

**MODELO DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS EN AMBIENTES DOMICILIARIOS
APLICADO A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS MÉDICOS DE MONITOREO A
PACIENTES**

MANUEL ANTONIO VILLAMIZAR CODINA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2018

**MODELO DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS EN AMBIENTES DOMICILIARIOS
APLICADO A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS MÉDICOS DE MONITOREO A
PACIENTES**

MANUEL ANTONIO VILLAMIZAR CODINA

**Trabajo de grado para optar el título de Magíster en Ingeniería de Sistemas e
Informática**

Director

GABRIEL RODRIGO PEDRAZA FERREIRA

Doctor en Ingeniería de Sistemas

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIA

Este trabajo lo quiero dedicar a mi núcleo familiar, mis padres y amigos que apoyaron en todo momento este proyecto de vida.

AGRADECIMIENTOS

A mi director Gabriel Pedraza por estar en cada momento del proyecto.
Al grupo CAGE por ayudarme con los seminarios y reuniones para avanzar en el
proyecto.

Al grupo STI y al profesor Luis Carlos por permitirme ser parte del grupo y
apoyarme en el desarrollo del proyecto.

A los integrantes del grupo STI por su apoyo.

A Eduardo González, Diego Villareal, Julián González, Leidy Guarín, Jenny
Forero, Fabio Montañez, Wilson Prada, Manuel Moreno, Anyon Cadena, Andrés
Bastidas, Alex, Carlos Alvarado, Edson, Laura, Juan, Jethinson Meneces, Jeffer,
John Faber y John Soraca, por utilizar su tiempo en el apoyo de este proyecto.

A la Universidad Industrial de Santander por permitirme continuar con mi proceso
de formación.

A Conciencias por darme la oportunidad de seguir formándome como profesional.

Al departamento del Magdalena por brindarme la oportunidad de continuar mis
estudios.

A Dios principalmente.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	15
1. OBJETIVOS.....	20
1.1 OBJETIVO GENERAL	20
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
2. CONTEXTO	21
3. ESTADO DEL ARTE.....	27
3.1 PROCESO DE REVISIÓN	27
3.1.1 Formulación de la pregunta de investigación.....	28
3.1.2 Resultados obtenidos	28
3.2 ATENCIÓN EN SALUD PARA PERSONAS DE LA TERCERA EDAD ENFOCADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS DE MONITOREO.	31
3.2.1 Contexto de uso del servicio	32
3.2.2 Tipos de usuario.	33
3.2.3 Tipo de datos monitoreados.....	34
3.2.4 Características del servicio	37
3.3 ASPECTOS DE LA GESTIÓN DE DISPOSITIVOS ENFOCADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE MONITOREO.....	41
3.3.1 Dispositivos de Monitoreo	41
3.3.2 Heterogeneidad de dispositivos.	46
3.3.3 Desacoplamiento	48
3.3.4 Dinamicidad	48
3.3.5 Extensibilidad.....	50
3.3.6 Modularidad.	50
3.3.7 Modelos de Comunicación.....	50

3.3.8 Elementos relacionados con el Modelo de Gestión y las tecnologías utilizadas	52
4. CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS Y DISPOSITIVOS.....	57
4.1 SERVICIO OBJETIVO	57
4.2 CARACTERIZACIÓN DEL SERVICIO DE MONITOREO ENFOCADOS EN LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS	59
4.2.1 Identificación de las necesidades iniciales que debe cumplir el servicio de monitoreo	62
5. MODELO PROPUESTO	64
5.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA.....	64
5.1.1 Escenario 1 (un componente aplicativo incorporado en el domicilio de un adulto mayor)	64
5.1.2 Escenario 2 (dos componentes aplicativos diferentes, incorporados en el domicilio de un adulto mayor).	68
5.1.3 Escenario 3 (un conjunto de domicilios, con sus componentes aplicativos asociados a servicios de monitoreo del adulto mayor)	70
5.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS	71
5.2.1 Submodelo de Interacción	73
5.2.2 Diseño y especificación del submodelo descriptivo de las políticas de gestión de los dispositivos.....	83
5.3. DISEÑO DEL MIDDLEWARE	90
5.3.1 Arquitectura lógica del Middleware	90
5.4 ARQUITECTURA FÍSICA DEL MIDDLEWARE	93
5.4.1 MSPV.....	94
6. VALIDACIÓN	95
6.1 PROTOTIPO INICIAL	95
6.1.1 Arquitectura lógica del prototipo.....	95
6.1.2 Tecnologías utilizadas	96
6.1.3 Desarrollo del prototipo	97
6.2 ESCENARIOS DE VALIDACIÓN.....	99

6.2.1 Escenario 1: Inclusión de driver lógico.....	99
6.2.2 Escenario 2: Agregar un sensor a la plataforma.	101
6.2.3 Escenario 3: Enviar datos a la nube	102
6.2.4 Escenario 4: Integridad de los datos.....	104
6.2.5 Escenario 5: Cambio de Implementación de un módulo del aplicativo	106
6.3 VISIÓN DEL SEGUNDO PROTOTIPO.....	108
6.3.1 Arquitectura lógica	108
6.3.2 Tecnologías utilizadas	109
7. CONCLUSIONES	110
8. TRABAJO FUTURO	112
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	113
BIBLIOGRAFÍA.....	120

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Agrupación de actividades.....	36
Figura 2. Agrupación de sensores	46
Figura 3. Modelo RPC	51
Figura 4. Rutina adulto mayor.....	58
Figura 5. Servicio de monitoreo en el domicilio del adulto mayor	59
Figura 6. Servicio de monitoreo en dos domicilios de adultos mayores.....	60
Figura 7. Un número n de domicilios de adultos mayores	61
Figura 8. Distribución física del escenario 1	65
Figura 9. Distribución interna a nivel software	66
Figura 10. Distribución interna con elementos software del escenario 1	67
Figura 11. Distribución física del escenario 2	68
Figura 12. Distribución interna con elementos software del escenario 2	69
Figura 13. Distribución física del escenario 3	70
Figura 14. Distribución del modelo de gestión	72
Figura 15. Distribución de los elementos de interacción.....	74
Figura 16. Esquema publicación-suscripción.....	75
Figura 17. Diagrama de secuencia modelo publicación- suscripción.....	76
Figura 18. Visión general del submodelo de interacción-modelo de comunicación	77
Figura 19. Proceso de registro de dispositivo	79
Figura 20. Procesos de suscripción al tópico de interés	80
Figura 21. Proceso de notificación de cambios de estado y dispositivos nuevos ..	81
Figura 22. Visión general del submodelo de interacción-registro de dispositivos ..	82
Figura 23. Aspectos del proceso de interacción para el desarrollo de servicios	83

Figura 24. Distribución modelo de las políticas de gestión	84
Figura 25. Mecanismos del driver lógico.....	85
Figura 26. Mecanismos del driver lógico 2.....	86
Figura 27. Políticas de administración de protocolos.....	87
Figura 28. Política de verificación de dispositivos.....	89
Figura 29. Arquitectura lógica del Middleware	90
Figura 30. Arquitectura física	93
Figura 31. Diseño del Prototipo.....	96
Figura 32. Tecnologías del Prototipo	97
Figura 33. Contenido del Prototipo	98
Figura 34. Contenido Aplicación Sensor Presencia	99
Figura 35. Carga de sensores sin el driver lógico presencia desplegado	100
Figura 36. Carga de sensor con el driver lógico presencia desplegado.....	100
Figura 37. Lista de Sensores con Registro Completo.....	101
Figura 38. Lista de Sensores con el Sensor Nuevo Desplegado	102
Figura 39. Suscripción al tópico de interés	103
Figura 40. Registro del tópico en el Bróker Mosquitto	103
Figura 41. Recepción de datos publicados en el Bróker	103
Figura 42. Sensor publicando valor fuera de rango	105
Figura 43. Desactivando sensor	105
Figura 44. Persistencia implementación inicial cadena.....	107
Figura 45. Persistencia segunda implementación Json	107
Figura 46. Modificación de archivo que inyecta las dependencias	107
Figura 47. Diseño del prototipo avanzada	109
Figura 48. Tecnologías del prototipo.....	109

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Listado de actividades por elemento.....	18
Tabla 2. Tipos de servicios	21
Tabla 3. Componentes de la calidad de vida	24
Tabla 4. Artículos consultados en revistas y otras fuentes	27
Tabla 5. Listado de actividades dentro de un domicilio.....	35
Tabla 6. Características de los servicios.....	37
Tabla 7. Características iniciales del servicio	40
Tabla 8. Tipos de Servicio	42
Tabla 9. Características sensores fijos	43
Tabla 10. Características sensores portátiles	44
Tabla 11. Características del servicio asociada a las necesidades	62
Tabla 12. Elementos software.....	66
Tabla 13. Listado de desventajas	71

RESUMEN

TÍTULO: MODELO DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS EN AMBIENTES DOMICILIARIOS APLICADO A LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS MÉDICOS DE MONITOREO A PACIENTES.*

AUTOR: Manuel Antonio Villamizar Codina**

PALABRAS CLAVES: Gestión de dispositivos, Internet de las cosas (IoT), arquitectura orientada a servicios, cuidado de la salud en el hogar, Envejecimiento en el lugar “Aging in place”.

DESCRIPCIÓN: El envejecimiento de la población del mundo, según cifras de la Organización Mundial de la Salud-OMS proyecta que para el año 2050, la proporción de adultos mayores pasaría de un 12% a un 22%; en cifras el número de personas de este grupo pasará de 605 millones a 2000 millones [1], estas proyecciones repercuten directamente en la sostenibilidad del sector salud de cada país; por lo que la búsqueda de estrategias que ayuden a afrontar esta temática son relevantes. La incorporación del internet de las cosas “IoT” y estudios enfocados en envejecimiento en el lugar “Aging in Place”, abren un marco amplio para buscar soluciones [2], que permitan a los adultos mayores envejecer en su domicilio, y prevenir o detectar en etapas tempranas complicaciones que son comunes en este segmento de la población [3]. El desarrollo de este proyecto se centró en la definición de un modelo de gestión de dispositivos, que aborda las preocupaciones asociadas a la interacción entre los dispositivos y las aplicaciones, que se despliegan dentro del domicilio de los adultos mayores que viven solos, con el fin de formular una infraestructura abierta que permita la obtención de datos asociados a las actividades de los adultos mayores de una forma desacoplada, dinámica y distribuida; la incorporación de dispositivos con capacidad de sensoramiento en esta infraestructura, está enfocada en la obtención de los datos necesarios para realizar estudios posteriores por parte de especialistas en la salud, que permitan identificar el grado de autonomía que tienen estos al momento de realizar sus actividades cotidianas.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas e Informática. Maestría en Ingeniería de Sistemas e Informática. Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Doctor en Ingeniería de Sistemas

ABSTRACT

TITLE: MODEL OF MANAGEMENT OF DEVICES IN DOMICILIARY ENVIRONMENTS APPLIED TO THE PROVISION OF MEDICAL SERVICES OF MONITORING TO PATIENTS.*

AUTOR: Manuel Antonio Villamizar Codina**

KEYWORDS: device management, Internet of things, Service Oriented Architecture, home health care, Aging in place.

DESCRIPTION: The aging of the world population, according to the World Health Organization projected that by the year 2050, the ratio of elderly people went from 12% to 22%; in figures, the number of people in this group will increase from 605 million to 2000 million [1]; so the search for strategies that help address this issue are relevant. These projections have a direct impact on the sustainability of the health sector in each country. The incorporation of the Internet of Things "IoT" and the "Aging in Place" studies, open a broad framework for finding solutions [2], which allows older adults to age at home, and prevent or detect early complications that are common in this segment of the population [3]. The development of this project focused on the definition of a device management model, which addresses the possibilities of adaptation to devices and applications, which was deployed within the home of the elderly living alone, in order to formulate an open infrastructure that allows obtaining data associated with the activities of older adults in an uncoupled, dynamic and distributed way; the incorporation of devices with sensibility capacity in this infrastructure, is focused on obtaining the necessary data to carry out further studies by health specialists, which allow to identify the degree of autonomy they have when carrying out their daily activities.

* Degree work

** Faculty of Physicomechanical Engineering. School of Systems and Information Engineering. Master's Degree in Systems Engineering and Computer Science. Director: Gabriel Rodrigo Pedraza Ferreira, Doctor in Systems Engineering

INTRODUCCIÓN

La población mundial está envejeciendo de forma acelerada, se prevé según cifras establecidas por la Organización Mundial de la Salud- OMS que la proporción de habitantes del planeta mayor de 60 años entre el 2000 y 2050 se duplicará del 11% al 22%, en cifras el número de personas de este grupo pasará de 605 millones a 2000 millones, este cambio demográfico será más rápido en los países de bajos y medianos ingresos [1]. Entidades como el Ministerio de Salud y Protección Social de Colombia en su informe de *“Envejecimiento Demográfico. Colombia 1951-2020 Dinámica Demográfica y Estructuras Poblacionales”* resaltan el proceso de transición demográfico de envejecimiento de la población; las cifras definidas en este proceso presentan un aumento entre el año 1985 y 2005 de 2.143.109 a 3.815.453 y del año 2005 al 2010 de 3.815.453 a 4.473.447, con un ritmo de crecimiento del 3.18% promedio anual, y para el año 2015 y 2020 se proyecta un crecimiento de la población mayor en un 3.51% y 3.76% respectivamente [4]. Por lo mencionado en el apartado anterior el estado colombiano por medio del Ministerio de Salud y Protección Social desarrolló como estrategia el documento *“Política Colombiana de Envejecimiento Humano y Vejez”* con el fin de promover condiciones que permitan la intervención de los diferentes estamentos del gobierno y las organizaciones sociales involucrados en el proceso, durante el transcurso de la vida de este grupo de la población de una forma satisfactoria y saludable [5].

Entre las metas de la política del apartado anterior se destaca el impulso a la investigación con pertinencia social sobre envejecimiento humano y vejez urbano-rural, tanto a nivel nacional, regional y territorial; para el año 2019 se proyecta la construcción de cuatro centros geriátricos por cada 10.000 personas de 60 años o más y para el año 2024, la formación de 40 geriatras por cada 100.000 habitantes de Colombia, esto con el fin de fomentar un cuidado institucional formal, enfocado en atender desde diferentes sectores el manejo de este grupo de la población

“Adulto Mayor” [5]. El estado ha optado por ofrecer servicios para mejorar la calidad de vida de estas personas, colocando para ciertos casos personal especializado en los domicilios de los pacientes, con el fin de realizar un acompañamiento o prevención de las enfermedades. Sin embargo, esta forma de atención necesita de un gran número de personal capacitado en atención al adulto mayor; por lo que el aumento de este grupo de la población y la alta demanda del personal capacitado, puede generar costos elevados para el sistema general de seguridad social, lo cual podría repercutir en la sostenibilidad económica del sistema [6]; aunque a futuro, con personal capacitado en atención domiciliaria del adulto mayor, los resultados podrían ser mejores, aún sigue siendo un aspecto más importante prevenir las complicaciones u enfermedades de este grupo de la población, que tratarlas [5].

Una de las grandes medidas que quiere lograr la OMS, referente a las estrategias a utilizar por parte de los países de todos los niveles de desarrollo, es hacer hincapié en que el envejecimiento saludable no es solo la ausencia de la enfermedad, sino mantener la capacidad funcional de la población adulto mayor, de tal forma que esta pueda vivir en un mundo favorable con cuidados integrales y centrados en sus necesidades; este mundo favorable empieza propiciando el envejecimiento en el lugar “hogar”, el cual es el entorno donde viven y se desenvuelven como miembros de una comunidad en un ambiente seguro y familiar, en donde su autonomía e identidad son las características más esenciales [7]. Sin embargo, este envejecimiento en el lugar va precedido de una serie de perturbaciones en este grupo de la población, a causa de sus limitaciones físicas o mentales, que conllevan a problemas tales como demencia, depresión [8] o deterioro en su estado de salud; por esta razón preparar estos ambientes con infraestructuras adecuadas puede permitir extender el periodo en el que estos pueden vivir solos [9].

Una forma de solución a estos problemas es tratar de ofrecer mecanismos que permitan a los adultos mayores permanecer en su domicilio siempre y cuando se tenga un nivel de confianza en la capacidad de estas personas para vivir solas la

mayor cantidad de tiempo posible. Para tener este nivel de confianza se deben proveer mecanismos de monitoreo constante de los adultos mayores que viven solos, para determinar si sus capacidades físicas y mentales le permiten seguir una vida normal, sin necesidad de servicios más especializados de atención en salud o acompañamiento en el domicilio. Una alternativa para implementar estos mecanismos de monitoreo es utilizando las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), sobre todo aquellas que han tomado fuerza en los últimos años, como el Internet de las Cosas IoT (por su sigla en inglés); aunque en un inicio el IoT estuvo ligado a procesos de automatización industrial y mecánica, hoy en día se utiliza en muchos otros campos de aplicación como por ejemplo la domótica, transporte [9], salud y bienestar. El Internet de las cosas permite el uso de dispositivos con capacidades de sensoramiento, cómputo y comunicación, los cuales se pueden incorporar al ambiente donde se encuentra la persona o en ocasiones dependiendo de los datos que se quieran obtener, en forma de wearable [9], los cuales son dispositivos que se llevan sobre, debajo o incluido en la ropa de la persona; estos dispositivos con capacidad de sensoramiento pueden registrar, por ejemplo, el número de horas que el adulto mayor duerme o la cantidad de veces que utiliza el baño al día; el análisis de estos datos puede permitir la detección temprana de enfermedades asociadas a las vías urinarias [10], por lo que su utilización puede ser de gran ayuda en la toma de decisiones o estrategias asociadas al bienestar de este grupo de la población.

Los servicios de monitoreo domiciliarios a personas vulnerables de la tercera edad (personas que pueden, o no, necesitar de cuidados especializados), se basan en la hipótesis de que generalmente las personas de este grupo tienen comportamientos bastante regulares y, por lo tanto, es posible identificar cambios en su comportamiento a través del monitoreo de sus actividades cotidianas a largo plazo. Esta apreciación se identificó en la literatura, en trabajos como el del autor N.K. Suryadevara [11], el cual trata de un sistema de ingeniería inteligente basado en datos, que registran las actividades básicas de un adulto mayor en su hogar en

intervalos regulares de tiempo, para evaluar el estado de bienestar del mismo y en el trabajo del autor G.Virone [12], en el cual se hace un análisis de patrones de comportamientos de 22 residentes en un lugar asistido, por medio de un software personalizado para cada uno de los residentes, con el fin de obtener las anomalías en el comportamiento que podrían reflejar cambios en el estado de salud y actuar de forma temprana para prevenir posibles complicaciones que afecten el bienestar del adulto mayor; estos servicios pueden ser utilizados por mecanismos de inteligencia artificial [13], como el aprendizaje computacional o las redes neuronales [14], para identificar anomalías en el comportamiento de una persona, por parte de expertos en diferentes campos como la salud y la psicología [15], de tal forma que estos pueden entonces analizar estas anomalías, para tratar de determinar cambios en sus condiciones de salud [16].

Sin embargo, este tipo de servicios requieren de componentes software que se despliegan en el domicilio de las personas, con el objetivo de recoger los datos de la actividad del adulto mayor de una forma adecuada; estos datos deben ser tratados y transmitidos a las instalaciones donde se realizarán los análisis de desviación. Para realizar estas actividades los componentes software deben interactuar con un conjunto de dispositivos y un número de particularidades propias del servicio, asociados a un número indeterminado de domicilios de adultos mayores que son monitoreados; de forma general se definen algunas de estas actividades en la tabla 1.

Tabla 1. Listado de actividades por elemento

#	Elemento	Lista de Actividades
1	Dispositivo	• Agregar nuevos dispositivos [17]. • Desasociar dispositivos [17] • Agregar nuevos protocolos de comunicación [18] • Manejar diferentes formatos de datos [19].

#	Elemento	Lista de Actividades
		• Actualizar estados de los dispositivos [20] • Verificar el estado del dispositivo [17]. • Obtener datos del dispositivo
2	Domicilio	• Asociar un número indeterminado de usuarios con particularidades propias del domicilio [21]. • Registrar datos de los dispositivos por domicilio [11]. • Configurar dispositivos en cada domicilio [11].

Teniendo presente la problemática del apartado anterior, este proyecto presenta un modelo de gestión de dispositivos que responde a estas características, evitando que los componentes software desarrollados por los proveedores del servicio de monitoreo sean responsables por estas actividades, esto permite que los componentes estén enfocados en las tareas de recolección y tratamiento de datos. Con la definición del modelo de gestión, se plantea que al momento de ser implementado por la capa intermedia entre los servicios de monitoreo y los dispositivos “Middleware”, este se encargará de los aspectos relacionados a la interacción con servicios enfocados en la heterogeneidad de protocolos, dinamicidad en tiempo de ejecución [17] y las políticas asociadas a los diferentes escenarios propios de la interacción.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Definir un modelo de gestión de dispositivos, que permita desarrollar servicios de monitoreo a personas de la tercera edad vulnerables, en sus domicilios, disminuyendo la complejidad de interacción entre los servicios y los dispositivos.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir un submodelo de interacción entre los servicios de monitoreo y el middleware que implemente el modelo de gestión.
- Definir un submodelo descriptivo con las políticas asociadas al manejo de la dinamicidad y heterogeneidad de los dispositivos.
- Caracterizar los dispositivos que pueden ser utilizados y gestionados por el modelo
- Implementar un prototipo del modelo de gestión en el middleware como prueba de concepto que permita la validación del mismo.

2. CONTEXTO

El Sistema General de Seguridad Social en Salud (SGSSS), se fundamenta en el cumplimiento de 3 objetivos básicos: *“Mejorar la salud de la población colombiana y controlar los principales factores que la afectan”*, *“Garantizar el acceso a los servicios de salud para toda la población, sin ninguna discriminación”* y *“Mejorar la calidad y la eficiencia del Sistema General de Seguridad Social en Salud”* [22] (Reporte de resultados del Sistema de Seguimiento y Evaluación de la Protección Social); estos 3 objetivos básicos abordan todo lo referente a la salud de los colombianos, por lo que es de suma importancia atacar temáticas que apoyen al sostenimiento del SGSSS.

Una población identificada de riesgo en el SGSSS es la población de la tercera edad, sobre todo aquella que vive sola en su domicilio; esto se presenta por el alto riesgo que tienen de sufrir accidentes y por los costos elevados asociados a su atención en los centros de salud; es importante resaltar que el aumento de este grupo de la población acarrea grandes retos al SGSSS en cada uno de los aspectos relacionados a las metas del apartado anterior. Actualmente, se identificaron 3 tipos de modelos de atención en el SGSSS para este grupo de la población, estos se especifican en la tabla 2:

Tabla 2. Tipos de servicios

Tipos de servicio	Autonomía del adulto mayor y costos	Descripción	Beneficios	Riesgos
Atención personalizada en los domicilios	Autonomía Muy baja y costos muy altos.	Este modelo de atención se desarrolla en los domicilios de los pacientes, por medio de un número determinado	• Profesional de la salud dentro del domicilio. • Vigilancia 24/7.	• Los materiales complementarios para analizar las condiciones del

Tipos de servicio	Autonomía del adulto mayor y costos	Descripción	Beneficios	Riesgos
		de especialistas, encargados de hacer los chequeos preventivos o tratamientos al adulto mayor de forma continua.	• Ambiente familiar [23]. • Comodidad del hogar [23]. • Ambiente con menor cantidad de patógenos o virus [21]. • Mejor calidad de vida [21].	adulto mayor son limitados [24].
Atención Personalizada no continua en los domicilios	Autonomía baja y costos altos.	Este modelo de atención se presenta cuando se programan visitas a un adulto mayor en su domicilio por parte de un grupo de especialistas, para evaluar la condición actual del mismo; es similar al primer modelo solo que este no se realiza de forma continua [24].	• Visita programada del profesional de la salud dentro del domicilio. • Chequeo o evaluación del adulto mayor durante la visita. • Ambiente familiar. • Comodidad del hogar. • Ambiente con menor cantidad de patógenos o virus [21]. • Mejor calidad de vida. • No exposición de gérmenes	• Poca adecuación de los domicilios para la atención del adulto mayor. • Solo se tiene noción del estado actual del adulto mayor cuando la visita se hace efectiva.

Tipos de servicio	Autonomía del adulto mayor y costos	Descripción	Beneficios	Riesgos
			nosocomiales [21].	
Atención en los hospitales o centros de salud especializados	Autonomía Muy baja y costos muy altos.	Este modelo de atención se presenta cuando un adulto mayor se traslada desde su vivienda, en búsqueda de atención preventiva, chequeos o de tratamientos asociados a su estado de salud a centros especializados [23].	• Profesional de la salud dentro del centro. • Vigilancia 24/7. • Mayor infraestructura tecnológica para atender eventualidades o urgencias asociadas al adulto mayor.	• Ambiente con gran cantidad de patógenos o virus [24].

Los costos asociados a los tres modelos mencionados anteriormente son elevados [21], por lo que plantear y desarrollar otro modelo de atención de menor costo, que permita identificar si el adulto mayor está en condiciones de permanecer en su domicilio de forma autónoma sin cuidados por parte de profesionales, ayudaría a evitar el uso de los modelos de atención antes mencionados en los casos cuando esto no es necesario.

Antes de abordar alternativas asociadas a los modelos de atención, es importante resaltar que la calidad de vida de las personas de la tercera edad, es el principal objetivo del modelo de atención, debido a que la expectativa de vida de las personas de la tercera edad es mayor cuando su calidad de vida es la adecuada; por esta razón se identificaron las áreas que componen la calidad de vida, definidas por la OMS dentro de los aspectos de las personas y más especialmente en la relación de

la satisfacción de las personas de la tercera edad; estas se definen en la tabla 3 [25].

Tabla 3. Componentes de la calidad de vida

#	Área	Elementos asociados
1	Área física	La energía, la fatiga
2	Área psicológica	Sentimientos positivos
3	Nivel de dependencia	Movilidad
4	Relaciones sociales	Apoyo social práctico
5	Entorno	La accesibilidad a la asistencia sanitaria
6	Creencias personales	Significado de la vida

Fuente: Elaboración propia a partir de [25]

Teniendo presente la tabla anterior, la calidad de vida del adulto mayor se puede definir como la percepción que tiene la persona sobre su posición en la sociedad, su estado físico y mental, su nivel de autonomía para realizar sus actividades cotidianas, sus creencias y relaciones personales [26]; esta definición permite evidenciar que el modelo de atención del adulto mayor debe enfocarse en su domicilio, debido a que en este lugar, es donde se puede llegar a obtener esa percepción de calidad de vida, sin embargo, es necesario hacer una evaluación previa del nivel de autonomía del adulto mayor en su domicilio, con el fin de verificar si está en condiciones de vivir solo o, por lo contrario, si es necesario trasladarlo a un centro especializado para su atención.

