

Los equipos y servicios TIC deberían evitar imponer sobre los usuarios demandas cognitivas innecesariamente elevadas, garantizando que las actividades básicas necesarias para operar el equipo o utilizar el servicio sean tan directas y sencillas como sea posible. El uso de la coherencia puede contribuir a disminuir la demanda cognitiva sobre los usuarios; la posibilidad de revisar la información también puede ayudar a disminuir dicha demanda.

**3.4.3. Ayudar a la comprensión**

La información debería ser presentada y organizada de forma que facilite que los usuarios puedan comprenderla. La presentación de la información y de los controles determinará como de fácilmente podrán leerla las personas con una discapacidad visual o cognitiva. Los factores a tener en cuenta incluyen la agrupación lógica de información y de los controles, el uso de etiquetas y títulos adecuados, la extensión de las líneas de texto, la relevancia de la información y la relación de los controles respecto a las acciones que se deban emprender.

#### 3.4.4. Uso de vocabulario comprensible

El vocabulario utilizado para describir y poner en funcionamiento los equipos y servicios TIC debería utilizar expresiones y terminología que sean tan fáciles de entender como sea posible, independientemente del nivel de conocimientos y capacidades cognitivas de los usuarios. Se puede ofrecer una explicación o un glosario para ayudar a los usuarios a entender ciertas expresiones y vocabulario que podrían no conocer.

EJEMPLO: *En una aplicación dirigida al público general, en lugar del término septicemia, se utiliza el término de uso común "envenenamiento de la sangre".*

#### 3.4.5. Proporcionar indicaciones apropiadas

Los equipos y servicios TIC deberían proporcionar indicaciones adecuadas para ayudar a los usuarios a prestar atención a la información importante (por ejemplo, el estado de los comandos).

#### 3.4.6. Minimizar la necesidad de formación

El diseño de equipos y servicios TIC se debería realizar conforme a las experiencias del usuario común y, así, reducir al mínimo la necesidad de una formación especializada.

EJEMPLO: *Un sistema de mensajería propietario imita el diseño y la funcionalidad de un cliente de correo electrónico utilizado comúnmente.*

### 4. RECOMENDACIONES RESPECTO A LAS CARACTERÍSTICAS DEL EQUIPO Y DEL SERVICIO

#### 4.1. Generalidades.

##### 4.1.1. Tolerancia a errores

Todos los usuarios deberían ser protegidos de las consecuencias de acciones accidentales o involuntarias. Esto es especialmente importante para las personas con capacidades limitadas porque son más propensas a tener dificultades para recuperarse de los errores.

EJEMPLO 1: *Los elementos están dispuestos para reducir al mínimo los errores.*

EJEMPLO 2: *Se proporcionan advertencias sobre las consecuencias de los errores.*

EJEMPLO 3: *Se proporcionan mecanismos a prueba de fallos.*

##### 4.1.2. Proporcionar la posibilidad de confirmar o deshacer

Las siguientes recomendaciones parten de un principio ergonómico general, sin embargo, los mecanismos de deshacer son especialmente importantes para los usuarios que tienen discapacidades que aumentan significativamente la probabilidad de que realicen una acción involuntaria. Estos usuarios pueden requerir mucho tiempo y esfuerzo para recuperarse de este tipo de acciones involuntarias.

a) Los usuarios deberían ser capaces de revertir ("deshacer"), acciones realizadas por el sistema en respuesta a sus comandos.

b) Para las acciones que son imposibles de deshacer, el usuario debería estar obligado a confirmar la acción antes de que sea ejecutada por el sistema.

EJEMPLO: *Un usuario con la enfermedad de Parkinson puede, involuntariamente, introducir una secuencia de pulsaciones de teclas, activando así varios cuadros de diálogo que hay que deshacer. Utilizar varios pasos para la función "deshacer" puede permitir al usuario recuperar eficazmente el estado original.*

**Norma UNE-EN ISO 9241-129**

Ergonomía de la interacción hombre-sistema

Parte 129: Directrices sobre la individualización de software [23].

**1. INTRODUCCIÓN A LA INDIVIDUALIZACIÓN**

- 1.1. El papel de la individualización La individualización implica modificar el comportamiento del sistema interactivo y la presentación de sus elementos de interfaz de usuario, antes de su uso o mientras está siendo usado, para adaptarse mejor a las características de su contexto de uso por parte de un individuo o grupo de usuarios.

La capacidad de individualización debería incorporarse en una aplicación como respuesta a la identificación de requisitos de usuario, es decir, diferentes usuarios pueden tener diferentes necesidades y/o usuarios individuales pueden tener diferentes necesidades en diferentes momentos. La individualización se refiere a las modificaciones que se pueden realizar sin necesidad de reprogramar la aplicación, porque las capacidades de individualización ya han sido incorporadas en la aplicación.

- 1.2. Casos en los que es apropiado proporcionar la capacidad de individualización Las capacidades de individualización pueden proporcionarse para responder a una o más de las siguientes situaciones, cuando una solución de diseño única no es suficientemente usable.
  - a) Existencia de características de usuario diferentes (capacidades y preferencias) que incrementarán la accesibilidad dentro de un grupo de usuarios, o entre los grupos de usuarios.  
EJEMPLO: *Un grupo de usuarios comprende personas con visión limitada. La individualización puede proporcionar fuentes más grandes para estos usuarios.*
  - b) Cambios temporales o permanentes en las características de los usuarios (a raíz del aprendizaje, enfermedades, etc.)  
EJEMPLO: *Una usuaria de software multimedia está perdiendo su capacidad auditiva. La individualización puede proporcionarle una opción para activar los subtítulos de los vídeos.*

**2. CONFIGURACIÓN, PARÁMETROS Y VALORES POR DEFECTO****2.1. Configuración y reconfiguración****2.1.1. Almacenamiento y utilización de los parámetros de configuración**

Los parámetros de configuración deberían ser almacenados por el sistema y utilizados cada vez que se inicia el sistema.

**2.1.2. Permitir la configuración**

El software no debería exigir, pero si podría autorizar, la configuración de varios parámetros antes de su primera utilización.

**2.1.3. Personas que realizan la configuración**

Cuando la configuración se exige o permite, la configuración puede ser llevada a cabo por los usuarios, administradores de sistemas o por personas que asistan a los usuarios.

**2.1.4. Permitir la reconfiguración**

Si la configuración es exigida o permitida, la reconfiguración también debería permitirse.

**2.1.5. Personas que realizan la reconfiguración**

El software puede ofrecer a los administradores del sistema la capacidad para limitar o prohibir la reconfiguración a los usuarios.

**2.2. Usabilidad de la configuración y de la reconfiguración****2.2.1. Parámetros de configuración iniciales para la preconfiguración y la reconfiguración**

Siempre que sea posible, el software debería tener un conjunto completo de parámetros de configuración inicial (preconfigurados).

**2.2.2. Proporcionar una configuración guiada**

Si no se puede lograr una preconfiguración completa, deberían proporcionarse los medios para realizar una configuración guiada, teniendo en cuenta las necesidades de todos los usuarios (especialmente de los jóvenes, de las personas mayores, o de las personas con discapacidad).

### 2.2.3. Minimizar la necesidad de configuración

La necesidad de realizar la configuración debería mantenerse al mínimo.

### 2.2.4. Minimizar el esfuerzo de realizar la configuración

Cuando se permite la configuración o la reconfiguración, los medios para llevar a cabo estas acciones deberán requerir un esfuerzo mínimo por parte del usuario.

NOTA 1 Si el software no puede ser configurado fácilmente, entonces puede que no sea plenamente usable por sus usuarios.

NOTA 2 Cualquier número adicional de pasos o la complejidad de cada paso presenta un mayor riesgo de errores.

EJEMPLO: *El sistema reduce los requisitos de configuración al número mínimo de pasos.*

EJEMPLO: *El sistema presenta parámetros opcionales de forma que no aumente el número mínimo de pasos necesarios para realizar la configuración.*

EJEMPLO: *El sistema proporciona los parámetros por defecto adecuados para ser utilizados en la configuración y en la reconfiguración.*

EJEMPLO: *El sistema proporciona la cumplimentación automática, cuando sea apropiado, y permite que el usuario pueda desactivar esta función.*

EJEMPLO: *El sistema no pide confirmaciones innecesarias.*

EJEMPLO: *El sistema no proporciona información superflua durante el proceso de instalación.*

### 2.2.5. Permitir la revocación o confirmación de acciones de configuración

El software debería proporcionar un mecanismo que permita a los usuarios anular las acciones de configuración y/o cancelar acciones durante una fase de confirmación.

### 2.2.6. Protección del acceso a las funciones básicas

El software debería impedir que las acciones de configuración cambien los parámetros que impedirían el acceso a las funciones básicas necesarias para la realización de la tarea del usuario.

### 2.2.7. Proporcionar cumplimentaciones a prueba de fallos

Si el proceso de reconfiguración falla o se cancela:

- a) los parámetros de configuración deberían volver al estado en el que se encontraban al inicio del proceso de reconfiguración; y
- b) el usuario debería ser notificado del fallo y de las consecuencias de ese fallo, es decir, la configuración ha vuelto a su estado anterior.

### 2.2.8. Evitar la necesidad de reiniciar el sistema

Siempre que sea posible, la reconfiguración no debería requerir reiniciar el sistema.

## 2.3. Configuración y reconfiguración guiadas

### 2.3.1. Preparación para la configuración o la reconfiguración

Se debería informar a los usuarios de la información que precisarán durante el proceso de configuración, y si es necesario, la forma de obtenerla.

### 2.3.2. Minimizar la información necesaria para la configuración o la reconfiguración

Se debería reducir al mínimo la información externa requerida para la configuración o reconfiguración.

### 2.3.3. Usabilidad y accesibilidad de la configuración guiada

Durante la configuración o reconfiguración guiada, el sistema debería proporcionar un medio usable y accesible para establecer y cambiar los parámetros de configuración.

### 2.3.4. Comprensión de la configuración guiada

Durante la configuración o la reconfiguración guiada, el sistema debería proporcionar una orientación comprensible, incluyendo

- a) una terminología coherente de todas las fuentes de información de configuración.
- b) información sobre la configuración en el lenguaje del usuario con un mínimo de conceptos técnicos.

2.3.5. Estructura de la configuración guiada

Durante la configuración o la reconfiguración guiada, el sistema debería proporcionar una estructura que puede guiar la configuración, incluyendo

- a) un orden lógico y coherente de los pasos de configuración;
- b) una descripción clara de los pasos de la secuencia de configuración;
- c) una indicación del progreso del procedimiento de configuración para el usuario; y
- d) puntos naturales de entrada en el proceso de configuración y una navegación adecuada entre ellos.

2.4. Parámetros por defecto

2.4.1. Proporcionar valores por defecto

Se deberían proporcionar valores por defecto para los parámetros de configuración, siempre que sea posible.

2.4.2. Modificación de los valores por defecto

Cuando se proporciona un valor por defecto, debería ser fácil seleccionar o introducir un valor alternativo para un parámetro de configuración.

*EJEMPLO: Los campos que contienen parámetros por defecto aparecen seleccionados, pero permiten que el usuario pueda seleccionar entre otros muchos valores posibles de forma rápida y sencilla.*

2.4.3. Restablecimiento de los parámetros iniciales provistos por el sistema Cuando el sistema proporciona un conjunto inicial (preconfigurado) de parámetros de configuración, debería ser posible restablecer el sistema a este conjunto inicial.

NOTA 1 El restablecimiento a parámetros de configuración iniciales (preconfigurados) es un caso especial de la reconfiguración.

NOTA 2 El restablecimiento puede ser muy útil en situaciones donde es difícil comprender el resultado de un gran número de reconfiguraciones.

2.4.4. Distinción entre parámetros y valores por defecto

Los cambios en los parámetros de configuración actuales no deberían modificar los parámetros por defecto.

NOTA Se trata de dos acciones separadas.

3. INDIVIDUALIZACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE INTERFAZ

3.1. Individualización de medios sonoros

3.1.1. Proporcionar controles de volumen sonoros

Se deberían proporcionar controles para ajustar el volumen de entrada y de salida.

3.1.2. Ajuste de otras características de audio

Cuando sea apropiado para la(s) tarea(s), se deberían proporcionar mecanismos para ajustar las características del sonido, incluyendo

- a) la frecuencia de los sonidos que no provengan del habla;
- b) la velocidad de las presentaciones/entradas de voz.

## Norma UNE 139802

### Requisitos de accesibilidad del software

Esta norma es la versión oficial, en español, de la Norma Europea EN ISO 9241-171:2008, que a su vez adopta la Norma Internacional ISO 9241-171:2008 [22].

## 1. RECOMENDACIONES Y REQUISITOS GENERALES

### 1.1. Ajustes de preferencias de usuario

#### 1.1.1. Permitir que el usuario controle el tiempo de respuesta

A no ser que sea imprescindible establecer límites al tiempo de respuesta del usuario para mantener la integridad de la tarea o actividad o que existan restricciones de tiempo real (por ejemplo, en una subasta), el software debe permitir que los usuarios puedan ajustar cada parámetro de tiempo de respuesta de usuario especificado por el software de una o más de las siguientes maneras:

- el usuario puede desactivar el límite de tiempo;
- el usuario puede ajustar el valor del límite de tiempo dentro de un amplio rango, que permita al menos un valor que sea diez veces superior al establecido por omisión;
- el usuario es informado antes de que el tiempo expire, y puede ampliar el límite de tiempo con una acción simple (por ejemplo, “pulsar cualquier tecla”) y se le conceden al menos 20 s para responder.

*EJEMPLO: Un inicio de sesión requiere que el usuario introduzca su contraseña en 30 s. En la pantalla se muestra cuánto tiempo queda y se proporciona un control para detener el temporizador*

## 2. SALIDAS

### 2.1. Salida sonora

#### 2.1.1. Permitir el control del volumen

El software debe permitir a los usuarios controlar el volumen de la salida sonora.

#### 2.1.2. Usar un rango de frecuencias apropiado para salidas sonoras no vocales

La frecuencia fundamental de salidas sonoras no vocales utilizadas por el software que sean relevantes para la tarea debería situarse en un rango comprendido entre 500 Hz y 3000 Hz o ser fácilmente ajustable por el usuario dentro de ese rango.

NOTA Los sonidos de este rango tienen más probabilidades de ser detectados por las personas que tienen dificultades para oír.

#### 2.1.3. Permitir ajustar la salida sonora

El software debería permitir a los usuarios ajustar los atributos de la salida sonora que sea relevante para la tarea, tales como frecuencia, velocidad y contenido sonoro.

NOTA El rango de ajuste se verán limitados por los sonidos que puede producir un sistema.

*EJEMPLO: Un usuario puede sustituir los sonidos asociados con diversos eventos y notificaciones, permitiéndole elegir sonidos que es capaz de distinguir.*

*EJEMPLO: Un usuario puede modificar la velocidad de la síntesis de voz para mejorar su comprensión.*

### 2.2.5 Gestión de alarmas o incidencias

La inserción de datos en el sistema eNefro-Asterisk (variables fisiológicas o síntomas) requiere la monitorización de los valores introducidos para controlar que estén dentro de un rango seguro para la salud del paciente. En caso de que alguno de estos datos exceda los valores mínimo o máximo permitidos, se genera una alarma o incidencia que varía en función de la gravedad o la urgencia del síntoma que lo provocó.

Para la clasificación de las alarmas/incidencias se han creado 3 niveles de prioridad: baja, media y alta. A continuación se exponen los 3 niveles y las acciones llevadas a cabo en cada nivel.

- **Prioridad baja:** Las alarmas de prioridad baja vienen provocadas por variables fisiológicas o síntomas que no ponen en riesgo la vida del paciente aunque se excedan los rangos normales, sin embargo pueden ser molestas para la vida del paciente o indicativos de otras lesiones por lo que deben estar en

conocimiento del médico pero sin carácter urgente. La actuación para las alarmas de prioridad baja es transmitir un mensaje al paciente para que hable con su médico en la próxima revisión acerca del síntoma o variable que ha generado la alarma.

- **Prioridad media:** Las alarmas de prioridad media están provocadas por situaciones en las que es conveniente avisar al médico de la situación lo antes posible, pero sin carácter de urgencia. La decisión tomada para manejar estas alarmas se divide en dos acciones y depende del horario de consulta del médico. Si el doctor se encuentra en la consulta cuando el paciente genera la incidencia, el sistema eNefro-Asterisk desvía la llamada hacia la consulta del doctor para poner en contacto a médico y paciente, de esta forma ambos pueden hablar acerca del motivo que generó la alarma. Si el médico no se encuentra en horario de consulta el sistema eNefro-Asterisk genera un mensaje instando a paciente a comunicarse con su médico en horario de consulta para hablar acerca del síntoma o variable fisiológica que generó la alarma.
- **Prioridad alta:** Las alarmas de prioridad alta están generadas por estados peligrosos para la salud del paciente. Requieren de la comunicación inmediata entre el paciente y el doctor. La acción llevada a cabo es redirigir la llamada del paciente a la consulta del doctor (si éste está en horario de consulta) o a su número personal si éste se encuentra fuera de ella.

El nivel de alarma asociado a cada variable fisiológica y síntoma se detalla en las tablas 2.3 y 2.4.

**Tabla 2.3** Variables fisiológicas y nivel de prioridad asociado.

Variable fisiológica	Nivel de prioridad
Intercambios	Media
Peso	Media
Tensión arterial máxima	Media
Tensión arterial mínima	Media
Temperatura	Alta
Glucemia	Media
Aspecto del líquido peritoneal	Alta

### 2.2.6 Sistema de Respuesta Vocal Interactiva (IVR). Asterisk.

El acceso al sistema eNefro-Asterisk a través de la línea telefónica se ha resuelto mediante el uso de un sistema de Respuesta Vocal Interactiva, *Interactive Voice Response* por sus siglas en inglés (a partir de aquí IVR). Un IVR es una aplicación software que interactúa con una persona llamante a través de la línea telefónica y que presenta locuciones pre-grabadas o dinámicamente generadas y que acepta entradas de datos mediante los tonos generados al pulsar las teclas del teléfono o a través de órdenes de voz del propio usuario llamante [19].

**Tabla 2.4** Síntomas y nivel de prioridad asociado.

Tipo de Paciente	Síntoma	Nivel de prioridad
Prediálisis	Asfixia	Alta
	Edemas	Media
	Calambres	Baja
	Picores	Baja
Diálisis peritoneal	Dolor abdominal	Alta
	Asfixia	Alta
	Fiebre	Alta

Los sistemas IVR se convirtieron en una solución común a los servicios de entrega y atención al cliente a partir de la década de los 80. Estos sistemas están diseñados para eliminar o reducir la presencia de una persona automatizando las tareas que realizaría un representante de atención al cliente. Así, los usuarios (es decir los llamantes) pueden ahora acceder a actividades como comprobar los horarios de tren, reservar un libro o dar parte de un problema con su servicio de televisión por cable interactuando con un sistema IVR. Además, a menudo los IVR ofrecen transferencia de llamadas automática para que el usuario pueda ser conectado con la ayuda necesaria para manejar su petición [19].

La creación de un sistema IVR es un trabajo de cierta complejidad que necesita la unión de tareas propias de una centralita telefónica (recepción y gestión de llamadas, enrutamiento, etc...), de un operador (interacción con el llamante, recepción de peticiones, ejecución de pedidos, atención al usuario) y de un centro de datos (recepción de datos, almacenamiento, comunicación con base de datos...), por lo que la creación y puesta en marcha de un sistema IVR requiere el uso de varias tecnologías que se comuniquen entre sí y trabajen simultáneamente. Afortunadamente existe en el mercado una solución multiherramienta de software libre capaz de dar respuesta a los anteriores requisitos: Asterisk.

Asterisk es un framework de software libre para la creación de aplicaciones y soluciones de comunicación multiprotocolo en tiempo real. Asterisk se puede utilizar para crear una centralita telefónica virtual (PBX-Phone Branch Exchange), un distribuidor de llamadas, una pasarela VoIP, un puente para conferencias o, como en este proyecto, un sistema IVR. Asterisk abstrae la complejidad de los protocolos y tecnologías de la comunicación, lo que permite concentrarse en la creación de productos y soluciones innovadoras [42].

El ahorro potencial que proporciona un sistema IVR es de muy rápido retorno sobre la inversión (ROI), debido a que el servidor puede eliminar la necesidad de mantener operadores humanos. Por este motivo históricamente los sistemas IVR se han vendido como un servicio premium de alto coste [49].

Con la irrupción de Asterisk este paradigma cambió y actualmente es posible contar con un sistema IVR a un precio asequible. El software Asterisk es gratuito, no hay derechos de licencia por puertos o por llamada concurrente. Debido a que Asterisk se ejecuta en hardware básico y utiliza interfaces de Red Telefónica Conmutada de bajo coste, implantar Asterisk en un sistema es significativamente más barato. Otro de los beneficios de Asterisk es la naturaleza abierta de la plataforma. Con los sistemas de propiedad, sólo el proveedor puede añadir o cambiar la funcionalidad básica. Con Asterisk, el código fuente está disponible y se puede modificar según sea necesario para ajustarse a requisitos específicos [49].

La interacción del usuario con el IVR se puede producir a través de los tonos que se producen al presionar las teclas del teléfono o a través de órdenes de voz mediante software de reconocimiento de voz, sin embargo éste último procedimiento es más complejo e incrementa sustancialmente el coste del sistema por lo que en este proyecto no está disponible esta modalidad.

### **Diseño del IVR**

Aunque el diseño de un IVR depende en gran medida del criterio del diseñador y del uso que se vaya a hacer de él existen normas técnicas que regulan algunos aspectos del mismo y que han de ser tenidas en cuenta, sobre todo las relativas a garantizar la accesibilidad y usabilidad del sistema, así como las pautas generales y regulaciones que siguen otros IVR existentes en la vida de los usuarios y que le ayudan a estar familiarizado con este tipo de servicios.

Para el diseño del sistema IVR se han seguido las recomendaciones encontradas en normas técnicas, guías de buenas prácticas del servidor Asterisk además de sugerencias de los pacientes y doctores involucrados en el desarrollo sistema en función de acuerdo con la mentalidad de “diseño centrado en el usuario” con la que nació el proyecto.

La normativa relacionada con la accesibilidad seguida para el desarrollo se detalla en la sección 2.2.3 *Estudio de las necesidades especiales de los pacientes*.

La normativa relacionada con el diseño de IVR se ha extraído de la norma EN ISO 9241-154 [19]. A continuación se detallan los puntos incluidos en desarrollo del producto final.

**Norma EN ISO 9241-154**

Ergonomía de la interacción hombre-sistema.

Parte 154: Aplicaciones de respuesta vocal interactiva (RVI) (ISO 9241-154:2013) (Ratificada por AENOR en marzo de 2013.)

**1. Inserción de información****1.1. Evitar la inserción de información por duplicado**

Dentro de una llamada telefónica, a menor que la re-inserción de información sea necesaria por razones de privacidad, seguridad, o verificación, el llamante debería ser requerida para introducir cualquier información sólo una vez.

**1.2. Usar la información de sistema para mejorar la eficiencia**

Si la información está disponible en el sistema esto mejoraría el dialogo con el llamante, entonces debería ser usado para hacer la llamada más eficiente.

**1.3. Cambiar información que ha sido introducida**

Un llamante debería ser provisto con la oportunidad de cambiar los datos y la información que ha sido introducida durante una llamada

NOTA: A veces hay un punto en una aplicación en el que no se pueden hacer más cambios.

**2. Inserción por tonos de marcado (touchtone)****2.1. Asignación de tecla para delimitación.**

Si la marcación de una tecla es requerida como delimitador para entradas de datos de longitud variable, la almohadilla (#) debería ser utilizada para este propósito.

**2.2. Manejo de la desconexión por tiempo (time out) para inserción de datos de longitud variable por marcación de tonos.**

Cuando se reciben entradas por marcación de tonos (touchtone) de llamantes en aplicaciones empleando inserción de datos de longitud variable, la tecla almohadilla debería ser asumida automáticamente por el sistema después de un tiempo de desconexión especificado por el desarrollador. La longitud del tiempo de desconexión debería ser determinada a través de pruebas de usuario con una muestra representativa de llamantes, incluidos aquellos de los cuales se espera que necesiten intervalos de tiempo relativamente largos para la inserción de datos (p.ej. Personas mayores, usuarios con discapacidad motora, usuarios de teléfono con texto).

**2.3. Asignación de teclas para respuestas afirmativas y negativas**

La asignación de teclas para respuestas afirmativas debería ser 1. La tecla asignada para respuestas negativas debería ser 2.

**3. Salida de información****3.1. Recomendaciones generales para avisos (prompts) y anuncios (announcements)**

- Prompts: Los prompts son salidas del sistema solicitando al llamante que introzca algún dato.
- Announcements: Los announcements son mensajes presentados por el IVR al llamante que informan pero no solicitan al llamante a actuar.

NOTA: Algunos standards de la industria no distinguen entre announcements y prompts y consideran que todos los mensajes originados por el sistema son prompts.

**3.1.1. Brevedad de la información**

Para impedir sobrecarga de la memoria, las salidas de información deberían ser breves. Nota: Los llamantes sólo son capaces de procesar mentalmente un número pequeño de piezas de información (sobre cuatro), tales como fechas, nombres de lugares o números, en cualquier anuncio o aviso, generalmente hablando. Sin embargo el número exacto varía, depende de la complejidad de la información y el grado de similitud entre los items. También, si el llamante no es requerido para mantener todos los items en la memoria a corto plazo, un número mayor de 4 es a veces justificable.

**3.1.2. Velocidad de la voz**

La velocidad de la voz de avisos y anuncios debería considerar la población de usuarios, el propósito de la aplicación IVR y el dialecto usado.

- 3.1.3. Formas lingüísticas simples  
Construcciones lingüísticas y palabras simples deberían ser usados siempre que sea posible.
- 3.1.4. Uso juicioso de lenguaje cortés en prompts de entrada  
El uso de términos educados (p.ej gracias o por favor) deberían ser usados con discreción en aplicaciones IVR. El uso excesivo así como el poco uso de terminología cortés debería ser evitado.
- 3.1.5. Desconexión de la llamada  
Si el IVR inicia la desconexión de la llamada, debería hacerlo de forma educada. Ejemplo: *Gracias por llamar a la compañía ABC. Adiós*
- 3.1.6. Calidad de audio para prompts y announcements  
La calidad de audio para prompts y announcements debería ser alta. El ruido ambiente debería ser minimizado durante la grabación
- 3.1.7. Consistencia en el volumen de prompts y announcements  
Prompts y announcements deberían ser grabados y presentados con un volumen consistente a lo largo de toda la aplicación.
- 3.1.8. Percepción del IVR como un ordenador para el llamante.  
La aplicación IVR debería ser construida para que sea claro a los llamantes de que están interactuando con un ordenador, no con una persona.  
Ejemplo: *Bienvenido al sistema de servicio automático de la compañía aladín.*
- 3.1.9. Repetición de prompts y anuncios  
Los llamantes deberían ser proveídos con un mecanismo de repetición de prompts y announcements cuando sean muy largos o contengan largas listas de items desde los cuales los llamantes sean preguntados para hacer una selección.  
NOTA: La repetición de todos los prompts y announcements no es desable y los diseñadores deberían considerar cuál de ellos es apropiado.
- 3.2. Construcción de prompts y announcements
- 3.2.1. Ordenación de items y listas de opciones  
Las listas de opciones deberían ser ordenadas de tal manera que las opciones de mayor prioridad sean presentadas al principio y las no específicas sean presentadas al final de la lista. Factores como la frecuencia de uso, la granularidad, generación de beneficios, orden lógico e importancia para un usuario molesto deberían ser consideradas en determinar la importancia del orden de opciones.
- 3.2.2. Orden de asignación de teclas para listas de opciones  
La asignación de teclas para las opciones de la lista deberían ser hechas de acuerdo con el orden de la lista y debería ser consecutiva.
- 3.2.3. Ordenación de metas y acciones en los prompts  
El estilo (fraseología) de los prompts de entrada debería siempre definir primero la meta (el resultado) y después la acción necesaria para alcanzarlo. Ejemplo: *Para hacer una reserva, pulse 1.*
- 3.2.4. Prompts sin ambigüedad  
Los prompts deberían ser escritos para que no sean ambiguos para el llamante. Nota: Lo que es considerado ambiguo es altamente dependiente de la población de usuarios.
- 3.2.5. Gramática y terminología usada en prompts
- 3.2.5.1. General  
En la versión original de la norma, en inglés, aparece "Terminology used in this section (such as press and enter) may be translated in order to take language-specific issues into account"  
Traducción: "La terminología usada en esta sección (como press y enter) deberían ser traducidas a fin de que sean tenidos en cuenta aspectos específicos del lenguaje."  
Siguiendo esta recomendación, en este proyecto se ha traducido el verbo *press* como *presionar* o *pulsar*. Por su parte el verbo *enter* se ha traducido como *introducir* o *insertar*.