Durante la revisión se encontró que, en países desarrollados, el aumento de la población adulto mayor, es una tendencia que se ha presentado desde hace varios años; esta conducta abrió la posibilidad de crear nuevos servicios enfocados en el monitoreo de la autonomía de estas personas que viven solas, por medio de la instalación de una infraestructura dentro del domicilio con un número determinado

de sensores y aplicaciones para el procesamiento de los datos de la actividad diaria de las personas; estos servicios han sido desarrollados por una gran cantidad de proveedores, sin embargo, las soluciones ofrecidas se desarrollan de forma vertical, es decir, el software ofrecido por el proveedor del servicio define la lista de dispositivos que se utilizarán y desarrollan los componentes que se encargarán de ejecutar el servicio; por lo que su característica principal es su diseño para un fin específico, y difícilmente puede adaptarse a otras soluciones sin adaptaciones previas realizadas por el mismo proveedor del servicio [27]. Este tipo de servicio es costoso, aunque en menor grado comparado con los modelos de atención mencionados anteriormente, sin embargo, para llegar a un mayor número de personas de la tercera edad, es necesario plantear otras soluciones que no sean difíciles de adquirir y mantener.

Ahora, teniendo presente los apartados anteriores, este proyecto define una infraestructura abierta, en la cual se especifica un modelo de gestión de dispositivos, que al momento de ser implementado por una capa intermedia “middleware”, puede ser utilizado por los proveedores de servicios de monitoreo para realizar la interacción entre las aplicaciones y los dispositivos que pueden ser gestionados. A diferencia de las soluciones verticales su característica principal es que permite la interacción entre cada uno de los elementos sin generar dependencias asociadas a una marca específica de dispositivo o a una única empresa proveedora de servicios de monitoreo, por lo que esto abriría nuevas perspectivas de negocios en la prestación de este tipo de servicios y por consiguiente podría disminuir los costos al hacer más asequible la construcción de los mismos. El modelo de gestión de dispositivos definido aborda una serie de características que son propias de la interacción entre los servicios y los dispositivos, asociados a la heterogeneidad de protocolos, dinamicidad en tiempo de ejecución de los dispositivos y las diferentes propiedades de los dispositivos, como por ejemplo que funcione con batería o de forma inalámbrica, entre otros.

Teniendo presente la infraestructura definida en el apartado anterior, se define el monitoreo de adultos mayores, como un conjunto de servicios dentro de un domicilio, en el cual se despliegan diferentes sensores en objetos y electrodomésticos en puntos estratégicos, con el fin de obtener los datos que resultan de la interacción del adulto mayor con el ambiente “actividades diarias”. Estos servicios son personalizados, es decir dependen de las necesidades o variables que se puedan detectar a partir de los datos suministrados por los sensores, enfocados en el adulto mayor; este aspecto a gran escala busca abarcar una mayor cantidad de adultos mayores que vivan solos, de tal forma que con estudios de los datos por parte de profesionales, se logre disminuir la cantidad de los adultos mayores en los centros especializados, garantizando un espacio adecuado y cómodo que solo le puede brindar su hogar.

3. ESTADO DEL ARTE

3.1 PROCESO DE REVISIÓN

El proceso de revisión se realizó utilizando las palabras claves en español e inglés y las referencias de las citas de los artículos encontrados como resultado de estas; las bases de datos consultadas son ACM, ScienceDirect, IEEE, Springer, Sensors e informes sobre la salud en Colombia y el mundo. Como resultado de la revisión se consultaron un total de 84 artículos, de los cuales 42 permitieron identificar los aspectos de interés necesarios para la ejecución de la metodología y la definición de las preguntas de investigación asociadas a elementos del contexto del proyecto; además se consultaron diferentes sitios web, los cuales aportaron información relevante para el proyecto. La distribución de los artículos en las diferentes revistas o bases de datos se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Artículos consultados en revistas y otras fuentes

Revista Científica	Incluidos	Excluidos
ACM	4	14
IEEE	9	4
ScienceDirect	5	3
Springer	2	13
Sensors	2	3
Otros	20	5
Páginas Web	19	20
Total	61	62

3.1.1 Formulación de la pregunta de investigación. El propósito de este proceso de revisión es identificar las preocupaciones o “concerns” relacionadas al proceso de gestión de dispositivos, desde el aspecto tecnológico de middleware utilizados o desarrollados, para realizar actividades de monitoreo en el domicilio de las personas de la tercera edad. Teniendo presente este enfoque se plantearon las siguientes preguntas de investigación.

P1: ¿Qué características suelen ser abordadas en la construcción de middleware de servicios de monitoreo de actividades diarias, de personas de la tercera edad vulnerables?

P2: ¿Qué problemas técnicos se presentan con los dispositivos utilizados para monitorear las actividades diarias, de las personas de la tercera edad vulnerables?

P3: ¿Qué características tienen los servicios que se implementan en los domicilios para monitorear a las personas de la tercera edad?

3.1.2 Resultados obtenidos. Después del análisis de los artículos y documentos del estado del arte, se identificaron una serie de características referentes a los servicios de monitoreo de los adultos mayores en sus domicilios, estas se detallan a continuación:

- El objetivo principal del servicio es poder ser utilizado por un gran número de personas en sus domicilios [28].
- La tecnología utilizada debe ser de bajo costo [28].
- Los dispositivos utilizados deben estar ubicados en el domicilio de forma no intrusiva, para no vulnerar la intimidad del adulto mayor [28].
- Los dispositivos pueden ser de diferentes proveedores y diferentes protocolos [29].

Lo mencionado anteriormente, evidencia la búsqueda de desarrollos que sean extensibles y estandarizados para facilitar el proceso de integración de diferentes tecnologías; por lo que durante la selección de las características para este proyecto, se tomó esto como aspecto principal [30].

Los diferentes artículos consultados en el estado del arte permitieron analizar desde diferentes perspectivas los aportes y problemáticas asociadas a las preocupaciones relacionadas con las preguntas de investigación, estas se listan a continuación.

P1: ¿Qué características suelen ser abordadas en la construcción de middleware de servicios de monitoreo de actividades diarias de personas de la tercera edad vulnerables?

La información recolectada en la revisión permitió evidenciar que los desarrollos de middleware asociados a servicios de monitoreo del adulto mayor, suelen incluir toda la infraestructura del servicio, por lo que es común que una empresa cree en su totalidad el hardware, software y el servicio que los implementa [31]. Este tipo de desarrollos, aunque cumplen su objetivo, tienden a ser muy costosos y difíciles de integrar con otros servicios o dispositivos de monitoreo.

A continuación, se especifican las características con base en lo planteado en el apartado anterior.

- Los dispositivos desarrollados, suelen ser para uso exclusivo de la aplicación, por lo que sus tecnologías de comunicación y sistemas pueden variar de proveedor a proveedor [30].
- Las aplicaciones soportan un número determinado de protocolos, normalmente los que la empresa utiliza al momento de desarrollar los dispositivos [32].
- Las aplicaciones están diseñadas para controlar solo uno o dos parámetros específicos, por lo que la implementación de más de una aplicación en el domicilio

causaría molestias al usuario, esto se traduce como la “implementación de varios Gateway” [30].

P2: ¿Qué problemas técnicos se presentan con los dispositivos utilizados para monitorear las actividades diarias de las personas de la tercera edad vulnerables? Durante el proceso de revisión se identificaron los siguientes problemas.

- Los dispositivos de monitoreo desarrollados normalmente no pueden ser utilizados por servicios desarrollados por otras empresas, por lo que es común que sean desarrollados para una solución específica y no puedan adaptarse [27].
- Las dispositivos que utilizan batería representan un desafío para la obtención de los datos de forma continua [28].
- Las actividades de mantenimiento suelen ser realizadas por personal técnico de la empresa [28].

P3: ¿Qué características tienen los servicios que se implementan en los domicilios para monitorear a las personas de la tercera edad?

- Los servicios suelen no ser aceptados por los adultos mayores por sentir que son intrusivos [28].
- Los dispositivos más utilizados son las cámaras y dispositivos de captura de audio [28].
- El software que implementa el servicio no permite personalizar el tipo de servicio de monitoreo, por lo que la infraestructura suele ser desarrollada para un solo servicio [30].
- Los servicios ofrecidos son específicos, por lo que se evidencio que las empresas o entidades suelen desarrollar todo con un enfoque propio del servicio y no desde una perspectiva general [28].

Durante la realización del proyecto se identificaron problemas referentes a los aspectos técnicos de las diferentes aplicaciones desarrolladas, asociadas a los servicios de monitoreo de adultos mayores, estos se listan a continuación.

- Los dispositivos utilizados suelen funcionar para una aplicación específica, por lo que integrarlas con otros servicios no se soporta [32].
- Existe un alto número de protocolos de comunicación asociados a los diferentes dispositivos [28], los cuales son utilizados por la plataforma de monitoreo para comunicarse, sin embargo, cuando se necesita agregar uno nuevo, no se soporta.
- La proliferación de sensores y la falta de la adopción de un estándar para su desarrollo, dificulta la integración de estos para diferentes aplicaciones, por lo que es común encontrar dos sensores que realicen la misma acción, pero por su sistema operativo, semántica de los datos o protocolo de comunicación físico, puedan ser completamente diferentes y no puedan utilizarse [28].
- Las aplicaciones poseen una configuración inicial que se mantiene durante todo el funcionamiento, por esta razón al momento de agregar nuevos dispositivos se debe detener, configurar y reiniciar la aplicación, de esta forma no es posible realizar cambios en la composición sobre la marcha; esto es común en arquitecturas SOA [33].
- Las aplicaciones suelen ser desarrolladas para funcionar específicamente con un sensor o grupo de sensores [28].
- Las aplicaciones desarrolladas bajo la arquitectura SOA, están ligeramente acopladas, sin embargo interactuar entre diferentes implementaciones de esta es difícil en la práctica [33].

3.2 ATENCIÓN EN SALUD PARA PERSONAS DE LA TERCERA EDAD ENFOCADA EN LA CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS DE MONITOREO.

Para entender que es la caracterización de servicios de monitoreo, es necesario indicar que el monitoreo esta direccionado a personas de la tercera edad que viven solas, de las cuales se quiere obtener datos asociados a su nivel de autonomía y

eventos que conlleven al deterioro de su estado de salud. Teniendo presente el ambiente donde se desenvuelve el monitoreo, se resaltan 4 aspectos importantes en el proceso de caracterización:

3.2.1 Contexto de uso del servicio. El monitoreo de personas de la tercera edad se presenta en tres contextos, los cuales se definen a continuación:

- **Hospitales o centros de salud:** El monitoreo en este ambiente es constante y se enfoca en las variables relacionadas al estado de salud del adulto mayor, en este ambiente la persona de la tercera edad es considerada un paciente, pues su estado de salud no es el más adecuado, esto se presenta por las diferentes complicaciones o enfermedades que son comunes en este segmento de la población; este modelo de atención se subdivide según el tiempo de duración o complejidad del estado del paciente en atención ambulatoria, atención con internación o atención de urgencias [23]; Dependiendo del tipo de atención el adulto mayor debe permanecer monitoreado en este ambiente hasta que sus complicaciones sean tratadas y su estado de salud mejore, la principal característica que tiene este contexto, es que es sumamente intrusivo pero necesario, ya que el adulto mayor no puede seguir su vida normal si no es tratado medicamente.
- **Centros geriátricos:** El monitoreo en este ambiente es constante y se enfoca en las variables relacionadas al estado de salud del adulto mayor, estilo de vida y a las actividades relacionadas a cuidados especiales como enfermería y otras relacionadas a la forma de vida de los adultos mayores; estos ambientes suelen ser muy usados por personas que no pueden desarrollar sus actividades cotidianas de forma autónoma. La principal característica que tiene este contexto es que la mayoría de los hogares geriátricos no poseen programas novedosos para promover una vejez activa, por lo contrario, se maneja el concepto de disminución casi total de la actividad del adulto mayor [15].

➤ **Domicilio:** Es una modalidad de prestación de servicios de salud extra hospitalaria, que busca principalmente aportar soluciones a los problemas de salud en el domicilio o residencia del adulto mayor [23]. El monitoreo en este ambiente es constante y se enfoca en las variables relacionadas al estado de salud del adulto mayor; estos ambientes suelen ser muy usados por personas que realizan sus actividades de forma autónoma, sin embargo también se utilizan muy frecuentemente para la realización de actividades por parte de profesionales de la salud, asociadas a la protección, curación y rehabilitación de este segmento de la población [24].

Es importante resaltar que los dos primeros contextos mencionados anteriormente, están enfocados en personas que no pueden realizar todas sus actividades cotidianas de forma autónoma, por lo que no pueden vivir sin intervención de terceros (personal especializado en salud), sea por cuidado de su estado de salud o para realizar sus actividades diarias; para las personas de la tercera edad, que aún pueden realizar sus actividades diarias de forma autónoma y su estado de salud les permite vivir sin cuidados especiales, es sumamente necesario prevenir que su estado de salud desmejore; por esta razón el ambiente de ejecución utilizado para el desarrollo de este proyecto, se centra en el monitoreo en el domicilio, sin intervención presencial o intrusiva por parte de personal especializado.

3.2.2 Tipos de usuario. Los tipos de usuarios varían dependiendo del contexto del servicio; sin embargo, este proyecto se centró en el monitoreo de personas de la tercera edad, de las cuales se quiere tener una capacidad de identificar, posible pérdida de la autonomía, que pueda convertirse en un riesgo para su vida, con el fin de permitir un análisis posterior de los datos por parte de expertos [28], de tal forma que estos puedan tomar decisiones, como por ejemplo cambiar el contexto donde se ubica el adulto mayor o intervenir por medio de un profesional para indagar sobre los cambios que están afectando el estilo o calidad de vida del adulto mayor.

3.2.3 Tipo de datos monitoreados. Al momento de indagar acerca de los datos que son obtenidos en los procesos de monitoreo de adultos mayores en su domicilio, se identificaron dos tipos de datos: signos vitales y actividades diarias, estos se definen a continuación.

- **Signos vitales:** Este grupo aborda todas las mediciones de las condiciones fisiológicas de las personas, las cuales se toman utilizando sensores fisiológicos, implementados en dispositivos como tensiómetros para la toma de la presión arterial, electrocardiógrafo digital para registrar los movimientos del corazón, entre otros. Las mediciones de los signos vitales más utilizados en el monitoreo de personas de la tercera edad son: la presión arterial, temperatura corporal, frecuencia cardiaca, respiración y glucosa en sangre [34]; la obtención de estos datos pueden utilizarse para detectar síntomas asociados a enfermedades, sin embargo, a veces es imposible el uso de estos sensores durante todo el día, por lo que los datos recolectados pueden no ser suficientes para realizar el monitoreo.

- **Actividades diarias:** Este grupo de actividades se centra en el estilo de vida de las personas de la tercera edad que viven solas en su domicilio; teniendo presente que gran parte de los adultos mayores posee un comportamiento reiterativo en el desarrollo de sus actividades diarias de la vida cotidiana, se identificaron las siguientes actividades y la acción que desencadena la ejecución de las mismas, las cuales se consideran elementos clave para tener una perspectiva o noción de la calidad de vida y la capacidad funcional propia de cada adulto mayor ver tabla 5:

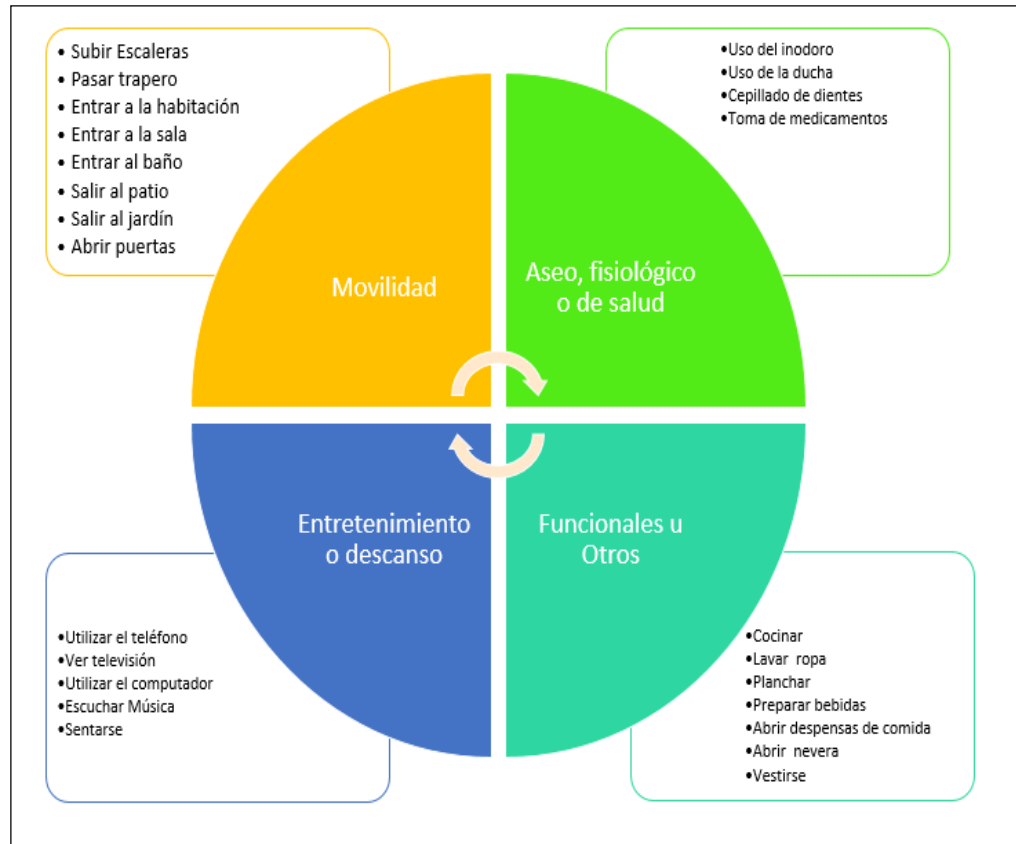
Tabla 5. Listado de actividades dentro de un domicilio

Actividad	Acción
Ver televisión	Encender o apagar
Dormir o descansar	Activo o inactivo
Uso del inodoro	Bajar la palanca o sentarse
Uso de la ducha	Abrir la llave de la ducha
Cepillado de dientes	Utilizar cepillo de dientes
Subir Escaleras	Trasladarse de un lugar a otro
Cocinar	Utilizar utensilios de cocina
Pasar Trapero	Utilizar trapero
Abrir nevera	Apertura de puerta de la nevera
Lavar ropa	Utilización de la lavadora o zona de lavado
Sentarse	Sentarse en una silla o sofá
Entrar a la habitación	Apertura de puertas
Entrar a la sala	Apertura de puertas
Entrar al baño	Apertura de puertas
Salir al patio	Apertura de puertas
Salir al jardín	Apertura de puertas
Abrir puertas o ventanas	Apertura
Utilizar el teléfono	Levantar bocina
Utilizar el computador	Utilizar teclado o elementos del computador
Preparar bebidas	Utilizar utensilios de cocina
Planchar	Utilizar mesa para planchar y la plancha
Toma de medicamentos	Utilizar bandeja dispensadora de medicamentos
Escuchar Música	Encender o apagar el estéreo o equipo de sonido
Vestirse	Apertura de puertas del closet
Abrir despensas de comida	Apertura de puertas de despensas

Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

Estas se clasificaron en cuatro grupos:

Figura 1. Agrupación de actividades



Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

En el desarrollo de este proyecto se seleccionó el monitoreo de actividades diarias, como base para la construcción del submodelo de interacción; es importante resaltar que, para la detección de la actividad que realiza el adulto mayor, es necesario la utilización de un gran número de dispositivos desplegados dentro del domicilio; el trabajo del autor Q. Ni [28] resalta la identificación de actividades por medio del procesamiento de los datos, asociados a los diferentes elementos involucrados en la ejecución de la actividad, sin embargo, el punto central de este

proyecto está enfocado en identificar todos los elementos involucrados en el proceso de gestión de sensores y no en la correlación entre ellos.

3.2.4 Características del servicio. Los servicios de monitoreo de personas de la tercera edad tienen como base principal la obtención y procesamiento de datos, con el fin de proporcionar información útil de las actividades diarias en el domicilio para identificar si el adulto mayor posee un estilo de vida activo [35]; teniendo presente los diferentes datos y la forma como se obtienen, en la tabla 6 se definen las características identificadas.

Tabla 6. Características de los servicios

Servicio y elemento monitoreado	Características	Ventajas y desventajas
Obtención de signos vitales por parte del personal médico en el domicilio del adulto mayor, por medio de la utilización de dispositivos médicos o técnicas manuales.[36]	• Intrusivos, necesitan intervención de terceros (personal médico). • El proceso de obtención de los datos suele ser reiterativo durante el día [28]. • Algunos procesos son manuales [36]. • Los signos vitales más comunes en el proceso de evaluación de los profesionales de la salud son: temperatura corporal, frecuencia respiratoria y presión arterial [36].	Ventajas: • Los signos vitales son útiles para determinar el estado de salud de la persona [28]. • El personal médico está involucrado de forma presencial en el proceso. Desventajas: • El adulto mayor suele percibir que su privacidad está siendo vulnerada [28]. • La toma de signos vitales involucra el interactuar de forma intrusiva con el adulto mayor.
Obtención de signos vitales utilizando dispositivos médicos operados de forma remota, sin la intervención de personal	• Intrusivos en un grado medio o moderado, no necesitan intervención de terceros (personal médico) en el domicilio.	Ventajas: • La captura de los signos vitales puede ser usado para hacer predicción de enfermedades o detección de anomalías [28].

Servicio y elemento monitoreado	Características	Ventajas y desventajas
capacitado en el domicilio del adulto mayor [37].	• Algunos dispositivos son de tipo wearable y se incluyen en la ropa u elementos adheridos al cuerpo [28]. • La intervención de terceros (personal médico) no es presencial, se realiza solo para interpretar los datos, cuando estos son enviados [37]. • Los datos obtenidos aportan información relevante de los signos vitales, de tal forma que se puede tener un detalle de la evolución de la persona de la tercera edad [37].	• La toma de mediciones puede realizarse de forma remota automáticamente, sin intervención de terceros en el domicilio [37]. Desventajas: • Algunos dispositivos se pegan a la piel por mucho tiempo, por lo que usar el sensor puede resultar incómodo [28]. • Se tiene menos control del proceso de obtención de mediciones, esto se presenta al no estar presencialmente en el proceso [37].
Obtención de los datos asociados a las actividades diarias de las personas de la tercera edad, a través de cámaras de video [28].	• Intrusivos en un grado alto, el personal médico tiene en video la información asociada a los eventos que se presentan en el domicilio del adulto mayor [28]. • Se pueden tomar acciones inmediatas en caso de presentarse emergencias en el domicilio [28]. • Los datos obtenidos en video requieren de un análisis posterior, para la identificación de las actividades realizadas por parte del adulto mayor [28]. • Se identifica en un mayor grado anomalías en el comportamiento de las personas de la tercera edad [28].	Ventajas: • El control sobre lo que realiza el adulto mayor, abarca todas las actividades realizadas en su vida diaria dentro del domicilio [28]. • En caso de presentarse una urgencia, se pueden tomar acciones inmediatas cuando el monitoreo es constante. • La información obtenida, del análisis de los datos puede permitir observar el comportamiento del adulto mayor al transcurrir el tiempo en su domicilio [28]. Desventajas • El servicio vulnera la intimidad del adulto mayor, pues todo el tiempo está siendo observado [28]. • Involucra un gran esfuerzo, asociado al tiempo gastado por el personal médico para

Servicio y elemento monitoreado	Características	Ventajas y desventajas
		analizar las actividades realizadas por el adulto mayor [28]. • El comportamiento de las personas varía al sentir que están siendo observados [28]. • El costo computacional para analizar el video es elevado [28]. • Pueden presentarse puntos ciegos que no permiten obtener los datos necesarios para la evaluación del adulto mayor [30].
Obtención de datos asociados a las actividades diarias de las personas de la tercera edad, a través de dispositivos de monitoreo.	• Intrusivos en un grado muy bajo, dependiendo del dispositivo puede pasar inadvertido por la persona de la tercera edad [28]. • Se activan o desactivan sólo cuando el adulto mayor realiza una actividad que involucra el dispositivo. • Los datos obtenidos por los dispositivos aportan información relevante para la identificación de la actividad [28].	Ventajas: • Las secuencias de actividades realizadas por el adulto mayor permiten definir un estilo de vida [28]. • El correcto análisis de los datos obtenidos, pueden ser utilizados para identificar síntomas asociados a enfermedades en el futuro [28]. • Dependiendo del dispositivo, el monitoreo puede realizarse de forma inadvertida por el adulto mayor. • Los datos del monitoreo solo se obtienen cuando se presenta un cambio en el estado del dispositivo; esto permite obtener datos relevantes, asociados a la actividad del adulto mayor [28]. • Los datos obtenidos después de ser analizados pueden permitir observar el comportamiento del adulto mayor al transcurrir el tiempo en su domicilio [28]. Desventajas

Servicio y elemento monitoreado	Características	Ventajas y desventajas
		• La semántica para el manejo de los datos de los sensores no está estandarizada [28]. • La ventana de tiempo entre los sensores para determinar la actividad es compleja [28].

Teniendo presente que para el desarrollo de este proyecto se seleccionó el ítem asociado a las actividades diarias de las personas de la tercera edad, las características iniciales que se tuvieron en cuenta para la definición del servicio se describen en la tabla 7:

Tabla 7. Características iniciales del servicio

#	Características
1	No debe ser intrusivo.
2	Los datos recolectados deben tener un formato definido, que pueda ser interpretado de una forma sencilla para análisis posteriores por parte de expertos.
3	La infraestructura tecnológica debe ser económica para llegar a más usuarios.
4	Los datos deben estar disponibles para realizar consultas.
5	La intervención de terceros debe ser mínima.
6	No se debe vulnerar la intimidad o privacidad del adulto mayor, por lo que el uso de cámaras y grabadoras de audio, no deben utilizarse.
7	El costo computacional no debe ser alto.

Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

Las características iniciales permitieron enfocar el desarrollo del proyecto hacia la obtención de los datos asociados a las actividades diarias de las personas de la tercera edad, a través de dispositivos desplegados en lugares u objetos dentro del domicilio del adulto mayor, también llamados “sensores ambientales”.

3.3 ASPECTOS DE LA GESTIÓN DE DISPOSITIVOS ENFOCADOS EN LA CARACTERIZACIÓN DE DISPOSITIVOS DE MONITOREO.

Para entender que es la caracterización de dispositivos de monitoreo, es necesario indicar que el monitoreo está dirigido a personas de la tercera edad que viven solas, de las cuales se quiere obtener datos asociados a su estilo de vida, que permitan identificar una posible pérdida de autonomía en la realización de sus actividades diarias. Para el desarrollo de este proyecto se especificó que los sensores serían los encargados de obtener los datos asociados a las actividades del adulto mayor, en su domicilio.

A continuación, se da una introducción a los sensores y a los elementos asociados al modelo de gestión desarrollado.

3.3.1 Dispositivos de Monitoreo. Los sensores son dispositivos diseñados para convertir una magnitud física, biológica, química o de otro tipo, a una señal eléctrica que se pueda cuantificar y manipular [38]; existe una gran cantidad de sensores para tomar un sinnúmero de magnitudes en diferentes entornos y con diferentes propósitos.

Al momento de realizar las consultas acerca de la clasificación de los sensores se encontraron clasificaciones por su señal de salida, rango de valores, tipo de variable medida, entre otros [39]; sin embargo, para la caracterización de los sensores

identificados para este proyecto, se tomó como aspecto diferencial la ubicación y la forma como estos interactúan en el ambiente. En la tabla 8 se presenta una clasificación de sensores enfocada en el servicio de monitoreo.

Tabla 8. Tipos de Servicio

Sensor	Medición	Formato de datos
Video cámaras	Acciones humanas, estado del ambiente	Imagen, video
Micrófonos	Detección de voz, otros sonidos	Audio
Sensores binarios	Interacción del usuario con objetos y detección de la ubicación	Categorico
RFID	Objetos e identificación de usuarios	Categorico
Sensor de temperatura, luz, humedad.	Parámetros del ambiente	Serie de tiempo
Wearable sensor inercial	Aceleración y orientación	Serie de tiempo
Wearable sensor de signos vitales	Signos vitales	Señal análoga

Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

Teniendo presente la ubicación del sensor dentro del ambiente en el cual se desenvuelve el adulto mayor, se definen estos dos tipos.

3.3.1.1 Sensores Fijos: Estos sensores se ubican en diferentes zonas de origen o unidos a diferentes objetos dentro del domicilio, con el fin de obtener los datos resultantes de la interacción del adulto mayor con los objetos [28]; algunos de estos sensores se listan a continuación:

- Sensores binarios.
- Sensores de cambio de estado.
- Sensores de movimiento.

- Interruptores de contacto.
- Interruptores de presión.

Las características más representativas de este tipo se especifican en la tabla 9:

Tabla 9. Características sensores fijos

#	Características
1	Su ubicación en el ambiente no cambia.
2	Se asocian o incorporan a un objeto específico de forma fija, este objeto puede ser una ventana, puerta, utensilios de cocina, inodoros, camas, sillas etc.
3	Permiten identificar de forma individual o grupal, para algunos casos la actividad que desarrolla el adulto mayor.
4	Su tamaño es muy pequeño por lo que suelen pasar desapercibidos.
5	La capacidad de cómputo no es alta.
6	Algunos permiten detectar la presencia del adulto mayor en área específica del domicilio

Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

3.3.1.2 Sensores Portátiles: Este tipo de dispositivo suele considerarse wearable, pues depende directamente del adulto mayor y no del ambiente donde se encuentra, estos pueden estar conectados directa o indirectamente a la persona; los datos obtenidos de este tipo de dispositivos suelen estar enfocados en la obtención de signos vitales y, en algunos casos, para la obtención de datos referentes a la movilidad del adulto mayor por medio de sensores inerciales [28].

Las características más representativas de estos sensores se especifican en la tabla 10:

Tabla 10. Características sensores portátiles

#	Características
1	Su ubicación en el ambiente cambia constantemente.
2	Se activa de forma programada o por cambios anormales en la medición del dispositivo, esto se presenta, por ejemplo, en los acelerómetros al momento de detectar una caída producida por un movimiento fuerte del adulto mayor [14].
3	Se incorporan en prendas de vestir, dispositivos o en la piel del adulto mayor [28].
4	El sensor debe estar incorporado en el adulto mayor para funcionar.
5	Dependiendo del tipo de sensor suele ser intrusivo.
6	El sensor está enfocado, normalmente en la obtención de signos vitales [28].

Fuente: Hernando, Q. Ni, A. B. G. and de la Cruz, I. P. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015. Modificado por el autor

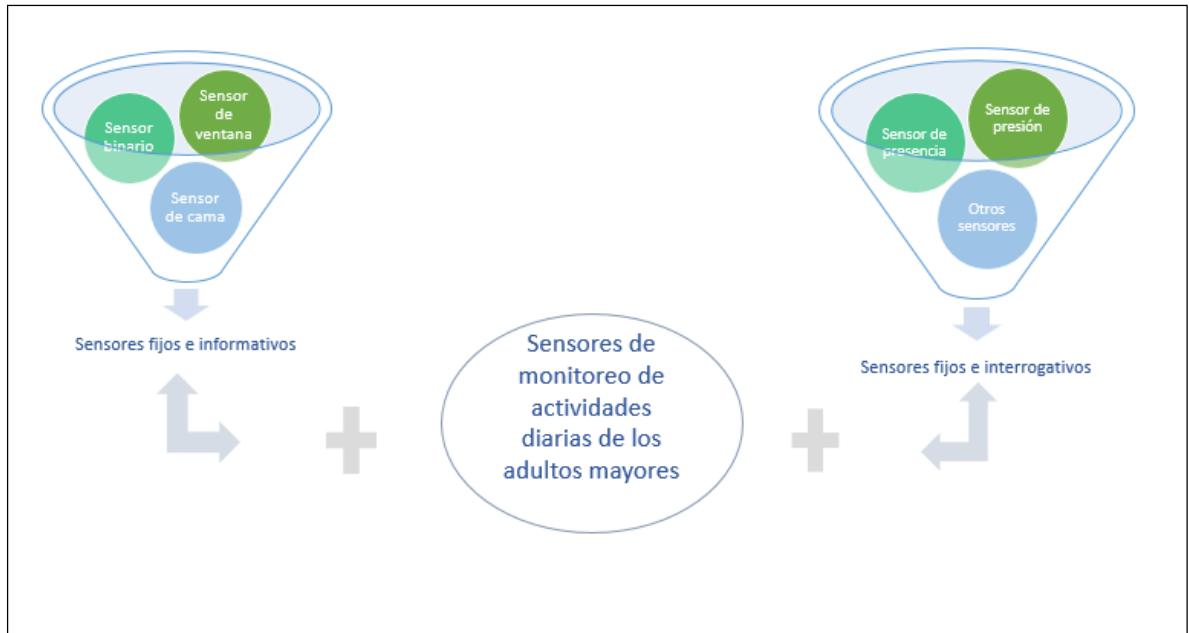
En la literatura existen diferentes clasificaciones de los sensores, que no se definen en este documento, sin embargo, teniendo presente la forma como interactúa el sensor con el modelo de gestión o los driver que utiliza, no se tiene una definición centrada en esa interacción; teniendo presente lo anterior se definen dos tipos de sensores, los informativos y los interrogativos, los cuales están enfocados en la forma como se realiza el proceso de interacción entre los sensores y los elementos que utilizan los datos que estos le suministran. A continuación, se define cada uno de ellos:

3.3.1.3 Sensores informativos: Esta definición se enfoca en la forma como se presenta el flujo de los datos, que son producto de la interacción del adulto mayor en su domicilio con los diferentes dispositivos desplegados en este; un ejemplo de este tipo de interacción puede ser un dispositivo ubicado en una ventana, el cual envía datos cuando el adulto mayor activa el dispositivo al momento de abrir dicho objeto; el flujo de datos hacia las aplicaciones solo se efectúa cuando el dispositivo es activado, por lo que es el dispositivo quien informa la acción realizada; por lo anterior se clasifica como sensor informativo.

3.3.1.4 Sensores interrogativos: Esta definición se enfoca en el evento que activa el envío de los datos por parte del dispositivo; esto se genera cuando un servicio interroga al dispositivo para obtener sus datos. Los dispositivos de este tipo suelen ser usados para controlar y brindar mayor comodidad al residente del domicilio; un ejemplo de este tipo interacción puede ser un sensor de temperatura, que al momento de ser interrogado y evaluado por las aplicaciones, ofrece información útil para determinar si la temperatura del ambiente está por encima de lo normal, y así de esta forma por medio de actuadores (elementos que realizan una acción en el ambiente) dentro del domicilio, realizar acciones para activar el aire acondicionado y regular la temperatura del ambiente; teniendo presente que es la aplicación quien interroga al sensor, se definen como sensores interrogativos.

A continuación, se ilustran algunos sensores fijos involucrados en el proceso de obtención de datos en el ambiente del adulto mayor, los cuales están desplegados en objetos o lugares dentro del domicilio, con el fin de obtener datos de sus actividades diarias. Los sensores portátiles no se abordaron en el desarrollo de este proyecto, pues su enfoque principal suele estar asociado al registro de las actividades ambulatorias y señales fisiológicas [28] y, muy poco a las actividades diarias (ver figura 2).

Figura 2. Agrupación de sensores



3.3.2 Heterogeneidad de dispositivos. La heterogeneidad se centra en la forma como se aborda la diversidad de los dispositivos y la comunicación entre ellos, de tal forma que sus características sean las adecuadas para poder ser gestionados. El autor Escoffier define la heterogeneidad como una amplia gama de aparatos, protocolos de comunicación, tecnologías de software que en consenso deben ser compatibles y uniformes [29]. La gestión de la heterogeneidad en ambientes de servicios médicos se ha abordado en unidades de cuidados intensivos con el proyecto del autor Vijay, G [20], el cual utiliza un coordinador Zigbee para el proceso de gestión de cada uno de los dispositivos; de forma muy similar el proyecto del autor Young Guk [40], resalta la utilización de un encargado de la integración dinámica de dispositivos para la gestión de los mismos-DDIM.

Se definieron tres tipos de heterogeneidad de dispositivos, estos se indican a continuación:

Mono protocolo: El modo mono protocolo se define como el mecanismo utilizado para la comunicación de un servicio (o aplicación) con un conjunto de dispositivos por medio de un solo protocolo, como Xbee, Zigbee, UPNP, Bluetooth o el estándar “Personal Health Data”, desarrollado para dispositivos médicos. La gestión de dispositivos utilizando solo un protocolo de comunicación de bajo nivel para el funcionamiento del servicio o un estándar como el “Personal Health Data”, se han abordado en investigaciones que tuvieron la finalidad de incorporar una red de dispositivos Zigbee dentro de una casa, del autor Young Guk [40], utilizar WIFI para el intercambio de datos, del autor El Kaed,c [41] o generar pruebas para verificar el correcto funcionamiento del estándar, en el marco de trabajo del autor Yu, L [42].

Multiprotocolo cerrado: La definición de multiprotocolo cerrado hace referencia a la utilización de un número determinado de protocolos soportados y predeterminados para la comunicación entre los servicios y los dispositivos. Actualmente existen investigaciones como la del autor Singh, V [43], en la cual se aborda la problemática asociada a la heterogeneidad de protocolos en la gestión de dispositivos, en las que se expresa la complejidad de la interacción cuando se permiten múltiples protocolos y los esfuerzos realizados por crear un estándar relacionado al IoT en un futuro cercano.

Multiprotocolo extensible: La definición de multiprotocolo extensible, hace referencia a la utilización de un número de protocolos soportados para la comunicación entre servicios y los dispositivos, el cual puede aumentar según sea necesario la incorporación de un nuevo protocolo. Por esta razón, se debe contar con un modelo que permita agregar más protocolos a la lista de protocolos soportados; sin embargo, esto aumentaría la dificultad al momento de gestionar los dispositivos debido al componente dinámico que se debe implementar para incorporar o actualizar nuevos protocolos. En el trabajo del autor Bardin, J [17], se expresa la consideración de desarrollar un marco de trabajo para permitir agregar de forma ágil nuevos protocolos en tiempo de ejecución.

3.3.3 Desacoplamiento. El desacoplamiento se basa en la idea de que los componentes que conforman un sistema, en determinado momento pueden ser reemplazados, eliminados o reutilizados en otros entornos [44]; esta característica hace parte del modelo de gestión por medio de la utilización de tecnologías que permitan reemplazar componentes o módulos a través de la implementación de un patrón de diseño que permite este desacoplamiento.

3.3.4 Dinamicidad. La dinamicidad se enfoca en el comportamiento que pueden tener los elementos de un sistema que, en su funcionamiento, cambian constantemente en tiempo de ejecución; esto se presenta con frecuencia en servicios que utilizan dispositivos que pueden cambiar su ubicación constantemente o que funcionen con batería, como, por ejemplo, los wearable utilizados para el monitoreo de personas de la tercera edad, los cuales, al estar adheridos a la ropa o las personas, pueden cambiar de ubicación en un momento determinado o no funcionar debido a la carga de la batería [28], entre otros posibles eventos. Abordar la dinamicidad en sistemas de monitoreo, permite tener un mayor número de dispositivos distribuidos en el domicilio para la obtención de datos relevantes de las actividades realizadas por el adulto mayor y controlar el ambiente cambiante dentro del domicilio.

Se identificaron tres tipos, estos se definen a continuación:

No se soporta: La definición de no se soporta, esta direccionado a definir en que momento el mecanismo de gestión (o aplicación) no puede asumir la dinamicidad de un dispositivo en el instante en el que este deja de estar o funcionar en el ambiente de ejecución. Esto se presenta regularmente, en el momento en el que un dispositivo, debido a un desperfecto técnico, deja de funcionar y se quiere reemplazar por otro, pero este proceso no es soportado por la aplicación, debido a que no logra interpretarlo o no tiene la opción de agregarlo en el ambiente de ejecución. El sistema basado en micro controlador de un solo chip, del autor M.

Fezari [45], trata acerca de un dispositivo que permite leer y analizar los datos de la señal del corazón, sin embargo, una de las dificultades que presenta es no permitir el manejo de la dinamicidad al momento de realizar la incorporación de nuevos dispositivos, por lo que solo utiliza un sensor de presión sanguínea y uno de temperatura, que al momento de no funcionar correctamente pasa al estado no se soporta y deja de funcionar.

Modo degradado: En modo degradado, los mecanismos de gestión o las aplicaciones asumen la dinamicidad de los dispositivos como pautas para la disponibilidad de los servicios [40]; por esta razón cuando el dispositivo deja de estar en el entorno de ejecución, por problemas de batería o rango de detección por un tiempo determinado, se establece si el servicio puede funcionar sin el dispositivo afectado.

Modo reemplazo: En este modo la gestión realizada por los mecanismos o aplicaciones, esta direccionada a manejar la dinamicidad de los dispositivos de una forma amplia, utilizando servicios que permiten desasociar, actualizar, reemplazar y agregar nuevos dispositivos sin detener el servicio, a diferencia del modo anterior este si permite incorporar nuevos dispositivos, permitiendo un mejor manejo de la dinamicidad. En el trabajo desarrollado por el autor Vijay, G [20], se reciben paquetes periódicamente en los cuales se informa el perfil del dispositivo y sus características, en los casos cuando el perfil no es enviado por ausencia o porque no funciona el dispositivo, este es eliminado del registro; en el proyecto del autor Alamo, J [33], se implementa el modo reemplazo creando un nuevo proxy por cada dispositivo, y destruyéndolo por medio de un coordinador que recibe perfiles periódicamente en formato XML.

3.3.5 Extensibilidad. Es un fundamento de diseño que tiene presente el crecimiento futuro de la infraestructura o sistema de información [46]; en esta se definen elementos que permiten la modificación o creación de elementos que no existían inicialmente con el objetivo de adaptarse a los cambios en el tiempo. Un ejemplo de esta consideración es tener una infraestructura definida de monitoreo asociada a 2 cuartos, una cocina, una sala, un baño y, después de un tiempo, se construyó una sala de entretenimiento; el sistema debe contemplar ese tipo de posibilidades, lo cual implica definir un mecanismo para realizar la extensibilidad asociada a esos nuevos escenarios.

3.3.6 Modularidad. Es una capacidad que debe tener la plataforma para identificar los elementos que la componen de una forma independiente, con el fin de poder reemplazar módulos que están desacoplados por otros que posean cambios en las especificaciones. Esta propiedad permite ver la plataforma como la unión de varias partes que interactúan entre sí [47], mas no dependientes una de otra.

3.3.7 Modelos de Comunicación. Existen varios modelos de comunicación, sin embargo, para este proyecto se analizaron los basados en interfaces funcionales y publicación-suscripción; estos se definen a continuación:

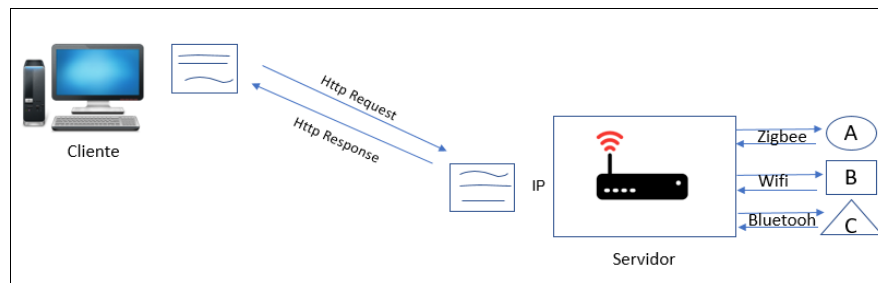
Basado en Interfaces funcionales: Las interfaces funcionales son aquellas en las que se definen métodos, para la interacción entre servicios y los elementos pertenecientes al proceso de gestión de los dispositivos. Su objetivo principal es brindar la información de los diferentes métodos que pueden ser utilizados. En el trabajo del autor Khemaja, M [48], se presenta la creación de una arquitectura de aplicaciones, que utiliza interfaces funcionales, para la ejecución de los procesos del servicio, desplegadas en una plataforma Android; en otro ejemplo, se presenta el marco de trabajo del autor Gillian, N [49], en el cual se utiliza una red de pantallas digitales para exponer sus funciones asociadas al intercambio de datos, configuración, instalación y actualización de protocolos entre otros.

En las interfaces funcionales, los dispositivos tienen asociados métodos que permiten identificar qué tipo de dispositivo es, su estado y las diferentes funciones que este brinda, por lo que las arquitecturas orientadas a servicios (SOA), brindan una forma bien definida de exposición e invocación de servicios [50], por medio de la utilización de las interfaces funcionales.

En el marco de trabajo [33], definido por el autor J.M.R Álamo y la propuesta de J. Bardin en [17], utilizan diferentes implementaciones SOA para definir cada uno de sus servicios de monitoreo.

Un modelo de comunicación muy conocido, que tiene como base las interfaces funcionales es RPC (llamada a procedimiento remoto, por su traducción al español), el cual funciona por medio de un llamado a un procedimiento para invocar servicios sobre recursos remotos en lugar de mensajes [51]. Para que el RPC funcione se debe desarrollar una API que permita acceder al procedimiento remoto, para luego poder utilizarlo; en la figura 3 se ilustra este modelo de comunicación.

Figura 3. Modelo RPC



Basado en publicación-suscripción: la publicación-suscripción es la forma de comunicación entre las aplicaciones y los dispositivos por medio de la utilización de un Bróker (nodo central encargado de recibir y hacer el envío de los datos), el cual

recibe las suscripciones de las aplicaciones a unos tópicos previamente definidos, para posteriormente recibir las publicaciones de los datos que se generen hacia ese tópico; por lo que las aplicaciones solo reciben los datos asociados a sus tópicos de interés. El envío de datos basado en servicios de publicación-suscripción se ha abordado en algunas investigaciones durante los últimos años; el artículo del autor Alamo, J [33], presenta un método mejorado de publicación-suscripción en la capa de aplicación para IoT, como alternativa para obtener los datos cada vez que estos se actualicen y enviarlos a los suscriptores interesados. Este tipo de comunicación se utilizó como base para la comunicación entre los dispositivos y las aplicaciones en el desarrollo del modelo de gestión.

3.3.8 Elementos relacionados con el Modelo de Gestión y las tecnologías utilizadas

Middleware: es la capa intermedia que se sitúa entre un sistema operativo y las aplicaciones que se ejecutan en él [52]; para el desarrollo de este proyecto el middleware es elemento que implementa el modelo de gestión de dispositivos y toda su interacción asociada a las diferentes características especificadas en los dos submodelos, el de “Interacción” y el de las “Políticas de gestión”. El propósito del middleware es garantizar un desacoplamiento de los componentes del modelo de gestión.

- **Gateway:** es una puerta de enlace, utilizada para conectar mediante protocolos arquitecturas diferentes, de diversas redes informáticas y por todo tipo de hardware y software [53].
- **Código funcional:** es el código desarrollado para ejecutar la función propia del servicio, es decir es la esencia del servicio mismo, por esta razón aquí se definen todas las funciones que el servicio de monitoreo del adulto mayor debe brindar, asociadas al manejo de los datos obtenidos de los sensores ubicados dentro del domicilio.

- **Código no funcional:** es el código desarrollado para ejecutar las funciones de bajo nivel, asociadas a la gestión de los dispositivos (obtención de datos, detección de sensores, políticas de gestión, comunicación, persistencia entre otros), en relación con las actividades diarias del adulto mayor.
- **Administrador de la configuración:** es el usuario encargado de ingresar la información de configuración de los dispositivos al middleware que implementa el modelo de gestión, este proceso es realizado por medio de una interface.
- **Tópico:** es un elemento de interés definido por el administrador de la configuración, para la asociación del dispositivo con el Bróker, con el fin de realizar la publicación de los datos que luego son enviados por el Bróker a las aplicaciones suscritas al mismo tópico.
- **Proveedores de servicios:** son los encargados de definir el servicio de monitoreo que es ofrecido al adulto mayor [28].
- **Driver lógico:** es un elemento software que contiene un driver general para detectar los dispositivos y un driver específico para interpretarlos.
- **Proveedores de dispositivos:** son las empresas encargadas de construir los diferentes sensores utilizados para el monitoreo de adultos mayores.
- **JVM:** es la máquina virtual de java donde corre la plataforma.
- **OSGI-EQUINOX:** desde el punto de vista del código, equinox es una implementación de la especificación del marco de trabajo de OSGI (open services gateway initiative) [54]. OSGI es la base del middleware definido en la arquitectura física; esta tecnología brinda dos características; la primera es la modularización de aplicaciones java por medio de un sistema de unidades de

despliegue, conocidas como bundles y la segunda es la implementación de un modelo soc (service oriented computing), que permite implementar el patrón de uso de servicios y ofrece un nivel muy alto de desacoplamiento, a través de un intermediario conocido como bróker [33].

- **iPOJO**: Es un framework que simplifica el desarrollo de aplicaciones sobre la plataforma OSGi; este permite que los servicios a utilizar en OSGi sean fácilmente descritos, desarrollados, desplegados, publicados y utilizados, obteniendo los beneficios de la plataforma SOC ofrecida por OSGi, al tiempo que disminuye la complejidad del código a desarrollar para crear los servicios y las aplicaciones [29]; los cuales pueden ser desplegados, actualizados y desinstalados en tiempo de ejecución.
- **Event Admin**: es un componente que permite la comunicación entre las aplicaciones y los dispositivos por medio del modelo de comunicación publicación-suscripción.
- **Eclipse Paho-MQTT**: Es una implementación de un cliente MQTT (Message Queue Telemetry Transport), de código abierto del modelo de comunicación publicación- suscripción, para aplicaciones basadas en IoT [33].
- **JAVA**: se seleccionó como lenguaje de programación por ofrecer características, de modularidad, portabilidad, orientado a objetos, por ser uno de los más utilizados en arquitecturas embebidas, por su bajo costo computacional y por permitir arquitecturas orientadas a servicios y a cambios en tiempo de ejecución, los cuales son pautas establecidas en la caracterización del servicio.
- **EVENTBUS**: es la implementación de un bróker de mensajería que utiliza un modelo de comunicación publicación-suscripción de forma no general, en este se define un tipo de objeto de interés por parte de los suscriptores, que al momento

de ser publicado por el sensor en el bróker reciben los datos, este proceso no requiere que los componentes se registren [55].

- **Patrón Factory:** es un patrón de diseño utilizado en el proyecto para crear instancias de objetos de otras clases, con el fin de crear módulos desacoplados asociados a diferentes implementaciones de una clase común [56].
- **Inyección de dependencias:** es un patrón de diseño para extraer responsabilidades a un componente para delegarlas en otros [57]; para este proyecto se utiliza con el fin de manejar diferentes implementaciones de una forma modular, por lo que solo con cambiar en el archivo de configuración en el ítem donde se realiza la inyección de la dependencia, su implementación cambia; esto es posible gracias a la utilización de interfaces.
- **Interfaces:** son clases que contienen solo la firma de los métodos y sus propiedades, sin definir su implementación [58]; este elemento se utilizó en el proyecto con el fin de permitir el uso de diferentes implementaciones de esa interface, de esta manera no se define una sola implementación dependiente para realizar algún proceso.
- **NODE-RED:** es una herramienta de programación enfocada en permitir la conexión entre dispositivos y la API en el ambiente IoT [59]; para este proyecto se utilizó con una aplicación que recibe los datos que se publican en los tópicos del servidor Mosquitto, con el fin de implementar elementos que obtienen información en tiempo real de la actividad del adulto mayor en el domicilio.
- **Event Admin:** es el modelo de comunicación de publicación-suscripción utilizado para los proyectos que se desarrollan bajo OSGi.

- **Bundle:** es la unidad de despliegue que representa cada uno de los componentes del modelo de gestión de dispositivos en forma de servicio; estos son considerados como pequeños proyectos que funcionan de forma independiente el uno del otro, pero en un ambiente de ejecución común.

4. CARACTERIZACIÓN DE SERVICIOS Y DISPOSITIVOS

4.1 SERVICIO OBJETIVO

La definición del servicio se centra en el monitoreo de personas de la tercera edad en estado de vulnerabilidad, que viven solas y de las cuales se tenga la necesidad de identificar si están en la capacidad de desarrollar sus actividades diarias de forma autónoma, sin requerir una atención especializada en centros de atención en salud o personal médico de acompañamiento en su domicilio. Los servicios de monitoreo se basan en la hipótesis de que las actividades diarias de una gran proporción de personas de la tercera edad tienen comportamientos uniformes, por lo cual existe la posibilidad de detectar anomalías o desviaciones en el comportamiento a través del monitoreo de dichas actividades.

La figura 4 ilustra a un adulto mayor dentro de un domicilio realizando sus actividades de forma cotidiana y sin monitoreo; en este ambiente no se pueden tener datos asociados a las actividades realizadas por el adulto mayor, por esta razón no se podría establecer si esa persona tiene las capacidades de desempeñar sus actividades diarias de forma normal.

Figura 4. Rutina adulto mayor

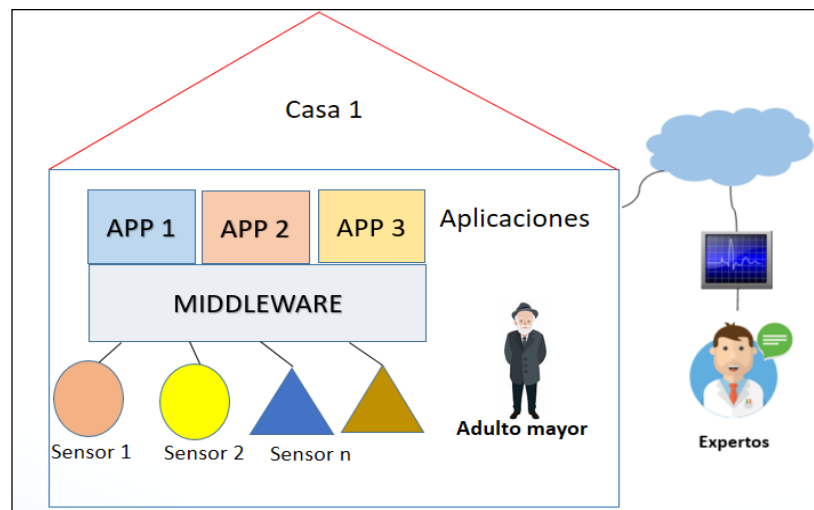


Ahora en condiciones idóneas una persona de la tercera edad puede realizar un gran número de actividades sin colocar en riesgo su estado de salud, sin embargo, no se puede obtener los datos de ellas, por lo que en muchas ocasiones para evitar poner en riesgo la salud del adulto mayor, este es enviado a un centro geriátrico o en otros casos, se establecen cuidados por parte de personal especializado en el domicilio del adulto mayor para tener más datos del estado de salud del este. El incorporar personas para realizar los cuidados de salud de estas personas, acarrea problemas con la intimidad del adulto mayor, que pueden repercutir en el estado de ánimo y de salud de este.