- 3.2.5.2. Vocabulario usado en prompts  
Los prompts deberían contener sólo vocabulario que la población de usuarios llamantes sea capaz de entender.
- 3.2.5.3. Consistencia en el uso de la terminología  
El uso de la terminología debería ser consistente a lo largo de la aplicación y entre las aplicaciones integradas con otro sistema.
- 3.2.5.4. Uso del término press (pulsar, presionar) en los prompts  
El término press debería ser usado cuando el llamante es requerido para presionar una sola tecla (p.ej. Seleccionar una opción de una lista).
- 3.2.5.5. Uso del término enter (insertar, introducir) en prompts  
El término enter debería ser usado en un prompt cuando el llamante es requerido para proporcionar una entrada que requiere la pulsación de varias teclas (p.ej. Para introducir datos como una cuenta bancaria). El término enter debería ser también usado en aplicaciones en las que una sola pulsación de la tecla almohadilla (#) se acepta por defecto.
- 3.2.5.6. Nombre de las teclas de tono de marcado (touchtone) del teléfono.  
Las teclas numéricas en un teléfono de tonos de marcado debería ser llamadas por el nombre numérico y el símbolo numérico de acuerdo con la recomendación ITU-T E 161 [21]
- 3.2.6. Consistencia en la asignación de teclas  
Cuando sea factible, la misma tecla o comando de voz debería ser asignado para la misma función a lo largo de toda la aplicación.

#### 4. Navegación

- 4.1. Función saltar hacia delante (skip-forward)  
En un sistema que emplea tonos de marcado (touchtones) como entrada y provee un método para saltar hacia adelante en un announcement, la tecla almohadilla debería ser usada para este propósito.
- 4.2. Dial-through y Talk-through  
Dial-through es la capacidad en un IVR basado en touchtone de aceptar entradas/insertiones del llamante mientras se reproduce un prompt o un announcement. Los llamantes deberían ser capaces de interrumpir cualquier prompt para dar una respuesta a menos que sea crítico el hecho de escuchar esa información (p.ej ciertos mensajes de error). Cuando un prompt es interrumpido cualquier entrada que fuese recibida debería ser procesada.

#### 5. Ayuda

- 5.1. Ayuda iniciada por el sistema  
Después de que un llamante encuentre un error, el sistema debería reproducir un prompt de ayuda en lugar de un prompt específico de error.  
NOTA: A menudo la terminología y contenido de los prompts de error y ayuda son similares.

#### 6. Acceso a representantes humanos

- 6.1. Iniciando la transferencia
  - 6.1.1. Si el llamante realiza la acción necesaria para ponerse en contacto un representante humano  
El llamante debería ser inmediatamente transferido a un representante humano o ser puesto en una cola para este objetivo y ser notificado de esta acción.
  - 6.1.2. Si el llamante no puede ser transferido o puesto en cola inmediatamente  
El sistema debería informar al llamante y dar instrucciones de qué puede hacer a continuación.  
El llamante no debería ser desconectado de la aplicación.

#### 7. Feedback (Realimentación)

##### 7.1. General

La realimentación es un medio importante para mantener el flujo de dialogo en una aplicación IVR. Sirve, entre otras cosas, para informar al llamante de las consecuencias de sus acciones y para comunicar información sobre lo que el llamante puede hacer a continuación. La realimentación no siempre es transmitida explícitamente en forma de mensajes específicos del sistema IVR, pero es

convenida de manera implícita por acciones subsecuentes del sistema IVR. Este apartado provee recomendaciones para el diseño de la realimentación en aplicaciones IVR.

- 7.2. Realimentación a la entrada del llamante  
La realimentación, sea explícita o implícita, debería ser provista al llamante después de cada entrada, así el llamante conoce que la entrada ha sido recibida por el sistema.
- 7.3. Realimentación después de la selección de opciones no disponibles  
Si un llamante selecciona una opción no disponible, el sistema IVR debería proveer realimentación indicando la opción no está disponible.
- 7.4. Tiempo de respuesta del sistema.  
El IVR debería responder rápidamente con el siguiente mensaje después de que la inserción del llamante sea completada.
- 7.5. Contexto apropiado para mensajes de realimentación  
Mensajes de realimentación deberían estar asociados a contexto relevante.
- 7.6. Puntos de referencia (landmarks)  
Los puntos de referencia podrían ser usados dentro del flujo de la llamada para orientar al llamante. Ejemplo: *El announcement “menú principal” es reproducido al principio de la lista central de opciones. Tanto para aquellos llamantes que entran primero en la aplicación como para aquellos que vuelven de otras partes de la aplicación.*
- 7.7. Diálogos de confirmación
  - 7.7.1. Evitar la confirmación excesiva  
La confirmación de las entradas del llamante no deberían ser excesivas.
  - 7.7.2. Confirmación explícita para entradas con el fin de evitar acciones en detrimento del sistema  
El sistema IVR debería pedir a los llamantes la confirmación explícita de entrada de datos siempre y cuando las consecuencias de no hacerlo puedan ser irreversibles o irreversiblemente negativas. La confirmación explícita debería ser tomada en consideración siempre que las consecuencias de la introducción de datos pudiera ser en detrimento del llamante, incluso si es temporal y recuperable.

## 8. Errors

- 8.1. Contenido de los mensajes de error  
Si el paciente introduce una entrada inválida en respuesta a un prompt, el sistema debería presentar una breve respuesta de realimentación al llamante. Si la subsecuente respuesta del llamante es también inválida, una respuesta de realimentación más explícita debería ser provista para ayudar al llamante a entender cómo introducir una información válida.
- 8.2. Mensajes críticos  
Si es crítico que el llamante escuche información específica en un mensaje de error o de información, esa parte del mensaje no debería ser interrumpible (barge-in y dial-through deberían ser desactivados) pero también lo más breve posible.
- 8.3. Mensajes de desconexión  
Bajo condiciones normales el llamante no debería ser desconectado del sistema hasta que un mensaje explícito de salida sea presentado.
- 8.4. Salida del sistema debido a exceder el límite de errores  
La rutina de salida en caso de excesivos errores debería consistir en una explicación del problema que causó el error, sugerencias para una posible solución del problema (cuando sea apropiado) y una educada terminación a menos que la llamada pueda ser transferida a un representante humano.

## Programación del IVR

La creación del IVR usando Asterisk implica el desarrollo de un código software que instruya a Asterisk sobre las órdenes que debe ejecutar para conformar el IVR. Esto incluye órdenes sobre enrutamiento de las llamadas, reproducción de locuciones, recepción de datos a través del teléfono, almacenamiento de los datos, liberación de la llamada, etc.

Asterisk proporciona varias alternativas para la programación de estas órdenes. A continuación se describen las utilizadas en este proyecto.

### Dialplan

El dialplan es esencialmente un lenguaje de script específico para Asterisk y una de las principales formas de instruir Asterisk sobre cómo comportarse. Une todo, lo que le permite encaminar las llamadas y manipular de manera programática [47]. Cada dígito que se marque en un terminal recorrerá el dialplan buscando "qué hacer", por lo que de una manera básica, podríamos comparar el dialplan con una tabla de enrutado: el usuario marca un número, y el dialplan contiene las acciones a realizar para ese número que se ha marcado [10]. El dialplan se escribe en un archivo de configuración (*extensions.conf*) que será ejecutado por Asterisk, de esta forma le diremos cómo enrutar las llamadas que llegan al sistema.

### Async-AGI

Además del propio lenguaje de Asterisk (Dialplan) existen otras interfaces de programación que permiten interactuar con Asterisk pudiendo utilizar otros lenguajes de programación.

Async-AGI es un método de programación que combina otras dos interfaces de programación de Asterisk, AMI (Asterisk Manager Interface) y AGI (Asterisk Gateway Interface). Async-AGI permite a una aplicación que usa AMI enviar asincrónicamente comando AGI para ser ejecutados en un canal. Por tanto es un híbrido que permite usar ambas interfaces de programación AMI y AGI. Para entender mejor su funcionamiento se procede a explicar las características de AMI y AGI.

### AGI

El dialplan de Asterisk ha evolucionado hasta convertirse en una interfaz de programación sencilla pero potente para la gestión de llamadas. Sin embargo, muchas personas, especialmente aquellos con una experiencia de programación anterior, todavía prefieren el manejo de su aplicación en un lenguaje de programación diferente. El Asterisk Gateway Interface (AGI) permite el uso de otro lenguaje de programación para la programación de Asterisk. Además el uso de otro lenguaje de programación permite la utilización del código existente para la integración con otros sistemas [11].

### AMI

La Interfaz de Asterisk Manager (AMI) es una interfaz de monitorización y gestión del servidor Asterisk. Está basado en el envío y recepción de Acciones, Eventos y Respuestas. Permite la monitorización en vivo de eventos que se producen en el sistema, así como la solicitud de que Asterisk realice alguna acción. Las acciones que están disponibles son de amplio alcance e incluyen tareas tales como devolver información de estado y originar nuevas llamadas [11].

Tanto AGI como AMI cuentan con varias librerías escritas en distintos lenguajes de programación que facilitan la creación de aplicaciones de comunicación basadas en AGI/AMI. Una recopilación de estas librerías se encuentra en la tabla 2.5.

**Tabla 2.5** Librerías y Frameworks para AGI-AMI.

Nombre	Lenguaje	Website	Protocolos
Adhearsion	Ruby	<a href="http://www.adhearsion.com/">http://www.adhearsion.com/</a>	AMI/FastAGI
Asterisk-Java	Java	<a href="https://blogs.reucon.com/asterisk-java/">https://blogs.reucon.com/asterisk-java/</a>	AMI/FastAGI
Nanoagi	C++	<a href="http://sourceforge.net/projects/nanoagi/">http://sourceforge.net/projects/nanoagi/</a>	AGI
PAGI	PHP	<a href="https://github.com/marcelog/PAGI">https://github.com/marcelog/PAGI</a>	AGI
Panoramisk	Python+AsyncIO	<a href="https://github.com/gawel/panoramisk">https://github.com/gawel/panoramisk</a>	AMI/FastAGI
Pyst2	Python	<a href="https://github.com/rdegges/pyst2">https://github.com/rdegges/pyst2</a>	AMI/AGI
StarPy	Python+Twisted	<a href="https://github.com/asterisk/starpy">https://github.com/asterisk/starpy</a>	AMI/FastAGI

La elección de Async-AGI permite combinar ambas interfaces de programación y utilizar el lenguaje de programación de nuestra elección. Para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el lenguaje de programación Java para la escritura del código y la librería Asterisk-Java para la comunicación con Asterisk

a través de Async-AGI. La elección de Java atiende simplemente al conocimiento del autor en este aspecto ya que por su formación cuenta con mayor experiencia en este lenguaje.

### 2.2.7 Generación de las locuciones

Las locuciones usadas en el sistema IVR que servirán para comunicarse con el usuario llamante (el paciente) han sido generadas usando la tecnología TTS (*Text-to-Speech* o *Texto-a-Voz*).

La tecnología TTS define un proceso por el cual un ordenador convierte una representación de texto escrito en una voz hablada generada por ordenador. La voz generada por el ordenador es normalmente construida a partir de fragmentos de voz humana grabada que ha sido modelada computacionalmente [19].

La generación de voz mediante este mecanismo permite generar locuciones a partir de entradas de texto de forma inmediata y nos proporciona la posibilidad de generar discursos en tiempo real. Existen numerosas alternativas de generadores TTS entre los que se puede elegir soluciones de software libre o propietarios, y de uso gratuito o mediante pago.

Para el desarrollo de este proyecto se realizó una búsqueda entre las alternativas cuyo uso fuese gratuito para reducir el coste del servicio y favorecer la sostenibilidad del sistema. Entre las alternativas encontradas tenemos:

- Festival
- eSpeak
- Google TTS (a través de Google Translate)

Además de las anteriores también se ha encontrado otras como Loquendo, Flite y muchos más incluyendo aplicaciones online.

Las tres alternativas probadas nos permiten hacer peticiones de conversión del tipo cliente-servidor, es decir, podemos enviar el texto y recibimos el audio con ese texto en formato hablado. La que mejores resultados ha dado en cuestión de calidad de la voz en español ha sido la alternativa de Google (resultando la opción elegida para generar las locuciones). La siguiente en cuestión de calidad es la aplicación Festival que se ha probado con los paquetes de voz en español creados por la junta de Andalucía [33], por último la que peor resultado ha obtenido es la aplicación eSpeak.

El método utilizado para obtener las locuciones ha sido realizar las peticiones al servicio de Google translate mediante un script y almacenar el audio en el equipo que aloja Asterisk para acceder después a ellos localmente. De esta manera se evita tener que hacer peticiones en tiempo real a los servidores que, en el caso Festival, suponía una posible brecha de seguridad de acceso a nuestro sistema [35].

A pesar de la ventaja de usar el método TTS para generar nuestras locuciones la calidad de la voz no puede compararse con la de otros sistemas IVR comerciales por lo que en una implementación final del producto sería recomendable hacer uso de opciones comerciales de pago como Verbio o Cepstral que ofrecen servicios TTS de mayor calidad. Además surge la posibilidad de que Google restrinja o elimine el uso de este servicio o que aparezcan problemas de licencia por la utilización de los archivos de audio generados por Google Translate para uso comercial.

### Tratamiento de los archivos de audio

Los archivos de audio generados por el sistema Google TTS se descargan en formato MP3<sup>1</sup>, pero “para que Asterisk pueda reproducir este archivo hay que convertirlo a un formato entendible por él” [36], y MP3 no es uno de ellos. Sin embargo la realidad es que Asterisk puede reproducir cualquier audio siempre que tenga un códec para él. Para realizar esta tarea Asterisk cuenta con dos módulos<sup>2</sup> específicos: **Codec translators** y **Format interpreters**.

<sup>1</sup> MPEG ADTS, layer III, v2, 32kbps 16 kHz, Monaural

<sup>2</sup> Componente cargable y descargable que provee una funcionalidad específica al servidor Asterisk

**Codec Translators**

Los Codec Translators (Traductores de Codecs) permiten a Asterisk convertir el formato de flujos de audio (audio streams) de una llamada. Así, por ejemplo, si se recibe una llamada en un circuito PRI (Circuito primario RDSI) con el códec G.711 y necesita ser traspasado a un canal SIP comprimido, por ejemplo, usando G.729 (uno de los muchos codecs que puede manejar SIP), el codec translator pertinente realizaría la conversión [11].

En la Tabla 2.6 aparecen los codecs translator disponibles en Asterisk junto con su utilidad actual.

**Tabla 2.6** Codec Translator.

Nombre	Propósito	Popularidad/Estado
codec_adpcm	Adaptive Differential Pulse Coded Modulation codec	Insignificante
codec_alaw	A-law PCM codec usado en todo el mundo (except Canada/USA) para la RTC	Esencial
codec_a_mu	A-law to mu-law conversor directo	Útil
codec_dahdi	Utilizado por la tarjeta hardware de Digium	Esencial
codec_g722	Wideband audio codec	Útil
codec_g726	Flavor of ADPCM	Insignificante
codec_gsm	Global System for Mobile Communications (GSM) codec	Útil
codec_ilbc	Internet Low Bitrate Codec	Insignificante
codec_lpc10	Linear Predictive Coding vocoder	Insignificante
codec_resample	Resamples entre 8-bit and 16-bit signed linear	Útil
codec_speex	Speex codec	Útil
codec_ulaw	Mu-law PCM codec usado en Canada/USA para la RTC	Esencial

**Format Interpreters**

Los Format Interpreters (Intérpretes Formato) realizan la función de codec translator, pero hacen su trabajo en archivos en lugar de canales. Si se tiene una grabación o una locución en un menú que se ha almacenado como archivo de audio en formato GSM, necesitaría un format Interpreter que se utilizará para reproducir la locución a cualquier canal que no utiliza el códec GSM. En la tabla 2.7 aparecen los Format Interpreters disponibles en Asterisk junto con su utilidad actual.

Tabla 2.7 Format Interpreters.

Nombre	Reproduce archivos almacenados en	Popularidad/Estado
format_g723	G.723 .g723	Insignificante
format_g726	G.726 .g726	Insignificante
format_g729	G.729 .g729	Útil
format_gsm	RPE-LTP (original GSM codec) .gsm	Usable
format_h263	H.263—video .h263	Usable
format_h264	H.264—video .h264	Usable
format_ilbc	Internet Low Bitrate Codec .ilbc	Insignificante
format_jpeg	Graphic file .jpeg .jpg	Insignificante
format_ogg_vorbis	Ogg container .ogg	Usable
format_pcm	Various Pulse-Coded Modulation formats: .alaw, .al, .alw, .pcm, .ulaw, .ul, .mu, .ulw, .g722, .au	Útil
format_siren14	G.722.1 Annex C (14 kHz) .siren14	Nuevo
format_siren7	G.722.1 (7 kHz) .siren7	Nuevo

Entre los codecs más importantes que incorpora Asterisk podemos destacar:

**G.711** Es el códec fundamental dentro de la RTC (Red Telefónica Conmutada)<sup>3</sup> y la RDSI (Red Digital de Servicios Integrados)<sup>4</sup>. De hecho, cuando nos referimos a la codificación PCM (Pulse Code Modulation) en la red telefónica está permitido pensar en G.711 [11]. Existen dos versiones para este mismo estándar en función del método de *companding* utilizado:  $\mu$ -law autóctono del standard T1 usado en Norteamérica y Japón, y A-law autóctono del standard E1 usado en el resto del mundo. La diferencia reside en la forma de muestrear la señal analógica. En ambos esquemas la señal no es muestreada linealmente, si no en forma logarítmica. Cualquiera de los dos usa una codificación de palabra de 8 bits PCM transmitida 8.000 veces por segundo que nos da una tasa de bit de 64 Kbps[37]. Existe la falsa idea de que el códec G.711 es un códec sin comprimir. Esto no es realmente cierto, puesto que el *companding* se considera una forma de compresión. Lo cierto es que G.711 es el códec de base desde la cual todos los demás se derivan, no requiere licencia e impone una mínima carga (casi cero) en la CPU.

<sup>3</sup> Public Switched Telephone Network (PSTN) en inglés

<sup>4</sup> Integrated Service Digital Network (ISDN) en inglés

**GSM** Es el códec usado por el popular estándar GSM (Global System for Mobile communications), un estándar desarrollado por el European Telecommunications Standards Institute (ETSI) para describir protocolos para la segunda generación (2G) de redes celulares digitales utilizadas por los teléfonos móviles. Este códec no viene gravado con una concesión de licencias y ofrece un rendimiento excepcional con respecto a la demanda que pone en la CPU [11]. El códec de voz "Full Rate" original de GSM se denomina RPE-LTP (Pulso regular Predicción Excitación a largo plazo). Este códec utiliza la información de las muestras anteriores (esta información no cambia muy rápidamente) con el fin de predecir la muestra actual. La señal de voz se divide en bloques de 20 ms. Estos bloques se pasan entonces al códec de voz, que tiene una tasa de 13 kbps, con el fin de obtener bloques de 260 bits [38]. GSM es el códec en el que vienen por defecto los archivos de audio de asterisk.

**G.729** Es un estándar de la ITU que proporciona gran calidad de sonido con muy poco ancho de banda, usando para ello Conjugate-Structure Algebraic-Code-Excited Linear-Prediction (CS-ACELP). Existen varias extensiones de este estándar a través de anexos que amplían sus características, las más usadas y conocidas son la G.729a y G.729b. Para alcanzar tal nivel de compresión, este codec requiere un gran potencia de procesamiento que puede colapsar la CPU [11]. El uso de este códec requiere la compra de una licencia [39].

Por su parte entre los formatos de audio más importantes por su uso o sus ventajas se encuentran:

- Formato GSM: extensión .gsm
- Formato WAV: extensión .wav
- Formatos PCM: .ulaw, .alaw
- Formato G729: extensión g729
- Formato SLN: .sln

Por tanto no importa qué códec utilice el flujo de audio en un canal, Asterisk será capaz de convertirlo si cuenta con el *codec translator* adecuado. Tampoco importa en qué formato se guarden las locuciones, Asterisk será capaz de reproducirlas siempre que cuente con el *format interpreter* correcto. Sin embargo esta solución obliga a Asterisk a realizar una conversión "*on the fly*" [40], es decir, sobre la marcha, en tiempo real con lo que el consumo del procesador y la memoria se incrementa notablemente creciendo con el número de canales activos o archivos reproducidos simultáneamente.

Para los flujos de audio no existe alternativa, distintos codecs en distintos canales con distintas tecnologías han de ser transformados en tiempo real para que la comunicación sea posible (en este rol asterisk actúa como pasarela entre tecnologías y precisamente ahí reside su potencial). Sin embargo para la reproducción de archivos de audio (grabaciones o locuciones) como es el caso que nos ocupa en este proyecto, si el archivo de audio a utilizar por Asterisk se encuentra en el formato que requiere el canal no hay necesidad de transformarlo y se ahorra consumo de cpu en esta tarea. Como el precio de la electrónica dedicada a la computación y las limitaciones que podemos encontrar es superior al precio de los dispositivos de almacenamiento, aumentar la capacidad de computación de un sistema siempre es más costoso que aumentar la capacidad de almacenamiento, por tanto es mejor almacenar las locuciones en distintos formatos que realizar la conversión *on the fly*.

En base a esta premisa y teniendo en cuenta el estudio de los códecs y formatos realizados se ha optado por tener, para cada locución, una copia guardada en cada uno de los formatos que aparecen en la Tabla 2.8. Todos los formatos cuentan con una profundidad de bit igual a 8bits, tasa de muestreo de 8 khz y canal monoaural. Se ha desechado el uso del codec G.729 porque a pesar de la gran relación calidad-compresión el pago de licencias incrementa el coste (aunque no excesivamente), su coste de procesamiento es muy alto y el ancho de banda no es una limitación para este proyecto cuyo objetivo principal es la RTC o la RDSI y no las llamadas VoIP.

La creación de archivos se ha realizado convirtiendo el archivo de audio en formato MP3 generado por el servicio TTS de Google Translate con la herramienta SoX.

**Tabla 2.8** Formatos de audio utilizados en las locuciones del sistema.

Formato	Extensión
A-law	.alaw
$\mu$ -law	.ulaw
WAV	.wav
GSM	.gsm
Signed Linear	.sln

SoX es una herramienta multiplataforma (Windows, Linux, MacOS X, etc.) de línea de comando que puede convertir varios formatos de archivos de audio a otros formatos. También puede aplicar varios efectos a estos archivos de sonido, y, como funcionalidad adicional, SoX puede reproducir y grabar archivos de audio en la mayoría de plataformas. [48]. Los comandos utilizados para la creación de cada uno de los formatos se recogen en el anexo B.

### 2.2.8 Integración con calendarios

A partir de la versión 1.8 de Asterisk existe la posibilidad de integrar el servidor con un calendario. Los formatos de calendario soportados abarcan distintos tipos como iCal, CalDAV, MS Exchange (Exchange 2003), and MS Exchange Web Services (Exchange 2007 y posterior) [11].

Integrar Asterisk con un calendario nos permite manipular el enrutamiento de las llamadas en función de la información de este calendario. Otra ventaja de la integración con calendarios es la posibilidad de generar llamadas basándose en la información almacenada en él.

Su funcionamiento se basa en la creación de eventos en el calendario que, o bien Asterisk usará para recabar información y actuar en consecuencia, o bien provocarán acciones a realizar por Asterisk. Como ejemplo del primer caso podríamos tener un calendario con la información de horarios de una oficina que Asterisk usará para enrutar las llamadas a un teléfono u otro en función de este horario. Como ejemplo del segundo caso podríamos tener un evento programado para cierta fecha que al dispararse provocará en Asterisk la realización de una llamada a cierto número.

#### Uso dentro del proyecto

En este proyecto se ha usado la integración con calendarios aprovechando ambas funcionalidades:

#### Uso del calendario para enrutar llamadas

El uso del calendario para enrutamiento de llamadas se ha usado en este PFC para determinar hacia dónde debe ser redirigida la llamada del paciente cuando se produce una incidencia/alarma que necesita poner en contacto a paciente y doctor. Mediante un calendario donde se encuentra almacenado el horario de consulta del doctor, el sistema eNefro-Asterisk puede determinar la situación del médico y redirigir la llamada a la consulta o a su horario personal.

Durante las horas de consulta la llamada se redirige al número de teléfono de la consulta. El resto del tiempo sería considerado horario fuera de consulta y el paciente sería redirigido al número personal del doctor.

#### Uso del calendario para generar acciones en el servidor Asterisk

El uso del calendario para este fin se ha utilizado en Asterisk para implementar un sistema de recordatorios o citas por parte del doctor hacia el paciente. En un calendario controlado por el doctor, éste crea un evento con el nombre del paciente y el mensaje que quiera transmitir escrito en la descripción. Este evento se programa para dispararse a una fecha concreta (día y hora) y cuando ese momento llega, el sistema eNefro-Asterisk recoge el mensaje escrito en la descripción del evento, lo convierte a audio (mediante el mismo sistema TTS de Google translator usado en la generación de locuciones), genera una llamada al paciente al que va dirigido el evento y cuando éste contesta le reproduce el mensaje del médico. Esta funcionalidad puede ser utilizada para recordar las citas al paciente, para recordarle la toma de

medicación, para recordarle que debe introducir los datos de la diálisis en el sistema enefro-asterisk, etc.

Para la conexión con calendarios se pueden usar cualquiera de los formatos soportados por Asterisk y cualquiera de las plataformas que soportan estos formatos (Gmail, Outlook, etc.). Este método evitaría la necesidad de configurar nuestro propio servidor de calendario. Sin embargo para tener mayor control sobre los elementos de nuestro sistema y lograr un total aprovechamiento de todas las funcionalidades que ofrece la integración del servidor Asterisk con un calendario se ha optado por instalar y configurar nuestro propio servidor de calendario.

El elegido para implementar esta tarea es el servidor DAViCal. DAViCal es un servidor para uso compartido de calendario. Es una implementación del protocolo CalDAV, que está diseñado para el almacenamiento de calendarios (en formato iCalendar) en un servidor compartido remoto [32].

Un número cada vez mayor de clientes de calendario admite el mantenimiento de calendarios compartidos remotos a través de CalDAV, incluyendo Mozilla Calendar (Sunbird / Lightning), Evolución, Mulberry, Chandler, y varios otros productos de código cerrado como iCal y iOS de Apple [32].

Por tanto el uso de este servidor no limita el uso de un sólo cliente, así el usuario (en este caso el doctor) puede usar el que prefiera.

Las características de DAViCal son:

- Es software libre licenciado bajo licenciaGPL.
- Utiliza una base de datos SQL para el almacenamiento de datos de eventos.
- Soporta el acceso compatible con versiones anteriores a través de WebDAV en sólo lectura o el modo de lectura-escritura (no recomendado).
- Concebido para inter-operar con el software de clientes de CalDAV más amplio posible.
- DAViCal soporta el acceso de lectura/escritura a las mismas entradas del calendario entre los usuarios de un calendario, entre varios usuarios o entre varios clientes a la vez. DAViCal soporta la programación de reuniones con el estado free/busy.