Para este proyecto se desarrolló un modelo de gestión de dispositivos con el fin de obtener los datos de las actividades diarias del adulto mayor de la forma menos intrusiva posible. La figura 5 ilustra un domicilio de un adulto mayor que vive solo, con un conjunto de sensores ubicados estratégicamente para obtener los datos de las actividades que se realizan de forma autónoma por el adulto mayor. El modelo desarrollado define un conjunto de elementos que son necesarios para el correcto funcionamiento entre las aplicaciones y los sensores, los cuales se representan en la figura 5, en la capa del middleware. El middleware será el encargado de realizar el proceso de interacción entre los dispositivos y las aplicaciones que se encargan

de brindar los diferentes servicios por medio de la implementación del modelo de gestión. Los datos obtenidos de los sensores por parte de las aplicaciones pueden ser utilizados por especialistas o expertos para realizar estudios e identificar cómo evoluciona el estado de salud de la persona, al transcurrir el tiempo.

Figura 5. Servicio de monitoreo en el domicilio del adulto mayor



4.2 CARACTERIZACIÓN DEL SERVICIO DE MONITOREO ENFOCADOS EN LA UTILIZACIÓN DE DISPOSITIVOS

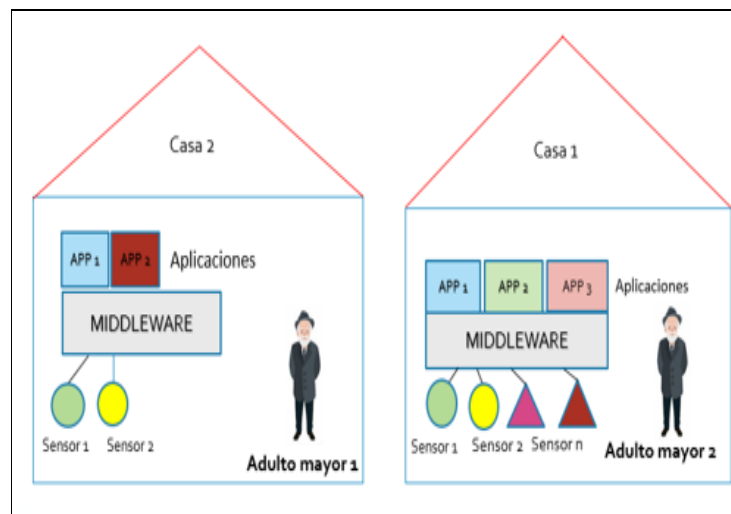
En el capítulo de la revisión de la caracterización se identificaron las características que se tuvieron en cuenta para el desarrollo del modelo, estas se mencionan a continuación:

- El contexto de uso del servicio es el domicilio.
- Los usuarios son las personas de la tercera edad que viven solas en su domicilio
- El elemento monitoreado es la actividad diaria del adulto mayor.

- Ubicación del sensor de forma fija.
- La interacción del sensor de forma informativa e interrogativa.

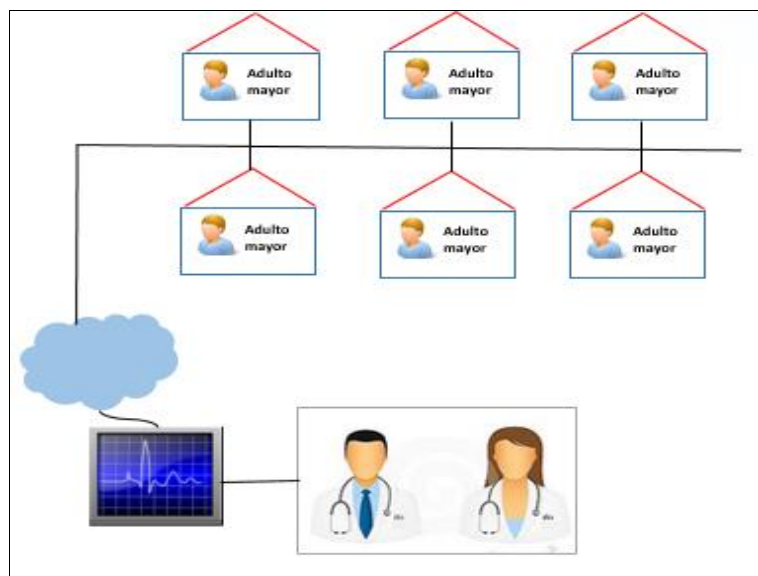
El modelo de gestión contempla la agregación de las aplicaciones y sensores dependiendo de los requerimientos del adulto mayor, por lo que las aplicaciones o servicios se pueden personalizar dependiendo de las necesidades asociadas al desarrollo propio de sus actividades diarias, enfocados en permitir o dar paso a la extensibilidad del modelo. La figura 6 ilustra dos domicilios con diferentes servicios o aplicaciones y un número de sensores que son de diferente tipo, esto con el fin de ilustrar las particularidades que se puede presentar en los domicilios al momento de instalar los servicios de monitoreo; esta característica “extensibilidad” detectada en la literatura apunta a un desarrollo de módulos autónomos [46], que permitan un desacoplamiento de los elementos involucrados en el proceso de monitoreo, por esta razón se hace necesario el uso de interfaces para la incorporación de esta característica en el modelo y de igual forma el desarrollo modular, para realizar monitoreos a un mayor número de adultos mayores, enfocados en sus particularidades.

Figura 6. Servicio de monitoreo en dos domicilios de adultos mayores



La figura 7 ilustra un número “n” de domicilios de adultos mayores que son monitoreados por expertos en la salud, con el fin de identificar e intervenir, por medio del análisis de los datos provenientes del middleware que implemente el modelo de gestión de dispositivos, los cambios en el comportamiento asociados al desarrollo de las actividades cotidianas del adulto mayor.

Figura 7. Un número n de domicilios de adultos mayores



Para el desarrollo del modelo de gestión asociado a la caracterización de este servicio, es necesario abordar características como la dinamicidad, heterogeneidad e interacción, que son resultado del producto de la relación entre los sensores, aplicaciones y el middleware; teniendo presente lo anterior se definen en el modelo de gestión de dispositivos dos sub modelos, el primero asociado a la interacción y el segundo asociado a las políticas de la gestión de los dispositivos, estos se abordan en el siguiente capítulo.

La caracterización de los dispositivos se enmarca en el ambiente del domicilio como aquellos elementos (sensores) que se ubican en las puertas, ventanas, camas, electrodomésticos u espacios dentro del domicilio del adulto mayor, que tiene la capacidad de poder ser interrogados y verificados para conocer su estado actual y obtener los datos de los mismos; el modelo desarrollado plantea una serie de elementos software que permiten hacer extensible la utilización de un gran número de dispositivos que utilicen diferentes protocolos, sin embargo solo se tendrán en cuenta los dispositivos fijos, no intrusivos definidos en el estado del arte.

4.2.1 Identificación de las necesidades iniciales que debe cumplir el servicio de monitoreo. Para definir las necesidades del servicio de monitoreo, se identificaron una serie de características en la revisión del estado del arte, asociados a la incorporación de nuevos dispositivos y al manejo de los datos obtenidos por estos; a continuación, se detallan en la tabla 11.

Tabla 11. Características del servicio asociada a las necesidades

Nombre	Definición
Recopilación de datos	Es necesario incluir sensores en diferentes partes u objetos dentro del domicilio, para obtener la mayor cantidad posible de datos asociados a las actividades del adulto mayor [28].
Persistencia de los datos de los sensores	Los datos obtenidos deben guardarse en un repositorio de datos, para tener un respaldo de estos.
Verificación de estado de los sensores	El estado activo o inactivo del sensor debe ser conocido por el proceso de gestión.
Sensores	El modelo de gestión debe permitir incluir nuevos sensores.
Protocolos de comunicación	El modelo de gestión debe permitir incluir nuevos protocolos de comunicación.
Servicios	El modelo de gestión debe permitir incluir nuevos servicios dependiendo de las necesidades del adulto mayor [28].
Configuración del ambiente asociado a los sensores	La configuración del ambiente debe estar contemplado en el proceso de gestión.

Nombre	Definición
Capacidad de reacción o adaptación del monitoreo en tiempo real	Las políticas asociadas a los cambios en el ambiente deben estar contempladas en el proceso de gestión [17].
Estado del servicio de monitoreo	El servicio de monitoreo debe permitir cambiar su estado actual, dependiendo de las condiciones de su entorno; estos cambios se presentan por ejemplo cuando el servicio tiene asociado un número determinado de sensores por medio de un tópico y uno de esos sensores que es considerado como principal para su funcionamiento, es notificado como ausente por el modelo de gestión al servicio, después el servicio cambia su estado a inactivo; pero en caso de ser uno de los sensores que no son principales, el servicio debe quedar en modo degradado, es decir que funciona pero con limitaciones.

5. MODELO PROPUESTO

Este capítulo del documento consta de dos secciones; en la primera sección se ilustra el análisis del problema asociado a las preocupaciones que se presentan al realizar el proceso de gestión de dispositivos, enfocado en el monitoreo de adultos mayores en su domicilio; en la segunda sección se muestra la construcción del modelo que plantea una solución a la problemática de la primera sección.

5.1 ANÁLISIS DEL PROBLEMA

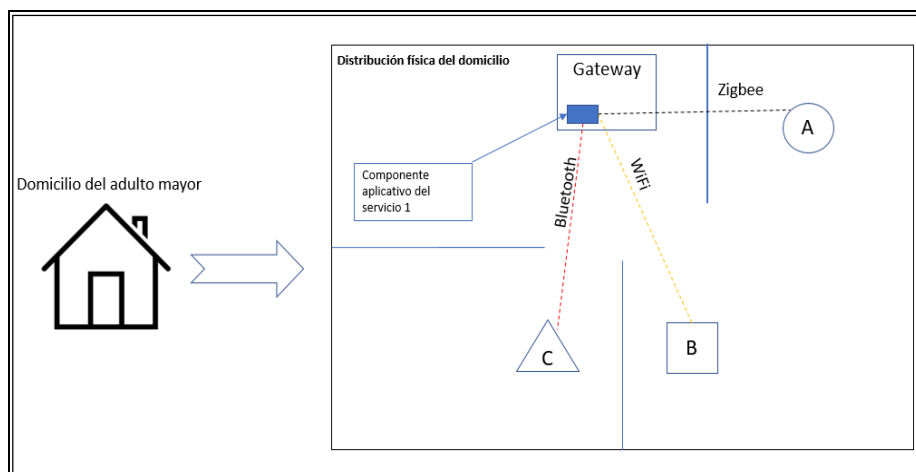
Para entender el problema, es necesario definir unos escenarios, que contienen una serie de aspectos relacionados, a la forma como se atacan las preocupaciones del proceso de gestión de dispositivos. Durante el paso de un escenario a otro, el nivel de complejidad asociado a las preocupaciones va aumentando, con el fin de dar paso a la construcción del modelo que se fija en la definición del tercer escenario. A continuación, se definen los escenarios.

5.1.1 Escenario 1 (un componente aplicativo incorporado en el domicilio de un adulto mayor). En el primer escenario, un adulto mayor es monitoreado por un conjunto de sensores de diferente tipo, que están desplegados en su domicilio, los cuales son gestionados por un componente aplicativo que corre dentro de un Gateway. En la figura 8 se ilustra la distribución física de este escenario y los elementos asociados que la componen; estos se definen a continuación.

- Sensores (A, B, C): son diferentes tipos de sensor, encargados de obtener los datos de la actividad diaria del adulto mayor.

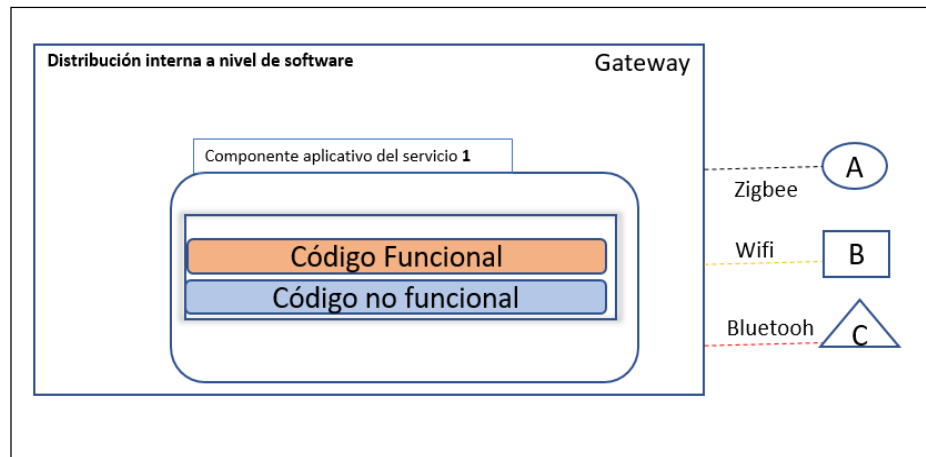
- Protocolos de comunicación (Zigbee, 802.11 utilizado por Wifi, Bluetooth): son los protocolos utilizados para realizar el envío de los datos al Gateway que contiene el componente aplicativo del servicio.
- Componente aplicativo del servicio 1: Es el elemento que contiene el código funcional y el código no funcional necesarios para la ejecución del servicio.

Figura 8. Distribución física del escenario 1



Ahora, después de definir los elementos de la arquitectura física del escenario 1, es necesario hacer una abstracción a nivel de software del componente aplicativo del servicio 1 (ver figura 9), con el fin de identificar cuales elementos lo componen.

Figura 9. Distribución interna a nivel software



En la figura 10, el componente aplicativo del servicio 1 hace uso de dos cosas, un código funcional, que hace referencia a la esencia del servicio, y un código no funcional, que aborda las preocupaciones asociadas al proceso de gestión.

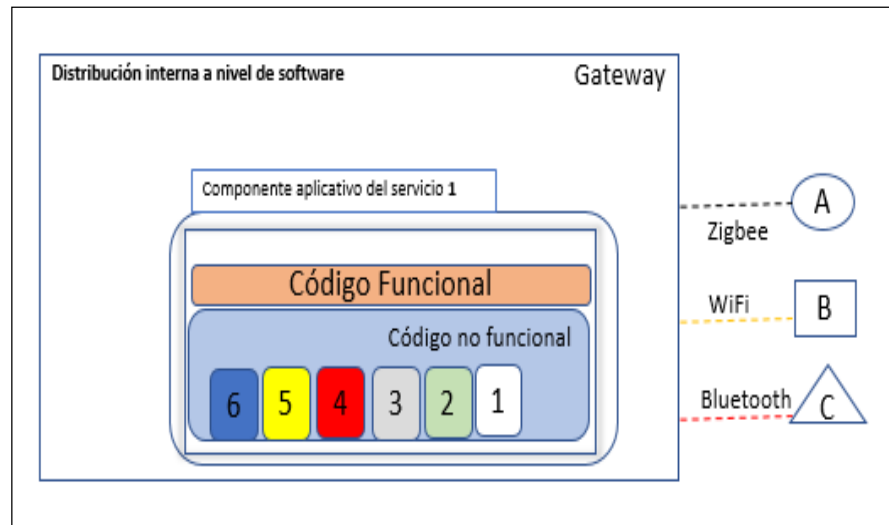
Para este escenario, su enfoque va direccionado al código no funcional, ya que es en este, que se tienen las diferentes preocupaciones que deben ser atendidas. A continuación, en la tabla 12, se definen estas preocupaciones y los elementos software, del código no funcional, que las resuelven.

Tabla 12. Elementos software

Elemento software asociado	Preocupaciones
Elemento Software 1	¿Cómo detectar un sensor? [17]
Elemento Software 2	¿Cómo interpretar el sensor? [19]
Elemento Software 3	¿Cómo obtener la información capturada por el sensor?
Elemento Software 4	¿Cómo guardar los datos obtenidos por el sensor?
Elemento Software 5	¿Cómo agregar un nuevo sensor? [17] [20]
Elemento Software 6	¿Cómo saber si el sensor se encuentra activo en la aplicación?

Después de identificar un elemento software para cada preocupación, la distribución interna a nivel de software se representa en la figura 10.

Figura 10. Distribución interna con elementos software del escenario 1

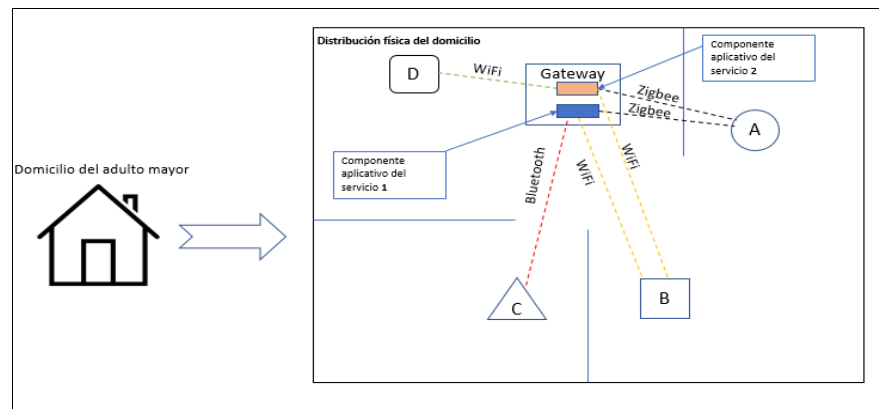


Es importante resaltar que el objetivo del escenario 1, no es entrar en detalle en la definición de los elementos software asociados a las 6 preocupaciones definidas en el apartado anterior, sino dar una visión general de la problemática que debe ser abordada por el aplicativo del servicio 1, para dar solución a estas preocupaciones.

Conclusión del escenario: el escenario uno aborda una serie de preocupaciones que son necesarias para el proceso de gestión de dispositivos, por medio de la inclusión de elementos software asociados a cada una de ellas; sin embargo, este escenario no está enfocado en permitir la inclusión de un segundo componente aplicativo de un servicio diferente en el mismo Gateway, teniendo presente esta preocupación a continuación se define el escenario número 2.

5.1.2 Escenario 2 (dos componentes aplicativos diferentes, incorporados en el domicilio de un adulto mayor). En el segundo escenario, un adulto mayor es monitoreado por un conjunto de sensores de diferente tipo, que están desplegados en su domicilio, los cuales son gestionados por dos componentes aplicativos diferentes, que funcionan dentro de un Gateway. En la figura 11 se ilustra la distribución física de este escenario y los elementos asociados que la componen.

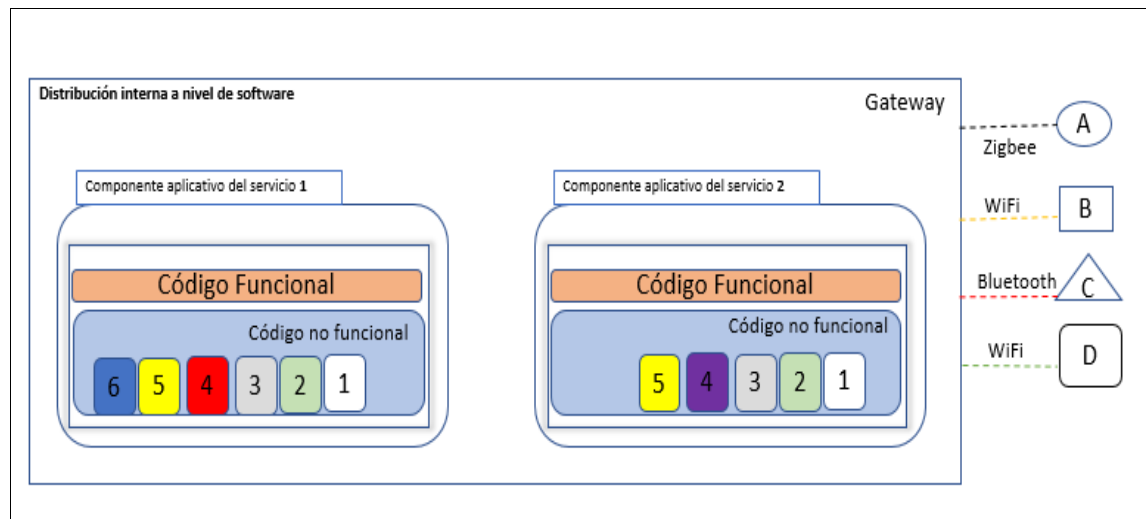
Figura 11. Distribución física del escenario 2



Este escenario presenta el mismo componente aplicativo del servicio 1 del escenario anterior, el cual hace uso de los sensores A, B y C para obtener los datos de las actividades diarias del adulto mayor; en relación a este proceso, para el escenario 2 se tiene un componente del servicio 2, el cual hace uso de los sensores A, B y D de una forma similar (ver figura 12); teniendo presente que el proceso de gestión es parecido, se puede concluir que muchas de las preocupaciones presentadas en el escenario anterior (gestionar los dispositivos, detectar los sensores, interpretar los datos, obtener los datos requeridos, gestionar la comunicación, guardar los datos, agregar nuevos sensores), pueden ser idénticas a las preocupaciones del componente aplicativo del servicio 2, sin embargo, como están enfocadas en servicios diferentes, sus elementos software asociados a

resolver las preocupaciones pueden llegar a ser diferentes; es decir algunos serán iguales y otros no; en la figura 12 se presenta un elemento software 4 implementado de una forma diferente y un elemento software 6 implementado solo en el primer componente aplicativo del servicio 1, con el fin de ilustrar la problemática anterior.

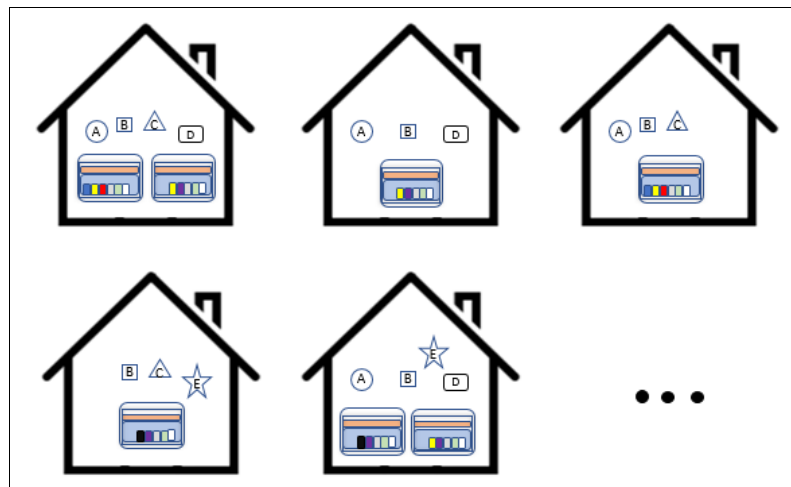
Figura 12. Distribución interna con elementos software del escenario 2



Conclusión del escenario: el escenario 2 aborda una serie de preocupaciones que son necesarias para el proceso de gestión de dispositivos, que deben ser desarrollados de forma independiente por cada uno de los componentes aplicativos asociados a los diferentes servicios; este proceso permite evidenciar la necesidad de replicar código en cada uno de los elementos software, para abordar las mismas preocupaciones; sin embargo, aunque esto es posible para un domicilio, es necesario ilustrar por medio un escenario 3, las preocupaciones que pueden generarse al momento de brindar un servicio a gran escala.

5.1.3 Escenario 3 (un conjunto de domicilios, con sus componentes aplicativos asociados a servicios de monitoreo del adulto mayor). En el tercer escenario, un número n de adultos mayores son monitoreados por un conjunto de sensores de diferente tipo, que están desplegados en cada uno de los domicilios, los cuales son gestionados por componentes aplicativos asociados a los diferentes servicios instalados en cada Gateway (uno por domicilio), propios de la necesidad de cada adulto mayor. En la figura 13 se ilustra la distribución de este escenario y los elementos asociados que la componen.

Figura 13. Distribución física del escenario 3



Este escenario permite evidenciar la complejidad asociada a las posibles combinaciones de un conjunto n de servicios en cada domicilio del adulto mayor. Teniendo presente que son los componentes aplicativos de cada uno de los servicios, los encargados de establecerlos elementos software necesarios para atender todas las preocupaciones antes mencionadas, se identificaron las siguientes desventajas (ver tabla 13).

Tabla 13. Listado de desventajas

#	Desventaja
1	El elemento software del código no funcional, asociado a las preocupaciones puede repetirse en los otros servicios.
2	El componente aplicativo debe conocer la estructura y métodos del sensor para utilizar los datos (librerías y semántica).
3	El desarrollo de los elementos software del código no funcional, está fuertemente acoplado al servicio, esto se presenta porque es el mismo servicio el que tiene la implementación del elemento software.
4	No existe un elemento software independiente para manejar las políticas que abordan la dinamicidad que resulta de manejar sensores de varios tipos.

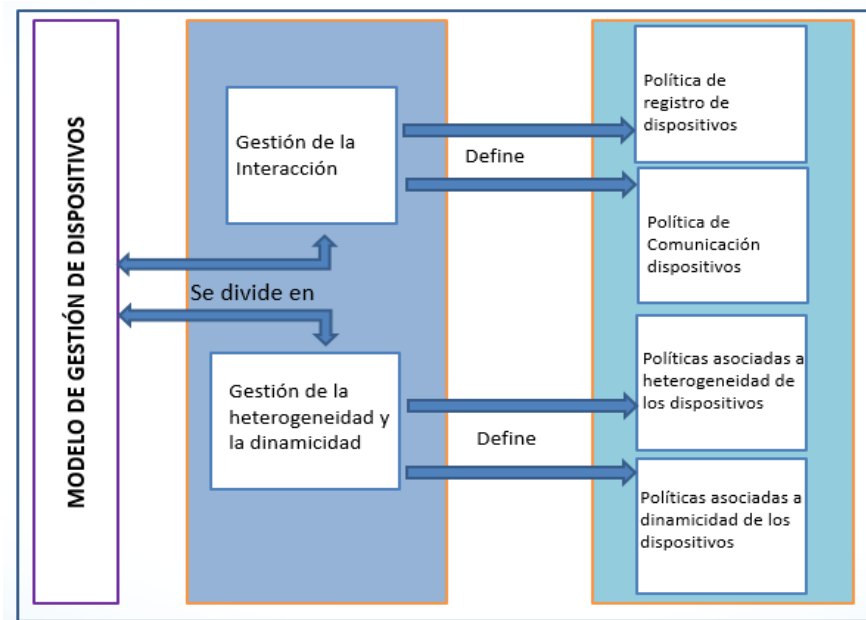
Conclusión del escenario: en el escenario 3 las preocupaciones son abordadas por cada uno de los componentes aplicativos asociados a los servicios de cada domicilio, en lugar de ser abordadas por un elemento común que sea capaz de abordar todas estas preocupaciones, de tal forma que el código no funcional de cada servicio sea implementado por este elemento común, el cual debe regirse por unas políticas que se definen en el modelo de gestión. A continuación, se presenta la construcción de ese modelo.

5.2 CONSTRUCCIÓN DEL MODELO DE GESTIÓN DE DISPOSITIVOS

Después del análisis del problema planteado en la sección anterior, es importante definir que el enfoque del modelo de gestión de dispositivos desarrollado está direccionado a solucionar unas preocupaciones no funcionales relacionadas a la interacción con servicios, heterogeneidad de protocolos, dinamicidad en tiempo de ejecución y políticas asociadas a los diferentes escenarios, propios de la interacción.