Para obtener más información acerca de la instalación del servidor DAViCal y su uso a través del cliente Thunderbird consultar el anexo A.

### **2.2.9 Gestión y almacenamiento de datos. Integración con la base de datos eNefro**

El sistema eNefro cuenta con una base de datos en la que se almacenan toda la información necesaria para hacer funcionar la aplicación y los datos relacionados con pacientes y doctores. El sistema eNefro-Asterisk escribirá y leerá de esta base de datos para tomar los datos relacionados con pacientes y doctores (por ejemplo: síntomas, variables fisiológicas, nombres, números de teléfono...), lo que permite la **integración de ambos sistemas de forma transparente**. Desde la aplicación eNefro es posible consultar y gestionar los datos que los pacientes/usuarios del sistema eNefro-Asterisk introducen a través del teléfono. De esta forma no existe diferencia entre los pacientes que acceden por vía telefónica y los pacientes que lo hacen a través de la aplicación web, el doctor no necesita hacer distinción entre ambos y el sistema eNefro-Asterisk se integra como otra vía de acceso más.

Sin embargo el sistema eNefro-Asterisk diseñado en este PFC necesita almacenar datos que aún no están integrados en la base de datos anterior por lo que se ha creado una base de datos nueva para guardar la información necesaria para que el proyecto funcione.

El almacenamiento de los datos relacionados con la aplicación se realiza mediante MySQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional, multihilo y multiusuario.

En esta base de datos se almacenan:

- Número de identificación del usuario en la base de datos eNefro junto con el nombre del usuario (paciente, doctor, etc)

- Información de configuración de las opciones de acceso a la interfaz eNefro-Asterisk (volumen, velocidad de reproducción de las locuciones Y primer acceso al sistema) para cada usuario del sistema.

### Modo de acceso: Pool de conexiones

Las conexiones con la base de datos se hacen mediante un *pool de conexiones*. Con este sistema varios hilos pueden usar una misma conexión física con la base de datos simultáneamente y la información enviada o recibida por cada uno de los hilos no se entremezcla con la de los otros, haciendo posible una escritura o lectura coherente en dicha conexión.

En java (lenguaje utilizado para la programación de este PFC), un pool de conexiones es una clase java que tiene abiertas varias conexiones a base de datos. Cuando alguien necesita una conexión a base de datos, en vez de abrirla directamente con `DriverManager.getConnection()`, se la pide al pool usando su método `pool.getConnection()`. El pool coge una de las conexiones que ya tiene abierta, la marca como que alguien la está usando para no dársela a nadie más y la devuelve. La siguiente llamada a este método `pool.getConnection()`, buscará una conexión libre para marcarla como ocupada y la devolverá ... y así sucesivamente.

Cuando el que ha pedido la conexión termina de usarla, normalmente después de una transacción con la base de datos o varias seguidas, llama al método `connection.close()`. Esta conexión que nos ha sido entregada por el pool, realmente no se cierra con esta llamada. El método `close()` únicamente avisa al pool que ya hemos terminado con la conexión, de forma que sin cerrarla, la marca como libre para poder entregársela a otro que lo pida [41].



## 3 Resultados

---

Después de analizar las necesidades de los pacientes, revisar la normativa técnica sobre accesibilidad y usabilidad, y dilucidar las cuestiones de diseño del sistema IVR, el desarrollo software y la instalación hardware han dado como resultado un sistema de monitorización a distancia para pacientes en prediálisis y diálisis peritoneal a través de la línea telefónica.

A lo largo del apartado se detallan los componentes que conforman la solución tecnológica, la arquitectura del sistema IVR y los casos de uso del sistema.

### 3.1 Descripción funcional

El objetivo del software desarrollado es la monitorización remota de pacientes renales en prediálisis o diálisis peritoneal a través de la línea telefónica utilizando para ello un sistema de Respuesta Vocal Interactiva (IVR<sup>1</sup>).

El paciente introducirá periódicamente en el sistema una serie de valores acerca de las variables fisiológicas y síntomas relacionados con su enfermedad que permitirán al personal sanitario mejorar el control y seguimiento de estos pacientes.

Los datos serán almacenados en una base de datos que podrá ser consultada por el doctor a través de una interfaz web.

La aplicación incorpora un sistema de alarmas con 3 niveles de prioridad que actúa en caso de que alguno de los síntomas o valores fisiológicos exceda el rango normal. Las actuaciones dependerán de la prioridad de la alarma y van desde un simple mensaje de aviso hasta la puesta en contacto con los servicios médicos.

Así mismo existe un sistema mensajes recordatorios o citas que permite al doctor crear eventos en un calendario que serán enviados al paciente en forma de mensaje de voz<sup>2</sup> a través de llamada telefónica cuando se alcance la fecha en la que fue programado ese evento.

Toda la aplicación ha sido desarrollada siguiendo la normativa existente con el fin de alcanzar el mayor grado de accesibilidad y usabilidad.

### 3.2 Componentes de la solución tecnológica

La solución tecnológica implementada contiene componentes hardware y software.

#### 3.2.1 Componentes Hardware

##### Equipo Servidor

El equipo utilizado como servidor para alojar el software de este proyecto piloto ha sido un PC Dell

---

<sup>1</sup> Interactive Voice Response

<sup>2</sup> Los mensajes de voz serán generados con la tecnología Text-to-Speech

Optiplex GX280. Se ha utilizado para instalar el software Asterisk, la aplicación java que implementa el IVR, la base de datos MySQL, el servidor de correo DAViCal y el servidor web Spark para la interfaz web. También se ha instalado en esta computadora la tarjeta telefónica TDM410 de Digium que conecta con la Red Telefónica Conmutada (RTC).

#### **Tarjeta TDM410 de Digium**

Tarjeta analógica para conexión con la RTC<sup>3</sup> que nos permite enviar y recibir llamadas a través de la línea telefónica tradicional usando Asterisk.

### **3.2.2 Componentes Software**

#### **Aplicación Java y Sistema IVR**

La aplicación Java implementa el IVR y se comunica con el servidor Asterisk a través de Acciones y Eventos usando la interfaz Asyng-AGI (mezcla de la interfaz AMI y AGI). Utiliza la librería Asterisk-Java para esta comunicación. Entre sus tareas está la reproducción de las locuciones, la autenticación del usuario, la recogida de datos que el paciente introduce a través del teléfono, la gestión de alarmas, la redirección de llamadas, el tratamiento de los eventos/citas del calendario y su acción correspondiente, la comunicación con la base de datos para la inserción y modificación de los datos, etc. A partir de ahora nos referiremos a esta aplicación software como Aplicación-IVR puesto que es una combinación de sistema IVR con alguna funcionalidad adicional.

#### **Servidor Asterisk**

El servidor asterisk se encarga de controlar la tarjeta analógica, gestionar la correcta recepción, transcurso y liberación de las llamadas telefónicas (tanto analógicas como VoIP), comunicar a la Aplicación-IVR a través de Async-AGI los eventos ocurridos en el servidor y ejecutar las acciones recibidas de la aplicación. Además recibe los eventos/citas disparados por el calendario integrado y los comunica a la Aplicación-IVR.

#### **Base de datos MySQL**

El servidor MySQL almacena los datos relativos a pacientes, doctores y demás información necesaria para el funcionamiento del sistema. Interactúa con la Aplicación-IVR y con el servidor Spark encargado de la interfaz web.

#### **Servidor de Calendario DAViCal**

El servidor de calendario DAViCal almacena y gestiona los calendarios con el horario de consulta de los doctores y los calendarios con eventos/citas utilizados para mandar mensajes y recordatorios a los pacientes.

Interactúa con el servidor Asterisk de dos maneras:

- Cuando una cita de un calendario tiene programada una alarma y ésta se dispara, DAViCal informa a Asterisk de este evento.
- Asterisk realiza consultas a DAViCal acerca de las citas planificadas en un calendario.

Los calendarios alojados en el servidor DAViCal son modificados por un cliente de calendario, este cliente queda a elección del usuario del calendario (normalmente el doctor) y está fuera del alcance de este proyecto.

### **3.3 Arquitectura general del sistema eNefro-Asterisk**

La Figura 3.1 muestra todos los componentes de la solución final y la relación entre ellos. Se muestran los componentes como bloques funcionales separados para ver como interactúan entre sí, lo cual no implica que ese deba ser su situación física puesto que los bloques pueden estar instalados en la misma máquina (solución centralizada) o por el contrario estar repartidos en varios equipos o incluso en la nube (solución distribuida).

Para el prototipo ensayado en este PFC se ha optado por una solución centralizada y todos los componentes software están instalados en la misma máquina.

---

<sup>3</sup> Red Telefónica Conmutada

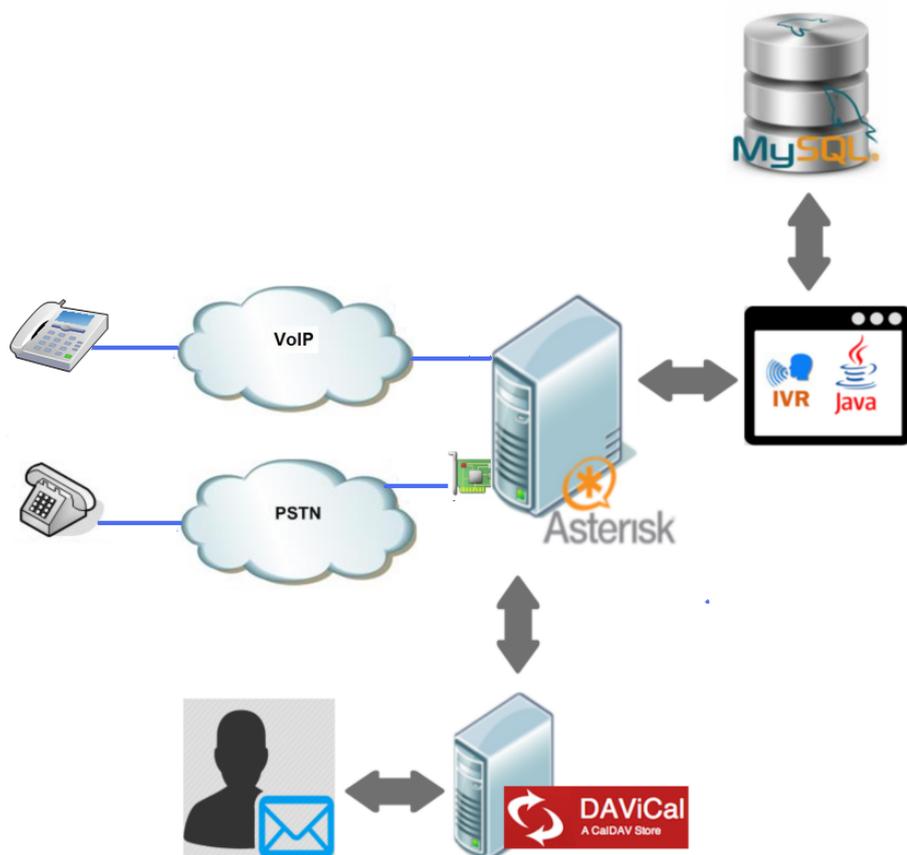


Figura 3.1 Componentes de la solución tecnológica.

### 3.4 Bloques funcionales de la aplicación IVR

La arquitectura de la Aplicación-IVR se divide en bloques funcionales en base a la tarea que realiza cada uno. Cada bloque funcional puede estar compuesto por una clase java, por varias clases o simplemente puede ser un método o función dentro de una clase.

A continuación se expone una descripción de cada uno de ellos:

#### 3.4.1 Bloque Manager Listener

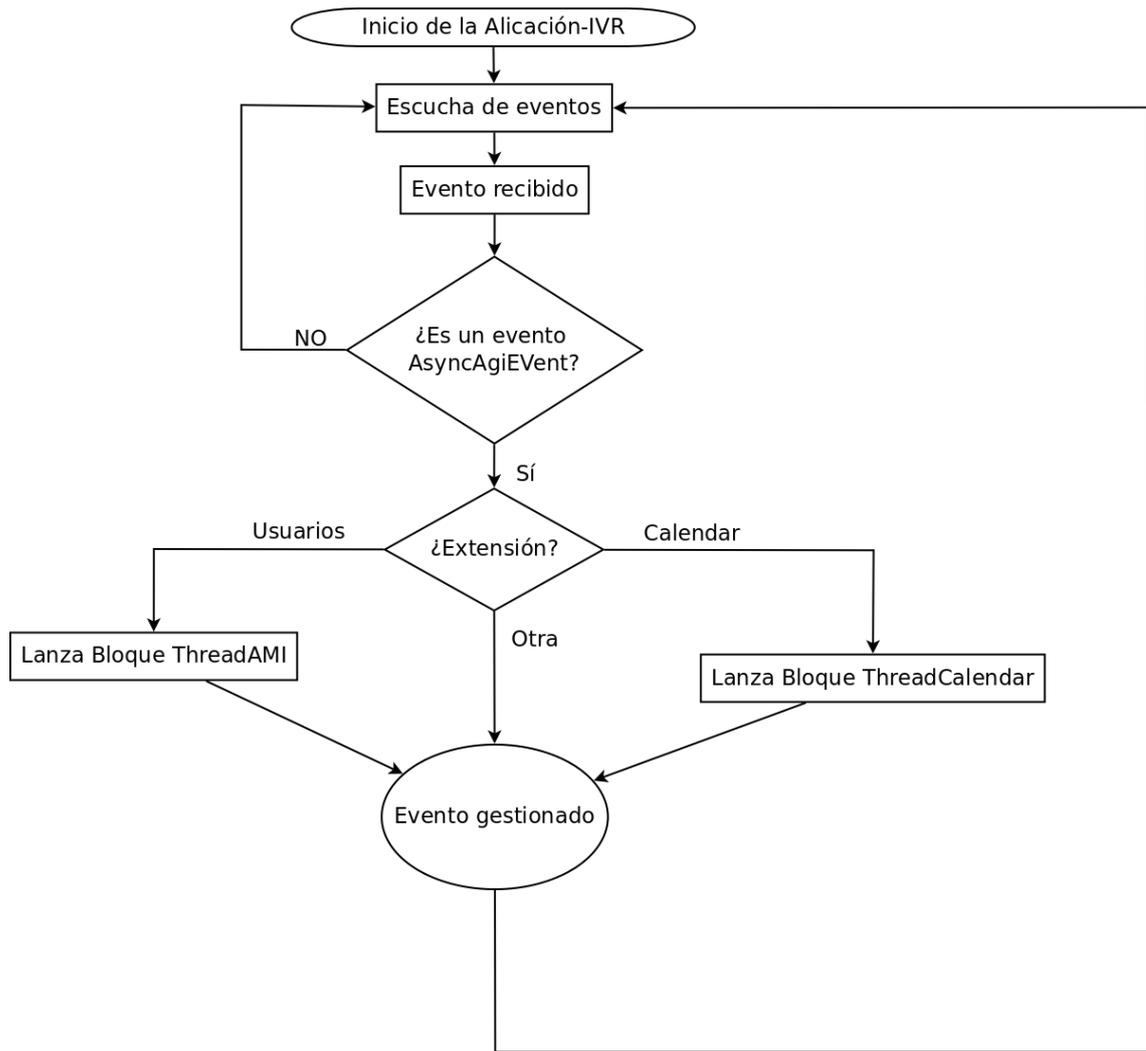
El bloque Manager Listener se encarga de dos tareas. La primera es escuchar los eventos AsyncAgiEvent provenientes de la extensión “usuarios” enviados por Asterisk que indican que un canal (una llamada) ha entrado en el sistema, es decir, un paciente está accediendo al sistema y debe ser atendido por el IVR. Cuando esto sucede el bloque Manager Listener lanza un hilo ThreadAMI que gestiona la llamada y atiende al paciente. La segunda tarea es escuchar los eventos AsyncAgiEvent de la extensión “calendar” que indican que se ha disparado la alarma de una cita en uno de los calendarios. Cuando esto ocurre se lanza un hilo ThreadCalendar que realiza las tareas necesarias para comunicar al paciente el mensaje escrito por su médico en esa cita.

Este bloque está continuamente escuchando todos los eventos procedentes del servidor Asterisk. Se inicia cuando se lanza la Aplicación-IVR y sólo se detiene cuando se desconecta la aplicación.

La Figura 3.2 muestra el diagrama de flujo del bloque Manager Listener.

#### 3.4.2 Bloque ThreadAMI

Este bloque constituye el núcleo del sistema IVR pues en él transcurre la interacción entre el paciente y el IVR dentro del sistema Enefro-Asterik. En este bloque se encuentra el menú del IVR y desde él se llama a los otros bloques funcionales para que realicen su tarea correspondiente.



**Figura 3.2** Diagrama de flujo del bloque Manager Listener.

La Figura 3.3 muestra el diagrama de flujo del bloque Manager Listener.

La Figura 3.4 muestra la estructura interna del bloque Thread-AMI y los bloques funcionales que se ejecutan dentro de él.

Los siguientes subapartados describen los bloques funcionales ejecutados desde el bloque ThreadAMI.

### **Bloque Autenticación de usuario**

La autenticación del usuario se realiza mediante la tupla USUARIO-PIN que el paciente debe introducir para acceder al sistema.

El USUARIO consiste en un número de 9 cifras para el que se ha propuesto que coincida con el número de teléfono del paciente con el fin de que sea más fácil de recordar. El PIN será un número de 4 dígitos que el paciente configura en el primer acceso al sistema y que puede ser modificado a través del menú opciones. La primera vez que se accede al sistema todos los pacientes tienen el mismo PIN asignado (0000).

Cada paciente tiene 3 intentos para introducir el USUARIO y otros 3 intentos para introducir el PIN. Si se exceden estos 3 intentos se expulsa al paciente del sistema y da fin a la llamada.

La Figura 3.5 muestra el diagrama de flujo del bloque Manager Listener.

### **Bloque Primera configuración de las opciones de usuario**

La primera vez que se accede al sistema el paciente debe configurar sus opciones de usuario, entre las que se incluyen: la velocidad de reproducción de las locuciones, el volumen de las mismas y el PIN de acceso.

**Nota:** Si se aplica la opción “Volver a los valores por defecto” dentro del menú Opciones, la siguiente vez que se accede al sistema habrá que configurar de nuevo las opciones de usuario.

La Figura 3.6 muestra el diagrama de flujo del bloque Primera configuración de las opciones de usuario.

### **Bloque Configuración del PIN**

La configuración del PIN permite al paciente elegir un PIN de 4 cifras con el que autenticarse para acceder al sistema. El sistema pedirá al paciente que introduzca el PIN que haya elegido contando para ello con 3 intentos. Por seguridad se pedirá al paciente que vuelva a introducir el PIN elegido para lo que cuenta de nuevo con 3 intentos. Si ambos PINs introducidos coinciden la configuración es correcta y el PIN se guarda en la base de datos, si por el contrario se exceden los 3 intentos o ambos PINs no coinciden se produce un error de configuración.

La Figura 3.7 muestra el diagrama de flujo del bloque Configuración del PIN.

### **Bloque Configuración del volumen**

La configuración del volumen permite al usuario seleccionar un volumen adecuado a su nivel de audición. Mediante las teclas del teléfono el paciente modifica y guarda el nivel de volumen. Antes de guardar el nivel seleccionado se pide confirmación, así en caso de que el paciente no esté contento con ese nivel puede volver a modificarlo antes de guardar.

Este nivel de volumen es proporcionado modificando la ganancia con la que Asterisk envía la señal de audio a través de la línea telefónica y es independiente del nivel de volumen que el paciente pueda seleccionar en su aparato telefónico.

La Figura 3.8 muestra el diagrama de flujo del bloque Configuración del volumen.

### **Bloque Configuración de la velocidad de las locuciones**

La configuración de velocidad permite escuchar las locuciones del sistema IVR a distinto tempo, desde un nivel más pausado hasta un nivel de velocidad normal. El efecto es el de escuchar a una persona hablando más lento o más rápido. Existen 6 niveles de velocidad que el paciente escucha en secuencia desde más lento a más rápido. Mediante las teclas del teléfono elige el nivel más adecuado para su capacidad cognitiva. Antes de guardar el nivel seleccionado se pide confirmación, pudiendo volver a elegir el nivel si fuera necesario.

La Figura 3.9 muestra el diagrama de flujo del bloque Configuración de la velocidad de las locuciones.

### **Carga de las opciones de usuario**

La carga de las opciones de usuario permite personalizar el comportamiento del IVR y ajustarlo a las necesidades del paciente controlando el nivel de volumen y la velocidad de las locuciones.

La Figura 3.10 muestra el diagrama de flujo del bloque Carga de las opciones de usuario.

### **Tarea elegida en el menú IVR**

Este bloque representa cada una de las posibles tareas llevadas a cabo por una de las opciones del menú principal de IVR. Para consultar más información sobre cada una de ellas ver la sección 3.4.3 *Tareas del menú principal del IVR*

### 3.4.3 Tareas del menú principal del IVR

El menú principal del IVR está compuesto por las tareas que el paciente puede realizar dentro del sistema Enefro-Asterisk.

Tres de ellas conforman bloques funcionales y la cuarta es una opción para salir del sistema ordenadamente.

#### **Menú principal IVR:**

- Introducción de las variables fisiológicas y síntomas
- Opciones personales
- Comunicación directa con el doctor
- Salida del sistema Enefro-Asterisk

#### **Bloque Introducción de las variables fisiológicas y síntomas**

La introducción de las variables fisiológicas y síntomas constituye la tarea principal del plan de cuidados del paciente y la actividad principal del sistema Enefro-Asterisk.

Este bloque funcional carga la configuración asignada al paciente por su médico en la que están guardadas las variables fisiológicas que debe introducir. Una vez cargada la configuración el sistema guía al paciente a través de un proceso en el que se le pide que introduzca los valores correspondientes a esas variables fisiológicas guardadas en la configuración y los síntomas asociados al tipo de paciente (paciente en prediálisis o diálisis peritoneal).

Para cada variable existe un límite superior y otro inferior que, en caso de ser rebasados generaran una alarma/incidencia por lo que cada vez que se introduce un valor fuera del rango normal se pide al paciente que confirme si el valor es correcto. Al final del proceso se recogen los datos introducidos y se almacenan en la base de datos. Del mismo modo al final del procedimiento se recogen las alarmas generadas y se actúa en consecuencia.

La Figura 3.11 muestra el diagrama de flujo del bloque Introducción de las variables fisiológicas y síntomas, y la Figura 3.4 muestra su estructura interna.

#### **Bloque Carga de la configuración del paciente**

La configuración del paciente permite personalizar las variables fisiológicas que debe introducir cada paciente. Así por ejemplo podemos solicitar o no la introducción del nivel de glucemia en función de si el paciente es diabético o no.

La Figura 3.12 muestra el diagrama de flujo del bloque Carga de la configuración del paciente.

#### **Bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas**

Bloque encargado de guiar al paciente en el proceso de introducción de variables fisiológicas y síntomas.

Mediante una locución se solicita al paciente que introduzca a través del teclado telefónico el valor de alguna variable fisiológica o síntoma. Estos datos se reciben y analizan para comprobar si están dentro del rango normal o por el contrario son peligrosos, en cuyo caso se pide al paciente confirmación de que el valor es correcto. Cuando aparece un valor peligroso se llama al bloque Recogida de alarmas generadas para registrar esa alarma.

La Figura 3.13 muestra el diagrama de flujo del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas.

**Bloque Recogida de alarmas generadas**

Este bloque almacena en un archivo las variables fisiológicas y síntomas que han generado alarma. Posteriormente el bloque Gestión de las alarmas generadas utilizará este archivo para determinar qué alarmas se han generado y cuál es su prioridad y actuar en consecuencia.

La Figura 3.14 muestra el diagrama de flujo del bloque Recogida de alarmas generadas.

**Bloque Almacenamiento de variables fisiológicas y síntomas en la base de datos**

Este bloque recibe un archivo con los datos relativos a las variables fisiológicas y síntomas que el paciente ha introducido. A continuación extrae esos datos y los almacena en la base de datos.

La Figura 3.15 muestra el diagrama de flujo del bloque Almacenamiento de variables fisiológicas y síntomas en la base de datos.

**Bloque Gestión de las alarmas generadas**

Este bloque recibe el archivo generado por el bloque 3.4.3 *Recogida de alarmas* con todas las alarmas generadas por variables fisiológicas y síntomas y su prioridad asociada. A continuación en función de la prioridad de las alarmas generadas se realizan las acciones explicadas en la sección 2.2.5 *Gestión de alarmas*

La Figura 3.16 muestra el diagrama de flujo del bloque Gestión de las alarmas generadas.

**Bloque Opciones personales**

Esta opción del menú IVR permite personalizar diversas opciones del IVR. En concreto permite cambiar el PIN de acceso, cambiar la velocidad de reproducción de las locuciones, cambiar el nivel de volumen y volver a los parámetros por defecto.

Al entrar desde el menú principal a esta opción se accede a un menú secundario donde es posible elegir entre una de las cuatro opciones anteriores y una quinta opción que devuelve al usuario al menú principal.

La Figura 3.17 muestra el diagrama de flujo del bloque Opciones personales, y la Figura 3.4 muestra su estructura interna.

**Bloque Cambiar PIN**

Este bloque realiza la misma función que el bloque 3.4.2 *Configuración PIN* y su diagrama de flujo es idéntico

**Bloque Cambiar Volumen**

Este bloque realiza la misma función que el bloque 3.4.2 *Configuración del volumen* y su diagrama de flujo es idéntico

**Bloque Cambiar la velocidad de las locuciones**

Este bloque realiza la misma función que el bloque 3.4.2 *Configuración de la velocidad de las locuciones* y su diagrama de flujo es idéntico

**Bloque Volver a los parámetros por defecto**

Este bloque devuelve todas las opciones personales al valor que tenían por defecto, es decir al valor que tenían la primera vez que el paciente entró al sistema y antes de que realizara la primera configuración.

Estos valores son:

- PIN = 0000
- Volumen = Nivel 3 de 10 (Es un volumen medio dentro del sistema, pero más alto que el volumen que tiene el teléfono en una llamada normal)

- Velocidad = Nivel 3 de 6 (Es un velocidad media dentro del sistema, pero es una velocidad más reducida de lo normal)

La elección de esta opción provoca que la próxima vez que se accede al sistema haya que realizar de nuevo la configuración inicial (ver la sección 3.4.2 *Primera configuración de las opciones de usuario* para más información).

Antes de realizar la acción y volver a los parámetros por defecto se pide nuevamente confirmación al usuario.

La Figura 3.18 muestra el diagrama de flujo del bloque Volver a los parámetros por defecto.

#### 3.4.4 Bloque ThreadCalendar

Bloque encargado de las tareas relacionadas con los calendarios utilizados para enviar mensajes al paciente (recordatorio de citas, medicamentos o mensajes en general). Este bloque utiliza la función *CALENDAR\_EVENT* del dialplan de Asterisk. Cada vez que se dispara una alarma en un calendario integrado se notifica un evento a Asterisk, los datos de esa notificación pueden ser accedidos mediante esta función. De esta manera podemos obtener información como el calendario que generó el evento, la descripción del evento, la hora a la que se inició, etc.

En relación a este proyecto la información útil es:

- El resumen del evento: El resumen del evento contiene el nombre del paciente al que va dirigido el mensaje. Se accede mediante la función *CALENDAR\_EVENT(summary)*.
- La descripción del evento: La descripción del evento se ha utilizado para guardar el mensaje que ha de escuchar el paciente. Se accede mediante la función *CALENDAR\_EVENT(description)*.
- El identificador único del evento: Es un campo generado por Asterisk que permite identificar unívocamente un evento de calendario. Se accede mediante la función *CALENDAR\_EVENT(uid)* y se ha utilizado como nombre para el archivo de audio (generado a partir del texto del mensaje) que hay que reproducir al paciente. Como el identificador del evento es único nos asegura que el archivo de audio tendrá un nombre único.

Una vez obtenido el contenido del mensaje y el nombre del paciente al que va dirigido se procede a la creación del archivo de audio utilizando el mismo método TTS (Tex-to-Speech) explicado en la sección 2.2.7 Generación de las locuciones.

Después de generar la locución se modifican sus parámetros de velocidad de la reproducción y volumen de acuerdo a las opciones de usuario del paciente.

Cuando se tiene el archivo de audio final se realiza la llamada al paciente y cuando éste responde se reproduce la locución con el mensaje enviado por su médico. En caso de que el paciente no responda se repite la llamada 3 veces con un intervalo de espera de 10 minutos entre cada intento. En caso de que el paciente no responda a ninguno de los intentos se desestima la llamada y el paciente no recibiría el mensaje.

La Figura 3.19 muestra el diagrama de flujo del bloque ThreadCalendar.

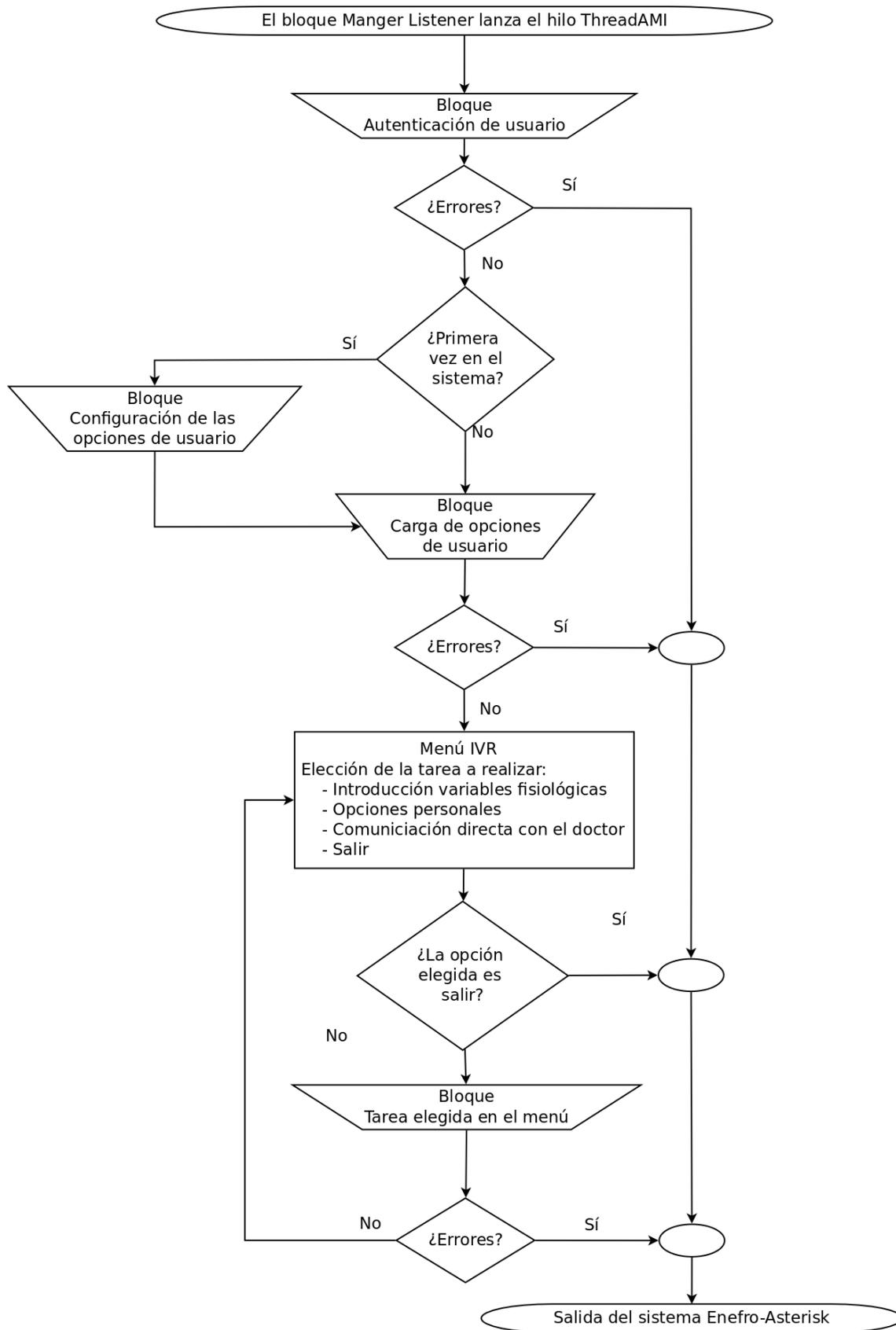
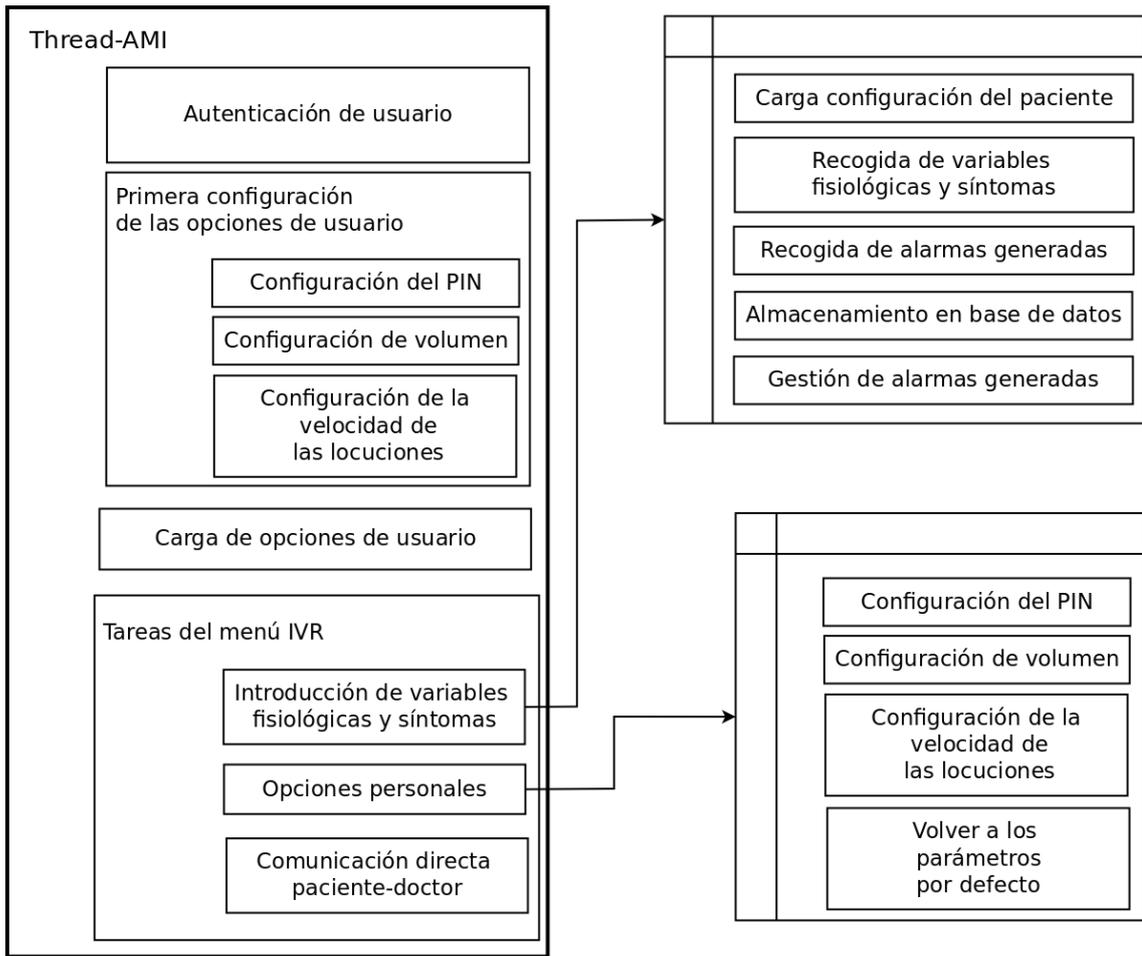


Figura 3.3 Diagrama de flujo del bloque ThreadAMI.



**Figura 3.4** Estructura interna del bloque Thread-AMI.

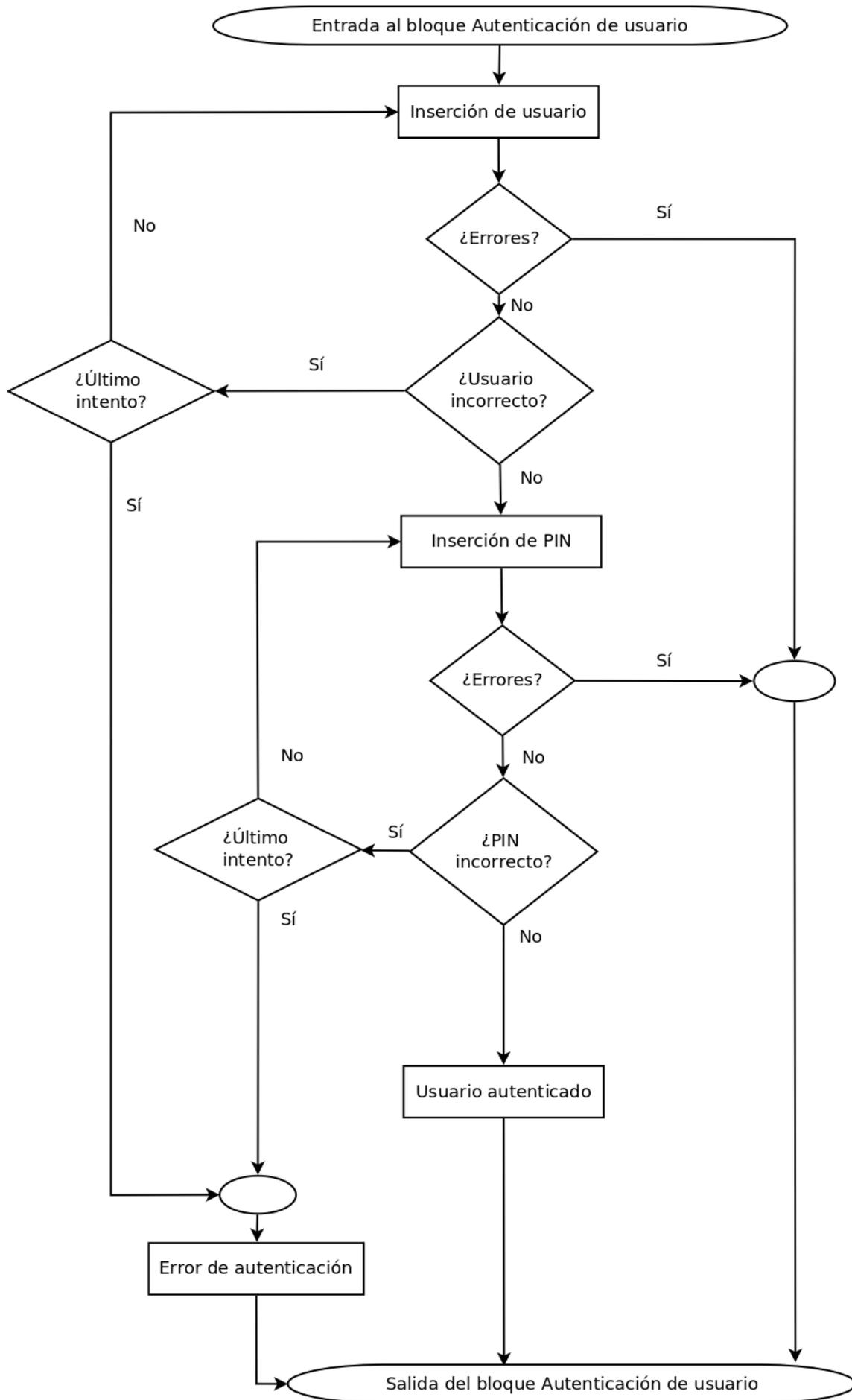


Figura 3.5 Diagrama de flujo del bloque Autenticación de usuario.

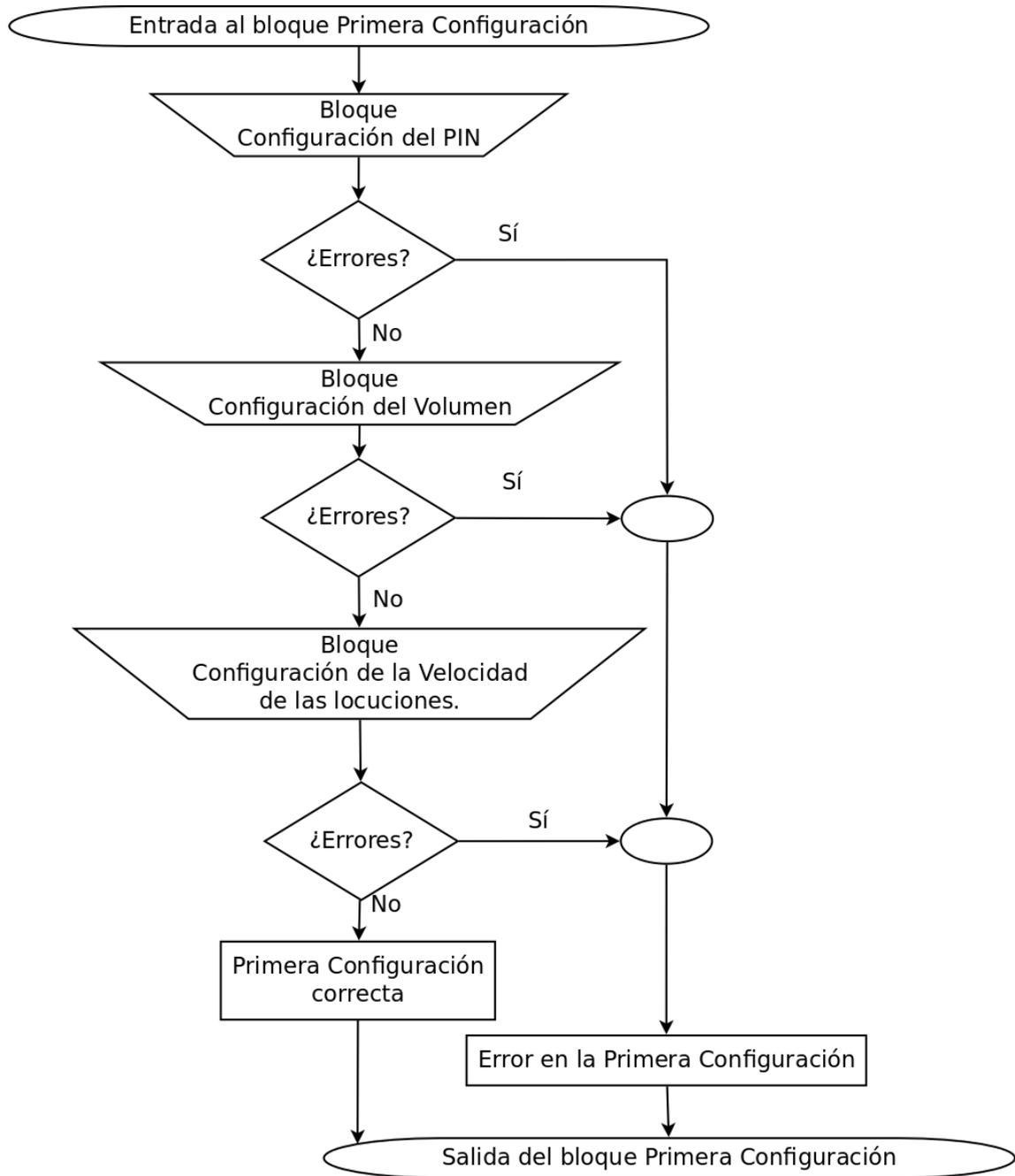


Figura 3.6 Diagrama de flujo del bloque Primera configuración.

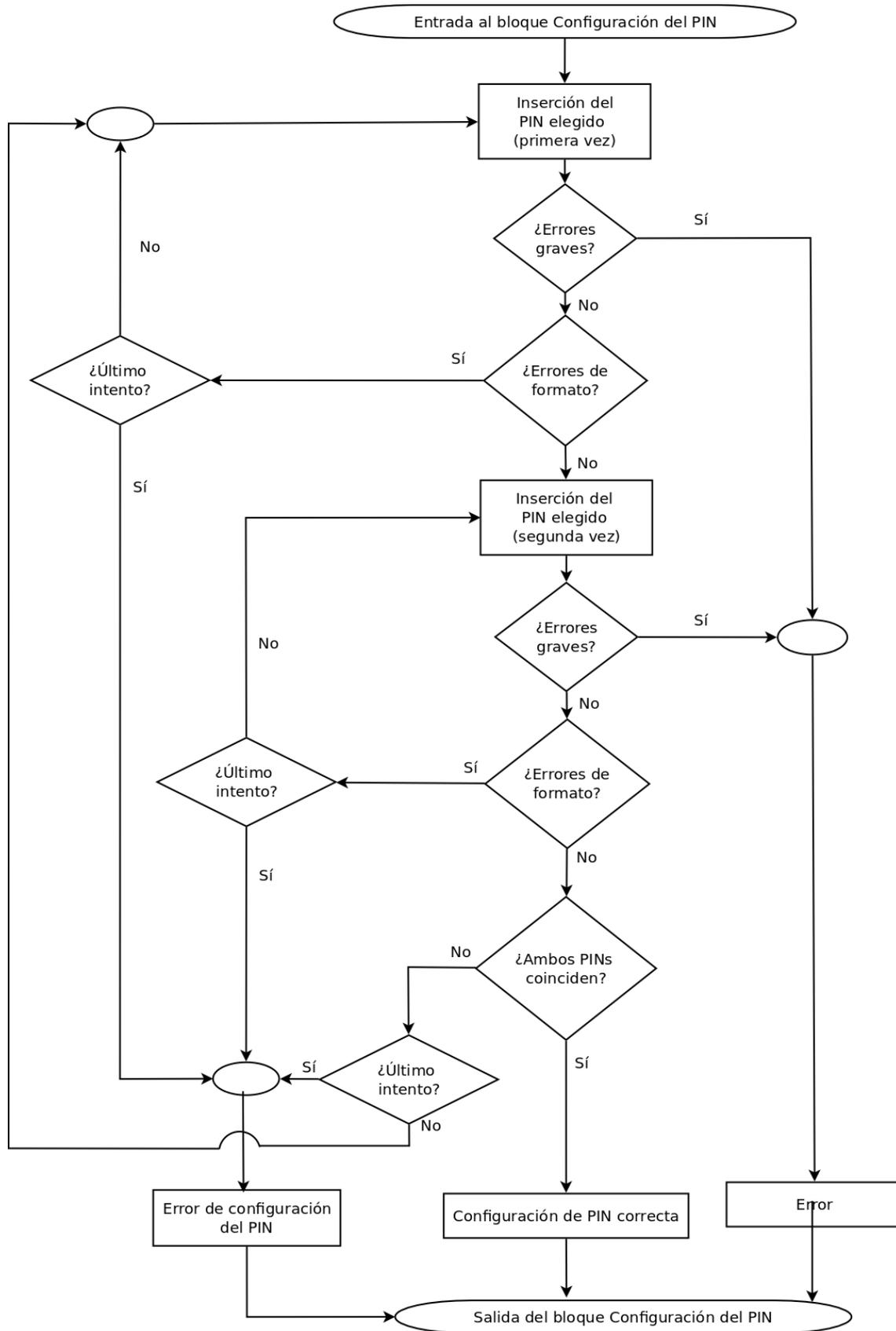
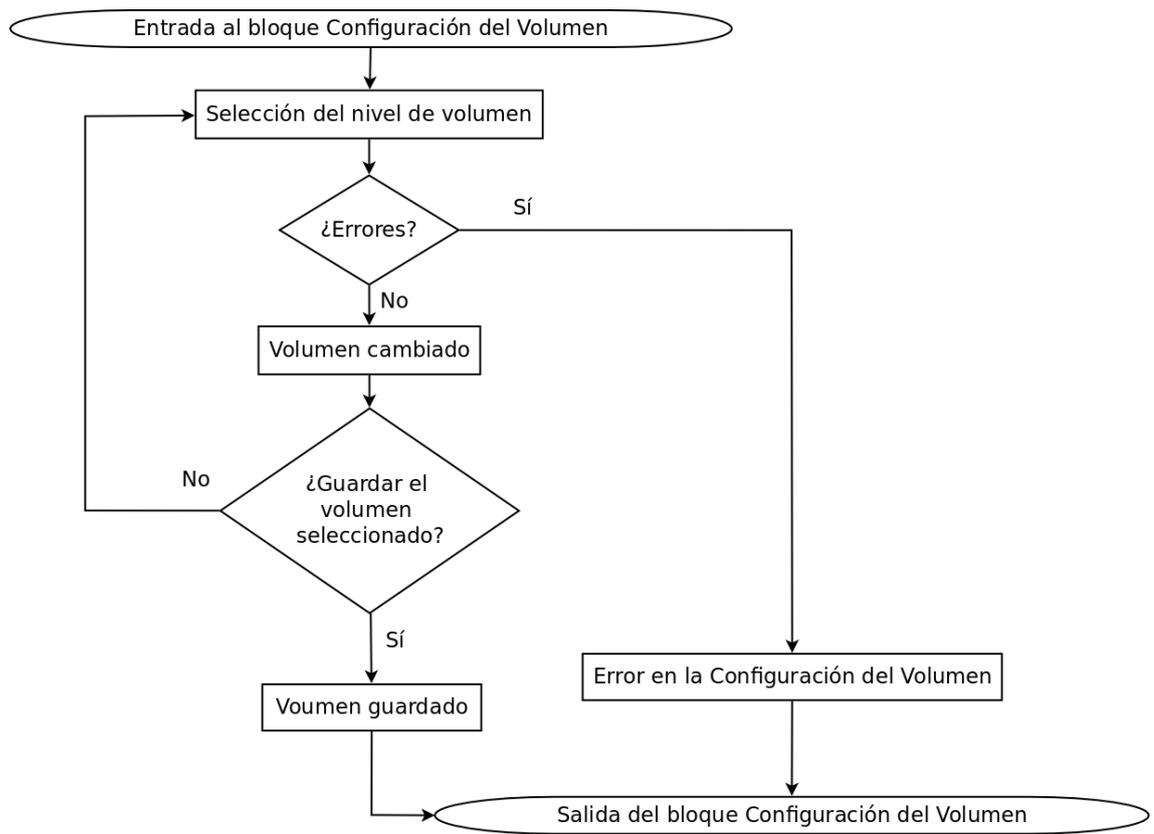
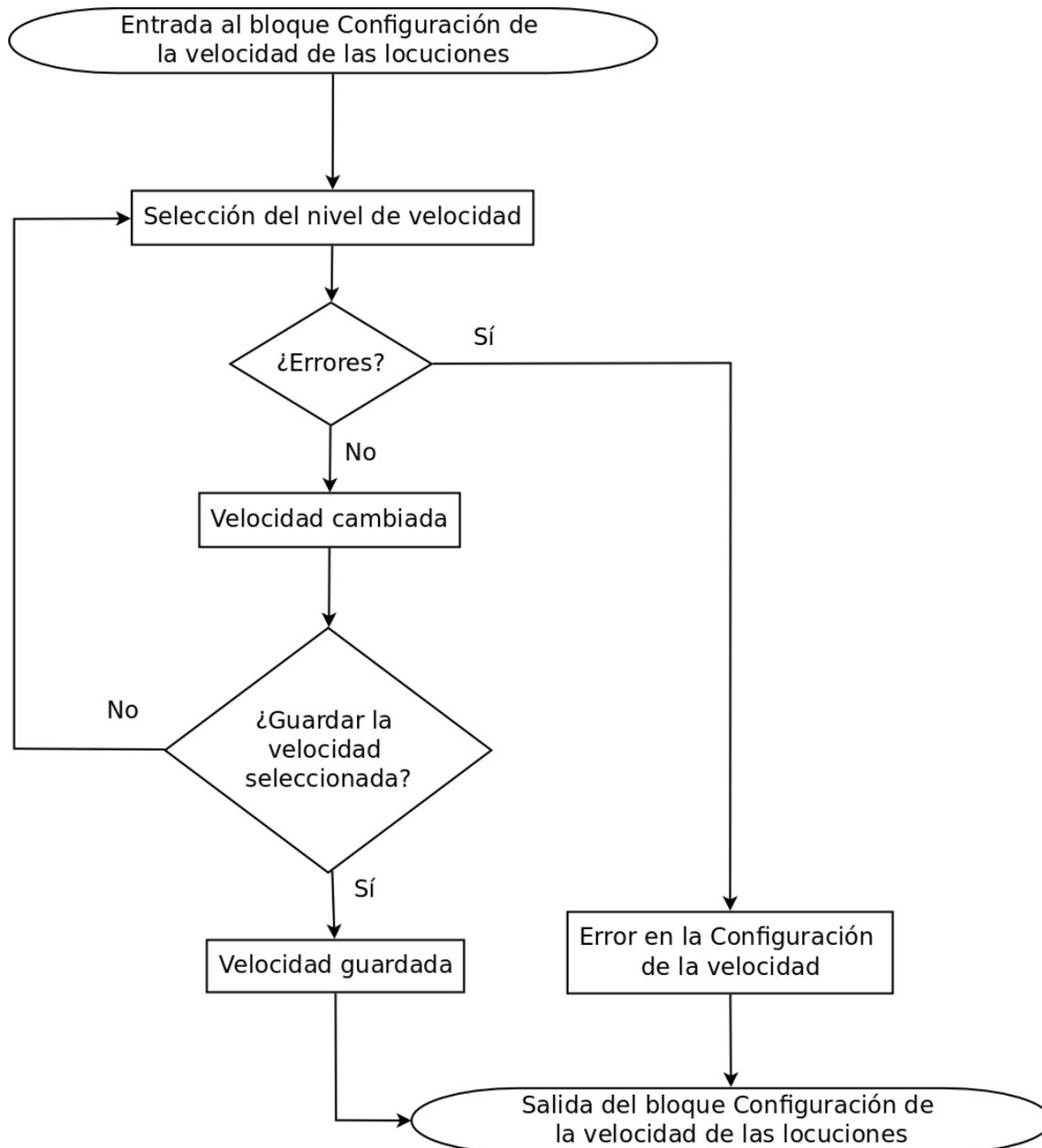


Figura 3.7 Diagrama de flujo del bloque Configuración del PIN.



**Figura 3.8** Diagrama de flujo del bloque Configuración del volumen.



**Figura 3.9** Diagrama de flujo del bloque Configuración de la velocidad de las locuciones.

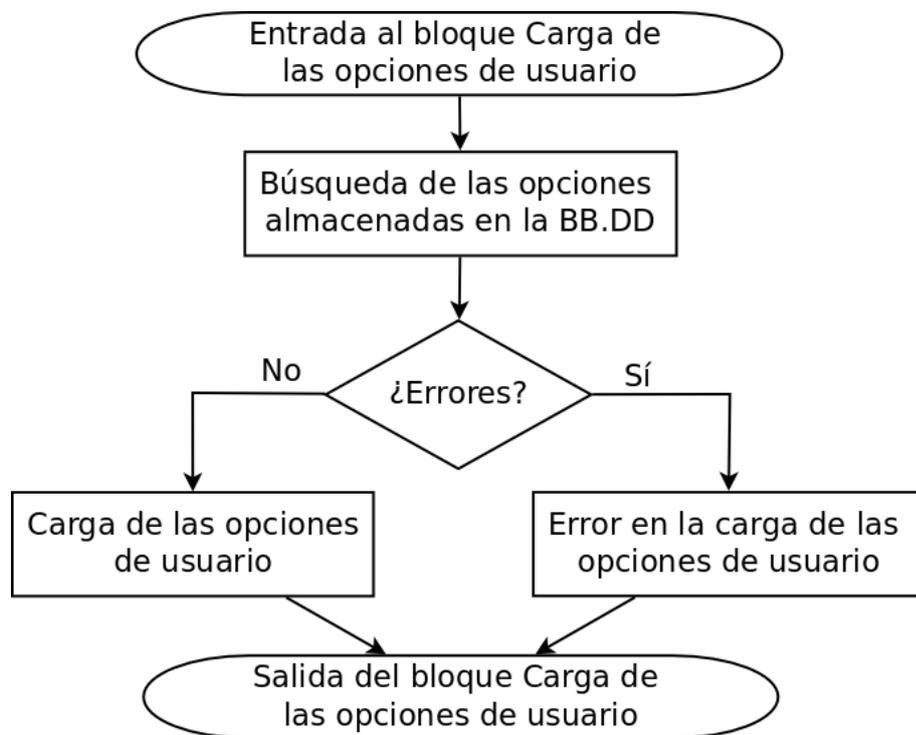


Figura 3.10 Diagrama de flujo del bloque Carga de las opciones de usuario.