El modelo de gestión de dispositivos desarrollado, está compuesto por los siguientes elementos: un primer nivel que contiene dos submodelos (uno asociado a la gestión de la interacción y otro a la gestión de la dinamicidad y la heterogeneidad) y un segundo nivel que consta de cuatro aspectos, dos de ellos asociados a la gestión de la interacción (“política de registro de dispositivos” y ofrecer un mecanismo para obtener datos de los dispositivos “política de comunicación de dispositivos”) y los otros dos asociados a la gestión de la heterogeneidad y dinamicidad “políticas asociada a la heterogeneidad de los dispositivos” y “política asociada a la dinamicidad de los dispositivos”), esta estructura se muestra en la figura 14.

Figura 14. Distribución del modelo de gestión



Antes de empezar a describir los dos submodelos, es necesario introducir la noción de middleware, ya que este es el elemento que ataca las preocupaciones no funcionales, por medio de la implementación del modelo de gestión de dispositivos

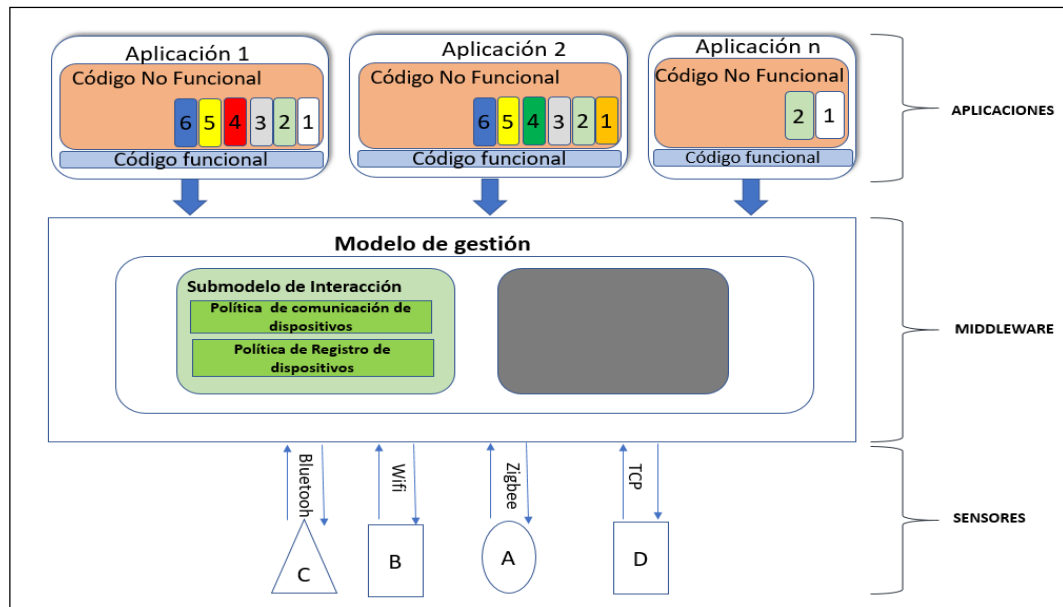
desarrollado; a continuación, se presentan dos secciones, cada una asociada a los dos submodelos contenidos en el middleware.

5.2.1 Submodelo de Interacción. El submodelo de interacción para el desarrollo de este proyecto está enfocado en la forma como se estructura el flujo de datos, entre las aplicaciones desarrolladas, asociadas a los servicios de monitoreo de las personas de la tercera edad, en su domicilio y los dispositivos (tipos de sensores), desplegados dentro de la vivienda, para la captura de datos referentes a las actividades del adulto mayor, realizadas de forma cotidiana en su vida diaria.

La interacción que aborda el flujo de datos entre los sensores y las aplicaciones tiene como base dos preocupaciones: ¿Cómo conocer los dispositivos disponibles? y ¿Cómo obtener los datos que produzcan los dispositivos?; teniendo presente estas dos preocupaciones, se definieron dentro del submodelo de interacción dos políticas: el registro de dispositivos, asociada a la primera preocupación, y la gestión de la comunicación, asociada a la segunda preocupación.

La distribución de los diferentes elementos del submodelo de interacción, se ilustran en la figura 15, esta consta de una parte superior, la cual contiene las aplicaciones o servicios de monitoreo; una parte central, que contiene el middleware que implementa el modelo de gestión y una parte inferior, que hace referencia a los dispositivos que obtienen los datos de las actividades realizadas por el adulto mayor.

Figura 15. Distribución de los elementos de interacción

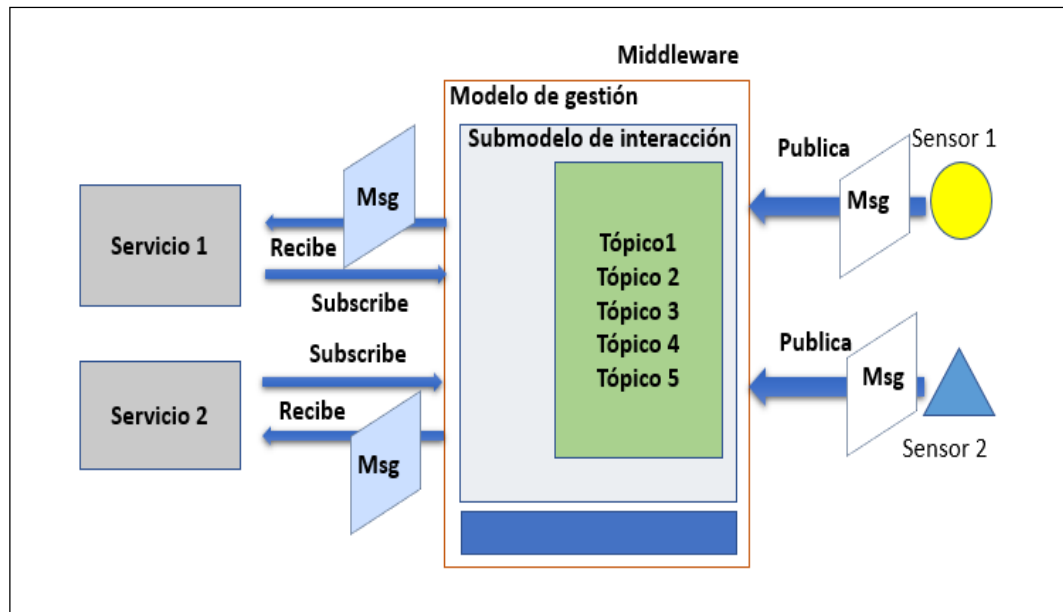


Después de establecer los elementos relacionados con el proceso de interacción, a continuación, se definen en las dos secciones siguientes, los elementos que abordan las preocupaciones planteadas del apartado anterior.

5.2.1.1 Política de Comunicación de Dispositivos: En esta política se aborda la preocupación de enviar los datos de los dispositivos a las aplicaciones, de tal forma que la aplicación no tenga que relacionarse directamente con el sensor para obtener sus datos, con el fin de definir cuál es el patrón de comunicación adecuado para obtener los datos de las actividades diarias del adulto mayor.

Esto se hace a través un modelo publicación-suscripción donde se tienen dispositivos que publican datos en los tópicos previamente definidos, a los cuales se suscriben las aplicaciones interesadas (ver figura 16). En el modelo de flujo de trabajo, el dispositivo se encarga de publicar los datos asociados a la actividad del adulto mayor, en el tópico contenido dentro de un Bróker, para posteriormente enviar notificaciones a las aplicaciones interesadas.

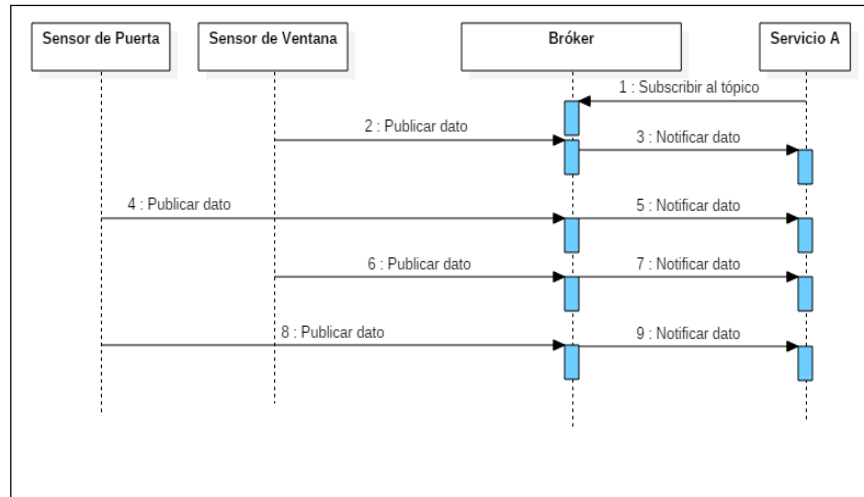
Figura 16. Esquema publicación-suscripción



Este modelo de comunicación permite el desacoplamiento entre los dispositivos y las aplicaciones, logrando un alto nivel de abstracción; esto se ve reflejado en la independencia de los protocolos físicos utilizados, ya que las aplicaciones no necesitan implementar un determinado protocolo, para recibir los datos de interés generados desde el dispositivo a la aplicación suscrita.

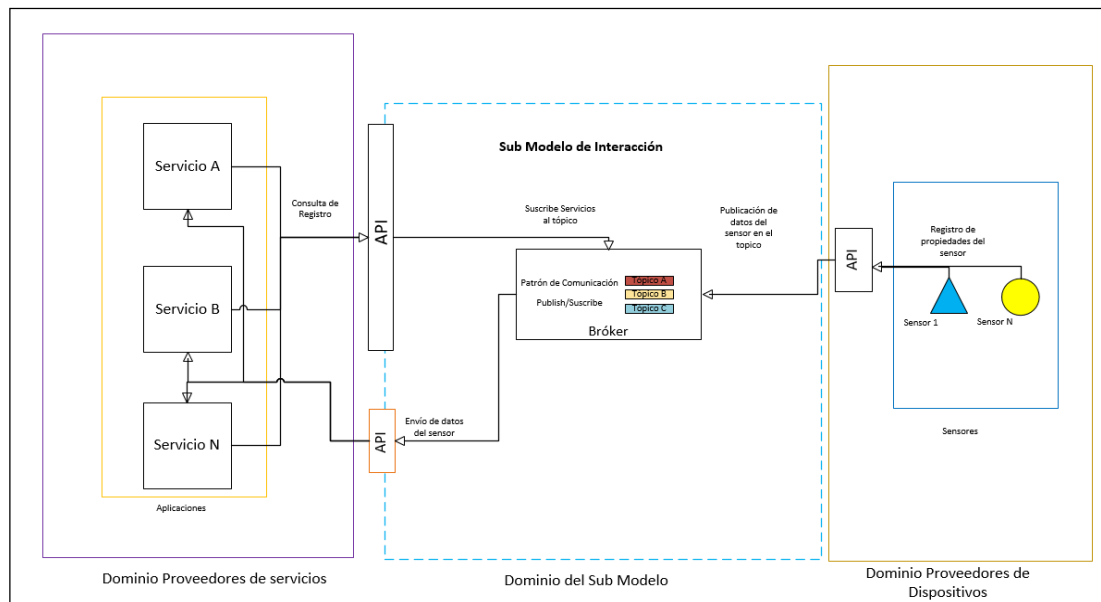
En el diagrama de secuencias de la figura 17, se ilustra el proceso de publicación-suscripción entre los dispositivos y los servicios; en este se define el proceso de interacción entre un servicio A y dos dispositivos (dispositivo de apertura de puerta y dispositivo de ventana), los cuales, publican datos en el tópico suscrito por el servicio A, al ser activados por el adulto mayor dentro del domicilio; posteriormente el Bróker envía los datos obtenidos a las aplicaciones suscritas a dicho tópico.

Figura 17. Diagrama de secuencia modelo publicación- suscripción



Después de definir la política de comunicación del submodelo de interacción, la visión general del modelo se ilustra en la figura 18. Se puede apreciar un nivel central, el cual contiene un Bróker que implementa el modelo de comunicación de publicación- suscripción y dos dominios: proveedores de servicios y proveedores de dispositivos.

Figura 18. Visión general del submodelo de interacción-modelo de comunicación



El proceso de comunicación se puede describir de la siguiente forma:

- Definición de los tópicos del Bróker.
- Asociación de los dispositivos al tópico, por medio de una API.
- Suscripción de los servicios a los tópicos del Bróker, por medio de una API.
- Notificación de los datos de los dispositivos a los servicios, por medio de una API.

De esta manera, se definen los diferentes elementos involucrados, en la política de comunicación del proceso publicación-suscripción, del submodelo de interacción.

5.2.1.2 Política de registro de dispositivos: En esta política se aborda la preocupación de mantener un registro de dispositivos disponibles para las aplicaciones, el cual puede ir cambiando al transcurrir el tiempo; esto se presenta por los cambios en el entorno, en relación a la incorporación de un nuevo dispositivo o por la naturaleza misma del dispositivo, ya que puede presentarse que un

dispositivo deje de funcionar por falta de carga en la batería o por un daño físico del mismo; para estas situaciones, inicialmente debe hacerse un proceso de actualización en el registro de dispositivos y luego debe generarse una notificación a las aplicaciones indicando los cambios efectuados; este proceso es importante para el modelo de gestión, esto se evidencia ya que sin la realización de este no es posible definir los elementos necesarios para agregar nuevos dispositivos en el entorno de ejecución del servicio de monitoreo de adultos mayores.

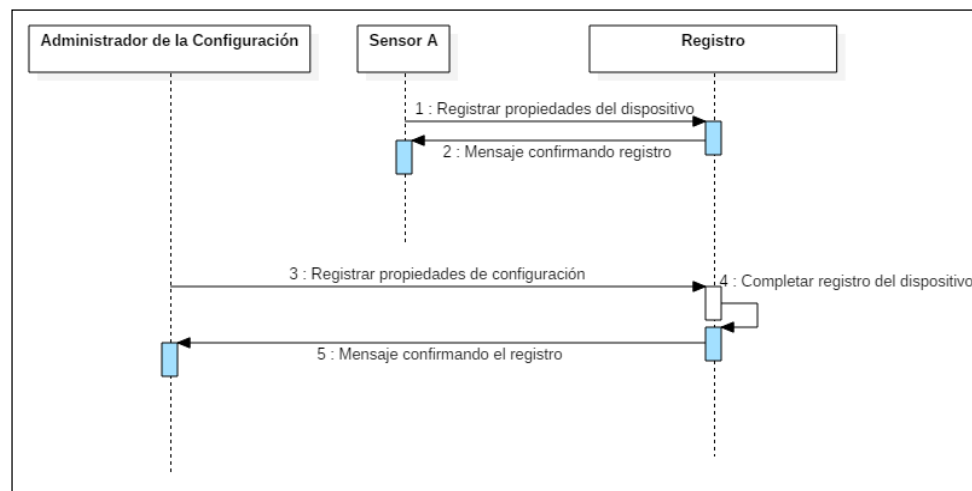
Este proceso se hace a través de un mecanismo de registro de cuatro pasos, dos enfocados en registrar información de diferente naturaleza de los dispositivos y dos asociados a las acciones de consulta y notificación de la lista de dispositivos. A continuación, se indican los dos enfoques y sus respectivas divisiones.

Información de los dispositivos:

- Registro Inicial del dispositivo: es la representación lógica que se añade al registro de dispositivos, cuando este se asocia por primera vez; esta representación contiene metadatos (propiedades) referentes al tipo, marca, unidades de medida, tipo de formato de los datos, dirección IP o puerto al que va a responder y protocolo físico, entre otros. Después de realizado el proceso de registro inicial, el dispositivo adopta un estado de “registrado”, sin embargo, para poder obtener sus datos es necesario realizar el proceso de configuración del dispositivo.
- Configuración del dispositivo: es el proceso de configuración, realizado por el administrador de la configuración por medio de una interface, para completar el registro del dispositivo; en este proceso se indica el tópico donde va a publicar el dispositivo y la ubicación de este en el entorno.

El primer enfoque, permite completar la información necesaria para construir la lista de sensores con sus respectivos tópicos, los cuales son esenciales para realizar las consultas del segundo enfoque. La figura 19 ilustra la secuencia de pasos en un proceso de registro iniciado por un sensor A, el cual registra las propiedades iniciales del dispositivo y recibe una confirmación; luego, el administrador de la configuración ingresa la información de la configuración del dispositivo para completar el registro.

Figura 19. Proceso de registro de dispositivo

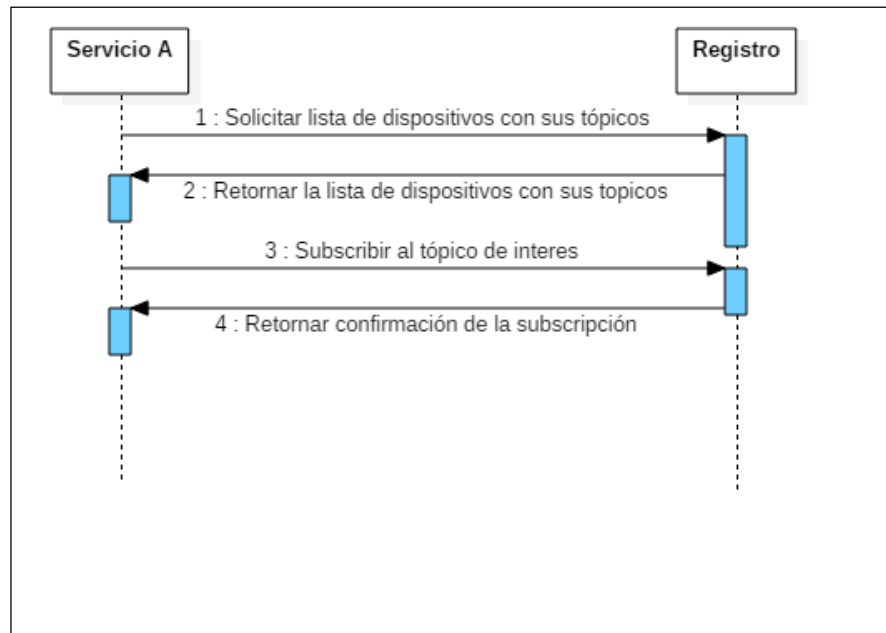


Acciones de consulta y notificación

- Consulta de registro de dispositivos: esta acción hace referencia a la consulta de la lista de registro de los dispositivos disponibles, los cuales tienen asociados los tópicos donde cada uno de ellos publica; esta consulta es utilizada por las aplicaciones para determinar cuáles son los tópicos de interés y suscribirse a ellos. La figura 20 ilustra la secuencia de pasos, en un proceso de consulta iniciado por un servicio A, el cual solicita la lista de dispositivos con sus tópicos al proceso de registro de dispositivos; después de recibir la lista dispositivos

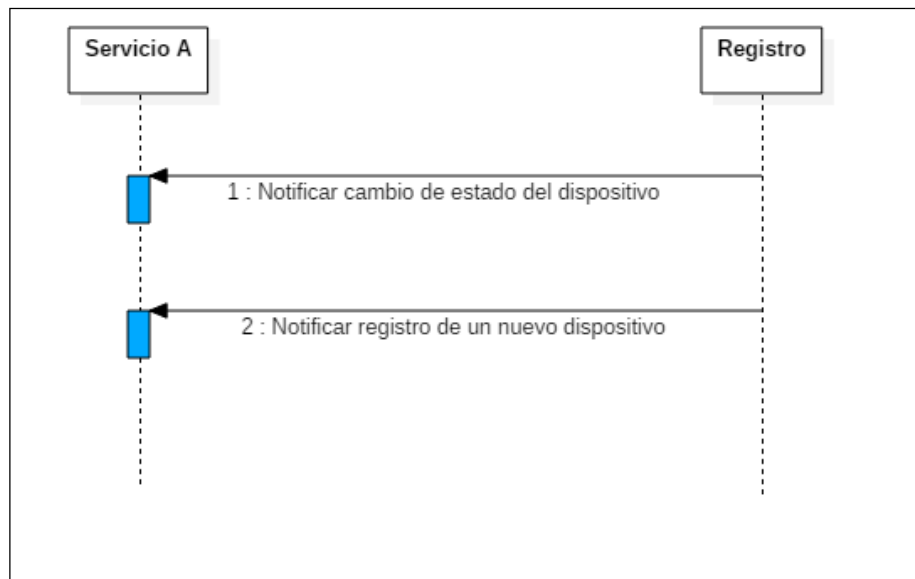
disponibles, el servicio A determina cuál es su tópico de interés y realiza el proceso de suscripción.

Figura 20. Procesos de suscripción al tópico de interés



- Notificación de los dispositivos: esta acción se utiliza como proceso de consulta, para saber cuándo se agregó un nuevo dispositivo o para identificar el estado actual y la veracidad de los datos de este, con el fin de realizar una notificación a los servicios suscritos al tópico donde publica el dispositivo, acerca de su ausencia dentro del entorno o a la mala captura de los datos. Esto se presenta por la dinamicidad propia del sensor que puede influir en que este, por ejemplo, se incorpore por primera vez al entorno o agote su batería y deje de funcionar. La figura 21 define el flujo de la interacción entre los servicios y el registro al momento de identificar que uno de los sensores que publica en uno de sus tópicos de interés no está funcionando, o cuando se asocia un nuevo sensor al tópico suscrito por el servicio.

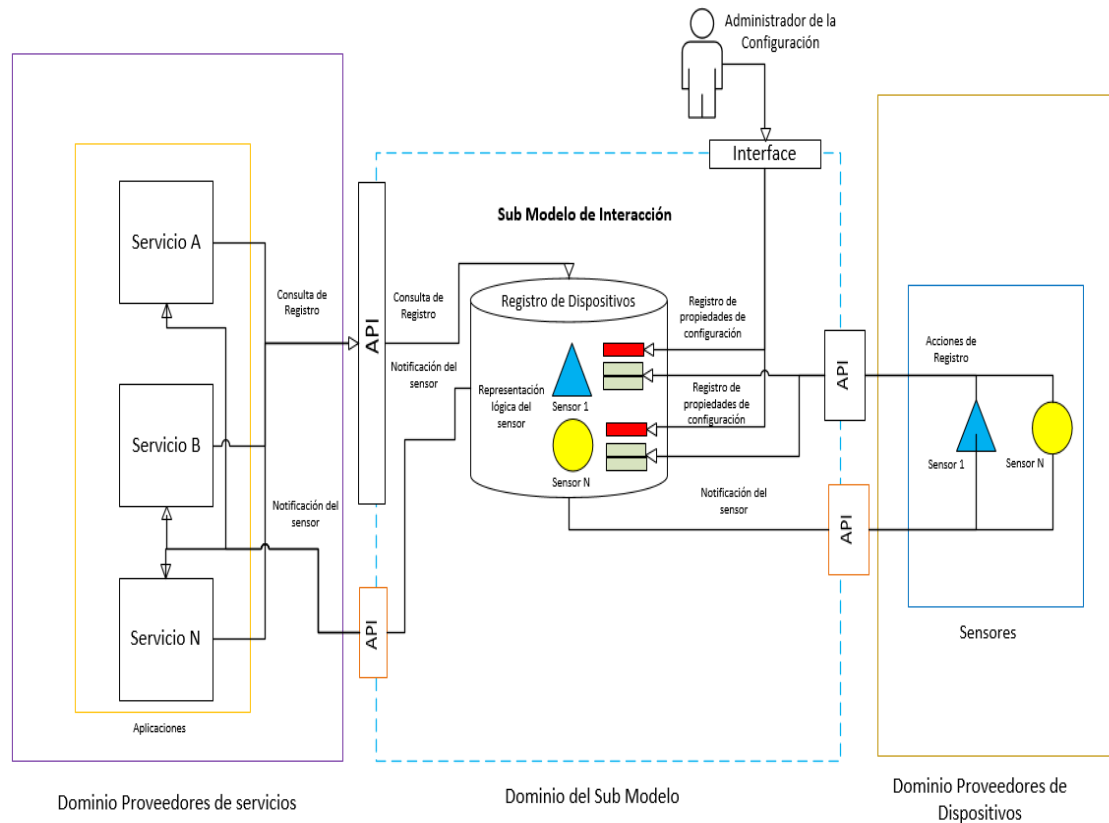
Figura 21. Proceso de notificación de cambios de estado y dispositivos nuevos



Este proceso de registro de dispositivos brinda unos elementos que son necesarios para mantener la lista de dispositivos disponibles de forma actualizada, permitiendo un desacoplamiento entre los dispositivos y las aplicaciones; esto se ve reflejado en la forma como las aplicaciones obtienen la lista de dispositivos disponibles y como el proceso de registro notifica a las aplicaciones cuando se agrega un nuevo dispositivo o se presenta algún cambio en su estado.

Después de definir el proceso de registro de dispositivos del submodelo de interacción, la visión general del modelo se ilustra en la figura 22. Se muestra un nivel central, el cual contiene un registro de dispositivos que implementa los enfoques definidos en el apartado anterior y dos dominios: proveedores de servicios y proveedores de dispositivos.

Figura 22. Visión general del submodelo de interacción-registro de dispositivos



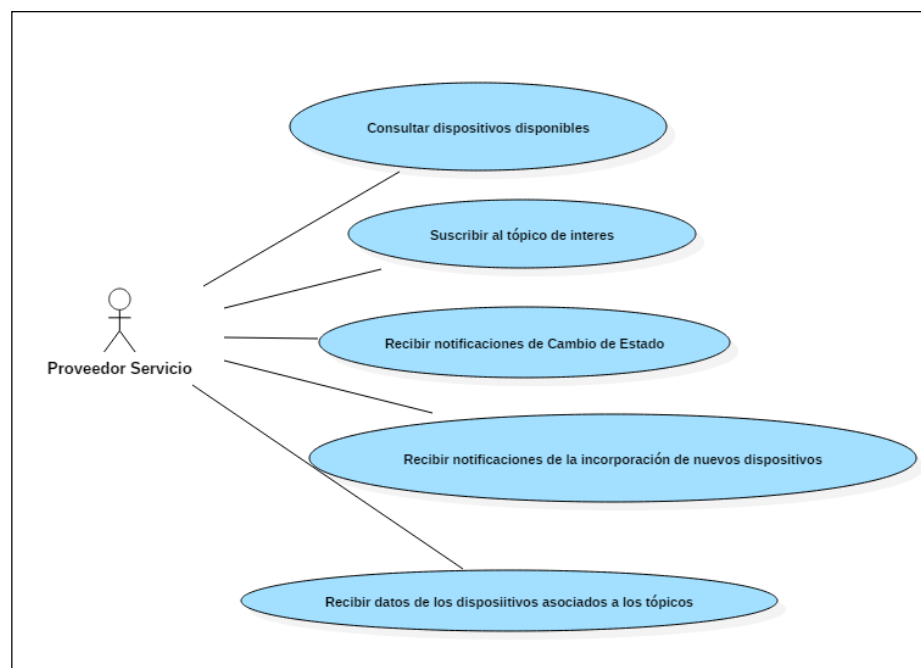
El proceso de registro de dispositivos se puede describir de la siguiente forma:

- Registro inicial de los dispositivos.
- Registro de configuración de los dispositivos, por medio de una interface utilizada por el administrador de la configuración.
- Consulta de registro de los dispositivos disponibles, por parte de los servicios.
- Notificación de los dispositivos a los servicios.