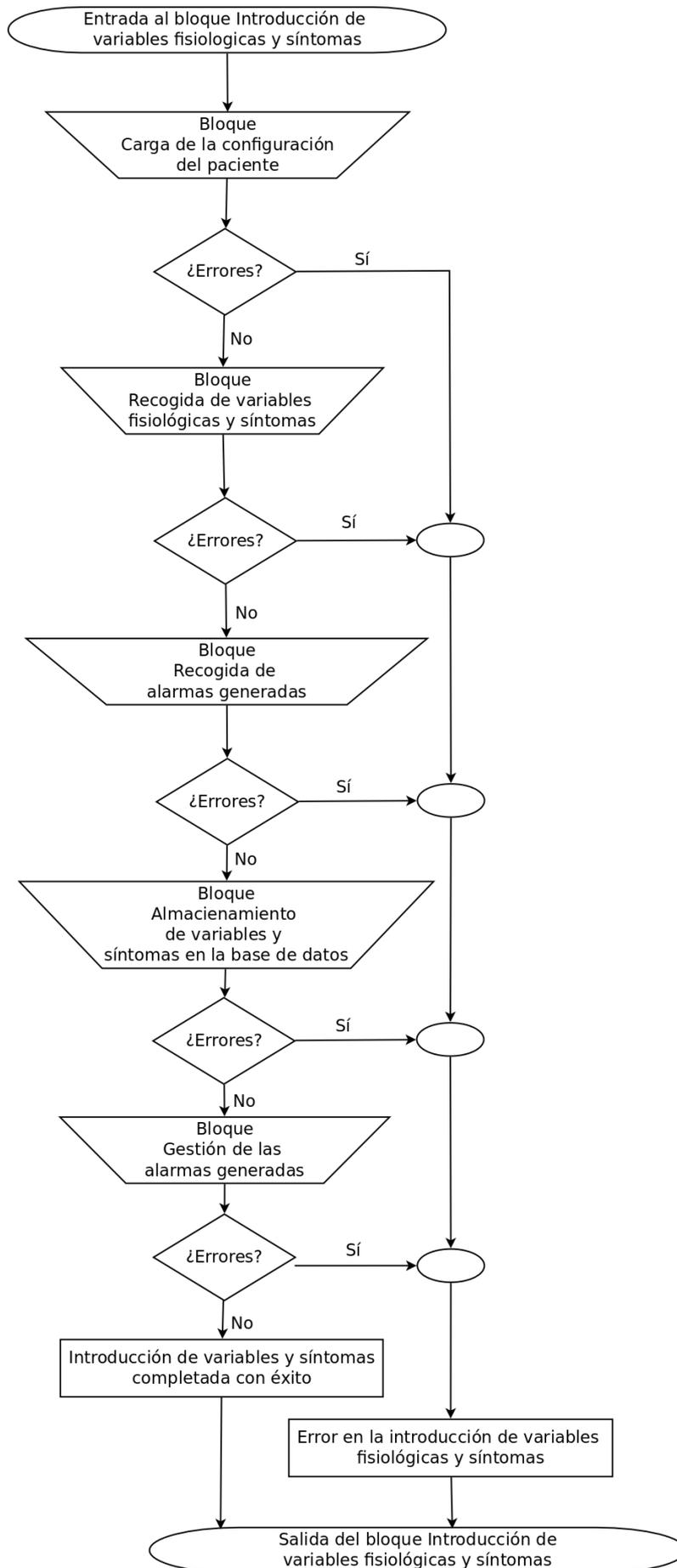


Figura 3.11 Diagrama de flujo del bloque Introducción de las variables fisiológicas y síntomas.

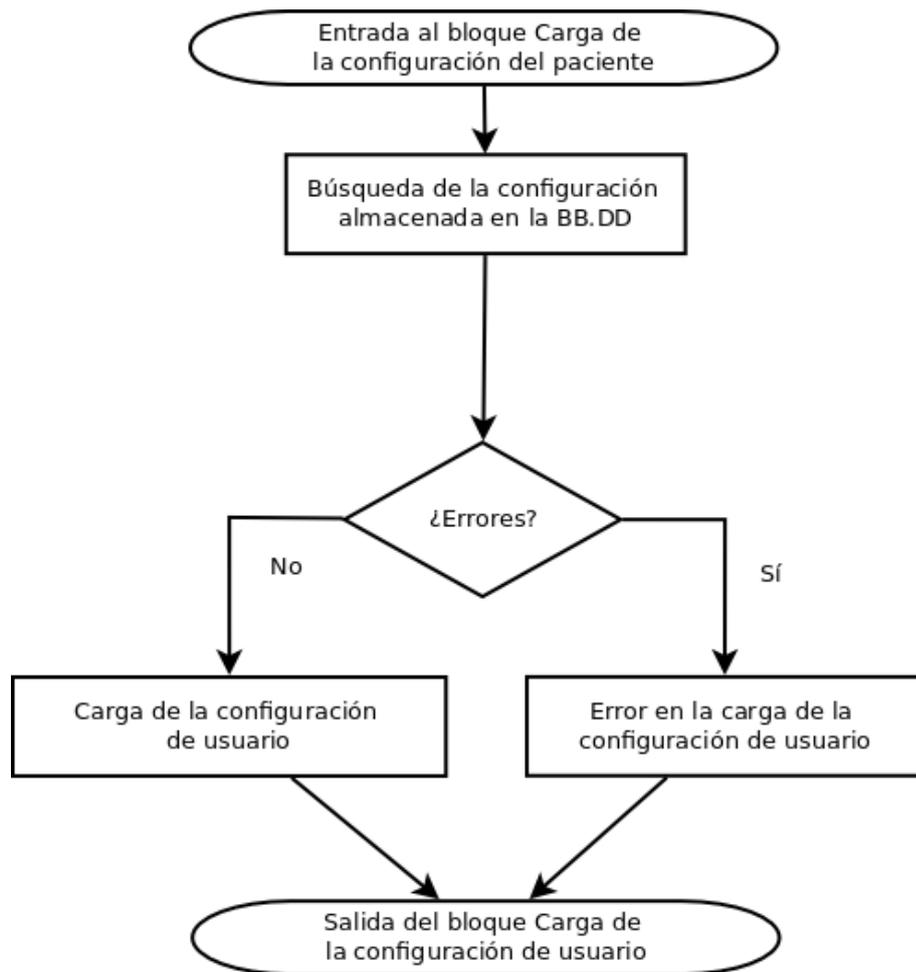


Figura 3.12 Diagrama de flujo del bloque Carga de la configuración del paciente.

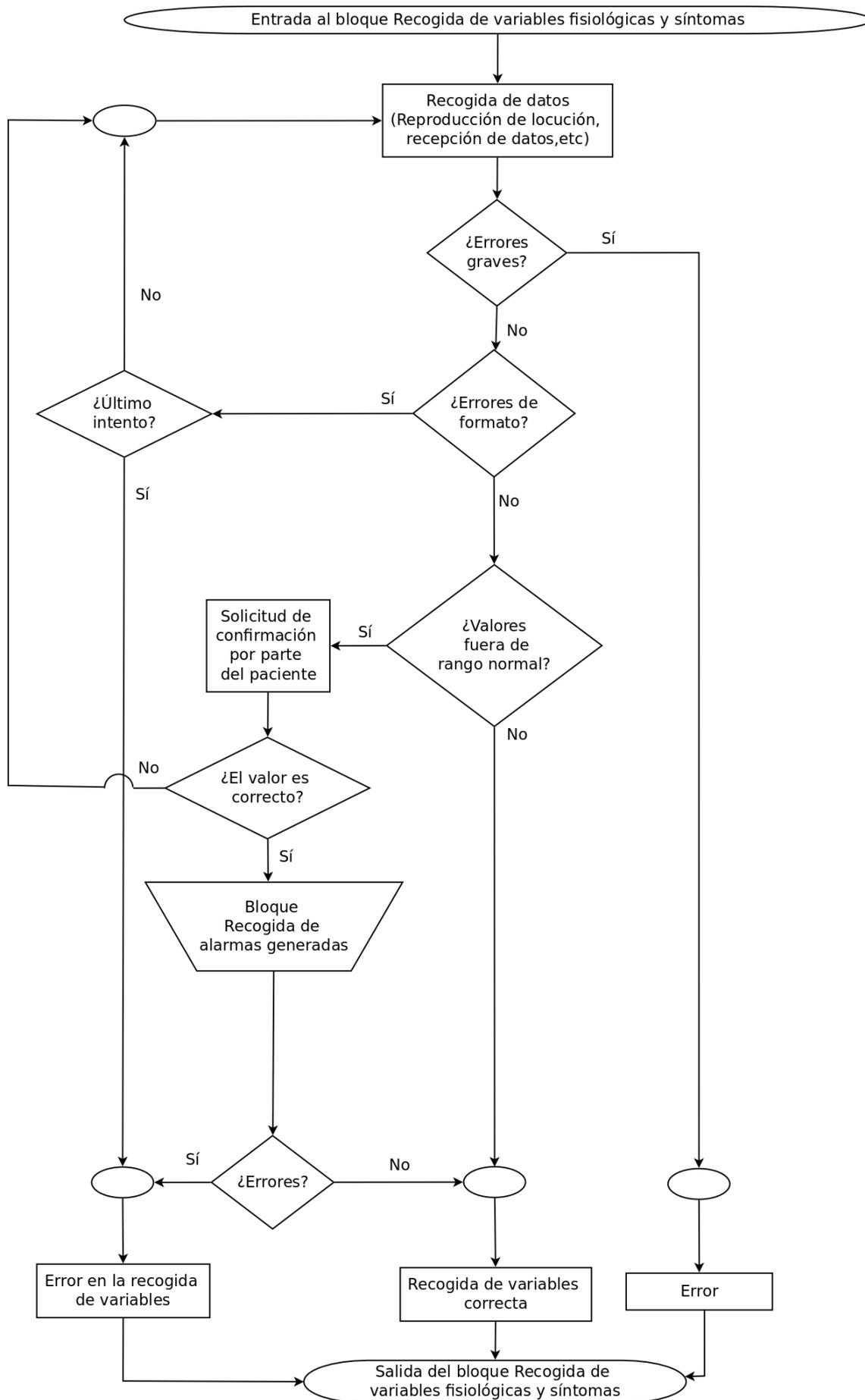


Figura 3.13 Diagrama de flujo del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas .

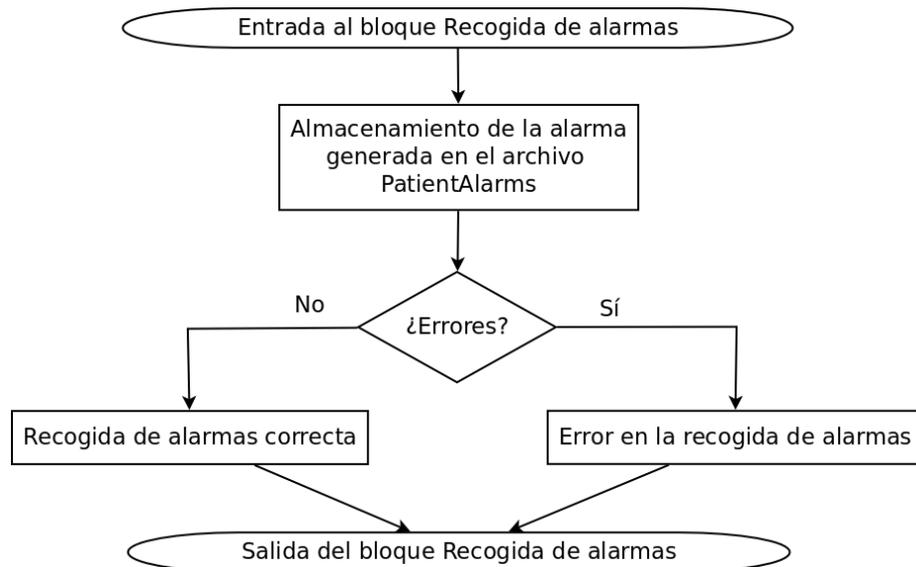


Figura 3.14 Diagrama de flujo del bloque Recogida de alarmas generadas .

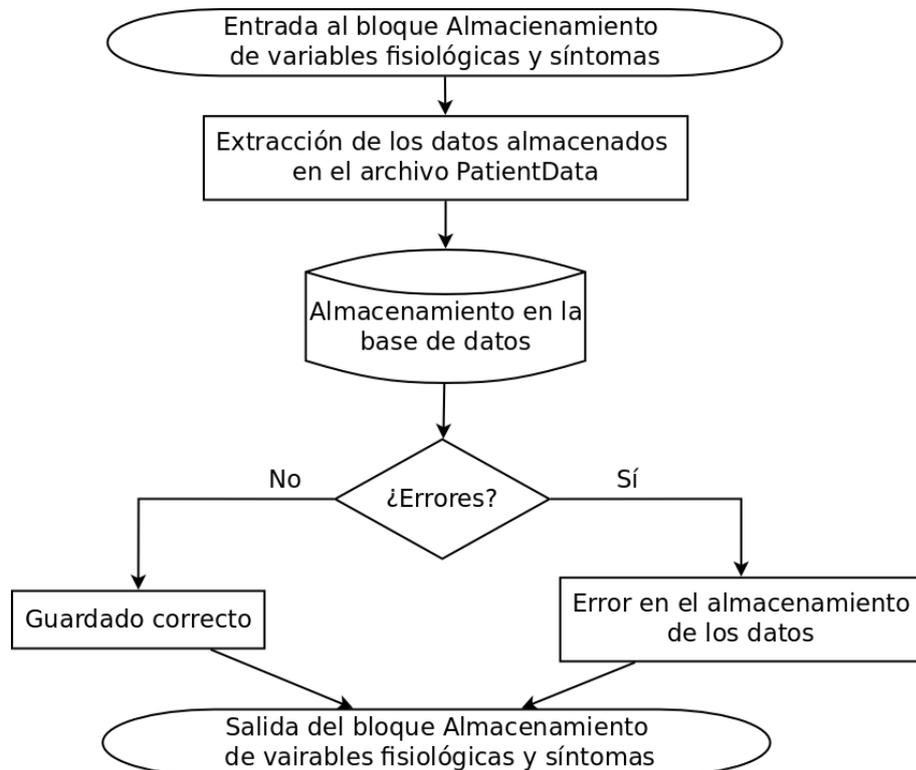


Figura 3.15 Diagrama de flujo del bloque Almacenamiento de variables fisiológicas y síntomas en la base de datos.

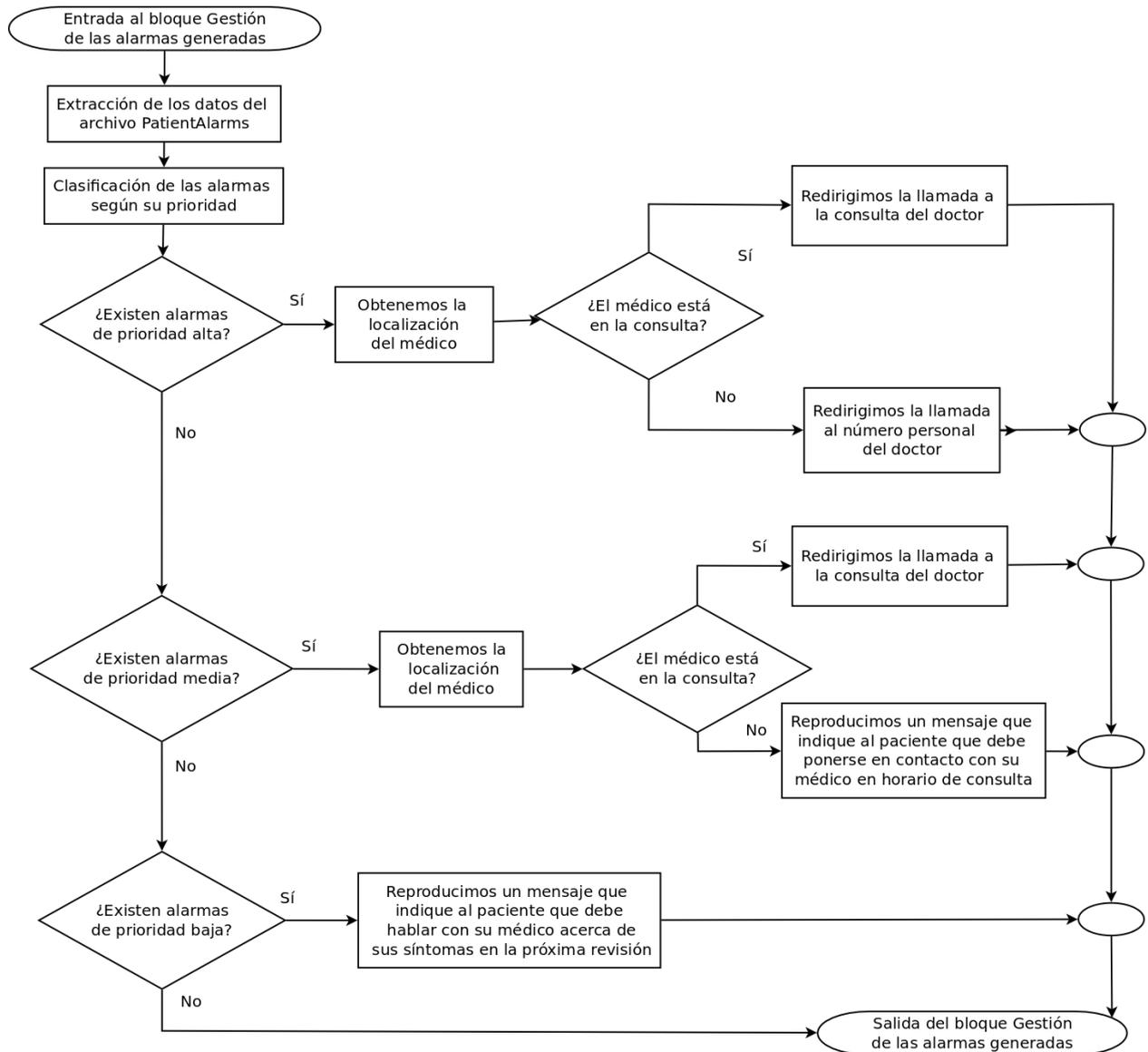


Figura 3.16 Diagrama de flujo del bloque Gestión de las alarmas generadas.

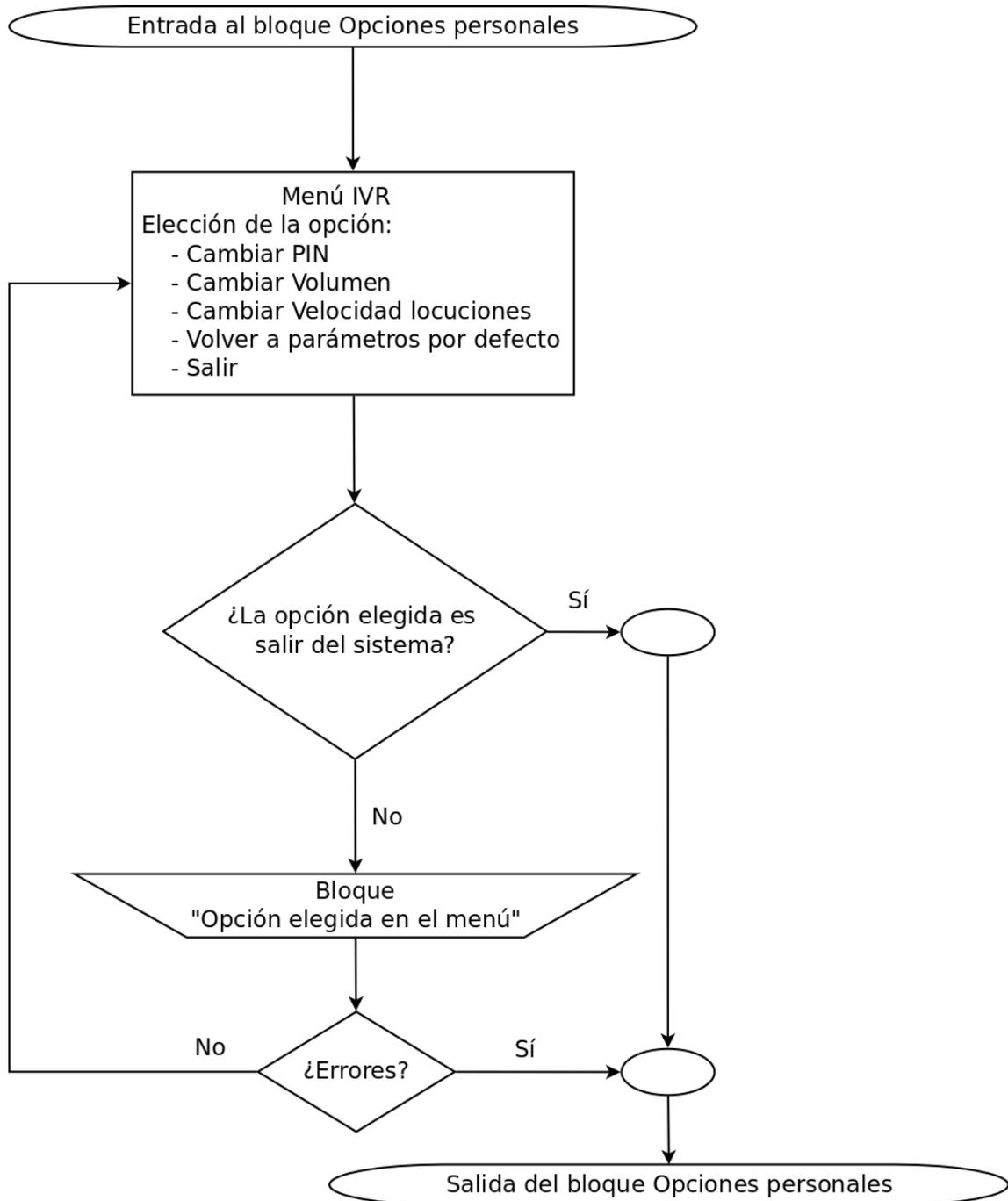
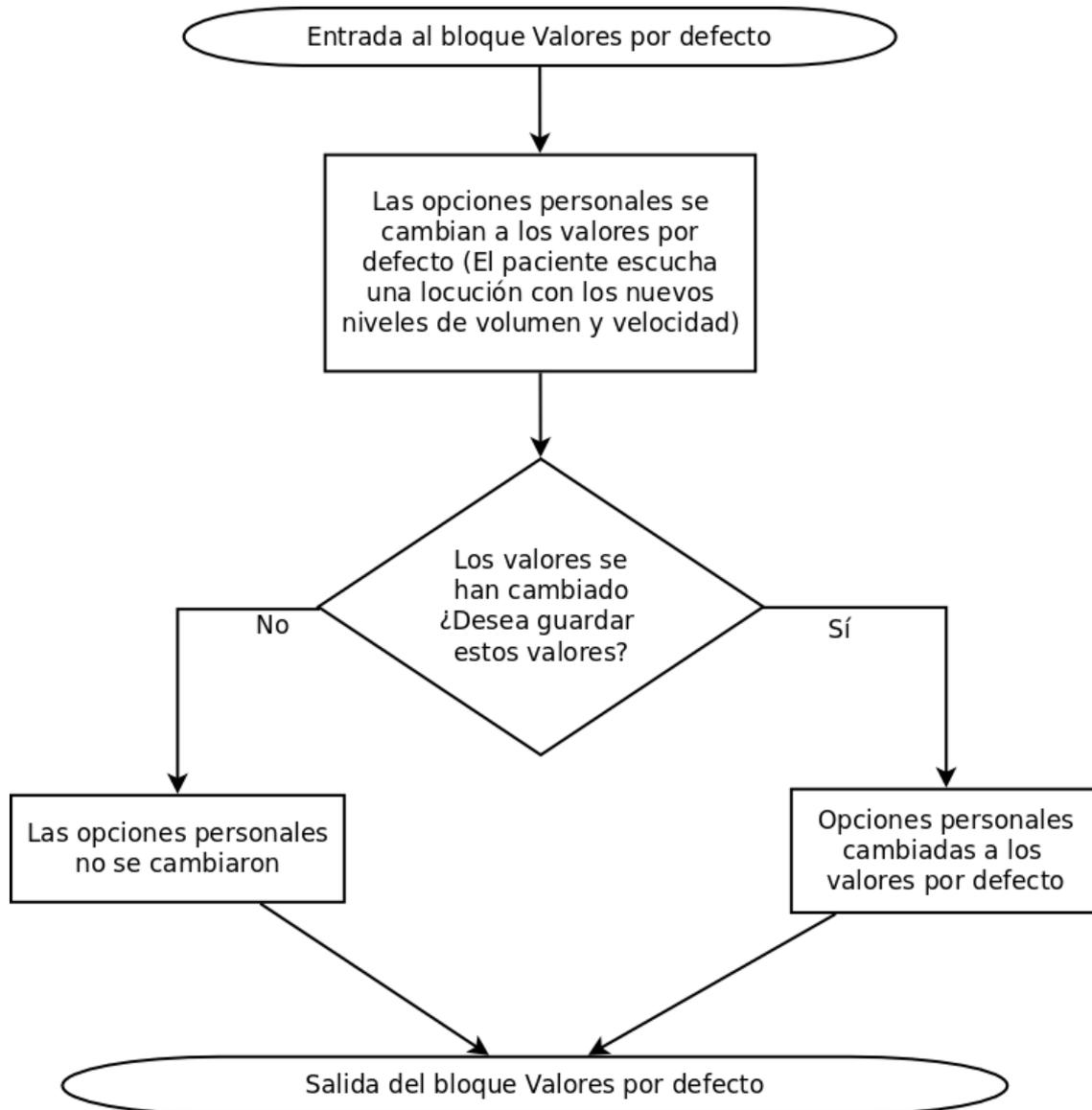
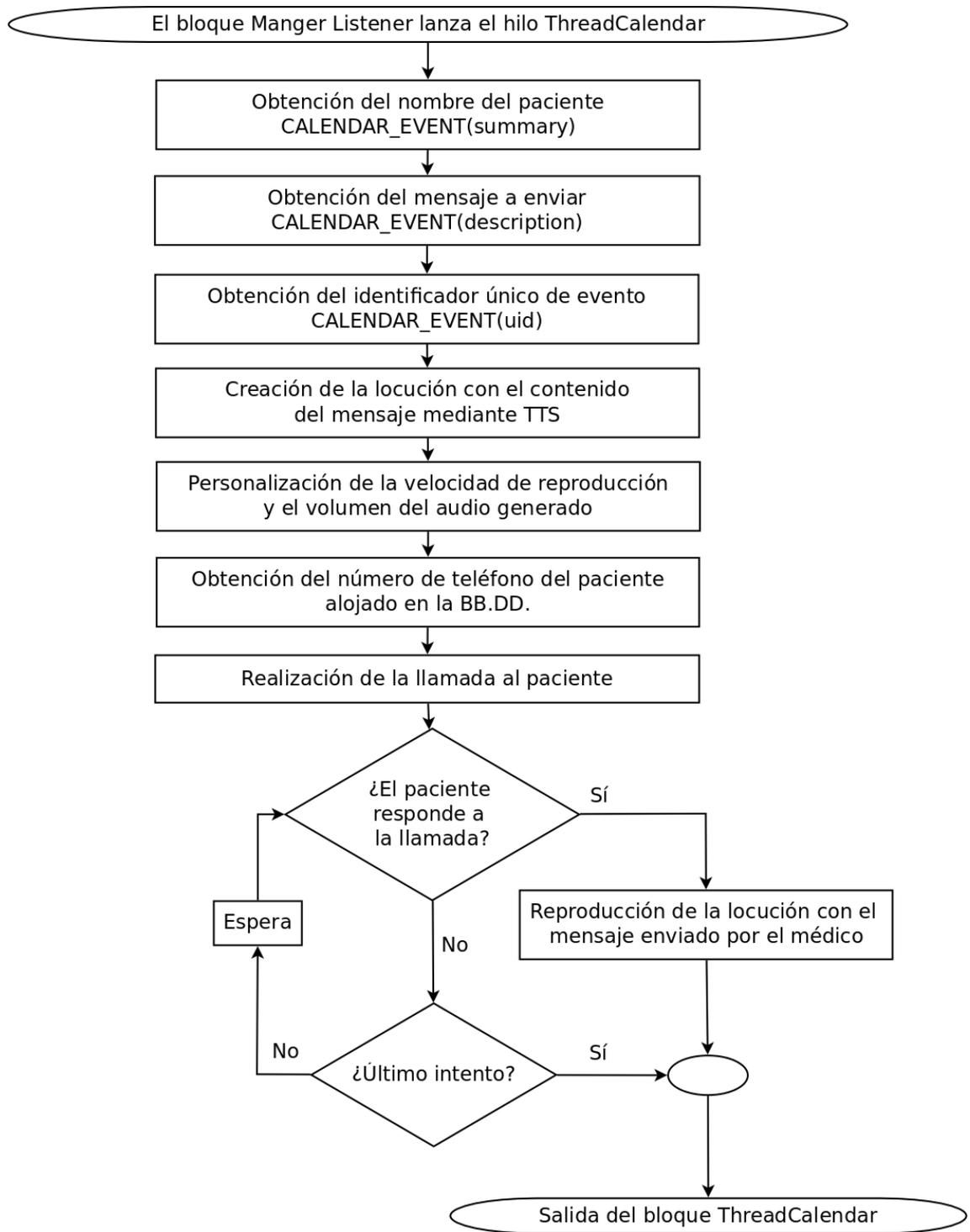


Figura 3.17 Diagrama de flujo del bloque Opciones personales.