De esta manera, se definen los diferentes elementos involucrados, en la política de registro de dispositivos del submodelo de interacción.

Después de definir el submodelo de interacción se plantean una serie aspectos que son necesarios para definir la forma como deben ser desarrollados los servicios, estos se ilustran en la figura 23. Es importante resaltar que los aspectos mencionados se enfocan solo en el proceso de interacción, por lo que la definición del servicio mismo depende del proveedor del servicio.

Figura 23. Aspectos del proceso de interacción para el desarrollo de servicios



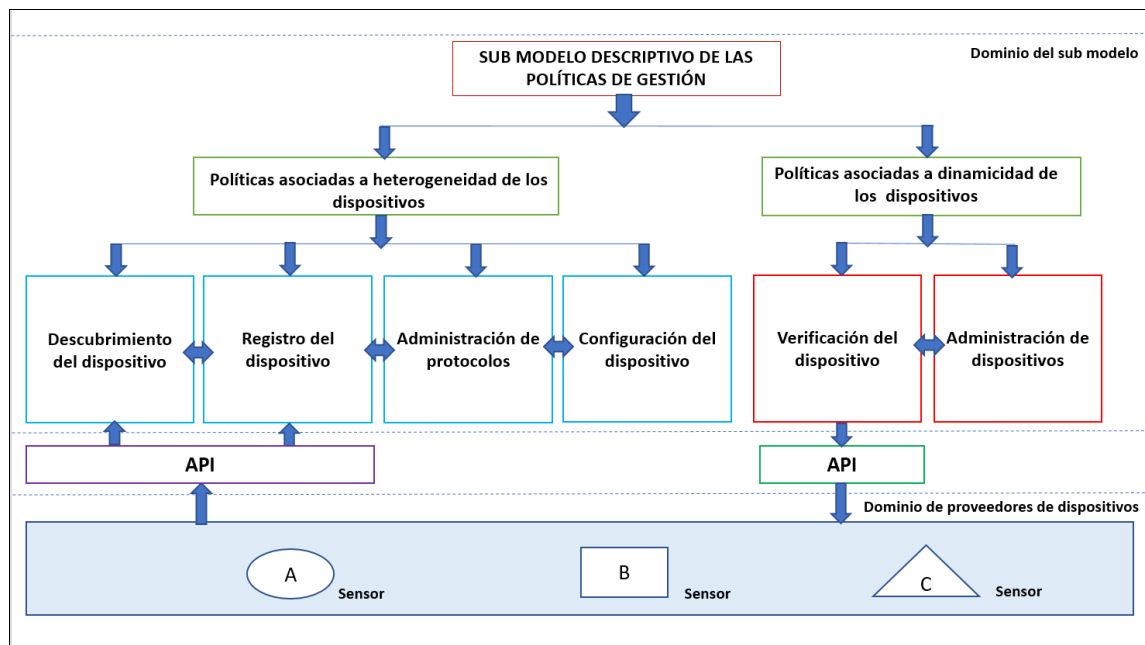
5.2.2 Diseño y especificación del submodelo descriptivo de las políticas de gestión de los dispositivos. El submodelo de las políticas de gestión de los dispositivos, para el desarrollo de este proyecto, está enfocado en la forma como se definen las diferentes políticas de gestión de los dispositivos que se encuentran desplegados en el domicilio del adulto mayor, utilizados para la captura de los datos asociados a la prestación de servicios de monitoreo.

El submodelo de las políticas de gestión que aborda el flujo de datos entre los sensores y el middleware tiene como base las siguientes preocupaciones:

- ¿Cómo descubrir nuevos dispositivos disponibles?
- ¿Cómo registrar los dispositivos?
- ¿Cómo administrar los protocolos?
- ¿Cómo configurar el dispositivo?
- ¿Cómo verificar el estado actual del dispositivo?
- ¿Cómo administrar los dispositivos?

Teniendo presentes las preocupaciones mencionadas se definieron, dentro del submodelo descriptivo de las políticas, dos grandes grupos que las contienen (ver figura 24). Estos grupos son los siguientes: políticas asociadas a la heterogeneidad de los dispositivos y políticas asociadas a la dinamicidad de los dispositivos.

Figura 24. Distribución modelo de las políticas de gestión

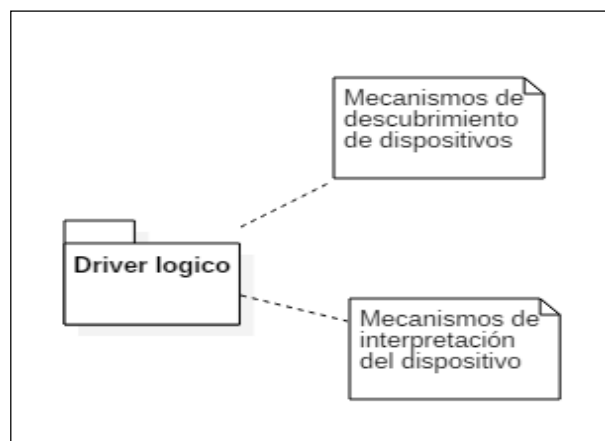


5.2.2.1 Políticas asociadas a la heterogeneidad de los dispositivos: En esta política se abordan las preocupaciones relacionadas a la heterogeneidad de los dispositivos, asociado en los diferentes protocolos físicos utilizados por estos para el envío de los datos obtenidos de la actividad diaria del adulto mayor, dentro de su domicilio. Teniendo presentes estas preocupaciones, se definen las siguientes políticas:

Política de descubrimiento de dispositivos: en esta política se aborda la preocupación de inspeccionar el ambiente, para descubrir si hay nuevos dispositivos presentes dentro del domicilio del adulto mayor, con el fin de registrarlos en el Gateway para su posterior uso en la captura de los datos de las actividades diarias de este.

Esta política se implementa a través de la construcción de un driver lógico, por parte de los proveedores de dispositivos, el cual se encargará de realizar el descubrimiento de las características asociadas a los nuevos dispositivos, presentes en el domicilio del adulto mayor. A continuación, se ilustra en la figura 25 los mecanismos que deben ser implementados por el driver lógico:

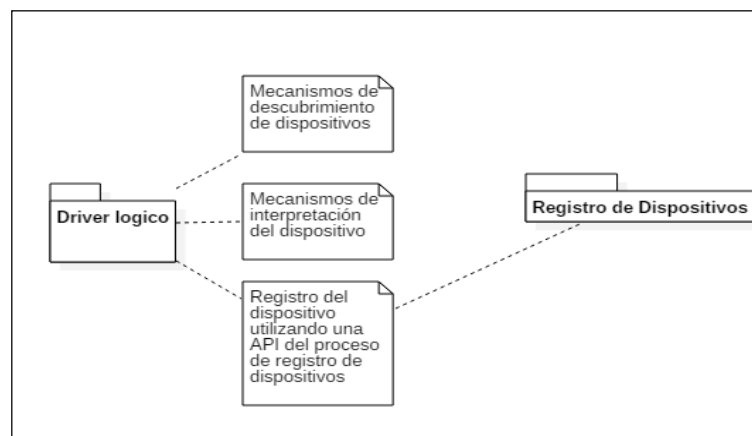
Figura 25. Mecanismos del driver lógico



Política de registro de dispositivos: esta política se basa en la preocupación de registrar las características o metadatos (propiedades), de los dispositivos que se descubren por primera vez, dentro del domicilio del adulto mayor.

Para la implementación de esta política, es necesario agregar una nueva funcionalidad al driver lógico, que permita realizar el proceso de registro de cada una de las características del dispositivo, por medio de una API que brinda el submodelo de interacción asociado al proceso de registro (ver figura 26). Después de realizado este proceso de registro, el dispositivo quedaría en espera de la política de configuración para poder ser utilizado.

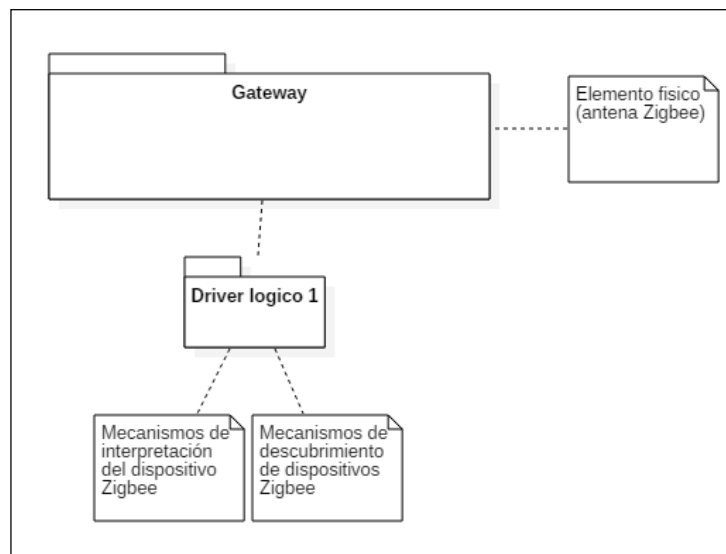
Figura 26. Mecanismos del driver lógico 2



Política de administración de protocolos: en esta política se aborda la preocupación relacionada al proceso de administración de los protocolos de comunicación (agregar, eliminar, actualizar y consultar), con el fin de permitir el uso de un gran número de protocolos asociados a los diferentes dispositivos.

El driver lógico es el encargado de implementar y administrar los diferentes protocolos que pueden utilizarse en el proceso de comunicación de los dispositivos con el Gateway. Es importante resaltar que es necesario que el Gateway posea elementos físicos para soportar el protocolo, ya que sin estos no es posible detectar los dispositivos (ver figura 27).

Figura 27. Políticas de administración de protocolos



Política de configuración de los dispositivos: esta política se enfoca en la preocupación relacionada al proceso de configuración del dispositivo, con el fin de especificar las características del ambiente asociadas a este.

Para la implementación de esta política, es necesario que el dispositivo realice inicialmente, por medio del driver lógico, el registro de las características propias del mismo; después de realizado este proceso, el administrador de la configuración debe ingresar la información del ambiente y del tópico a publicar del dispositivo, esto con el fin de completar el registro para luego poder ser utilizado para la obtención de los datos de las actividades diarias del adulto mayor. Además, esta política define

el ciclo de vida de los dispositivos por medio de la persistencia del registro de dispositivos, en un archivo de configuración.

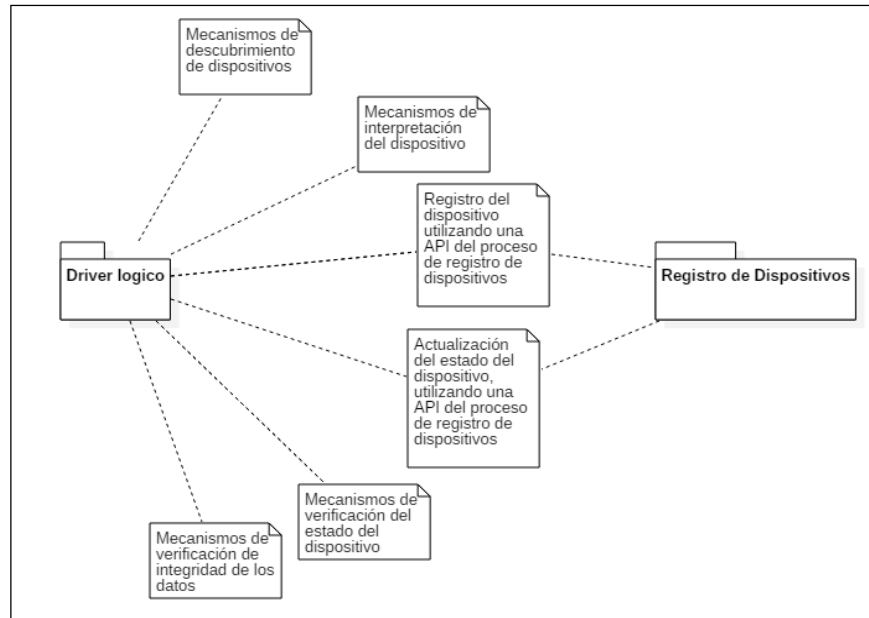
5.2.2.2 Políticas asociadas a la dinamicidad de los dispositivos

En esta política se aborda las preocupaciones relacionadas a la dinamicidad de los dispositivos, enfocados en los diferentes cambios en el ambiente, que se pueden presentar a raíz de la naturaleza misma del dispositivo. Teniendo presente las preocupaciones asociadas a la dinamicidad de los dispositivos, se definen las siguientes políticas:

Política de verificación del dispositivo: en esta política se aborda la preocupación asociada, al estado de los dispositivos dentro del domicilio del adulto mayor, con el fin de identificar si los dispositivos se encuentran activos o no.

Para la implementación de esta política, es necesario agregar dos nuevas funcionalidades al driver lógico: la primera enfocada en realizar de forma cíclica una consulta, asociada a la verificación del estado del sensor y la segunda direccionada a la implementación de una API propia del proceso de registro, para cambiar el estado del sensor en el ambiente cuando este no funcione correctamente. Además, en esta política también se define en el driver lógico, un proceso de verificación de los datos obtenidos para evaluar su integridad (ver figura 28).

Figura 28. Política de verificación de dispositivos



Política de administración de dispositivos: esta política se basa en la preocupación de mantener un registro de los dispositivos disponibles, asociados a la administración de estos (actualizar y desasociar).

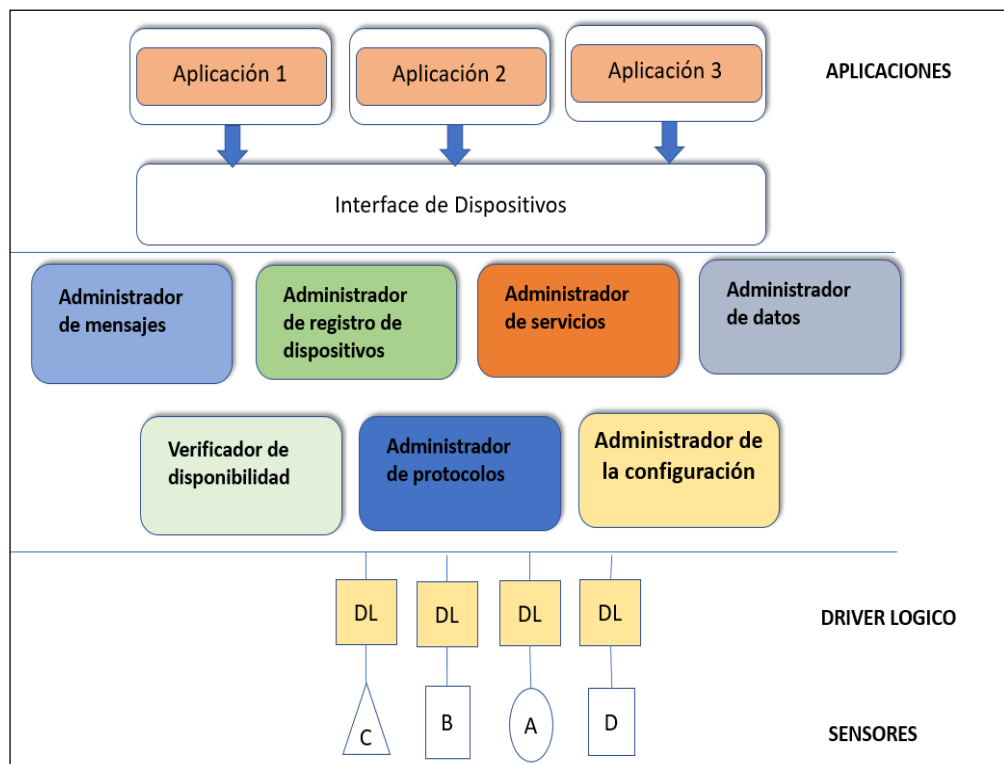
Para la implementación de esta política es necesario brindar una interface que permita al administrador de la configuración realizar cambios en los dispositivos, enfocados en actualizar las características definidas en la política de registro del dispositivo y de igual forma en el estado de este, con el fin de mantener una lista actualizada de los dispositivos disponibles.

5.3. DISEÑO DEL MIDDLEWARE

El diseño del middleware se divide en una arquitectura lógica y en una arquitectura física, estas se describen a continuación.

5.3.1 Arquitectura lógica del Middleware. Para la definición de la arquitectura lógica se identificaron una serie de componentes que permiten abordar las necesidades requeridas para el cumplimiento de las características del servicio, mencionadas en la sección 5 de este proyecto, y otros elementos que son los que interactúan con esos componentes (ver figura 29), A continuación, se definen cada uno de ellos.

Figura 29. Arquitectura lógica del Middleware



5.3.1.1 Aplicaciones: Son los componentes software encargados de recibir los datos de las actividades diarias realizadas por el adulto mayor en su domicilio, con el fin de permitir el análisis y transmisión de los datos necesarios para la ejecución del servicio de monitoreo. La interacción de las aplicaciones con el middleware es ofrecida por medio de un administrador de mensajes que contiene un Bróker de mensajería y un proceso de registro de dispositivos.

5.3.1.2 Interface de dispositivos: Es el componente encargado de recibir las consultas por parte de las aplicaciones acerca de los dispositivos disponibles y sus tópicos; en general este componente expone la información necesaria para que las aplicaciones puedan interactuar con los dispositivos. Es importante resaltar que los componentes que se encargan de realizar todo el proceso necesario para exponer la información del dispositivo son los administradores de registro de dispositivo y el de configuración, que se encuentran en el centro de la arquitectura lógica.

5.3.1.3 Administrador de la configuración: Es el componente que se encarga de ofrecer mecanismos para la incorporación de la información asociada al registro de configuración del dispositivo.

5.3.1.4 Administrador de registro de dispositivos: Es el componente encargado de ingresar el registro inicial del dispositivo, por medio de la acción realizada por el driver lógico; para realizar este proceso es necesario que el componente contenga políticas establecidas para los diferentes escenarios que se pueden presentar al momento de llegar un nuevo dispositivo, o por el cambio de estado en alguno de los implantados. Finalizado el proceso de administración del dispositivo en conjunto con el administrador de la configuración, se representa en la interface de dispositivos como un nuevo sensor con toda su información.

5.3.1.5 Administrador de datos: Componente encargado de implementar la persistencia de los datos obtenidos del componente del administrador de mensajes, en este se establece las políticas de frecuencia de obtención y almacenamiento de la información de los dispositivos.

5.3.1.6 Administrador de protocolos: Su función principal es agregar o eliminar los diferentes protocolos de comunicación utilizados para poder interactuar en conjunto con los drivers lógicos y el gestor de comunicación, con los protocolos manejados por los sensores.

5.3.1.7 Administrador de mensajes: Es el componente que implementa un Bróker de mensajería que se encarga de recibir los mensajes publicados por el dispositivo en los tópicos y los envía hacia las aplicaciones suscritas; además, se encarga de enviar los datos al administrador de datos para realizar el proceso de persistencia.

5.3.1.8 Verificador de disponibilidad: Este componente se encarga de verificar el estado actual del sensor con el fin de tomar acciones y actualizar el registro de dispositivos disponibles, cuando este no funcione.

5.3.1.9 Driver lógico: Este componente es el encargado de enviar los datos a la plataforma por medio del administrador de protocolos, el administrador de registro de dispositivos y el administrador de mensajes. Además, éste implementa un proceso de consulta de estado del dispositivo que luego, en conjunto con el verificador de disponibilidad, actualiza la lista de dispositivos disponibles.

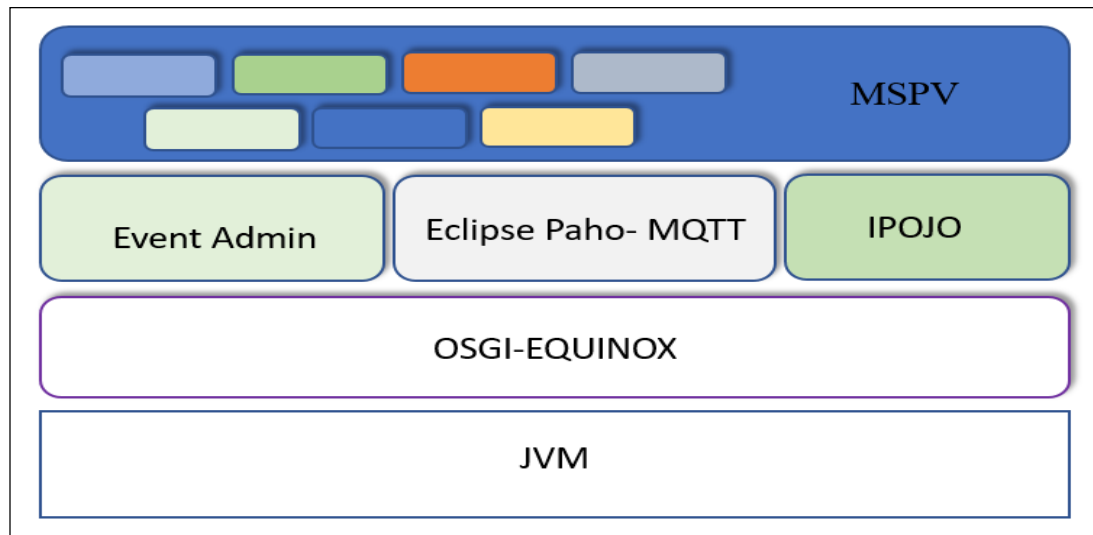
5.3.1.10 Sensores: Son los dispositivos encargados de obtener los datos asociados a la actividad del adulto mayor dentro del domicilio.

5.3.1.11 Administrador de servicios. Este componente es el encargado de manejar el registro de los servicios con sus respectivos tópicos de interés, esto con el fin de identificar cuales servicios están disponibles al momento de enviar notificaciones de cambio de estado o de la llegada de un nuevo sensor; por lo que en este proceso el MSPV debe brindar una API que permita a las aplicaciones cambiar su estado dentro de la plataforma.

5.4 ARQUITECTURA FÍSICA DEL MIDDLEWARE

El proceso de caracterización de servicios y dispositivos permitió identificar las tecnologías que deben ser utilizadas para definir la estructura física del middleware (ver figura 30). A continuación, se definen cada uno de ellos.

Figura 30. Arquitectura física



5.4.1 MSPV. Middleware de Servicios de Personas Vulnerables; este es el encargado de implementar el modelo de gestión de dispositivos, desarrollado en la sección 5.2, con el fin de ofrecer un conjunto de servicios que serán utilizados por los componentes software del servicio de monitoreo. Estos componentes deberán ser desarrollados siguiendo el modelo OSGi, pero utilizando los servicios ofrecidos por el middleware que serán expuestos en forma de servicios de la plataforma OSGi.

Es importante resaltar que, en la arquitectura física del middleware, no se indica cuáles son las tecnologías necesarias para el despliegue de los dispositivos y de igual forma las asociadas a los aspectos de seguridad en el manejo de los datos ya que, aunque son aspectos importantes, no están direccionados al desarrollo central del proyecto, que es el proceso de gestión del dispositivo.

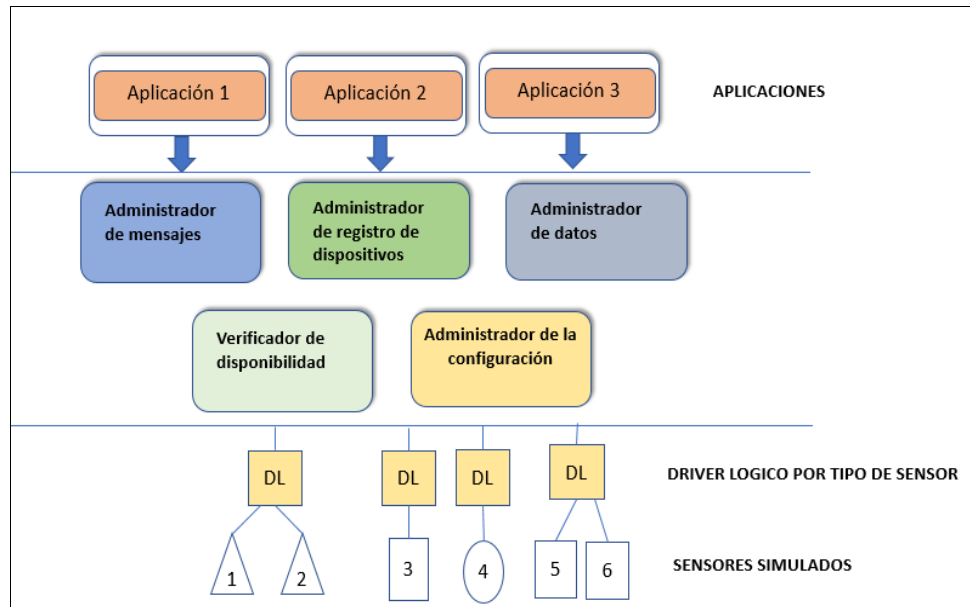
6. VALIDACIÓN

Este capítulo presenta la validación del modelo de gestión a través de la construcción de un prototipo y un conjunto de escenarios, los cuales dan cumplimiento al objetivo específico número 3, “Implementar un prototipo del modelo de gestión en el middleware como prueba de concepto que permita la validación de este”, de este proyecto. Este proceso permitió identificar nuevos módulos que luego se definieron en el modelo de gestión de este proyecto, por lo que, al momento de indicar los módulos del prototipo inicial, estos no se definieron.

6.1 PROTOTIPO INICIAL

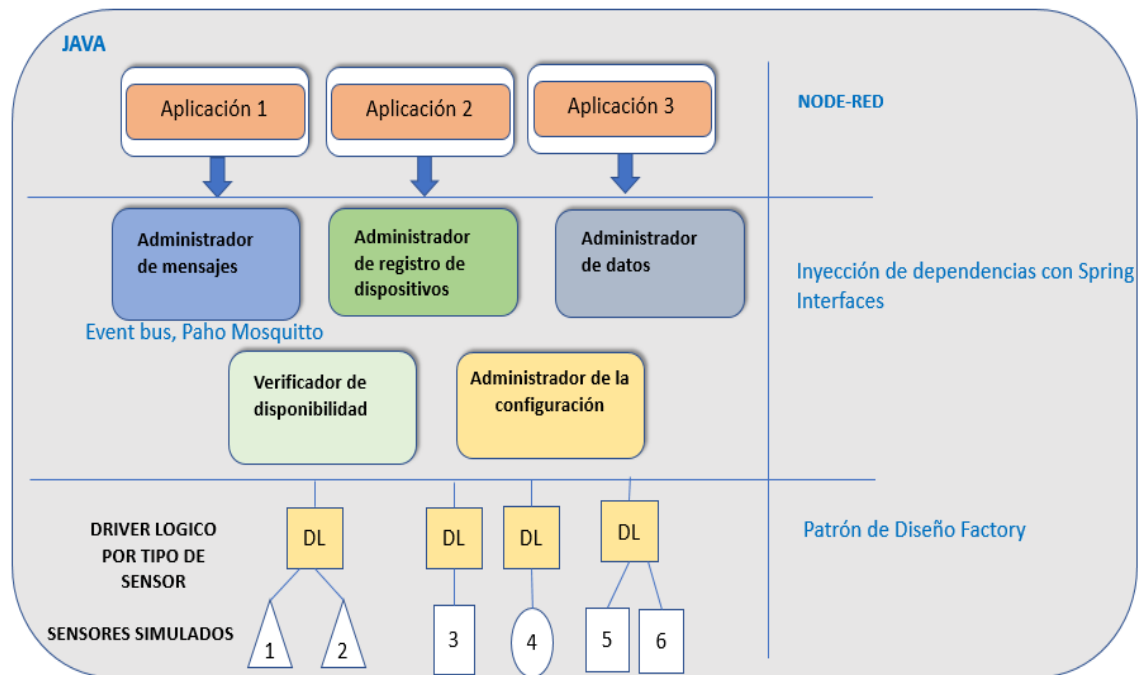
6.1.1 Arquitectura lógica del prototipo. La arquitectura lógica del prototipo está compuesta por una serie de elementos que, en conjunto, permiten abordar algunas de las preocupaciones definidas en el modelo de gestión; estos se ilustran en la figura 31.

Figura 31. Diseño del Prototipo



6.1.2 Tecnologías utilizadas. Las tecnologías utilizadas para el desarrollo del prototipo se especifican en la figura 32, en ella se ilustra una división de tres niveles para indicar en que sección de los componentes se utilizó dicha tecnología.

Figura 32. Tecnologías del Prototipo

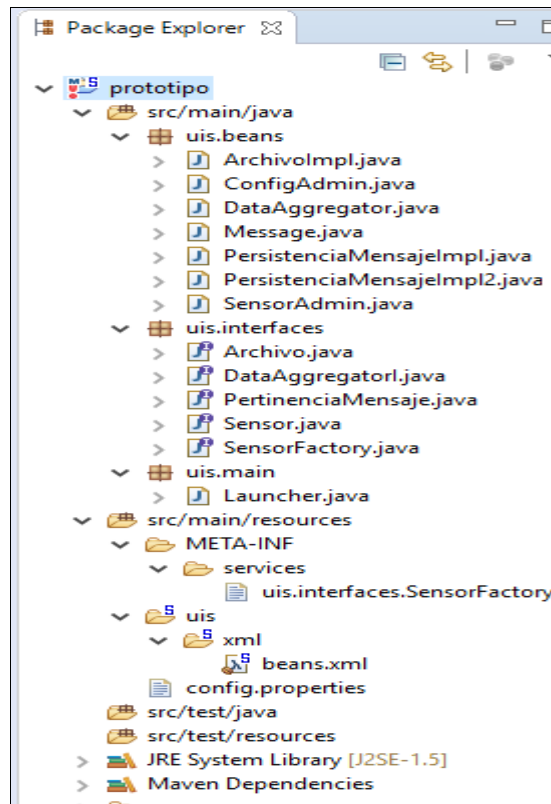


Es importante aclarar que los módulos del bróker y el patrón Factory se adaptaron de trabajos de los autores Prada Camacho, Wilson Ramiro [60] y Montañez Gómez, Fabio Andrés [61], los cuales desarrollaron estos proyectos para interactuar con arquitecturas embebidas y diferentes tipos de sensores; razón por la cual no fue necesario ejecutar pruebas de despliegue en estas arquitecturas, ya que se adoptaron las mismas pautas en el desarrollo del prototipo.

6.1.3 Desarrollo del prototipo. El desarrollo del prototipo se realizó en el Framework Spring (id de desarrollo de java), el cual contiene elementos que permiten el desarrollo de aplicaciones utilizando el patrón de diseño “inyección de dependencias”. A continuación, se definen los componentes utilizados para el desarrollo del prototipo.

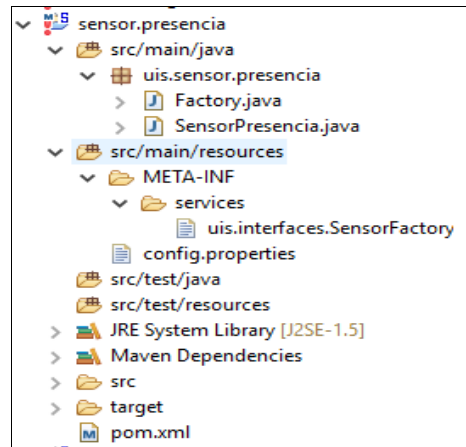
6.1.3.1 Prototipo: Es el proyecto asociado al MSPV, en este se encuentran los diferentes módulos implementados del modelo de gestión (ver figura 33).

Figura 33. Contenido del Prototipo



6.1.3.2 Sensor: Es el driver lógico asociado a cada tipo de sensor (oxígeno, presencia, apertura de puerta y apertura de ventana). Los drivers lógicos implementados se desarrollaron con el patrón Factory (Factory.java), con el fin de poder integrar un gran número de driver lógicos a la ejecución del MSPV (ver figura 34).

Figura 34. Contenido Aplicación Sensor Presencia



6.2 ESCENARIOS DE VALIDACIÓN

6.2.1 Escenario 1: Inclusión de driver lógico

6.2.1.1 Definición: El escenario 1 aborda la preocupación asociada a incorporar nuevos drivers lógicos para poder obtener datos de diferentes sensores.

6.2.1.2 Ejecución: Inicialmente el prototipo implementa tres drivers lógicos (oxígeno, apertura de puerta, apertura de ventana), como se ilustra en la figura 35, que permiten utilizar varios sensores de esos tipos; después de esa ejecución se agrega al prototipo un driver lógico para los sensores de presencia, esto con el fin de poder utilizar los sensores que están en el ambiente y son de ese tipo (ver figura 36); no se entrará en detalle en el contenido del driver lógico para detectar cada sensor, pues el punto central de este escenario es ¿cómo poder desplegarlo en el MSPV?.

Figura 35. Carga de sensores sin el driver lógico presencia desplegado

```
..... CARGANDO SENSORES .....  
  
Se encontró un sensor = uis.sensor.oxigeno.SensorOximetro@7ce6a65d  
Sensor cargado  
Sensor de tipo: oxigeno  
Identificador del Sensor: 1  
Código de domicilio: A  
Ubicación: Sala1  
Estado: Activo  
Tópico: /DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1  
  
Se encontró un sensor = uis.sensor.oxigeno.SensorOximetro@13c27452  
Sensor cargado  
Sensor de tipo: oxigeno  
Identificador del Sensor: 2  
Código de domicilio: A  
Ubicación: Sala1  
Estado: Activo  
Tópico: /DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2  
  
-- Sensor Found = uis.sensor.aperturapuerta.SensorAperturapuerta@50d0686  
Sensor cargado  
Sensor de tipo: aperturapuerta  
Identificador del Sensor: 3  
Código de domicilio: A  
Ubicación: Sala1  
Estado: Activo  
Tópico: /DomicilioA/Sala1/AperturaPuerta/Sensor1  
  
-- Sensor Found = uis.sensor.aperturaventana.SensorAperturaventana@1a3869f4  
Sensor cargado  
Sensor de tipo: aperturaventana  
Identificador del Sensor: 4  
Código de domicilio: A  
Ubicación: Sala1  
Estado: Activo  
Tópico: /DomicilioA/Sala1/AperturaVentana/Sensor1
```

Figura 36. Carga de sensor con el driver lógico presencia desplegado

```
-- Sensor Found = uis.sensor.presencia.SensorPresencia@6a1aab78  
Sensor cargado  
Sensor de tipo: presencia  
Identificador del Sensor: 5  
Código de domicilio: A  
Ubicación: Cuarto1  
Estado: Activo  
Tópico: /DomicilioA/Cuarto1/AperturaVentana/Sensor1
```

6.2.1.3 Conclusión: La utilización del patrón Factory en el prototipo permite hacer extensible la plataforma, sin embargo, posee una limitante asociada a que solo es posible incluir el driver lógico al principio de la ejecución del MSPV, por lo que es necesario reiniciar la plataforma para cargar el nuevo driver.

6.2.2 Escenario 2: Agregar un sensor a la plataforma.

6.2.2.1 Definición: El escenario 2 busca atacar la preocupación asociada a incorporar un sensor nuevo para poder obtener datos de este.

6.2.2.2 Ejecución: Inicialmente el prototipo implementa el driver lógico que utiliza el sensor de código 22, sin embargo, este no envía datos al MSPV, ya que el administrador de la configuración no realizó el registro de la información del ambiente y del tópicos del sensor (ver figura 37); teniendo presente lo anterior el administrador ingresa la información faltante en el proceso de registro de dispositivos y luego, si el proceso es correcto, el MSPV empieza a recibir los datos del sensor agregado (ver figura 38).

Figura 37. Lista de Sensores con Registro Completo

```
-----
Recibiendo datos del sensor con código: 1,
Tipo: oxigeno
Información Especifica
Valor=90%
Estado=Activo
Hora=19:4:33
IdSensor=1
Descripcion=oxigeno
Topico=/DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1
Ubicacion en la vivienda=Sala1
Fecha=11/5/2018
Domicilio=A
-----
Recibiendo datos del sensor con código: 2,
Tipo: oxigeno
Información Especifica
Valor=37%
Estado=Activo
Hora=19:4:33
IdSensor=2
Descripcion=oxigeno
Topico=/DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2
Ubicacion en la vivienda=Sala1
Fecha=11/5/2018
Domicilio=A
-----
```

Figura 38. Lista de Sensores con el Sensor Nuevo Desplegado

```
-----  
Recibiendo datos del sensor con código: 22,  
Tipo: presencia  
  
Información Especifica  
Valor=1  
Estado=Activo  
Hora=19:8:50  
IdSensor=22  
Descripcion=presencia  
Topico=/DomicilioA/Banio1/presencia/Sensor1  
Ubicacion en la vivienda=Banio  
Fecha=11/5/2018  
Domicilio=A  
-----  
  
-----  
Recibiendo datos del sensor con código: 4,  
Tipo: aperturaventana  
  
Información Especifica  
Valor=1  
Estado=Activo  
Hora=19:8:55  
IdSensor=4  
Descripcion=aperturaventana  
Topico=/DomicilioA/Sala1/AperturaVentana/Sensor1  
Ubicacion en la vivienda=Sala1  
Fecha=11/5/2018  
Domicilio=A  
-----
```

6.2.2.3 Conclusión. El proceso de registro de un nuevo sensor permite agregar nuevos sensores en dos etapas; una realizada por el módulo de descubrimiento del driver lógico y otra realizada por el administrador de configuración, de esta forma es posible manejar la heterogeneidad de protocolos de los sensores.

6.2.3 Escenario 3: Enviar datos a la nube

6.2.3.1 Definición: El escenario 3 aborda la preocupación asociada al envío de los datos a las aplicaciones interesadas, por medio del modelo de comunicación publicación-suscripción.

6.2.3.2 Ejecución: El flujo de datos de este escenario empieza con la publicación de los datos en un tópico definido dentro de un bróker (servidor mosquitto), el cual se encarga de enviar los datos a las aplicaciones interesadas; esto se divide en tres pasos: suscripción de la aplicación al tópico de interés (ver figura 39), registro del

tópico en el bróker (ver figura 40) y finalmente la recepción del dato por parte de la aplicación (ver figura 41).

Figura 39. Suscripción al tópico de interés

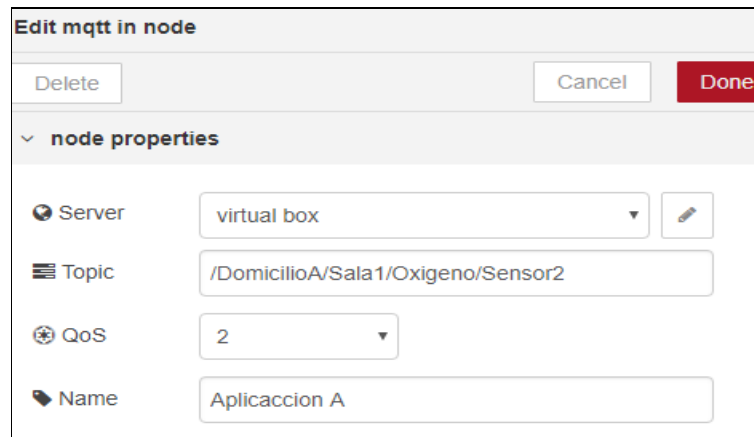
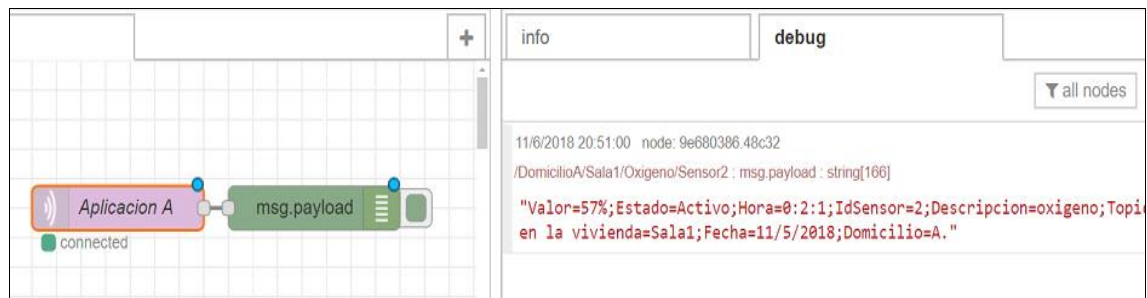


Figura 40. Registro del tópico en el Bróker Mosquitto

```
osboxes@osboxes: ~  
(arg: 7) mosquitto_sub ^C  
osboxes@osboxes:~$ mosquitto_sub -t /DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2
```

Figura 41. Recepción de datos publicados en el Bróker



6.2.3.3 Conclusión: El proceso de comunicación publicación-suscripción implementado por el prototipo, permite generar un desacoplamiento entre los sensores y las aplicaciones, ya que estos no interactúan directamente entre ellos porque el intermediario de ese proceso es el MSPV.

6.2.4 Escenario 4: Integridad de los datos

6.2.4.1 Definición: El escenario 4 aborda la preocupación asociada a la verificación de la integridad de los datos enviados por los sensores, con el fin de no continuar enviando datos que no son válidos.

6.2.4.2 Ejecución: El flujo de datos de este escenario empieza con el registro de dispositivos, ya que en este se ingresa información asociada a los rangos permitidos en una captura de datos del sensor; en este proceso es el driver lógico el encargado de evaluar si los datos están por fuera del rango y, en caso de estarlo, no seguir enviando los datos y posteriormente utilizar una API del MSPV para cambiar el estado del sensor del registro de dispositivos. Es importante resaltar que el proceso del componente de verificación de estado, del sensor del MSPV, notifica a las aplicaciones de la eliminación de este con el fin de que estas puedan definir si trabajan en modo degradado o dejan de funcionar. Para ilustrar este proceso primero se muestra la figura 42, con el sensor publicando un valor por encima del rango de 40-60 y luego en la figura 43 con la ejecución de la política asociada a la veracidad de los datos del driver lógico, se cambia el estado del sensor dentro de la plataforma.

Figura 42. Sensor publicando valor fuera de rango

```
-----  
Recibiendo datos del sensor con código: 1,  
Tipo: oxigeno  
  
Información Específica  
Valor=77  
Estado=Activo  
Hora=7:25:8  
IdSensor=1  
Descripcion=oxigeno  
Topico=/DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1  
Ubicacion en la vivienda=Sala1  
Fecha=11/5/2018  
Rango=40-60  
Domicilio=A  
-----
```

Figura 43. Desactivando sensor

```
Jun 11, 2018 7:24:50 AM org.springframework.context.support.ClassPathXmlApplicationContext  
INFORMACIÓN: Closing org.springframework.context.support.ClassPathXmlApplicationContext@49c  
-----  
Recibiendo datos del sensor con código: 1,  
Tipo: oxigeno  
  
Información Específica  
Valor=77  
Estado=Activo  
Hora=7:25:8  
IdSensor=1  
Descripcion=oxigeno  
Topico=/DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1  
Ubicacion en la vivienda=Sala1  
Fecha=11/5/2018  
Rango=40-60  
Domicilio=A  
-----  
  
-----  
Recibiendo datos del sensor con código: 2,  
Tipo: oxigeno  
  
Información Específica  
Valor=16  
Estado=Activo  
Hora=7:25:8  
IdSensor=2  
Descripcion=oxigeno  
Topico=/DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2  
Ubicacion en la vivienda=Sala1  
Fecha=11/5/2018  
Rango=40-60  
Domicilio=A  
-----  
  
-----  
  
SERVICIO DE EJECUCIÓN DE POLÍTICAS - Código de política: 1  
Sensor: uis.sensor.oxigeno.SensorOximetro@76f2b07d - Código: 1  
Estado actual: Activo  
Último valor enviado: 77.0  
Rango: 40-60  
El último valor enviado por el sensor está fuera de los límites establecidos  
Deshabilitando sensor: uis.sensor.oxigeno.SensorOximetro@76f2b07d - código: 0  
Sensor deshabilitado
```

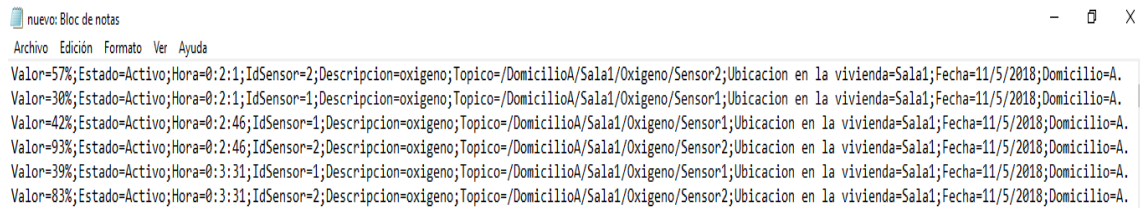
6.2.4.3 Conclusión: El proceso de verificación implementado por el prototipo permite abordar la dinamicidad propia de la naturaleza del sensor, ya que este puede presentar algún daño y quedar descalibrado, o en otros casos puede que la batería se encuentre descargada y el sensor deje de estar presente. Estos aspectos son importantes, ya que brindan mecanismos de notificación y cambio de estado de los elementos involucrados.

6.2.5 Escenario 5: Cambio de Implementación de un módulo del aplicativo

6.2.5.1 Definición: El escenario 5 busca atacar la preocupación asociada a la persistencia de los datos de los sensores en el MSPV y cómo abordar la implementación de diferentes acciones asociadas a la persistencia de otros módulos.

6.2.5.2 Ejecución: La persistencia se puede hacer de diferentes maneras, para ilustrar este proceso en el prototipo, se implementó una funcionalidad que guarda una cadena, separada por comas y por filas de los datos de cada sensor en un bloc de notas (ver figura 44) y otra implementación que guarda un objeto json de los datos, en un bloc notas (ver figura 45). De las dos implementaciones anteriores, solo una es utilizada por el MSPV, sin embargo, por medio de la inyección de dependencias, es posible con un pequeño cambio en el archivo beans.xml del prototipo (ve figura 46), cambiar la implementación; esto se debe a la utilización de los patrones de diseño antes mencionados, que se utilizaron en la construcción del prototipo; de esta forma se puede reemplazar las implementaciones de los diferentes módulos. Es importante resaltar que el cambio de implementación no es posible en tiempo de ejecución, por lo que es necesario reiniciar el MSPV, después de hacer los cambios en el archivo, para utilizar la nueva implementación.

Figura 44. Persistencia implementación inicial cadena



nuevo: Bloc de notas

Archivo Edición Formato Ver Ayuda

Valor=57%;Estado=Activo;Hora=0:2:1;IdSensor=2;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.
Valor=30%;Estado=Activo;Hora=0:2:1;IdSensor=1;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.
Valor=42%;Estado=Activo;Hora=0:2:46;IdSensor=1;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.
Valor=93%;Estado=Activo;Hora=0:2:46;IdSensor=2;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.
Valor=39%;Estado=Activo;Hora=0:3:31;IdSensor=1;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor1;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.
Valor=83%;Estado=Activo;Hora=0:3:31;IdSensor=2;Descripcion=oxigeno;Topico=DomicilioA/Sala1/Oxigeno/Sensor2;Ubicacion en la vivienda=Sala1;Fecha=11/5/2018;Domicilio=A.

Figura 45. Persistencia segunda implementación Json

```
{ "Hora": "1:12:11", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor2", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "85%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "2" }
{ "Hora": "1:12:11", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor1", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "64%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "1" }
{ "Hora": "1:12:56", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor1", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "93%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "1" }
{ "Hora": "1:12:56", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor2", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "54%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "2" }
{ "Hora": "1:40:16", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor1", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "95%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "1" }
{ "Hora": "1:40:16", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor2", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "67%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "2" }
{ "Hora": "2:32:8", "Fecha": "11/5/2018", "Topico": "\\DomicilioA\\Sala1\\Oxigeno\\Sensor2", "Descripcion": "oxigeno", "Ubicacion en la vivienda": "Sala1", "Valor": "18%", "Domicilio": "A", "Estado": "Activo", "IdSensor": "2" }
```

Figura 46. Modificación de archivo que inyecta las dependencias



prototipo

- src/main/java
- src/main/resources
 - META-INF
 - uis
 - xml
 - beans.xml
- config.properties

```
5
6 <bean id="eventBus" class="com.google.common.eventbus.EventBus"/>
7 <bean id="configadmin" class="uis.beans.ConfigAdmin" />
8 <bean id="persistencia" class="uis.beans.PersistenciaMensajeImpl"/>
9 <bean id="persistencia2" class="uis.beans.PersistenciaMensajeImpl2"/>
10 <bean id="clasedatos" class="uis.beans.DataAggregator">
11 <constructor-arg name="result" ref="persistencia2"/>
12 </constructor-arg>
13 </bean>
```

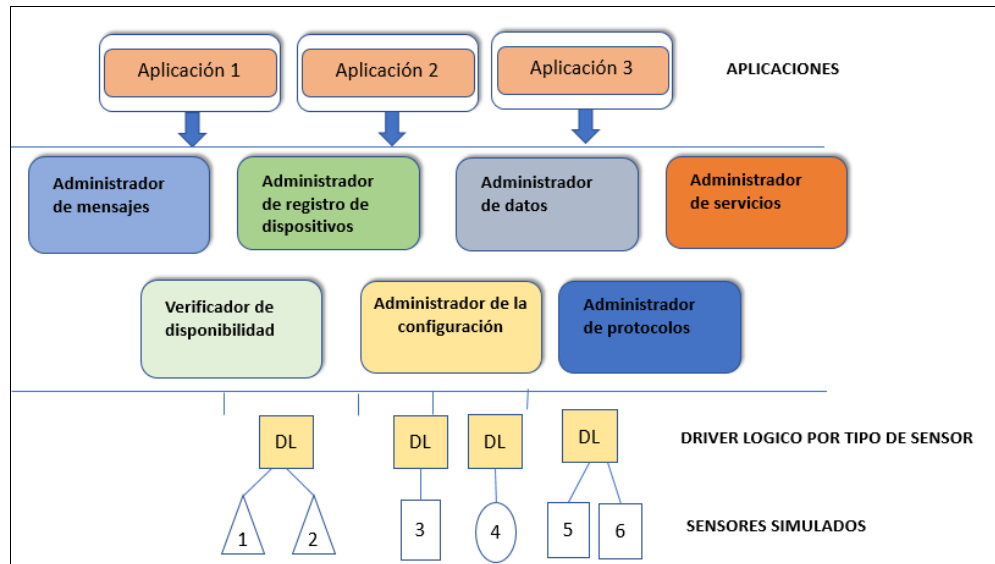
6.2.5.3 Conclusión: El desarrollo del prototipo utilizando los patrones de diseño Factory e inyección de dependencia, en conjunto con las interfaces, permiten definir un desarrollo modular de los componentes, lo cual ayuda al desacoplamiento del MSPV y futuro mantenimiento del mismo.

Después de realizar las pruebas del prototipo relacionadas a los diferentes escenarios, se evidenció la falta de unos componentes de administración, necesarios en el modelo de gestión, los cuales son el administrador de protocolos y el administrador de servicios. El desarrollo de este prototipo y su validación dieron pautas para abordar las arquitecturas orientadas a servicios en tiempo de ejecución; esto permitió definir una visión de un prototipo, que permita hacer cambios en tiempo de ejecución sin necesidad de reiniciar el sistema. A continuación, se presenta dicha visión.

6.3 VISIÓN DEL SEGUNDO PROTOTIPO

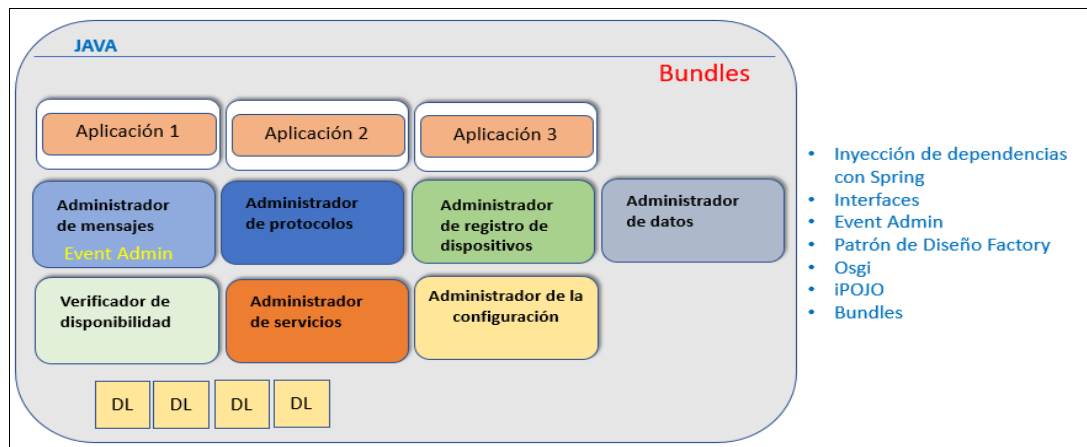
6.3.1 Arquitectura lógica. El diseño del prototipo está compuesto por una serie de elementos que, en conjunto, permiten abordar las preocupaciones definidas en el modelo de gestión; este diseño contiene los mismos elementos del prototipo anterior y dos nuevos elementos, el administrador de protocolos y el administrador de servicios, los cuales no se habían contemplado anteriormente; estos se ilustran en la figura 47.

Figura 47. Diseño del prototipo avanzada



6.3.2 Tecnologías utilizadas. Las tecnologías utilizadas para el desarrollo del prototipo se especifican en la figura 48; en esta, se ilustra una agrupación de módulos que, para este prototipo, son definidos como Bundles por el uso de la tecnología OSGi y un listado de las tecnologías a utilizar.

Figura 48. Tecnologías del prototipo



7. CONCLUSIONES

La información analizada en el proceso de caracterización de servicios de monitoreo del adulto mayor, permite afirmar que la definición de estos servicios está direccionada a provisionar hogares inteligentes para mejorar la vida independiente de la población objetivo. Esta afirmación define dos elementos claves del proceso de monitoreo: la ubicación del adulto mayor en su domicilio y la concepción del hogar inteligente.

Del análisis de la información del proceso de caracterización de dispositivos de monitoreo del adulto mayor, se encontró que las características principales de estos dispositivos es que no deben ser intrusivos y que la ubicación de estos en el domicilio debe estar enfocada en permitir la identificación de las actividades realizadas por el adulto mayor.