**Figura 3.18** Diagrama de flujo del bloque Volver a los parámetros por defecto.

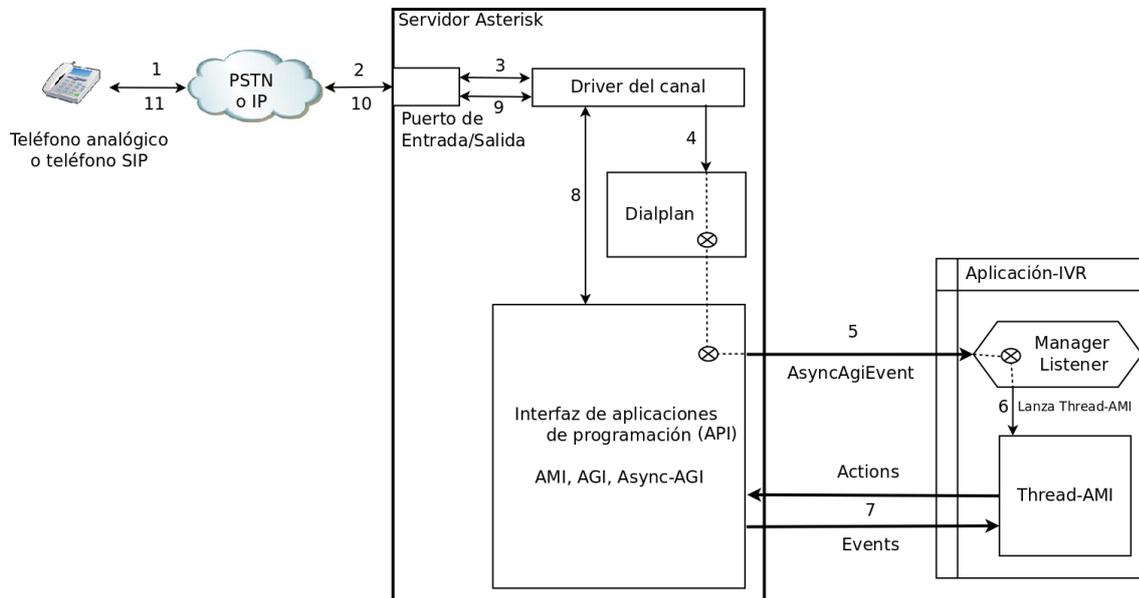


**Figura 3.19** Diagrama de flujo del bloque ThreadCalendar.

### 3.5 Arquitectura del sistema IVR

La Figura 3.20 muestra la arquitectura del sistema IVR cuando involucra el uso del bloque Thread-AMI y la relación entre las partes en el transcurso de una llamada.

Puede observarse que el sistema ha ido diseñado para que pueda usarse indistintamente con llamadas provenientes de la PSTN <sup>4</sup>(Red Telefónica Conmutada) o llamadas VoIP.



**Figura 3.20** Arquitectura del sistema IVR con el bloque Thread-AMI.

Por su parte la Figura 3.21 muestra la arquitectura del IVR cuando involucra al bloque Thread-Calendar.

<sup>4</sup> Public Switched Telephone Network

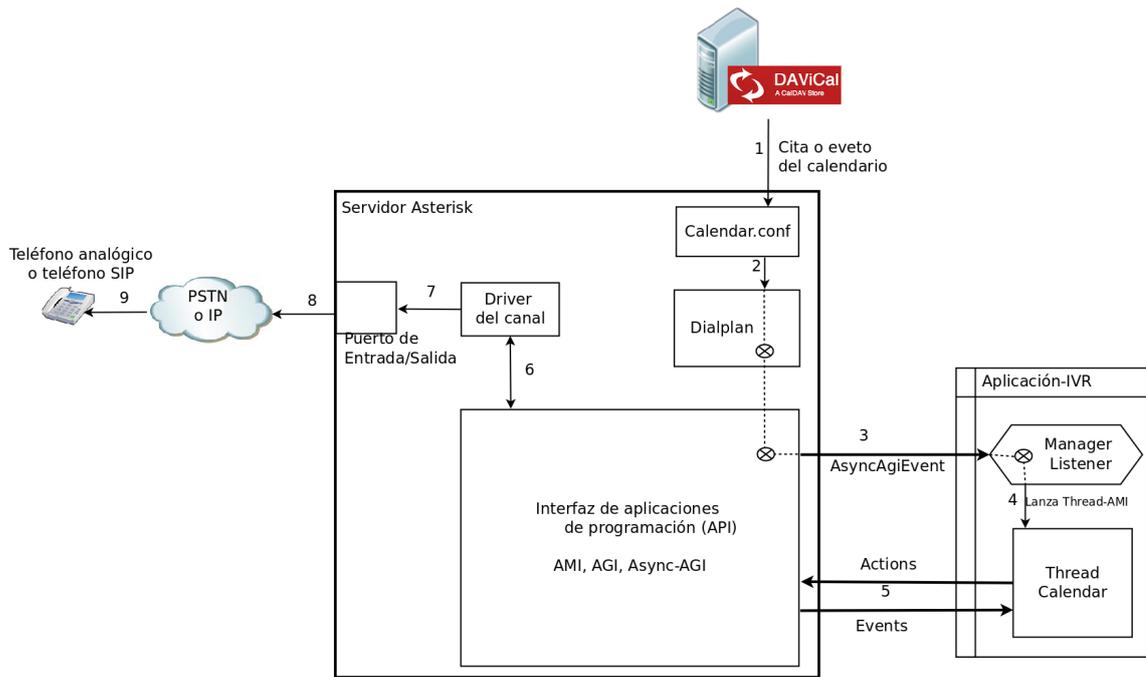


Figura 3.21 Arquitectura del sistema IVR con el bloque Thread-Calendar.

### 3.6 Casos de uso

#### 3.6.1 Caso de uso: Primera configuración

**Resumen:** El paciente accede por primera vez al sistema y realiza la primera configuración. Después de esto no realiza ninguna acción adicional y sale del sistema ordenadamente. Con este ejemplo se pretende mostrar como sería el proceso de primera configuración del sistema.

**Condiciones previas:** La Aplicación-IVR está siendo ejecutada y a la escucha de eventos por parte del servidor Asterisk.

	Eventos actor	Eventos sistema
	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden async:agi. Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones async-agi y genera un evento AsyncAgiEvent. El bloque ManagerListener recibe este evento, lanza un hilo Thread-AMI y lo incluye en una lista de hilos Thread-AMI activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque ThreadAMI reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
Curso Normal		5. El bloque ThreadAMI ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce el PIN por defecto (0000) correctamente.	8. El bloque autenticación pide el PIN por defecto (el pin que se entrega al usuario para que acceda por primera vez y cuyo valor es 0000 para todos los usuarios).

		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.
		11. El bloque Thread-AMI ejecuta el bloque Configuración de las opciones de usuario.
	13. El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras (es su elección elegir este PIN).	12. El bloque Configuración de las opciones de usuario ejecuta el bloque Configuración del PIN que pide al paciente que elija un PIN de 4 cifras.
	15. El paciente vuelve a introducir correctamente el mismo PIN de 4 cifras.	14. El bloque Configuración del PIN pide al paciente que vuelva a introducir de nuevo el mismo PIN (es un mecanismo de seguridad ante fallos).
		16. Salimos del bloque Configuración del PIN y volvemos al bloque Configuración de las opciones de usuario que guarda el nuevo PIN.
	18. El paciente elige su nivel de volumen pulsando repetidamente la tecla 1 para subir el volumen o la tecla 2 para bajar el volumen. Cuando ha elegido un nivel adecuado pulsa # para guardar.	17. El bloque Configuración de las opciones de usuario ejecuta el bloque Configuración del Volumen que solicita al paciente elegir su nivel de volumen dando instrucciones sobre como hacerlo.
	20. El paciente confirma su elección con la tecla 1.	19. El bloque Configuración del Volumen pide confirmación para guardar el nivel elegido.
		21. Salimos del bloque Configuración del volumen y volvemos al bloque, Configuración de las opciones de usuario que guarda el nivel de volumen.
	23. El paciente escucha 6 locuciones con distintos niveles de velocidad y elige uno de ellos con las teclas 1 al 6.	22. El bloque Configuración de las opciones de usuario ejecuta el bloque Configuración de la velocidad de las locuciones pide al paciente que elija su nivel de velocidad de reproducción de las locuciones dando instrucciones sobre como hacerlo.
	25. El paciente confirma su elección con la tecla 1.	24. El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones pide confirmación para guardar el nivel elegido.
		26. Salimos del bloque Configuración de la velocidad de las locuciones y volvemos al bloque Configuración de las opciones de usuario que guarda el nivel de velocidad.
		27. El bloque Configuración de las opciones de usuario establece la primera configuración como válida indicando que la primera configuración se ha realizado correctamente y no es necesario realizarla en el próximo acceso del paciente al sistema.
		28. Salimos del bloque Configuración de las opciones de usuario y volvemos al bloque Thread-AMI.

	30. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción "Salir del sistema" pulsando la tecla 0.	29. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
	32. El paciente escucha un mensaje informándole que que ha pulsado la opción 0.	31. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 0. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a salir del sistema. El bloque/hilo Thread-AMI envía la acción AsyncAgiBreakCommand que saca al canal del modo async:agi con lo que ya no recibe más órdenes AMI-AGI, después de esto el hilo Thread-AMI finaliza su ejecución.
		33. El bloque/hilo Thread-AMI procede a salir del sistema. Envía la acción AsyncAgiBreakCommand que saca al canal del modo async:agi con lo que ya no recibe más órdenes AMI-AGI, después de esto el hilo Thread-AMI finaliza su ejecución.
		34. El bloque Manager-Listener detecta la finalización del hilo Thread-AMI y lo elimina de la lista de hilos activos.
		35. El dialplan que estaba detenido en la orden async:agi del punto 1 recupera el control del canal (de la llamada) al recibir Asterisk la orden AsyncAgiBreakCommand y continúa ejecutando las siguientes órdenes programadas.
	37. El paciente escucha el mensaje de despedida del sistema.	36. El dialplan ejecuta la locución de "Despedida del sistema"
	39. El paciente escucha los tonos telefónicos característicos de "Llamada finalizada".	38. El dialplan cuelga el canal (cuelga la llamada). Fin de la ejecución.
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes). <b>NOTA:</b> Si el corte de la llamada se produce antes del punto 27 del Curso normal la Primera configuración no es válida y el usuario deberá realizarla de nuevo en su próximo acceso al sistema. Si el corte se realiza después del punto 27 la Primera configuración se considera como válida.
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
	*.4 El paciente escucha un mensaje indicándole que ha agotado el tiempo de espera.	*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.

		*.5 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo cifras,etc)	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 14 a 39.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce, menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo, cifras, etc)	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.

Curso alternativo	15.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras (introduce,menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo,cifras,etc)	15.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el,formato es incorrecto.Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su,PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos,máx.).
	15.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	15.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 16 a 39.
Curso alternativo	15.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras,(introduce,menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de,sólo,cifras,etc)	15.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto.Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	15.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INcorrectamente su PIN.	15.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente quiere cambiar su elección, para ello pulsa la tecla 2	20.2 El sistema vuelve al punto 17.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Configuración del volumen reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (o 2)	20.4 El sistema pasa al punto 21 (o 17) del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Configuración del volumen reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	23.1 El paciente presiona una tecla distinta a 1,2,3,4,5 o 6.	23.2 El sistema ignora estas pulsaciones.
Curso alternativo	25.1 El paciente quiere cambiar su elección, para ello pulsa la tecla 2	25.2 El sistema vuelve al punto 22.
Curso alternativo	25.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	25.2 El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2), goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	25.3 El paciente pulsa la tecla 1 (o 2)	25.4 El sistema pasa al punto 26 (o 22) del Curso normal.

Curso alternativo	25.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	25.2 El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2), goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	25.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	25.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal.
Curso alternativo	30.1 El paciente elige una opción distinta a 1,2,3 y 0.	30.2 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando que la opción no es correcta. Se vuelve al punto 29 del curso normal.
Curso alternativo	30.1 El paciente elige la opción 1,2 o 3.	Lo que ocurre en cada opción está explicado en los Casos de uso 4.6.2, 4.6.3 y 4.6.4

**Tabla 3.1** Casos de uso: Primera configuración.

### 3.6.2 Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas sin generación de alarmas

**Resumen:** El paciente accede al sistema para registrar sus variables fisiológicas y los síntomas que ha tenido. Los valores introducidos están dentro del rango normal y no hay síntomas peligrosos por lo que no se genera ninguna alarma.

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
Curso normal	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>ManagerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elegido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
		8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.

		11. El bloque Thread-AMI ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción "Inserción de las variables fisiológicas" pulsando la tecla 1.	12. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 1. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas.
		15. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Carga de configuración del paciente que permite conocer la configuración del paciente para solicitar sólo las variables y síntomas que le corresponden (por su tipo de enfermedad, por decisión del médico, etc).
		16. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas. Para cada una de las variables fisiológicas indicadas en la configuración del paciente el sistema realiza las acciones 17,18 y 19.
	18. El paciente recibe el mensaje e introduce el valor solicitado correctamente, al terminar pulsa la tecla # para guardar el valor. En este caso el valor introducido está DENTRO del rango normal/seguro.	17. El sistema reproduce una locución solicitando al paciente la introducción de la variable fisiológica en cuestión, e indicándole pulsar la tecla # para guardar el valor.
		19. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con las demás variables fisiológicas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD
		20. Una vez recogidas las variables fisiológicas el sistema procede a solicitar los síntomas experimentados por el paciente. Para cada uno de los síntomas asociados al tratamiento que sigue el paciente (diálisis peritoneal o prediálisis) el bloque ejecuta las acciones 21,22 y 23.
	22. El paciente escucha el mensaje y, en este caso, presiona la tecla 2 indicando que NO ha experimentado el síntoma por el que se pregunta.	21. El sistema reproduce una locución pidiendo al paciente que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulse 1 si ha experimentado el síntoma en cuestión.</li> <li>• Pulse 2 si no ha experimentado el síntoma.</li> </ul>

		23. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con los demás síntomas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD.
		24. Salimos del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas y entramos en el bloque Recogida de alarmas generadas.
		25. El bloque Recogida de alarmas generadas no tiene ninguna alarma que guardar puesto que todos los valores introducidos estaban dentro del rango seguro.
	27. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se introdujeron correctamente.	26. Salimos del bloque Recogida de alarmas generadas y volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente de que las variables se introdujeron correctamente.
	29. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se guardaron correctamente en la BB.DD.	28. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Almacenamiento en base de datos que guarda los datos introducidos por el paciente en la base de datos. Al terminar, si todo es correcto como en este caso, volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente del guardado correcto de las variables y síntomas.
		30. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Gestión de alarmas generadas que, al no haber ninguna alarma, no ejecuta ninguna acción.
	32. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	31. Salimos del bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas al bloque Thread-AMI que vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
	Fin del proceso de este caso de uso	
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes). <b>NOTA:</b> Si el corte de la llamada se produce antes del punto 28 del Curso normal las variables no se habrán guardado en la base de datos. Si el corte se realiza después del punto 28 los datos introducidos quedarán registrados.
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).

	*.4 El paciente escucha un mensaje indicándole que ha agotado el tiempo de espera.	*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.5 El bloque/hilo Thread-AMI procede a salir del sistema. Envía la acción AsyncAgiBreakCommand que saca al canal del modo async:agi con lo que ya no recibe más órdenes AMI-AGI, después de esto el hilo Thread-AMI finaliza su ejecución.
		*.6 El bloque Manager-Listener detecta la finalización del hilo Thread-AMI y lo elimina de la lista de hilos activos.
		*.7 El dialplan que estaba detenido en la orden async:agi del punto 1 recupera el control del canal (de la llamada) al recibir Asterisk la orden AsyncAgiBreakCommand y continúa ejecutando las siguientes órdenes programadas.
	*.8 El paciente escucha el mensaje de despedida del sistema.	*.9 El dialplan ejecuta la locución de "Despedida del sistema"
	*.10 El paciente escucha los tonos telefónicos característicos de "Llamada finalizada".	*.11 El dialplan cuelga el canal (cuelga la llamada). Fin de la ejecución.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 32 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 32 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).

	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INcorrectamente su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo cifras,etc); o introduce INcorrectamente su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto.Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 14 a 32.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo,cifras,etc); o introduce INcorrectamente su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INcorrectamente su PIN.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente introduce el dato correctamente.	18.4 El sistema continúa el proceso en el punto 19 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente agota todos los intentos para introducir un dato válido.	18.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	22.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	22.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	22.3 El paciente pulsa la tecla 2 (en este caso de uso hemos supuesto que sólo se pulsa la tecla 2)	22.4 El sistema pasa al punto 23 del Curso normal.

Curso alternativo	22.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	22.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	22.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	22.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.

**Tabla 3.2** Casos de uso: Inserción de variables y síntomas sin generación de alarmas.

### 3.6.3 Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas con generación de alarmas sin redirección de llamada

**Resumen:** El paciente accede al sistema para registrar sus variables fisiológicas y los síntomas que ha tenido. Alguno de los valores introducidos o síntomas han generado alarmas de prioridad baja o prioridad media cuando el doctor estaba fuera de la consulta por lo que sólo se ha generado un mensaje de aviso al paciente y no se ha redirigido la llamada para hablar con el médico.

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
Curso normal	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>ManagerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elegido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.
		11. El bloque <code>Thread-AMI</code> ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción "Inserción de las variables fisiológicas" pulsando la tecla 1.	12. El bloque <code>Thread-AMI</code> reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.

		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 1. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas.
		15. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Carga de configuración del paciente que permite conocer la configuración del paciente para solicitar sólo las variables y síntomas que le corresponden (por su tipo de enfermedad, por decisión del médico, etc).
		16. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas. Para cada una de las variables fisiológicas indicadas en la configuración del paciente el sistema realiza las acciones 17, 18, 19, 20 y 21.
	18. El paciente recibe el mensaje e introduce el valor solicitado correctamente, al terminar pulsa la tecla # para guardar el valor. En este caso el valor introducido está FUERA del rango normal/seguro.	17. El sistema reproduce una locución solicitando al paciente la introducción de la variable fisiológica en cuestión, e indicándole pulsar la tecla # para guardar el valor.
	20. El paciente escucha el mensaje y confirma el dato introducido pulsando la tecla 1.	19. El bloque pide confirmación al paciente para comprobar que el valor introducido es correcto. Para ello reproduce una locución solicitando confirmar el dato introducido (pulsar la tecla 1) o negar el dato introducido y volver para insertar un valor nuevo (pulsar la tecla 2).
		21. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con las demás variables fisiológicas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD
		22. Una vez recogidas las variables fisiológicas el sistema procede a solicitar los síntomas experimentados por el paciente. Para cada uno de los síntomas asociados al tratamiento que sigue el paciente (diálisis peritoneal o prediálisis) el bloque ejecuta las acciones 21,22 y 23.
	24. El paciente escucha el mensaje y, en este caso, presiona la tecla 1 indicando que SÍ ha experimentado el síntoma por el que se pregunta.	23. El sistema reproduce una locución pidiendo al paciente que: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulse 1 si ha experimentado el síntoma en cuestión.</li> <li>• Pulse 2 si no ha experimentado el síntoma.</li> </ul>

	26. El paciente escucha el mensaje y confirma el síntoma introducido pulsando la tecla 1.	25. El bloque pide confirmación al paciente para comprobar que el síntoma introducido es correcto. Para ello reproduce una locución solicitando confirmar el dato introducido (pulsar la tecla 1) o negar el dato introducido y volver a dar otra respuesta (pulsar la tecla 2).
		27. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con los demás síntomas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD.
		28. Salimos del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas y entramos en el bloque Recogida de alarmas generadas.
		29. El bloque Recogida de alarmas generadas analiza las variables fisiológicas y los síntomas que han generado una alarma para comprobar el nivel de prioridad asociado a los mismos. Estos niveles de prioridad se almacenan temporalmente en una clase ( <i>PatientAlarms</i> ) que después será analizada por el bloque Gestión de las alarmas generadas que será el encargado de llevar a cabo la acción correspondiente.
	31. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se introdujeron correctamente.	30. Salimos del bloque Recogida de alarmas generadas y volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente de que las variables se introdujeron correctamente.
	33. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se guardaron correctamente en la BB.DD.	32. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Almacenamiento en base de datos que guarda los datos introducidos por el paciente en la base de datos. Al terminar, si todo es correcto como en este caso, volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente del guardado correcto de las variables y síntomas.
		34. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Gestión de alarmas generadas.

	36. El paciente escucha el mensaje asociado a las alarmas generadas.	35. El bloque Gestión de alarmas generadas analiza la clase <i>PatientAlarms</i> para conocer el nivel de prioridad de las alarmas generadas. En este caso de uso sólo se generan alarmas de prioridad baja o alarmas de prioridad media con el médico fuera del horario de consulta por lo que la acción a llevar a cabo es reproducir un mensaje de aviso al paciente. El bloque Gestión de las alarmas reproduce esta locución y finaliza su ejecución devolviendo el control al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas.
	38. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	37. Salimos del bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas al bloque Thread-AMI que vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
Fin del proceso de este caso de uso		
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden <i>async:agi</i> y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes). <b>NOTA:</b> Si el corte de la llamada se produce antes del punto 32 del Curso normal las variables no se habrán guardado en la base de datos. Si el corte se realiza después del punto 32 los datos introducidos quedarán registrados.
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
	*.4 El paciente escucha un mensaje indicándole que ha agotado el tiempo de espera.	*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.5 El bloque/hilo Thread-AMI procede a salir del sistema. Envía la acción <i>AsyncAgi-BreakCommand</i> que saca al canal del modo <i>async:agi</i> con lo que ya no recibe más órdenes AMI-AGI, después de esto el hilo Thread-AMI finaliza su ejecución.
		*.6 El bloque Manager-Listener detecta la finalización del hilo Thread-AMI y lo elimina de la lista de hilos activos.
		*.7 El dialplan que estaba detenido en la orden <i>async:agi</i> del punto 1 recupera el control del canal (de la llamada) al recibir Asterisk la orden <i>AyncAgiBreakCommand</i> y continúa ejecutando las siguientes órdenes programadas.

	*.8 El paciente escucha el mensaje de despedida del sistema.	*.9 El dialplan ejecuta la locución de "Despedida del sistema"
	*.10 El paciente escucha los tonos telefónicos característicos de "Llamada finalizada".	*.11 El dialplan cuelga el canal (cuelga la llamada). Fin de la ejecución.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 38 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 38 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo cifras, etc); o introduce INCORRECTAMENTE su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 14 a 38.

Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo,cifras,etc); o introduce INcorrectamente su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INcorrectamente su PIN.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente introduce el dato correctamente.	18.4 El sistema continúa el proceso en el punto 19 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente agota todos los intentos para introducir un dato válido.	18.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 2 (indicando que quiere volver a introducir de nuevo el dato).	20.4 El sistema vuelve al punto 17 del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (confirmando que el dato introducido es correcto)	20.4 El sistema pasa al punto 21 del Curso normal.

Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	24.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	24.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	24.3 El paciente pulsa la tecla 1 (en este caso de uso hemos supuesto que se pulsa la tecla 1 para confirmar que el paciente sí ha tenido ese síntoma)	24.4 El sistema pasa al punto 25 del Curso normal.
Curso alternativo	24.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	24.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	24.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	24.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente pulsa la tecla 2 (indicando que quiere volver a introducir de nuevo el dato).	26.4 El sistema vuelve al punto 23 del Curso normal.
Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente pulsa la tecla 1 (confirmando que el dato introducido es correcto)	26.4 El sistema pasa al punto 27 del Curso normal.

Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	26.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.

**Tabla 3.3** Casos de uso: Inserción de variables y síntomas con generación de alarmas sin redirección de llamada.

### 3.6.4 Caso de uso: Inserción de variables fisiológicas y síntomas con generación de alarmas y redirección de llamada

**Resumen:** El paciente accede al sistema para registrar sus variables fisiológicas y los síntomas que ha tenido. Alguno de los valores introducidos o síntomas han generado alarmas de prioridad alta o prioridad media cuando el doctor estaba en horario de consulta por lo que se ha redirigido la llamada para poner en contacto al paciente con los servicios sanitarios (normalmente su médico).

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
Curso normal	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>ManagerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elegido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.
		11. El bloque <code>Thread-AMI</code> ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.

	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción "Inserción de las variables fisiológicas" pulsando la tecla 1.	12. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 1. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas.
		15. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Carga de configuración del paciente que permite conocer la configuración del paciente para solicitar sólo las variables y síntomas que le corresponden (por su tipo de enfermedad, por decisión del médico, etc).
		16. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas. Para cada una de las variables fisiológicas indicadas en la configuración del paciente el sistema realiza las acciones 17, 18, 19, 20 y 21.
	18. El paciente recibe el mensaje e introduce el valor solicitado correctamente, al terminar pulsa la tecla # para guardar el valor. En este caso el valor introducido está FUERA del rango normal/seguro.	17. El sistema reproduce una locución solicitando al paciente la introducción de la variable fisiológica en cuestión, e indicándole pulsar la tecla # para guardar el valor.
	20. El paciente escucha el mensaje y confirma el dato introducido pulsando la tecla 1.	19. El bloque pide confirmación al paciente para comprobar que el valor introducido es correcto. Para ello reproduce una locución solicitando confirmar el dato introducido (pulsar la tecla 1) o negar el dato introducido y volver para insertar un valor nuevo (pulsar la tecla 2).
		21. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con las demás variables fisiológicas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD
		22. Una vez recogidas las variables fisiológicas el sistema procede a solicitar los síntomas experimentados por el paciente. Para cada uno de los síntomas asociados al tratamiento que sigue el paciente (diálisis peritoneal o prediálisis) el bloque ejecuta las acciones 21,22 y 23.

	<p>24. El paciente escucha el mensaje y, en este caso, presiona la tecla 1 indicando que SÍ ha experimentado el síntoma por el que se pregunta.</p>	<p>23. El sistema reproduce una locución pidiendo al paciente que:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pulse 1 si ha experimentado el síntoma en cuestión.</li> <li>• Pulse 2 si no ha experimentado el síntoma.</li> </ul>
	<p>26. El paciente escucha el mensaje y confirma el síntoma introducido pulsando la tecla 1.</p>	<p>25. El bloque pide confirmación al paciente para comprobar que el síntoma introducido es correcto. Para ello reproduce una locución solicitando confirmar el dato introducido (pulsar la tecla 1) o negar el dato introducido y volver a dar otra respuesta (pulsar la tecla 2).</p>
		<p>27. El valor introducido se almacena temporalmente en una clase con los demás síntomas del paciente para su posterior almacenamiento en la BB.DD.</p>
		<p>28. Salimos del bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas y entramos en el bloque Recogida de alarmas generadas.</p>
		<p>29. El bloque Recogida de alarmas generadas analiza las variables fisiológicas y los síntomas que han generado una alarma para comprobar el nivel de prioridad asociado a los mismos. Estos niveles de prioridad se almacenan temporalmente en una clase (<i>PatientAlarms</i>) que después será analizada por el bloque Gestión de las alarmas generadas que será el encargado de llevar a cabo la acción correspondiente.</p>
	<p>31. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se introdujeron correctamente.</p>	<p>30. Salimos del bloque Recogida de alarmas generadas y volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente de que las variables se introdujeron correctamente.</p>
	<p>33. El paciente escucha un mensaje informándole de que las variables se guardaron correctamente en la BB.DD.</p>	<p>32. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Almacenamiento en base de datos que guarda los datos introducidos por el paciente en la base de datos. Al terminar, si todo es correcto como en este caso, volvemos al bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas que reproduce una locución informando al paciente del guardado correcto de las variables y síntomas.</p>
		<p>34. El bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas ejecuta el bloque Gestión de alarmas generadas.</p>

	36. El paciente escucha el mensaje asociado a las alarmas generadas.	35. El bloque Gestión de alarmas generadas analiza la clase <i>PatientAlarms</i> para conocer el nivel de prioridad de las alarmas generadas. En este caso de uso sólo se generan alarmas de prioridad alta o alarmas de prioridad media con el médico dentro del horario de consulta por lo que la acción a llevar a cabo es redirigir la llamada para poner en contacto al paciente con los servicios médicos (normalmente el médico). El bloque Gestión de alarmas generadas se encarga de redirigir la llamada al número adecuado. Una vez la llamada ha sido redirigida finaliza su ejecución y devuelve el control al bloque/hilo Thread-AMI.
	38. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	37. Salimos del bloque Introducción de variables fisiológicas y síntomas al bloque Thread-AMI que vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
Fin del proceso de este caso de uso		
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes). <b>NOTA:</b> Si el corte de la llamada se produce antes del punto 32 del Curso normal las variables no se habrán guardado en la base de datos. Si el corte se realiza después del punto 32 los datos introducidos quedarán registrados.
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
	*.4 El paciente escucha un mensaje indicándole que ha agotado el tiempo de espera.	*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.5 El bloque/hilo Thread-AMI procede a salir del sistema. Envía la acción AsyncAgi-BreakCommand que saca al canal del modo async:agi con lo que ya no recibe más órdenes AMI-AGI, después de esto el hilo Thread-AMI finaliza su ejecución.
		*.6 El bloque Manager-Listener detecta la finalización del hilo Thread-AMI y lo elimina de la lista de hilos activos.

		*.7 El dialplan que estaba detenido en la orden async:agi del punto 1 recupera el control del canal (de la llamada) al recibir Asterisk la orden AyncAgiBreakCommand y continúa ejecutando las siguientes órdenes programadas.
	*.8 El paciente escucha el mensaje de despedida del sistema.	*.9 El dialplan ejecuta la locución de "Despedida del sistema"
	*.10 El paciente escucha los tonos telefónicos característicos de "Llamada finalizada".	*.11 El dialplan cuelga el canal (cuelga la llamada). Fin de la ejecución.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 38 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 38 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN por defecto (0000) INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo cifras, etc); o introduce INCORRECTAMENTE su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 14 a 38.

Curso alternativo	13.1 El paciente introduce INcorrectamente un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo,cifras,etc); o introduce INcorrectamente su PIN (introduce un PIN de 4 cifras que no se corresponde con el alojado en la BB.DD).	13.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	13.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INcorrectamente su PIN.	13.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente introduce el dato correctamente.	18.4 El sistema continúa el proceso en el punto 19 del Curso normal.
Curso alternativo	18.1 El paciente introduce INcorrectamente el valor solicitado (error de formato: introduce símbolos no permitidos en el valor solicitado o los introduce incorrectamente. Ejemplo: Cuando se le solicita que inserte su temperatura introduce 35**6 en lugar de 35*6 para indicar la temperatura 35.6)	18.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que el valor introducido no es válido. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca un dato válido, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	18.3 El paciente agota todos los intentos para introducir un dato válido.	18.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 2 (indicando que quiere volver a introducir de nuevo el dato).	20.4 El sistema vuelve al punto 17 del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (confirmando que el dato introducido es correcto)	20.4 El sistema pasa al punto 21 del Curso normal.

Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	24.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	24.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	24.3 El paciente pulsa la tecla 1 (en este caso de uso hemos supuesto que se pulsa la tecla 1 para confirmar que el paciente sí ha tenido ese síntoma)	24.4 El sistema pasa al punto 25 del Curso normal.
Curso alternativo	24.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	24.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	24.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	24.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.
Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente pulsa la tecla 2 (indicando que quiere volver a introducir de nuevo el dato).	26.4 El sistema vuelve al punto 23 del Curso normal.
Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente pulsa la tecla 1 (confirmando que el dato introducido es correcto)	26.4 El sistema pasa al punto 27 del Curso normal.

Curso alternativo	26.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	26.2 El bloque Recogida de variables fisiológicas y síntomas reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	26.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	26.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos *.5 a *.11 del Curso normal.

**Tabla 3.4** Casos de uso: Inserción de variables y síntomas con generación de alarmas y redirección de llamada.

### 3.6.5 Caso de uso: Opciones personales: Cambio del número PIN

**Resumen:** El paciente accede al sistema y entra en la sección opciones personales para cambiar su número PIN por otro diferente.

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
Curso normal	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>ManagerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.
		11. El bloque <code>Thread-AMI</code> ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción, "Opciones personales" pulsando la tecla 2.	12. El bloque <code>Thread-AMI</code> reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.

		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 2. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Opciones personales.
	16. El paciente elige la opción 1 "Cambiar el PIN"	15. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		17. El bloque Opciones personales ejecuta el bloque Configuración del PIN que permite al usuario modificar el PIN actual por uno nuevo.
	19. El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras (es su elección elegir este PIN).	18. El bloque Configuración del PIN pide al usuario que elija un nuevo PIN de 4 cifras.
	21. El paciente vuelve a introducir correctamente el mismo PIN de 4 cifras.	20. El bloque Configuración del PIN pide al paciente que vuelva a introducir de nuevo el mismo PIN (es un mecanismo de seguridad ante fallos).
		22. El sistema reproduce un mensaje indicando que el PIN se cambió correctamente. Salimos del bloque Configuración del PIN y volvemos al bloque Opciones personales.
	24. El paciente elige la opción 0 para salir del bloque Opciones personales.	23. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		25. El sistema recibe la pulsación de la tecla 0 y sale del bloque Opciones personales devolviendo el control al bloque Thread-AMI.
	27. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	26. El bloque Thread-AMI vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
	Fin del proceso de este caso de uso	
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes).
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
		*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.

		*.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO CORRECTAMENTE	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 32 a 38 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN CORRECTAMENTE.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	19.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo cifras,etc)	19.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	19.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	19.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 20 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	19.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce,menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo,cifras,etc)	19.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el,formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su,PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos,máx.).

	19.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	19.4 El sistema reproduce una locución avisando de que el PIN no pudo cambiarse, sale del bloque Opciones personales y continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración .
Curso alternativo	21.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras (introduce, menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de sólo, cifras, etc)	21.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos, máx.).
	21.3 El paciente introduce correctamente un PIN de 4 cifras.	21.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 22 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	21.1 El paciente introduce INCORRECTAMENTE un PIN de 4 cifras, (introduce, menos de 4 cifras, introduce símbolos o letras en lugar de, sólo, cifras, etc)	21.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el formato es incorrecto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	21.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	21.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal Curso normal en el caso de uso Primera configuración.

**Tabla 3.5** Caso de uso: Opciones personales: Cambio del número PIN.

### 3.6.6 Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de volumen

**Resumen:** El paciente accede al sistema y entra en la sección opciones personales para cambiar el nivel de volumen de las locuciones.

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>MangerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
Curso normal	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elegido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones -> Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.

		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.
		11. El bloque Thread-AMI ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción, "Opciones personales" pulsando la tecla 2.	12. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 2. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Opciones personales.
	16. El paciente elige la opción 2 "Cambiar el nivel de Volumen"	15. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
	18. El paciente elige su nivel de volumen pulsando repetidamente la tecla 1 para subir el volumen o la tecla 2 para bajar el volumen. Cuando ha elegido un nivel adecuado pulsa # para guardar.	17. El bloque Opciones personales ejecuta el bloque Configuración del Volumen que solicita al paciente elegir su nivel de volumen dando instrucciones sobre como hacerlo.
	20. El paciente confirma su elección con la tecla 1.	19. El bloque Configuración del Volumen pide confirmación para guardar el nivel elegido.
		21. El bloque Configuración de Volumen guarda el nivel elegido por el usuario en la BB.DD.
		22. Salimos del bloque Configuración de Volumen y volvemos al bloque Opciones personales.
	24. El paciente elige la opción 0 para salir del bloque Opciones personales.	23. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		25. El sistema recibe la pulsación de la tecla 0 y sale del bloque Opciones personales devolviendo el control al bloque Thread-AMI.
	27. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	26. El bloque Thread-AMI vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
	Fin del proceso de este caso de uso	
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque, ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina, el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la, orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes). .

Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo, Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
		*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN, introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	20.1 El paciente quiere cambiar su elección, para ello pulsa la tecla 2	20.2 El sistema vuelve al punto 17.

Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (Teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo, (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (o 2)	20.4 El sistema pasa al punto 21 (o 17) del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que la opción marcada no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.

**Tabla 3.6** Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de volumen.

### 3.6.7 Caso de uso: Opciones personales: Cambio de la velocidad de las locuciones

**Resumen:** El paciente accede al sistema y entra en la sección opciones personales para cambiar el nivel de velocidad de las locuciones.

**Condiciones previas:** El paciente configuró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>MangerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
Curso normal	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elgido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.

		11. El bloque Thread-AMI ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción, "Opciones personales" pulsando la tecla 2.	12. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 2. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Opciones personales.
	16. El paciente elige la opción 3 "Cambiar la velocidad de las locuciones"	15. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
	18. El paciente escucha 6 locuciones con distintos niveles de velocidad y elige uno de ellos con las teclas 1 al 6.	17. El bloque Opciones personales ejecuta el bloque Configuración de la velocidad de las locuciones pide al paciente que, elija su nivel de velocidad de reproducción de las locuciones dando instrucciones sobre como hacerlo.
	20. El paciente confirma su elección con la tecla 1.	19. El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones pide confirmación para guardar el nivel elegido.
		21. El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones guarda el nivel elegido por el usuario en la BB.DD.
		22. Salimos del bloque Configuración de la velocidad de las locuciones y volvemos al bloque Opciones personales.
	24. El paciente elige la opción 0 para salir del bloque Opciones personales.	23. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		25. El sistema recibe la pulsación de la tecla 0 y sale del bloque Opciones personales devolviendo el control al bloque Thread-AMI.
	27. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	26. El bloque Thread-AMI vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
	Fin del proceso de este caso de uso	
Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque, ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina, el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la, orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes).

Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo, Thread-AMI (si éste no lo tenía).
		*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN, introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	18.1 El paciente presiona una tecla distinta a 1,2,3,4,5 o 6.	18.2 El sistema ignora estas pulsaciones.
Curso alternativo	20.1 El paciente quiere cambiar su elección, para ello pulsa la tecla 2	20.2 El sistema vuelve al punto 17.

Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (o 2)	20.4 El sistema pasa al punto 21 (o 17) del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Configuración de la velocidad de las locuciones reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que, elija, una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.

**Tabla 3.7** Caso de uso: Opciones personales: Cambio del nivel de velocidad de las locuciones.

### 3.6.8 Caso de uso: Opciones personales: Volver a los parámetros por defecto

**Resumen:** El paciente accede al sistema y entra en la sección opciones personales para cambiar el nivel de velocidad de las locuciones.

**Condiciones previas:** El paciente cofiguró sus opciones personales en un acceso anterior y no necesita realizarlo de nuevo al acceder al sistema.

	Eventos actor	Eventos sistema
Curso normal	1. El paciente realiza una llamada telefónica al número de teléfono del sistema eNefro-Asterisk.	2. El servidor Asterisk atiende la llamada, ésta pasa por el dialplan y se ejecuta la orden <code>async:agi</code> . Esta ejecución pone el canal en disposición para atender acciones <code>async:agi</code> y genera un evento <code>AsyncAgiEvent</code> . El bloque <code>MangerListener</code> recibe este evento, lanza un hilo <code>Thread-AMI</code> y lo incluye en una lista de hilos <code>Thread-AMI</code> activos.
	4. El paciente escucha el mensaje de bienvenida.	3. El bloque <code>ThreadAMI</code> reproduce el mensaje de bienvenida al sistema.
		5. El bloque <code>ThreadAMI</code> ejecuta el bloque Autenticación.
	7. El paciente introduce su USUARIO correctamente.	6. El bloque Autenticación pide la introducción del USUARIO.
	9. El paciente introduce su PIN correctamente. Este PIN fue elgido por el usuario en la Primera configuración o en la sección Opciones ->Cambio de PIN.	8. El bloque Autenticación solicita el PIN al usuario.
		10. El bloque Autenticación da la bienvenida al usuario autenticado diciendo su nombre. Salimos del bloque Autenticación.

		11. El bloque Thread-AMI ejecuta el bloque Carga de opciones de usuario que carga las opciones del usuario en cuanto a nivel de volumen y velocidad de las locuciones.
	13. El paciente escucha las 4 opciones del menú IVR. Elige la opción, "Opciones personales" pulsando la tecla 2.	12. El bloque Thread-AMI reproduce la locución con las 4 opciones del menú IVR pidiendo al usuario que elija una de ellas.
		14. El bloque Thread-AMI recibe la pulsación de la tecla 2. Reproduce una locución para informar al usuario de la opción seleccionada y procede a ejecutar el bloque Opciones personales.
	16. El paciente elige la opción 4 "Volver a los valores por defecto"	15. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		17. El bloque Opciones personales ejecuta el bloque Volver a los parámetros por defecto que cambia el nivel de volumen, la velocidad de las locuciones y el PIN a los valores por defecto.
		18. En el próximo acceso al sistema el paciente podrá configurar de nuevo estos valores igual que se hizo en la Primera configuración.
	20. El paciente confirma su elección con la tecla 1.	19. El bloque Volver a los valores por defecto pide confirmación para guardar los valores por defecto.
		21. El bloque Volver a los valores por defecto guarda los valores por defecto en la BB.DD.
		22. Salimos del bloque Volver a los parámetros por defecto y volvemos al bloque Opciones personales.
	24. El paciente elige la opción 0 para salir del bloque Opciones personales.	23. El bloque Opciones personales reproduce una locución con las opciones disponibles en el menú IVR de este bloque, instando al paciente a elegir una de ellas.
		25. El sistema recibe la pulsación de la tecla 0 y sale del bloque Opciones personales devolviendo el control al bloque Thread-AMI.
	27. El paciente vuelve a escuchar las 4 opciones del menú IVR.	26. El bloque Thread-AMI vuelve a reproducir la locución con las 4 opciones del menú IVR.
Fin del proceso de este caso de uso		

Curso alternativo	*.1 En cualquier momento del proceso el paciente cuelga el teléfono o se produce un corte de la llamada por otros motivos (fallo de la red, fallo del terminal, etc)	*.2 El sistema detecta que el canal ya no está activo. El bloque, ejecutándose en ese momento finaliza. El bloque Manager-Listener elimina, el hilo Thread-AMI de la lista de hilos activos. El dialplan sale de la orden async:agi y finaliza su ejecución (no ejecuta más órdenes).
Curso alternativo	*.1 En cualquiera de los puntos en que el paciente ha de introducir un dato, éste agota el tiempo de espera.	*.2 El sistema reconoce que el tiempo de espera se ha agotado y finaliza la ejecución del bloque devolviendo el control al bloque/hilo, Thread-AMI (si éste no lo tenía ya).
		*.3 El bloque Thread-AMI reproduce una locución indicando al usuario que ha agotado el tiempo de espera.
		*.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente introduce su USUARIO correctamente	7.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 8 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	7.1 El paciente introduce su USUARIO INCORRECTAMENTE	7.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el USUARIO, introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su usuario, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	7.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su USUARIO.	7.4 El sistema sigue el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN, introducido no es correcto. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente introduce su PIN correctamente.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 10 a 27 del Curso normal.
Curso alternativo	9.1 El paciente introduce su PIN INCORRECTAMENTE	9.2 El bloque Autenticación reproduce un mensaje indicando que el PIN introducido no existe. Se vuelve a pedir al paciente que introduzca su PIN, goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	9.3 El paciente agota todos los intentos introduciendo INCORRECTAMENTE su PIN.	9.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.

Curso alternativo	20.1 El paciente quiere cambiar su elección, para ello pulsa la tecla 2	20.2 El sistema vuelve al punto 17.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Volver a los valores por defecto reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente pulsa la tecla 1 (o 2)	20.4 El sistema pasa al punto 21 (o 17) del Curso normal.
Curso alternativo	20.1 El paciente pulsa una tecla distinta a 1 o 2.	20.2 El bloque Volver a los valores por defecto reproduce un mensaje indicando que la opción marcado no es válida. Se vuelve a pedir al paciente que elija una opción válida (teclas 1 o 2) goza de 2 nuevas oportunidades para hacerlo (en total 3 intentos máx.).
	20.3 El paciente agota todos los intentos para elegir una opción válida.	20.4 El sistema continúa el mismo proceso que en los pasos 33 a 39 del Curso normal en el caso de uso Primera configuración.

**Tabla 3.8** Caso de uso: Opciones personales: Volver a los parámetros por defecto..

## 4 Conclusiones

---

La realización de este proyecto ha venido a cubrir las necesidades de inclusión en la eSalud de un segmento de la población con características bien definidas: personas con problemas renales bajo tratamiento con prediálisis, diálisis peritoneal o tratamiento conservador; principalmente situadas en zonas remotas o de difícil acceso, residentes en áreas rurales alejadas de los grandes núcleos de población con infraestructuras pobres que limitan su acceso a internet de calidad, con conocimientos limitados en el uso y manejo de nuevas tecnologías (smartphones, tablets, pcs, etc), con pocos recursos económicos para adquirir los mismos y/o deficiencias físicas y psíquicas que les dificultan su uso. Según datos del Instituto Nacional de Estadística el número de personas mayores de 65 años, donde el riesgo de sufrir una enfermedad renal crónica es del 21,4% [13], alcanzaba en el último censo de población la cifra de 7.933.773 de personas [8], de las cuáles el 20,3% vive en el entorno rural [7], por lo que estaríamos hablando de una población objetivo de 350.000 personas (a los que habría que añadir el resto de población más joven que también sufre, aunque en menor medida, este tipo de enfermedades).

La búsqueda de soluciones y proyectos similares al realizado arrojó como resultado la existencia de sistemas de monitorización y proyectos de eSalud mayoritariamente centrados en plataformas web y aplicaciones móviles, casi todos dedicados al tratamiento de la diabetes, las enfermedades cardiovasculares y la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Sin embargo, **la existencia de aplicaciones similares para el tratamiento de enfermedades nefrológicas es reducida.**

Una de las soluciones existentes en este último campo es el proyecto eNefro, un esfuerzo multicéntrico entre la Universidad de Sevilla y diversos hospitales nacionales para una crear un sistema de arquitectura modular, extensible y adaptable para la asistencia remota de pacientes en pre-diálisis, diálisis peritoneal y tratamiento conservador. Para cubrir los requisitos de la población objetivo descritos con anterioridad se optó por diseñar un método de acceso para el sistema eNefro basado en **llamada telefónica**. El uso del teléfono como método de acceso permite cubrir las necesidades de estos pacientes puesto que se trata de un sistema de comunicación universal, ampliamente extendido entre la población desde hace años, con un coste muy reducido para el usuario (tanto en el coste del servicio como en el de los aparatos telefónicos) que además evita las limitaciones encontradas en otras vías de acceso puesto que al ser una tecnología "antigua" no encuentra rechazo por parte de los usuarios de edad avanzada reacios a adoptar el uso de nuevas tecnologías, no requiere prácticamente ningún conocimiento especial para su manejo y puede ser adaptado para usuarios con necesidades de accesibilidad especiales (personas mayores, enfermos crónicos, personas de movilidad reducida, discapacitados físicos o psíquicos, etc).

Para implementar esta solución en este proyecto se ha abordado el **diseño, desarrollo y puesta en marcha de un sistema IVR integrado en una centralita virtual de software libre, que permita a los pacientes en prediálisis, diálisis peritoneal o tratamiento conservador introducir en el sistema eNefro los datos fisiológicos y síntomas relacionados con su enfermedad a través de una llamada telefónica**. Teniendo en cuenta en todo momento priorizar la accesibilidad, la inclusión social, la reducción de la brecha digital y el bajo coste.

El sistema creado permite al paciente completar todas las tareas definidas en el plan de cuidados prescrito por el doctor. Además **guía al usuario durante todo el proceso**, incluyendo la inserción de datos relaciona-

dos con su enfermedad renal, la autenticación del usuario, la primera configuración y la modificación de las opciones personales. La aplicación cuenta con un **sistema de alarmas** que pone al paciente en contacto con el personal sanitario en caso de que alguno de los datos introducidos exceda los límites seguros. Así mismo se ha desarrollado una **plataforma de avisos/citas** que permiten al doctor programar mensajes en un calendario que serán enviados y reproducidos al paciente a través de una llamada telefónica.

El estudio de las necesidades del paciente ha permitido **adaptar el sistema para garantizar la accesibilidad del mismo**, una vez se identificaron las limitaciones físicas, sensoriales y cognitivas que impiden el uso correcto de este tipo de aplicaciones se ha desarrollado un sistema configurable y personalizable que facilita la usabilidad del servicio a pacientes con deficiencias en la audición, la destreza, la fuerza y resistencia, el intelecto o la memoria con el objetivo de eliminar las barreras de uso que aparecen en pacientes crónicos de edad avanzada.

La aplicación permite ajustar el volumen para los usuarios con problema de audición, modificar la velocidad de reproducción de las locuciones para ajustarse a los pacientes con limitaciones cognitivas o de memoria, y tiempos de espera adaptados a usuarios con dificultades para realizar movimientos pequeños que exigen destreza y coordinación (pulsación de las teclas del teléfono).

La implementación del sistema IVR se ha realizado siguiendo la normativa existente en cuanto a la regulación de este tipo de sistemas. El uso de la herramienta de comunicaciones Asterisk ha permitido crear un método de acceso mediante aparato telefónico sin importar la tecnología subyacente por lo que **es posible utilizar el servicio eNefro-Asterisk mediante la línea telefónica fija, la red móvil o la telefonía VoIP**.

La **integración del sistema desarrollado en este PFC con la base de datos del proyecto eNefro** creado por el grupo el Grupo de Ingeniería Biomédica permite que ahora mismo se pueda acceder al mismo tanto por la plataforma web, como por el teléfono. Todo ello de forma **transparente** para los doctores y administradores puesto que no existe diferencia entre los pacientes que usan la web o el teléfono.

Finalmente la instalación, diseño, implementación y administración del sistema creado ha permitido al autor de este PFC poner en práctica y ampliar sus conocimientos de programación, redes, telefonía y administración de sistemas UNIX cumpliendo así con los objetivos académicos propios de un trabajo fin de carrera.

## 5 Mejoras futuras

---

En este apartado se incluyen mejoras que pueden ser añadidas en el futuro para aumentar las capacidades del sistema.

### 5.1 Migración hacia una única base de datos

Para evitar problemas de interoperabilidad sería aconsejable mantener todos los datos necesarios en una única base de datos por lo que sería recomendable migrar los datos de la aplicación eNefro-Asterisk a la base de datos de eNefro

### 5.2 Generación de las locuciones

La generación de las locuciones usada en el IVR se ha realizado mediante tecnología TTS lo que ha permitido obtener los archivos de audio de forma inmediata. Sin embargo, aunque la calidad del audio es buena, el acento, el tono y la entonación no alcanzan el nivel de una locución profesional y pueden ocasionar problemas en el entendimiento de los mensajes. Por tanto sería recomendable acudir a servicios profesionales para obtener estos archivos de audio aunque esto signifique encarecer el precio del producto final.

### 5.3 Comunicación directa paciente-doctor

Además de las comunicaciones doctor-paciente generadas por las alarmas/incidencias ante situaciones peligrosas existe la posibilidad de que el paciente necesite comunicarse con el médico por otros motivos no urgentes. Para estos casos se debería facilitar la opción de que el paciente pueda realizar una llamada a la consulta del doctor o a su número personal, sin embargo esta no es la misión principal del sistema y una opción así puede provocar que el paciente no use las vías que proporciona la aplicación y prefiera pasar a hablar directamente con su médico. Por este motivo la comunicación paciente-doctor mediante esta opción estaría supeditada a la voluntad del médico que dispondría de un sistema remoto para controlar la disponibilidad de esta alternativa.

A pesar de que no es el objetivo principal del sistema eNefro-Asterisk se ha diseñado una opción que permite al paciente contactar directamente con su médico. Esta opción también hace uso de la integración de Asterisk con calendarios y se utiliza el horario de consulta del doctor para determinar a qué número de teléfono se dirige la llamada en función de la situación del médico (en consulta o fuera de ella).

Sin embargo la inclusión de esta opción puede ser contraproducente para el sistema puesto que el usuario (paciente) puede limitarse a usar el sistema como una vía de acceso directo con su médico y no utilizar el resto de las opciones para las que realmente fue diseñado. Otra desventaja es la reticencia del doctor a que el paciente tenga llamadas directas a su número personal puesto que el paciente puede tener la tentación de incomodar constantemente a su médico con situaciones que no requieren urgencia. Por este motivo se ha dotado al sistema de un mecanismo de bloqueo para esta opción que permite al médico bloquearla cuando lo estime oportuno.

Para llevar a cabo esta funcionalidad se ha hecho uso de una aplicación gratuita desarrollada por la empresa ElevenPaths (filial de Telefónica) llamada Latch.

Latch funciona como un segundo sistema de autorización para el acceso a servicios. En palabras de sus desarrolladores Latch funciona como un pestillo digital. Un sistema controlado por Latch permitiría bloquear el acceso a un servicio aunque el usuario se haya autenticado correctamente mediante usuario o contraseña. De esta manera cuando Latch está en estado “cerrado” o “bloqueado” se elimina la posibilidad de que un intruso pueda acceder al servicio aunque conozca el usuario y contraseña [43].