El modelo propuesto en este trabajo se fundamentó en las preocupaciones, identificadas en la literatura, de los servicios de monitoreo de adultos mayores y en las presentadas en el desarrollo del prototipo, con el fin de definir una infraestructura abierta que facilite a los desarrolladores y proveedores de servicios y dispositivos construir y desplegar soluciones por medio de la implementación del modelo.

El modelo de gestión presentado en este proyecto de investigación se enfoca en tres aspectos importantes: el primero es la administración de la interacción entre las aplicaciones y los dispositivos, por medio de la implementación de dos elementos: un modelo de comunicación publicación-suscripción para el envío de los datos y una política de registro de dispositivos; como segundo aspecto se tiene el manejo de la heterogeneidad de protocolos de los dispositivos por medio de la definición de unas políticas y finalmente aparece un tercer aspecto enfocado en soportar la dinamicidad producto de la naturaleza misma del dispositivo.

Por medio de la implementación del modelo de gestión de dispositivos, en un middleware, es posible definir una infraestructura que permita desplegar diferentes servicios que estén enfocados en las necesidades del adulto mayor, con el fin de mejorar su calidad de vida a través de la intervención temprana por parte de los especialistas. Esto es posible gracias a la inclusión de características que permiten que el modelo sea escalable, ya que se admite la incorporación de nuevos sensores, servicios y protocolos; además, contempla cambios en tiempo de ejecución del domicilio, referentes al estado actual del sensor y, sobre todo, especifica un desarrollo modular por medio de interfaces para desacoplar los componentes.

El desarrollo del prototipo permitió evidenciar la necesidad de utilizar tecnologías que permitan desplegar o reemplazar componentes en tiempo de ejecución sin necesidad de reiniciar el sistema de monitoreo; esta apreciación dio pautas para definir la visión de un nuevo prototipo utilizando OSGi.

8. TRABAJO FUTURO

Como trabajo futuro se recomiendan 4 actividades:

- Implementar el modelo de gestión, utilizando tecnologías que soporten cambios en tiempo de ejecución.
- Definir el proceso de seguridad asociado a la privacidad de los datos obtenidos de la actividad diaria del adulto mayor.
- Definir una semántica de los datos que permita facilitar su análisis.
- Definir una correlación de eventos en los datos obtenidos de las actividades del adulto mayor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Datos interesantes acerca del envejecimiento. [Online]. Available: <http://www.who.int/ageing/about/facts/es/>. [Consultado: 06-Jun-2017].
- [2] YANG, Q. Z; MIAO, C.Y y SHEN, Z.Q. Digital services innovation for aging-in-place, in *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, 2016.
- [3] WEITZ, Darío; LIANZA, Franco; DENIS, Maria; SCHMIDT, Nicole; NANT, Juan Pablo y FELDMAN, Sara .Red de Sensores Inalámbricos para el Monitoreo de Adultos Mayores, pp. 1054–1063
- [4] MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA, “Envejecimiento Demográfico. Colombia 1951-2020 Dinámica Demográfica Y Estructuras Poblacionales,” 2013. [Online]. Available: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/Envjecimiento-demografico-Colombia-1951-2020.pdf>. [Consultado: 20-Apr-2016].
- [5] MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA, Política Colombiana De Envejecimiento Humano Y Vejez 2015-2024, pp. 18–48, 2015.
- [6] AGUDELO GARCIA, Eliana *et al.*, Resultados de la capacitación a cuidadores de Adultos Mayores en el Departamento de Risaralda 2011 (Colombia), vol. 15134, no. 27, p. 828.
- [7] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Informe Mundial Sobre el Envejecimiento y Salud, 2015. [Online]. Available: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873_spa.pdf;jsessionid=97402405AE409164E9ABCE8DFC05B985?sequence=1. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [8] INAPAM, Modelos de atención Gerontológica, pp. 37–40, 2002.
- [9] VEGA CRUZ, MARIO *et al* .Las Tecnologías IoT dentro de la Industria

Conectada 4.0, pp. 24–85, 2015.

- [10] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD, Innovaciones para un envejecimiento sano: comunicación y cuidados, 2012. [Online]. Available: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/3/12-020312/es/>. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [11] SURYADEVARA, Nagender K ; MUKHOPADHYAY, Subhas; WANG, R, y RAYUDU, R. K. Forecasting the behavior of an elderly using wireless sensors data in a smart home, *Eng. Appl. Artif. Intell.*, vol. 26, no. 10, pp. 2641–2652, 2013.
- [12] VIRONE, Gilles *et al.*, Behavioral Patterns of Older Adults in Assisted Living, *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 12, no. 3, pp. 387–398, 2008.
- [13] PÉROLLE, Guillaume *et al.* Automatic Fall Detection and Activity Monitoring for Elderly, 2009.
- [14] VIDIGAL, Marcelo; LIMA, Mario y NETO, Areolino de Almeida, Elder Falls Detection Based on Artificial Neural Networks, in *2015 Fourteenth Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICA)*, 2015.
- [15] CABRALES SALAZAR, Omar. Productos Y Servicios Para Los Adultos Mayores, Un Potencial Nicho De Mercado En Colombia, vol. 11, no. 1, pp. 103–115, 2013.
- [16] RICHTER, Hendrik *et al.* *Ambient Intelligence*, vol. 7040. 2011.
- [17] BARDIN, Jonathan; LALANDA, Philippe y ESCOFFIER, Clement .Towards an automatic integration of heterogeneous services and devices, in *Proceedings - 2010 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, APSCC 2010*, 2010, pp. 171–178
- [18] LALANDA, Philippe; Bourcier, J.; BARDIN, Jonathan y CHOLLET, S. X Smart Home Systems, *Smart*, vol. 1, p. 6.
- [19] YE, Juan *et al.*, Semantic web technologies in pervasive computing: A survey and research roadmap, *Pervasive Mob. Comput.*, pp. 1–25, 2015.
- [20] VIJAY, Gaurav y VIJAYAKUMAR, S. Intensive care solution in pervasive environment using OSGi registry, in *2012 IEEE Students' Conference on*

Electrical, Electronics and Computer Science: Innovation for Humanity, SCEECS 2012, 2012.

- [21] MORALES ERAZO, Alexander. Hospitalización domiciliaria en ancianos, *Acta Médica Colomb.*, vol. 41, no. 3, pp. 167–168, 2016
- [22] DIRECCIÓN DE PLANEACION Y ANALISIS DE POLITICA. Cómo va la protección social, Monitoreo al Sistema General de Seguridad Social en Salud.”.
- [23] COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL, Resolución 5521 del 27 de Diciembre del 2013, pp. 1–146, 2013.
- [24] SUAREZ CUBA, Miguel Ángel. ATENCIÓN INTEGRAL A DOMICILIO, *Rev. Méd. La Paz*, 2012.
- [25] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Promoción de la Salud Glosario, *Organ. Mund. la Salud*, pp. 1–35, 1998.
- [26] ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Que calidad de vida? / Grupo de la OMS sobre la calidad de vida,” 1996. [Online]. Available: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/55264>. [Consultado: 02-Feb-2017].
- [27] KYRIAZAKOS, Sofoklis A *et al.*, BETaaS: A Platform for Development and Execution of Machine-to-Machine Applications in the Internet of Things, *Wirel. Pers. Commun.*, 2016.
- [28] QIN, Ni; GARCIA HERNANDO, Ana Belen y DE LA CRUZ, Ivan Pau, *The elderly’s independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development*, vol. 15, no. 5. 2015.
- [29] ESCOFFIER, Clement; BARDIN, Jonathan; Bourcier, J y LALANDA, Philippe. “Developing user-centric applications with H-Omega,” *Lect. Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Telecommun. Eng.*, vol. 12 LNICST, pp. 118–123, 2009.
- [30] MAJUMDER, Sumit *et al.*, Smart homes for elderly healthcare—Recent advances and research challenges, *Sensors (Switzerland)*, vol. 17, no. 11, 2017.
- [31] MAUREL, Yoann; CHOLLET, Sthepanie, LESTIDEAU,Vinceet; BARDIN,

- Jonathan; LALANDA, Philippe. fANFARE: Autonomic framework for service-based pervasive environment, in *Proceedings - 2012 IEEE 9th International Conference on Services Computing, SCC 2012*, 2012, pp. 65–72.
- [32] LEE, Jer-Vui; CHUAH, Yea y CHIENG, Kenny T.H. Smart elderly home monitoring system with an android phone, *Int. J. Smart Home*, vol. 7, no. 3, pp. 17–32, 2013.
- [33] REYES ÁLAMO, José M; Yang, Hen I; Wong,Johnny y CHANG, Carl K. Automatic service composition with heterogeneous service-oriented architectures, in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2010, pp. 9–16.
- [34] YUN, Xiang et al. Remote Safety Monitoring for Elderly Persons Based on Omni-Vision Analysis, *PLoS One*, 2015.
- [35] ALI,Rahman; SIDDIQI, Muhammad Hameed; y HO KANG,Byeong and LEE, Sungyoung. KARE: A Hybrid Reasoning Approach for Promoting Active Lifestyle, *Proc. 9th Int. Conf. Ubiquitous Inf. Manag. Commun.*, p. 72:1--72:5, 2015.
- [36] BIBLIOTECA DE SALUD DEL ADULTO, Signos vitales (temperatura corporal, pulso, frecuencia respiratoria y presión arterial). [Online]. Available: <http://healthlibrary.uchospitals.edu/Spanish/DiseasesConditions/Adult/NonTraumatic/85,P03963>. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [37] TAO, hong y MCROY, Susan. Caring for and keeping the elderly in their homes,” *Chinese Nurs. Res.*, vol. 2, no. 2–3, pp. 31–34, 2015.
- [38] REDONDO EXPÓSITO, Javier. Estudio y Elaboración de una Guía De Implementación del Estándar IEEE 1451 Para Redes Inalámbricas, 2010.
- [39] VACA, Hernan. Clasificacion de sensores. [Online]. Available: <https://es.slideshare.net/hernancardenas9400/clasificacion-de-sensores-36167798>. [Consultado: 02-Mar-2018].
- [40] GUK HA,Young. Dynamic integration of zigbee home networks into home gateways using OSGI service registry, *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol.

55, no. 2, pp. 470–476, 2009.

- [41] EL KAED, Charbel; PETIT,Loic y MAXIME, Louvel. INSIGHT: interoperability and service management for the digital home, *Proc. ACM/IFIP/USENIX Middlew. Ind. Track Work.*, p. 3:1-3:6, 2011.
- [42] YU,Linbin et al. A general conformance testing framework for IEEE 11073 PHD's communication model, *Proc. 6th Int. Conf. PErvasive Technol. Relat. to Assist. Environ. - PETRA '13*, 2013.
- [43] SINGH, Vaibhav Pratap; DWARAKANATH, V Tulasi; HARIBABU, P y BABU, N.Sarat Chandra. IoT Standardization Efforts - An Analysis, pp. 1083–1088, 2017.
- [44] IBM KNOWLEDGE CENTER. WebSphere Commerce y la arquitectura orientada a servicios (SOA). [Online]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSZLC2_7.0.0/com.ibm.commerce.developer.doc/concepts/csdsoa.htm. [Consultado: 03-Jan-2018].
- [45] FEZARI, Mohamed; RASRAS, Rachard y EMARY, Ibrahiem. Ambulatory Health Monitoring System Using Wireless Sensors Node. *Procedia Comput. Sci.*, pp. 86–94, 2015.
- [46] IBM KNOWLEDGE CENTER. “Extensibility.” [Online]. Available: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6PEW_9.5.0/com.ibm.help.om.prodover.doc/productconcepts/c_OverviewExtensibility.html. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [47] Modularidad [Online]. Available: <https://sites.google.com/site/asinunea/iv-desarrollo-de-modularidad/unidad-iv-desarrollo-de-modularidad>. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [48] KHEMAJA, Maha y MASTOUR, Taufik. Semantic Reasoning for Enabling Mobility and Context- Awareness: Application to an OSGi Based Intelligent Tutoring System, *Proc. Second Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult.*, pp. 365–372, 2014.
- [49] GILLIAN,Nicholas; PFENNINGER, Sara; RUSSELL, Spencer y PARADISO, Joseph. Gestures Everywhere: A Multimodal Sensor Fusion and Analysis

- Framework for Pervasive Displays, *Proc. Int. Symp. Pervasive Displays - PerDis '14*, pp. 98–103, 2014.
- [50] ZHANG, Yang; DUAN, Li y CHEN, Juan Liang. Event-driven SOA for IoT services, *Proc. - 2014 IEEE Int. Conf. Serv. Comput. SCC 2014*, pp. 629–636, 2014.
- [51] VILA, Joan. Diseño Y Aplicaciones de Sistemas Distribuidos. [Online]. Available:
[https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6069_2008/T2.-Comunicación I%3A del C_S al modelo de objetos/ut 2.1.- Modelo C_S y RPCs/objDist.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6069_2008/T2.-Comunicación%3A%20del%20C_S%20al%20modelo%20de%20objetos/ut%202.1.-Modelo%20C_S%20y%20RPCs/objDist.pdf). [Consultado: 02-Feb-2018].
- [52] MICROSOFT AZURE. ¿Qué es middleware? [Online]. Available:
<https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-middleware/>. [Consultado: 04-Feb-2018].
- [53] GUGLIELMETTI, Marcos. Definición de Gateway. [Online]. Available:
<https://sistemas.com/gateway.php>. [Consultado: 03-Feb-2018].
- [54] Equinox OSGI. [Online]. Available: <http://www.eclipse.org/equinox/>. [Consultado: 02-Feb-2017].
- [55] Class EventBus. [Online]. Available:
<https://google.github.io/guava/releases/22.0/api/docs/com/google/common/eventbus/EventBus.html>. [Consultado: 02-Feb-2018].
- [56] MSDN. Patrones de Fabricación: Fábricas de Objetos. [Online]. Available:
<https://msdn.microsoft.com/es-co/library/bb972258.aspx>. [Consultado: 03-Feb-2018].
- [57] RUIZ PACHECO, Juan Carlos. Inyección de Dependencias. [Online]. Available:
<https://msdn.microsoft.com/es-es/communitydocs/net-dev/csharp/inyeccion-de-dependencias>. [Consultado: 03-Feb-2018].
- [58] MSDN. Interface. [Online]. Available: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/language-reference/keywords/interface>. [Consultado: 03-Feb-2018].
- [59] JS FOUNDATION. [Online]. Available: <https://nodered.org/>. [Consultado: 04-

Feb-2018].

- [60] PRADA CAMACHO, Wilson Ramiro. Diseño de un sistema embebido que permite hacer seguimiento y control a vehículos de transporte publico basado en BRT. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2017.
- [61] MONTAÑEZ GOMEZ, Fabio Andres. Diseño de una plataforma software que apoye los procesos de crianza en el área de la piscicultura. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2017.

BIBLIOGRAFÍA

AGUDELO GARCIA, Eliana *et al.*, Resultados de la capacitación a cuidadores de Adultos Mayores en el Departamento de Risaralda 2011 (Colombia). vol. 15134, no. 27, p. 828.

ALI,Rahman; SIDDIQI, Muhammad Hameed; y HO KANG,Byeong and LEE, Sungyoung. KARE: A Hybrid Reasoning Approach for Promoting Active Lifestyle. Proc. 9th Int. Conf. Ubiquitous Inf. Manag. Commun., p. 72:1--72:5, 2015.

BARDIN, Jonathan; LALANDA, Philippe y ESCOFFIER, Clement. Towards an automatic integration of heterogeneous services and devices. In Proceedings - 2010 IEEE Asia-Pacific Services Computing Conference, APSCC 2010, 2010, pp. 171–178.

BIBLIOTECA DE SALUD DEL ADULTO. Signos vitales (temperatura corporal, pulso, frecuencia respiratoria y presión arterial). [[En línea]. Disponible en: <http://healthlibrary.uchospitals.edu/Spanish/DiseasesConditions/Adult/NonTraumatic/85,P03963>. [Consultado: 02-Feb-2018].

CABRALES SALAZAR,Omar. Productos y servicios para los adultos mayores, un potencial nicho de mercado en colombia products and services for the elderly, the potential market target in Colombia. vol. 11, no. 1, pp. 103–115, 2013.

Class EventBus. [En línea]. Disponible en: <https://google.github.io/guava/releases/22.0/api/docs/com/google/common/eventbus/EventBus.html>. [Consultado: 02-Feb-2018].

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Política colombiana de envejecimiento humano y vejez 2015-2024. pp. 18–48, 2015.

COLOMBIA. MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL. Resolución 5521 del 27 de Diciembre del 2013. pp. 1–146, 2013.

DIRECCIÓN DE PLANEACION Y ANALISIS DE POLITICA. Cómo va la protección social Monitoreo al Sistema General de Seguridad Social en Salud.

EL KAED, Charbel; PETIT,Loic y MAXIME, Louvel. INSIGHT: interoperability and service management for the digital home. Proc. ACM/IFIP/USENIX Middlew. Ind. Track Work., p. 3:1-3:6, 2011.

Equinox OSGI. [En línea]. Disponible en: <http://www.eclipse.org/equinox/>. [Consultado: 02-Feb-2017].

ESCOFFIER, Clement; BARDIN, Jonathan; Bourcier, J y LALANDA, Philippe. Developing user-centric applications with H-Omega. Lect. Notes Inst. Comput. Sci. Soc. Telecommun. Eng., vol. 12 LNICST, pp. 118–123, 2009.

FEZARI, Mohamed; RASRAS, Rachard y EMARY, Ibrahiem. Ambulatory Health Monitoring System Using Wireless Sensors Node. Procedia Comput. Sci., pp. 86–94, 2015.

GILLIAN,Nicholas; PFENNINGER, Sara; RUSSELL, Spencer y PARADISO, Joseph. Gestures Everywhere: A Multimodal Sensor Fusion and Analysis Framework for Pervasive Displays. Proc. Int. Symp. Pervasive Displays - PerDis '14, pp. 98–103, 2014.

GUGLIELMETTI, M. Definición de Gateway. [En línea]. Disponible en: <https://sistemas.com/gateway.php>. [Consultado: 03-Feb-2018].

GUK HA, Young. Dynamic integration of zigbee home networks into home gateways using OSGi service registry. *IEEE Trans. Consum. Electron.*, vol. 55, no. 2, pp. 470–476, 2009.

IBM KNOWLEDGE CENTER. WebSphere Commerce y la arquitectura orientada a servicios (SOA). [En línea]. Disponible en: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SSZLC2_7.0.0/com.ibm.commerce.developer.doc/concepts/csdsoa.htm. [Consultado: 03-Jan-2018].

IBM KNOWLEDGE CENTER. Extensibility. [En línea]. Disponible en: https://www.ibm.com/support/knowledgecenter/es/SS6PEW_9.5.0/com.ibm.help.o.m.prodover.doc/productconcepts/c_OverviewExtensibility.html. [Consultado: 02-Feb-2018].

INAPAM. Modelos de atención Gerontológica. pp. 37–40, 2002.

JS FOUNDATION, Node-RED. [En línea]. Disponible en: <https://nodered.org/>. [Consultado: 04-Feb-2018].

KHEMAJA, Maha y MASTOUR, Taufik. Semantic Reasoning for Enabling Mobility and Context- Awareness: Application to an OSGi Based Intelligent Tutoring System. *Proc. Second Int. Conf. Technol. Ecosyst. Enhancing Multicult.*, pp. 365–372, 2014.

KYRIAZAKOS, Sofoklis A *et al.* BETaaS: A Platform for Development and Execution of Machine-to-Machine Applications in the Internet of Things. *Wirel. Pers. Commun.*, 2016.

LALANDA, Philippe; Bourcier, J; BARDIN, Jonathan y CHOLLET, S. X Smart Home Systems. Smart, vol. 1, p. 6.

LEE, Jer-Vui; CHUAH, Yea y CHIENG, Kenny T.H. Smart elderly home monitoring system with an android phone Int. J. Smart Home, vol. 7, no. 3, pp. 17–32, 2013.

MAJUMDER, Sumit *et al.* Smart homes for elderly healthcare—Recent advances and research challenges. Sensors (Switzerland), vol. 17, no. 11, 2017.

MAUREL, Yoann; CHOLLET, Sthepanie, LESTIDEAU, Vinceet; BARDIN, Jonathan; LALANDA, Philippe. fANFARE: Autonomic framework for service-based pervasive environment. In Proceedings - 2012 IEEE 9th International Conference on Services Computing, SCC 2012, 2012, pp. 65–72.

MICROSOFT DOCS. Interface. [En línea]. Disponible en: <https://docs.microsoft.com/en-us/dotnet/csharp/language-reference/keywords/interface>. [Consultado: 03-Feb-2018].

MICROSOFT AZURE. ¿Qué es middleware? [En línea]. Disponible en: <https://azure.microsoft.com/es-es/overview/what-is-middleware/>. [Consultado: 04-Feb-2018].

MINISTERIO DE SALUD Y PROTECCIÓN SOCIAL DE COLOMBIA. Envejecimiento demográfico. colombia 1951-2020 dinámica demográfica y estructuras poblacionales. 2013. [En línea]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/PS/Envejecimiento-demografico-Colombia-1951-2020.pdf>. [Consultado: 20-Apr-2016].

Modularidad. [En línea]. Disponible en: <https://sites.google.com/site/asinunea/iv-desarrollo-de-modularidad/unidad-iv-desarrollo-de-modularidad>. [Consultado: 02-Feb-2018].

MONTAÑEZ GOMEZ, Fabio Andres. Diseño de una plataforma software que apoye los procesos de crianza en el área de la piscicultura. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2017

MORALES ERAZO, Alexander. Hospitalización domiciliaria en ancianos. Acta Médica Colomb., vol. 41, no. 3, pp. 167–168, 2016.

MSDN. Patrones de Fabricación: Fábricas de Objetos. [En línea]. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-co/library/bb972258.aspx>. [Consultado: 03-Feb-2018].

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Datos interesantes acerca del envejecimiento. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/ageing/about/facts/es/>. [Consultado: 06-Jun-2017].

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Informe Mundial Sobre el Envejecimiento y Salud. 2015. [En línea]. Disponible en: http://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/186466/9789240694873_spa.pdf;jsessionid=97402405AE409164E9ABCE8DFC05B985?sequence=1. [Consultado: 02-Feb-2018].

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Innovaciones para un envejecimiento sano: comunicación y cuidados. 2012. [En línea]. Disponible en: <http://www.who.int/bulletin/volumes/90/3/12-020312/es/>. [Consultado: 02-Feb-2018].

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Promoción de la Salud Glosario. Organ. Mund. la Salud, pp. 1–35, 1998.

ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD. Que calidad de vida? / Grupo de la OMS sobre la calidad de vida. 1996. [En línea]. Disponible en: <http://apps.who.int/iris/handle/10665/55264>. [Consultado: 02-Feb-2017].

PÉROLLE, G.; FRAISSE, P.; MAVROS, M. and Etxeberria, I. Automatic Fall Detection and Activity Monitoring for Elderly. 2009.

PRADA CAMACHO, Wilson Ramiro. Diseño de un sistema embebido que permite hacer seguimiento y control a vehículos de transporte publico basado en BRT. Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2017.

QIN, Ni; GARCIA HERNANDO, Ana Belen y DE LA CRUZ, Ivan Pau. The elderly's independent living in smart homes: A characterization of activities and sensing infrastructure survey to facilitate services development, vol. 15, no. 5. 2015.

REDONDO EXPÓSITO, Javier. Estudio y Elaboración de una Guía De Implementación del Estándar IEEE 1451 Para Redes Inalámbricas. 2010.

REYES ÁLAMO, José M; Yang, Hen I; Wong, Johnny y CHANG, Carl K. Automatic service composition with heterogeneous service-oriented architectures. In Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), 2010, pp. 9–16.

RICHTER, Hendrik et al. Ambient Intelligence, vol. 7040. 2011.

RUIZ PACHECO, Juan Carlos. Inyección de Dependencias. [En línea]. Disponible en: <https://msdn.microsoft.com/es-es/communitydocs/net-dev/csharp/inyeccion-de-dependencias>. [Consultado: 03-Feb-2018].

SINGH, Vaibhav Pratap; DWARAKANATH, V Tulasi; HARIBABU, P y BABU, N.Sarat Chandra. IoT Standardization Efforts - An Analysis. Int. Conf. Smart Technol. Smart Nation, pp. 1083–1088, 2017.

SUÁREZ CUBA, Miguel Ángel. ATENCIÓN INTEGRAL A DOMICILIO. Rev. Méd. La Paz, 2012. .

SURYADEVARA, Nagender K ; MUKHOPADHYAY, Subhas; WANG, R, y RAYUDU, R. K. Forecasting the behavior of an elderly using wireless sensors data in a smart home. Eng. Appl. Artif. Intell., vol. 26, no. 10, pp. 2641–2652, 2013.

TAO, hong y MCROY, Susan. Caring for and keeping the elderly in their homes. Chinese Nurs. Res., vol. 2, no. 2–3, pp. 31–34, 2015.

VACA, Hernan. Clasificacion de sensores. [En línea]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/hernancardenas9400/clasificacion-de-sensores-36167798>. [Consultado: 02-Mar-2018].

VEGA CRUZ, MARIO *et al.* Las Tecnologías IoT dentro de la Industria Conectada 4.0. pp. 24–85, 2015.

VIDIGAL, Marcelo.; LIMA, M. and NETO, Adea. Neto. Elder Falls Detection Based on Artificial Neural Networks. 2015 Fourteenth Mexican International Conference on Artificial Intelligence (MICAI), 2015.

VIJAY, Gaurav y VIJAYAKUMAR, S. Intensive care solution in pervasive environment using OSGi registry. In 2012 IEEE Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science: Innovation for Humanity, SCEECS 2012, 2012.

VILA, Joan. Diseño Y Aplicaciones de Sistemas Distribuidos [En línea]. Disponible en: [https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6069_2008/T2.-Comunicación I%3A del C_S al modelo de objetos/ut 2.1.- Modelo C_S y RPCs/objDist.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/group/OCW_6069_2008/T2.-Comunicación%3A%20del%20C_S%20al%20modelo%20de%20objetos/ut%202.1.-Modelo%20C_S%20y%20RPCs/objDist.pdf). [Consultado: 02-Feb-2018].

VIRONE, Gilles et al. Behavioral Patterns of Older Adults in Assisted Living. IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed., vol. 12, no. 3, pp. 387–398, 2008.

WEITZ, Darío; LIANZA, Franco; DENIS, Maria; SCHMIDT, Nicole; NANT, Juan Pablo y FELDMAN, Sara. Red de Sensores Inalámbricos para el Monitoreo de Adultos Mayores. pp. 1054–1063.

YANG, Q. Z; MIAO, C.Y y SHEN, Z.Q.. Digital services innovation for aging-in-place, in IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 2016.

YE, Juan *et al.* Semantic web technologies in pervasive computing: A survey and research roadmap. Pervasive Mob. Comput., pp. 1–25, 2015.

YU, Linbin et al. A general conformance testing framework for IEEE 11073 PHD's communication model. Proc. 6th Int. Conf. Pervasive Technol. Relat. to Assist. Environ. - PETRA '13, 2013.

YUN, Xiang et al. Remote Safety Monitoring for Elderly Persons Based on Omni-Vision Analysis. PLoS One, 2015.

ZHANG,Yang; DUAN,Li y CHEN,Juan Liang.. Event-driven SOA for IoT services.
Proc. - 2014 IEEE Int. Conf. Serv. Comput. SCC 2014, pp. 629–636, 2014.