En nuestro proyecto se haría uso de Latch para controlar el acceso a la opción de “comunicación directa con el médico”. El médico contaría con la aplicación Latch instalada en su smartphone. Cuando quiera permitir que sus pacientes tenga acceso directo a él por esta vía mantendrá Latch en estado Abierto/Desbloqueado. Por el contrario cuando no quiera ser molestado cambiará Latch al estado Cerrado/Bloqueado con lo que los pacientes no podrán contactar con su médico directamente.

Esta opción es segura puesto que no impide que si hay una emergencia (por ejemplo una alarma de prioridad alta) el paciente pueda hablar directamente con su médico puesto que son vías distintas de contacto dentro del sistema enefro-asterisk.

Cuando la comunicación con el doctor esté bloqueada por Latch, se daría la posibilidad al paciente para dejar un mensaje en el buzón de voz que su médico podría consultar en otro momento.

# Apéndice A

## Integración de calendarios en el sistema eNefro-Asterisk

---

La integración de calendarios en el sistema eNefro-Asterisk es necesaria para que el sistema pueda determinar el horario de consulta del doctor y para que éste pueda enviar citas o recordatorios al paciente.

En los siguientes apartados se describe el proceso completo para añadir esta funcionalidad.

### A.1 Instalación del servidor DAViCal

Para tener mayor control sobre los calendarios utilizados se ha optado por la instalación de un servidor de calendario propio. El software elegido para este propósito ha sido DAViCal cuyas características se describen en la sección 2.2.8.

La instalación del calendario se ha realizado siguiendo las instrucciones de la página oficial del desarrollador [50] y la wiki oficial de la guía Ubuntu [52] adaptando los parámetros de configuración al entorno en el que se ha instalado el prototipo de este proyecto.

Además del software DAViCal la instalación de este servidor de correo necesita la instalación de una base de datos PostgreSQL, el servidor Apache2 y PHP.

### A.2 Creación de calendarios dentro del servidor DAViCal

Una vez instalado el servidor es necesario crear los calendarios que utilizarán los médicos. Cada doctor tendrá asignado dos calendarios, uno para el horario de consulta y otro para el recordatorio de citas y mensajes. La nomenclatura utilizada para nombrar estos calendarios será el nombre del doctor y sus apellidos sin espacios seguido de las palabras clave HorarioConsulta y Citas.

En la tabla A.1 se muestra un ejemplo de esta nomenclatura.

**Tabla A.1** Nomenclatura utilizada en los calendarios..

	Nomenclatura	Ejemplo
Calendario con el horario de consulta	<i>NombreDelDoctor</i> <b>HorarioConsulta</b>	Doctor: Antonio Perez Rodriguez Calendario: AntonioPerezRodriguezHorarioConsulta
Calendario para las citas y mensajes recordatorios	<i>NombreDelDoctor</i> <b>Citas</b>	Doctor: Antonio Perez Rodriguez Calendario: AntonioPerezRodriguezCitas

#### A.2.1 Creación de usuarios en el servidor DAViCal

Antes de crear los calendarios dentro del servidor es necesario crear el usuario al que van a ir asignados. Dentro de la interfaz de administración del servidor, para crear un nuevo usuario hay que acudir al menú:

*User Functions* → *Create Pirncipal*

En el menú desplegado hay que rellenar el campo *Username* con el nombre y apellidos del doctor todo junto y sin espacios además de asignarle una contraseña y un nombre (campos *Change Password*, *Confirm Password* y *Fullname*). Para terminar la creación hay que pulsar en *Create*.

Siguiendo el ejemplo del doctor "Antonio Perez Rodriguez" un ejemplo de creación de usuario sería el que aparece en la Figura A.1.

Figura A.1 Creación de usuario en el servidor DAViCal.

### A.2.2 Creación de calendarios en el servidor DAViCal

Una vez creado el usuario podemos crear sus calendarios asociados. Para ello en primer lugar hay que seleccionar el usuario para el que queremos crear el calendario, para ello accedemos al menú:

*User Functions* → *List Users*

Esta acción nos dirige a una pantalla en la que podemos seleccionar al usuario. En este caso de ejemplo es el doctor "Antonio Perez Rodriguez" (Figura A.2).

ID	Name	Display Name	Email	Is Member of
<a href="#">1</a>	admin	DAViCal Administrator	calendars@example.net	
<a href="#">1001</a>	AntonioPerezRodriguez	Antonio Perez Rodriguez		

Figura A.2 Selección de usuario en el servidor DAViCal.

Una vez seleccionado el usuario pasamos a una pantalla de opciones donde podemos controlar todos los aspectos relacionados con él, en nuestro caso nos interesa la sección *Principal collections* donde hay que pulsar el botón *Create collection* para acceder a la pantalla de creación de los calendarios (Figura A.3).

ID	Path	Display Name	Public	Privileges	Action
<a href="#">1003</a>	/AntonioPerezRodriguez/addresses/	Antonio Perez Rodriguez addressbook	No	[from principal]	<a href="#">DELETE</a>
<a href="#">1002</a>	/AntonioPerezRodriguez/calendar/	Antonio Perez Rodriguez calendar	No	[from principal]	<a href="#">DELETE</a>

[CREATE COLLECTION](#)

Figura A.3 Sección para la creación de calendarios en el servidor DAViCal.

Después de pulsar el botón *Create collection* accedemos a una pantalla en la que podemos crear los calendarios. En esta pantalla debemos completar el campo *DAV Path* con el nombre de los calendarios que queremos crear, en nuestro caso **HorarioConsulta** y **Citas** y después pulsar el botón *Create* (Figura A.4). A continuación pasamos a otra pantalla en la que debemos proporcionar los privilegios necesarios al usuario sobre el calendario, esto se hace en la sección *Collection grants* y después pulsar el botón *Apply changes* con lo que habremos creado el calendario (Figura A.5). Podemos comprobar que en la sección *Principal collections* de la que hablabamos antes se han añadido dos nuevos calendarios (Figura A.5), en esta sección debemos volver a asignar privilegios al usuario sobre sus calendarios, esto se hace en la sección *Principal grants*, después hay que pulsar el botón *Apply changes* para guardar los cambios.

The screenshot shows a web form titled "Create New Collection". At the top, there is a navigation bar with "Home", "User Functions", "Administration", and "Help". Below the title bar, the form contains the following fields and options:

- Collection ID:** New Collection
- DAV Path:** /caldav.php/AntonioPerezRodriguez/ HorarioConsulta
- Items in Collection:** 0
- Load From File:** Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.  Append
- Displayname:** [Empty text box]
- Publicly Readable:**
- Is a Calendar:**
- Is an Addressbook:**
- Default Privileges:**
- Calendar Timezone:** \*\*\* Unknown \*\*\*
- Schedule Transparency:** Opaque
- Description:** [Large empty text area]
- CREATE** button

Figura A.4 Creación de calendario.

### A.2.3 Configuración de Asterisk para el uso de los calendarios

La configuración de Asterisk para usar los calendarios creados se realiza en el archivo `calendar.conf`. La configuración base del archivo `calendar.conf` aparece en la Figura A.7, una explicación de cada campo aparece en la Tabla A.7.

Uniando ambos, en la Figura A.8 podemos ver un ejemplo del archivo `calendar.conf` para el doctor "Antonio Perez Rodriguez".

Home User Functions Administration Help

**Creating new Collection.**

Collection:

**Collection ID:** 1005

**DAV Path:** /caldav.php/AntonioPerezRodriguez/HorarioConsulta/

**Items in Collection:** 0

**Load From File:** Examinar... No se ha seleccionado ningún archivo.  Append

**Displayname:**

**Publicly Readable:**

**Is a Calendar:**

**Is an Addressbook:**

**Default Privileges:**

**Calendar Timezone:** \*\*\* Unknown \*\*\*

**Schedule Transparency:** Opaque

**Description:**

**APPLY CHANGES**

Figura A.5 Creación de calendario.

Principal Collections					
ID	Path	Display Name	Public	Privileges	Action
1003	/AntonioPerezRodriguez/addresses/	Antonio Perez Rodriguez addressbook	No	[from principal]	DELETE
1002	/AntonioPerezRodriguez/calendar/	Antonio Perez Rodriguez calendar	No	[from principal]	DELETE
1004	/AntonioPerezRodriguez/Citas/		No	[from principal]	DELETE
1005	/AntonioPerezRodriguez/HorarioConsulta/		No	[from principal]	DELETE

**CREATE COLLECTION**

Figura A.6 Calendarios creados.

```

1 []
2 type = caldav           ; type of calendar--currently supported: ical, caldav, exchange, or ews
3 url=
4 user=                   ; web username
5 secret=                 ; web password
6 refresh = 1             ; refresh calendar every n minutes
7 timeframe = 15         ; number of minutes of calendar data to pull for each refresh period
8 ;                       ; should always be >= refresh
9
10 autorereminder = 0     ; override event-defined reminder before each busy status (in mins)
11 ;
12 channel = Local/1@emptyContext ; Channel to dial
13 context = calendar     ; Context to connect to on answer:
14 extension = 1          ; Extension to connect to on answer

```

Figura A.7 Ejemplo base del archivo calendar.conf.

Tabla A.2 Configuración base del archivo calendar.conf.

Campo	Explicación
1	Entre corchetes debe aparecer el nombre del calendario. En nuestro ejemplo: AntonioPerezRodriguezHorarioConsulta AntonioPerezRodriguezCitas
3	Campo url. Este campo contiene la dirección del calendario. En este caso al usar el servidor DAViCal y siguiendo nuestro ejemplo sería: http://IPdelServidor/caldav.php/AntonioPerezRodriguez/HorarioConsulta/
4	Campo user. Este campo contiene el nombre del usuario al que pertenecen los calendarios. En nuestro ejemplo: AntonioPerezRodriguez
5	Campo password. Este campo contiene la contraseña del usuario al que pertenecen los calendarios.
El resto de campos deben dejarse como en la configuración base.CUIDADO: La configuración del calendario de Citas y el de consulta es distinto. Ver Figura A.8	

```

1 [AntonioPerezRodriguezHorarioConsulta]
2 type = caldav ; type of calendar--currently supported: ical, caldav, exchange, or ews
3 url= http://11.0.0.101/caldav.php/AntonioPerezRodriguez/HorarioConsulta/
4 user= AntonioPerezRodriguez ; web username
5 secret= pa55w0rd ; web password
6 refresh = 1 ; refresh calendar every n minutes
7 timeframe = 15 ; number of minutes of calendar data to pull for each refresh period
8 ; ; should always be >= refresh
9
10 autorender = 0 ; Override event-defined reminder before each busy status (in mins)
11 |
12 [AntonioPerezRodriguezCitas]
13 type = caldav ; type of calendar--currently supported: ical, caldav, exchange, or ews
14 url= http://11.0.0.101/caldav.php/AntonioPerezRodriguez/Citas/
15 user= AntonioPerezRodriguez ; web username
16 secret= pa55w0rd ; web password
17 refresh = 1 ; refresh calendar every n minutes
18 timeframe = 15 ; number of minutes of calendar data to pull for each refresh period
19 ; ; should always be >= refresh
20
21 autorender = 0 ; Override event-defined reminder before each busy status (in mins)
22 ;
23 channel = Local/1@emptyContext ; Channel to dial
24 context = calendar ; Context to connect to on answer:
25 extension = 1 ; Extension to connect to on answer
26

```

Figura A.8 Ejemplo del archivo calendar.conf.

#### A.2.4 Creación de eventos en el calendario. Cliente de calendario Thunderbird.

La versatilidad del servidor DAViCal permite al usuario utilizar una amplia variedad de clientes de calendario para crear, modificar y eliminar eventos en los calendarios creados. A pesar de que está fuera del alcance de este proyecto definir cuál debe ser el cliente elegido, en esta sección se proporciona un ejemplo de cómo usar el cliente Thunderbird para gestionar los calendarios creados en ejemplo anterior.

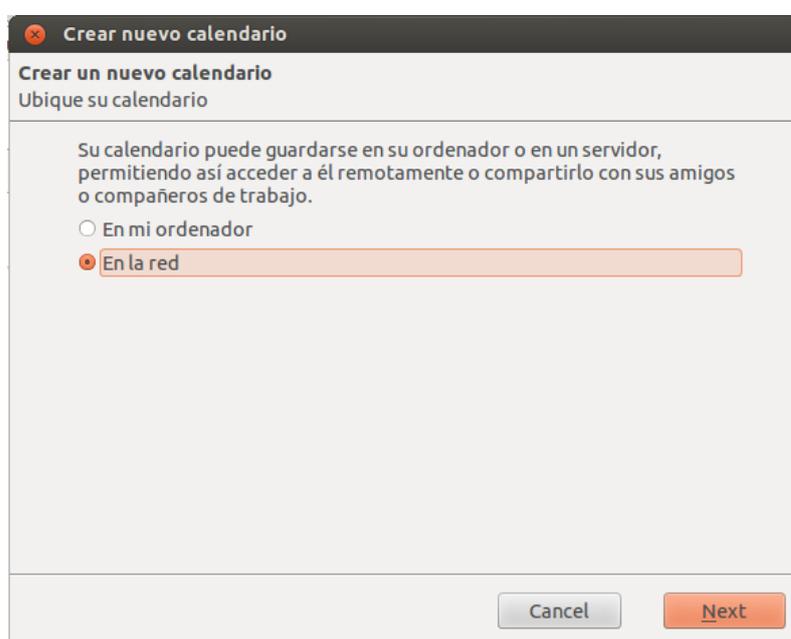
##### Añadir nuevo calendario

Abriendo el cliente de correo Thunderbird nos movemos a la pestaña Calendarios situada en la esquina superior derecha. A continuación creamos un nuevo calendario a través del menú:

*File → New → Calendario*

Esta acción nos llevará a una serie de pantallas en las que podremos configurar un nuevo calendario. Las Figuras muestran los detalles de este proceso.

La Figura A.9 es la primera pantalla del proceso donde debemos seleccionar En la red.



**Figura A.9** Configuración de un nuevo calendario en Thunderbird.

La Figura A.10 es la segunda pantalla del proceso donde debemos elegir como formato de calendario *CalDAV* y en Lugar debemos escribir la dirección del calendario, en este caso hemos puesto la dirección de nuestro ejemplo para el calendario de citas del doctor "Antonio Perez Rodriguez" donde 0.0.0.0 es la dirección IP ficticia donde estaría el servidor DAViCal.

La siguiente pantalla nos mostraría la posibilidad de elegir un nombre para este calendario y un correo electrónico asociado. Una vez completados estos campos pulsamos el botón *Finish* para crear el calendario.

##### Creación de eventos en el calendario

La creación de eventos en los calendarios es una tarea sencilla e intuitiva guiada por el cliente Thunderbird por lo que no se entrará en detalles en esta sección. Sin embargo sí es necesario explicar algunos detalles sobre cómo se han de crear eventos en los calendarios para Citas y Horario de consulta para que el sistema eNefro-Asterisk funcione correctamente.

**Creación de eventos para el calendario Citas** La creación de eventos en un calendario para Citas se hace desde una pantalla como la mostrada en la Figura A.11.

En esta pantalla el campo **Título** debe ser rellenado con el nombre y apellidos del paciente al que va dirigido el mensaje **separado por guiones medios** (-). El campo **Descripción** está reservado para escribir el mensaje

Figura A.10 Configuración de un nuevo calendario en Thunderbird.

que el doctor va a enviar al paciente. El campo **Inicio** se rellena con la hora a la que queremos que sea enviado el mensaje y por último es importantísimo añadir un **Recordatorio** para el evento que **puede tener cualquier valor distinto a 0 minutos** o de lo contrario el sistema eNefro-Asterisk no reconocerá el evento y no funcionará el sistema de mensajería. El resto de campos son irrelevantes.

Figura A.11 Configuración de un nuevo evento en un calendario para Citas.

**Creación de eventos para el calendario Horario de Consulta** La creación de eventos en un calendario para Horario de Consulta se hace desde una pantalla como la mostrada en la Figura A.11 del apartado anterior.

En este caso el campo **Título** se rellena con la palabra **Consulta** y en los campos Inicio y Final debemos colocar las horas de inicio y fin del horario de consulta. El resto de campos son irrelevantes.

# Apéndice B

## Generación de archivos de audio mediante la herramienta SoX

---

### B.1 Creación de locuciones MP3 a través del servicio Google Translate

---

**Código B.1** Convertir MP3 a WAV.

```
wget -q -U Mozilla -O output.mp3 "http://translate.google.com/ translate_tts?ie=UTF-8&tl=es&q='Insertar aquí el texto a convertir en voz'&client=t"
```

### B.2 Conversión de formatos de audio mediante la herramienta SoX

#### B.2.1 Convertir MP3 a WAV

---

**Código B.2** Convertir MP3 a WAV.

```
sox entrada.mp3 -r 8000 -c 1 -s -2 salida.wav
```

#### B.2.2 Convertir WAV a ALAW

---

**Código B.3** Convertir WAV a ALAW.

```
sox entrada.wav -t raw -r 8000 -c 1 -b 8 -A salida.alaw
```

#### B.2.3 Convertir WAV a ULAW

---

**Código B.4** Convertir WAV a ULAW.

```
sox entrada.wav -t raw -r 8000 -c 1 -b 8 -U salida.ulaw
```

#### B.2.4 Convertir WAV a GSM

---

**Código B.5** Convertir WAV a GSM.

```
sox entrada.wav -t gsm -r 8000 -c 1 -b salida.gsm
```

### B.2.5 Convertir WAV a SLIN

---

**Código B.6** Convertir WAV a SLIN.

```
sox entrada.wav -t raw -r 8000 -c 1 -w -s salida.slin
```

# Bibliografía

---

- [1] Becker S, Brandl C, Meister S, Nagel E, Miron-Shatz T, and Mitchell A, *Demographic and health related data of users of a mobile application to support drug adherence is associated with usage duration and intensity*, vol. 10, PloS One, 2015.
- [2] Cho J, Park D, and Lee HE, *Cognitive factors of using health apps: systematic analysis of relationships among health consciousness, health information orientation, ehealth literacy, and health app use efficacy*, vol. 16, Journal of Medical Internet Research, 2014.
- [3] Diamantidis CJ and Becker S, *Health information technology (IT) to improve the care of patients with chronic kidney disease (ckd)*, vol. 15, BMC Nephrol, 2014.
- [4] Diamantidis CJ, Fink W, Yang S, Zuckerman Marni, Gingsber J, Hu P, and Fink Jeffrey C, *Directed use of the internet for health information by patients with chronic kidney disease: Prospective cohort study*, vol. 15, Journal of Medical Internet Research, 2013.
- [5] Fink Jeffrey C, *Patient safety monitoring in kidney disease with an ed diary*, National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases (NIDDK), 2015.
- [6] Antonio Abellán García, Gloria Fernández-Mayoralas Fernández, Julio Pérez Díaz, Dolores Puga González, Ángel Rodríguez Laso, Vicente Rodríguez Rodríguez, and Fermina Rojo Pérez, *Informe sobre telemedicina y asistencia a enfermos crónicos*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), 2012.
- [7] Francisco J. Goerlich Gisbert and Isidro Cantarino Martí, *Estimaciones de la población rural y urbana a nivel municipal*, vol. 57, ch. 4, p. 23, Estadística Española, 2015.
- [8] Instituto Nacional de Estadística (ed.), *Censos de población y vivienda 2011*, ch. 1, p. 2, Instituto Nacional de Estadística, 2013.
- [9] Irene Cobos Rodríguez, *Diseño y desarrollo de un software gestor de aplicaciones socio-sanitarias accesible e inclusivo*, ch. 1, pp. 13–16, Universidad de Sevilla, 2013/2014.
- [10] Julio Gómez López; Francisco Gil Montoya, *Voip y asterisk. redescubriendo la telefonía*, ch. 1-4, RA-MA, 2008.
- [11] Leif Madsen, Jim Van Meggelen, and Russell Bryant, *Asterisk: The definitive guide*, ch. 1-27, Digium, 2011.
- [12] Miguel A. Valero; José A. Sánchez; Ana Belén Bermejo, *Servicios y tecnologías de teleasistencia: tendencias y retos en el hogar digital*, ch. 2-4, CITIC, CEIM y Comunidad de Madrid, 2007.
- [13] Observatorio de la salud cardio renal (ed.), *Situación de la enfermedad renal crónica en españa*, ch. 1, p. 36, Fundación renal ALCER, 2011.
- [14] Olga Pérez Sanjuán; José Luis Vilar Ten, *El servicio de telefonía fija en españa*, ch. 1, pp. 1–29, COIT, 2009.

- [15] Publications Office of the European Union (ed.), *ehealth projects research and innovation in the field of ict for health and wellbeing*., ch. 1.- Research, pp. 1–21, Europe Union, 2014.
- [16] Antonio Pérez Yuste, *El proceso de implantación de la telefonía móvil en españa*, ch. 1, pp. 1–4, Revista Antena del COITT, 2002.
- [17] Club de Excelencia en Sostenibilidad (ed.), *Spain 2020. tic y sostenibilidad*, ch. Servicios a las personas, pp. 69–79, Club de Excelencia en Sostenibilidad, 2012.
- [18] Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad, Secretaría de Estado de Servicios Sociales e Igualdad, and Instituto de Mayores y Servicios Sociales (IMSERSO) (eds.), *Informe 2012. las personas mayores en españa*, 1 ed., Gobierno de España, 2014.
- [19] EN ISO 9241-154:2013, *Ergonomía de la interacción hombre-sistema. parte 154: Aplicaciones de respuesta vocal interactiva (RVI) (iso 9241-154:2013)*, 2009.
- [20] ETSI EG 202 116 V1.2.2, *Human factors (HF);guidelines for ict products and services;design for all*, 2009.
- [21] UIT-T E.161, *Serie E: Explotación general de la red, servicio telefónico, eexplotación del servicio y factores humanos. disposición de las cifras, letras y símbolos en los aparatos telefónicos y en otros dispositivos que pueden utilizarse para tener acceso a una red telefónica*, 2001.
- [22] UNE 139802, *Requisitos de accesibilidad del software*, AENOR, 2009.
- [23] UNE-EN ISO 9241-129, *Ergonomía de la interacción persona-sistema. parte 129: Directrices sobre la individualización de software*, 2011.
- [24] UNE-EN ISO 9241-20, *Ergonomía de la interacción persona-sistema. parte 20: Pautas de accesibilidad para equip y servicios de tecnologías de información/comunicación (TIC)*, 2009.
- [25] E. Hernando/ Fco. Del Pozo;L. Roa;A. Leiva, *Personalized decision support based on real-time monitoring of patients with type 1 diabetes (DIAB-Support)*, [http://www.ciber-bbn.es/images/phocadownload/PROYECTOS/2014/BI/BI\\_DIAB-Support.pdf](http://www.ciber-bbn.es/images/phocadownload/PROYECTOS/2014/BI/BI_DIAB-Support.pdf) Accedido [14-9-15].
- [26] EDUAB-HSP, CTB-GBT, and GIB-US, *Personalized decision support for enhanced control in pervasive healthcare platforms (PERSONA)*, <http://bbn.ciber-bbn.es/proyectos/detail/?id=89&locale=es> Accedido [14-9-15].
- [27] Instituto Nacional de Estadística, *Encuesta sobre equipamiento y uso de tecnologías de información y comunicación en los hogares.*, <http://www.ine.es/prensa/np864.pdf> Accedido [21-7-15].
- [28] Energía y Turismo Ministerio de Industria, *El servicio universal*, <http://www.minetur.gob.es/telecomunicaciones/es-ES/Servicios/InformeUniversal/Paginas/Index.aspx> Accedido [21-7-15].
- [29] Rafael Bravo Toledo; Concepción Campos Asensio, *Medicina basada en pruebas (evidence-based medicine)*, <http://www.infodoctor.org/rafabravo/mbe2.htm> Accedido [21-8-15].
- [30] Ryan Ayers, *History of pbx phone systems*, <http://www.comparebusinessproducts.com/phone-systems/pbx/pbx-101/history-of-pbx-phone-systems> Accedido [21-7-15].
- [31] Xavier Sarrias Lorenz, E. Bardón, and M<sup>a</sup>.L. Vila Paz, *El paciente en pre-diálisis. toma de decisiones y libre elección terapéutica*, Sociedad Española de Nefrología, 2008.
- [32] Andrew McMillan, *Davical*, <http://www.davical.org/> Accedido [10-7-15].
- [33] Consejería de Hacienda y Administración Pública (ed.), *Proyecto hispavoces*, [http://forja.guadalinux.org/frs/?group\\_id=21](http://forja.guadalinux.org/frs/?group_id=21) Accedido [9-7-15].
- [34] Gobierno de la Rioja (ed.), *La opción de la diálisis peritoneal*, <http://www.riojasalud.es/ciudadanos/catalogo-multimedia/nefrologia/la-opcion-de-la-dialisis-peritoneal> [7-7-15].
- [35] Gonzalo Marcote, *Como instalar e integrar festival con asterisk*, <http://www.gonzalomarcote.com/2010/como-instalar-e-integrar-festival-con-asterisk/> Accedido [9-7-15].

- [36] VoIP-Info, *Convert wav audio files for use in asterisk*, [http://www.voip-info.org/wiki/index.php?page\\_id=299](http://www.voip-info.org/wiki/index.php?page_id=299) Accedido [9-7-15].
- [37] VoIP-Info, *ITU G.711*, <http://www.voip-info.org/wiki/view/ITU+G.711> Accedido [10-7-15].
- [38] VoIP-Info, *GSM Codec*, [http://www.voip-info.org/wiki/index.php?page\\_id=122](http://www.voip-info.org/wiki/index.php?page_id=122) Accedido [10-7-15].
- [39] VoIP-Info, *ITU G.729*, <http://www.voip-info.org/wiki/view/ITU+G.729> Accedido [10-7-15].
- [40] Chris Kairalla, *Recording audio for asterisk*, <http://www.itp-redial.com/class/weekly-notes/week2-notes/recording-audio-for-asterisk> Accedido [10-7-15].
- [41] Chuidiang, *Pool de conexiones: Basicdatasource*, <http://www.chuidiang.com/java/mysql/BasicDataSource-Pool-Conexiones.php> Accedido [15-7-15].
- [42] Digium, *What is asterisk?*, <http://www.asterisk.org/get-started> Accedido [8-7-15].
- [43] Eleven-Paths, *Latch*, <https://latch.elevenpaths.com/www/service.html> Accedido [10-7-15].
- [44] Europa Press, *La atención a pacientes crónicos supone el 70% del gasto sanitario del sistema de salud*, 2012, <http://www.diarioinformacion.com/alicante/2012/03/08/atencion-pacientes-cronicos-supone-70-gasto-sanitario-sistema-salud/1231891.html> Accedido [1-7-15].
- [45] Gema Maqueda, *Telemonitorización: El futuro en la gestión de pacientes crónicos*, 2012, <http://www.aunclidelastic.com/telemonitorizacion-el-futuro-en-la-gestion-de-pacientes-cronicos/> Accedido [7-7-15].
- [46] Lluís Bohigas, *La telemonitorización de pacientes en su domicilio*, 2015, <http://www.canaldiabetes.com/la-telemonitorizacion/> Accedido [7-7-15].
- [47] Matt Jordan and malcolmd, *Asterisk wiki*, <https://wiki.asterisk.org/wiki/display/AST/Dialplan> Accedido [8-7-15].
- [48] Sourceforge, *Sox - sound exchange*, <http://sox.sourceforge.net/> Accedido [10-7-15].
- [49] Digium, *What is an ivr system?*, <http://www.asterisk.org/get-started/applications/ivr> Accedido [8-7-15].
- [50] DAViCal, *Installation*, <http://davical.org/installation.php> Accedido [21-8-15].
- [51] Movistar, *Pack teléfono, mantenimiento y servicios*, <http://www.movistar.es/particulares/fijo/servicios/ficha/pack-telefono-mantenimiento-servicios> Accedido [21-7-15].
- [52] UbuntuGuide, *Davical installation*, [http://ubuntuguide.org/wiki/DAViCal\\_tips](http://ubuntuguide.org/wiki/DAViCal_tips) Accedido [21-8-15].
- [53] Varios, *eSalud*, <https://es.wikipedia.org/wiki/ESalud> Accedido [21-8-15].