

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO**

**ÁREA DE POSGRADO**

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA**



**“NOTIFICACIONES CONSCIENTES DEL CONTEXTO EN APOYO  
AL PROCESO DE CUIDADO DE ADULTOS MAYORES CON  
DETERIORO COGNITIVO”**

**T E S I S**

**que presenta para obtener el grado en DOCTOR EN CIENCIAS**

**SANDRA EDITH NAVA MUÑOZ**

**DIRECTOR DE TESIS:  
DR. ALBERTO LEOPOLDO MORÁN Y SOLARES**

**ENSENADA, B.C.**

**ENERO 2013**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO  
UNIDAD ENSENADA

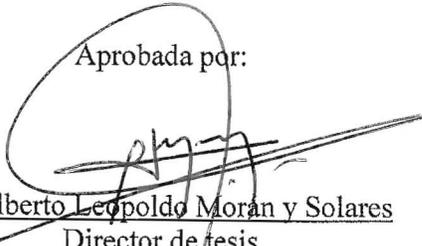
**Notificaciones Conscientes del Contexto en Apoyo al Proceso de  
Cuidado de Adultos Mayores con Deterioro Cognitivo**

**TESIS**

Que para obtener el grado de Doctor en Ciencias presenta:

**Sandra Edith Nava Muñoz**

Aprobada por:

  
Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares  
Director de tesis

  
Dra. Mónica Elizabeth Tentori Espinosa  
Miembro del comité

  
Dr. Víctor Manuel González y González  
Miembro del comité

  
Dr. Ángel Gabriel Andrade Reátiga  
Miembro del comité

  
Dr. Jesús Favela Vara  
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Enero de 2013

**RESUMEN** de la Tesis de **Sandra Edith Nava Muñoz** presentada como requisito parcial para la obtención del grado de DOCTOR EN CIENCIAS, Ensenada, Baja California, México. Enero de 2013.

**NOTIFICACIONES CONSCIENTES DEL CONTEXTO EN APOYO AL PROCESO DE CUIDADO DE ADULTOS MAYORES CON DETERIORO COGNITIVO**

Resumen aprobado por:



---

Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares  
Director de Tesis

El cuidado de adultos mayores con deterioro cognitivo en una residencia geriátrica es una tarea compleja debido a que su estado de salud presenta cambios significativos a lo largo de la enfermedad. Incluso, en una etapa avanzada, estos cambios los van llevando a ser totalmente dependientes. En este contexto los cuidadores se enfrentan a dos grandes problemas: i) la escasa conciencia sobre las *situaciones de cuidado* que se presentan en los adultos mayores; y ii) la falta de información sobre la disponibilidad y las actividades de sus compañeros cuidadores, como apoyo en el proceso del cuidado coordinado de los adultos mayores. En la literatura se identifican algunas propuestas que buscan solucionar estos problemas, pero no consideran muchos de los requerimientos que impone la criticidad de este tipo de ambiente. En esta tesis, las residencias geriátricas se identifican como un tipo de *ambiente crítico*.

Ante estas problemáticas, en este trabajo se define el concepto de *Notificación Consciente del Contexto para ambientes Críticos* (CANoE, por sus siglas en inglés) como una notificación que se adapta en tiempo real, con el fin de que se entregue oportunamente, se presente la información necesaria y de una manera adecuada. A partir de este concepto, se propone el *Modelo de Notificación CANoE* que incluye tres principios de diseño: 1) configurar el mensaje de la notificación, 2) proporcionar prioridades de respuesta a los receptores y 3) adaptar la presentación de la notificación a los receptores. La aplicación de estos tres principios en la construcción de notificaciones es posible a partir del contexto

proveniente de tres fuentes: el emisor de la situación crítica, el receptor de la notificación, y el ambiente que los rodea.

Para ilustrar la aplicabilidad del modelo, se diseñó y desarrolló el sistema de notificación CANoE-Aw, el cual notifica a los cuidadores de una residencia geriátrica sobre la ocurrencia de situaciones de cuidado en los adultos mayores. El sistema se instaló en una residencia geriátrica con el objetivo de realizar una evaluación desde dos perspectivas, la primera para identificar el impacto de las notificaciones sobre la conciencia de los cuidadores en este tipo de ambiente y la segunda para validar los principios de diseño que conforman el modelo CANoE. Los principales resultados incluyen que las notificaciones incrementaron la conciencia de los cuidadores sobre las situaciones de cuidado en un 178% y el tiempo de adquisición de dicha conciencia se redujo en un 85% aproximadamente. Con respecto a la validación del modelo, se identificó que una notificación CANoE no solamente permite la generación de conciencia sobre situaciones de cuidado, sino que también permite la generación de conciencia sobre el estado de los cuidadores en turno; lo cual permite la coordinación entre los cuidadores para atender la situación de cuidado notificada. Adicionalmente, los cuidadores percibieron útil la adaptación de las notificaciones e indicaron que la presentación de las mismas fue adecuada a su actividad y ubicación en el momento de la notificación. En términos cuantitativos, del total de notificaciones percibidas por los cuidadores se obtuvo un 96.16% de interpretaciones correctas sobre el mensaje de notificación; y un 89.74% de interpretaciones correctas sobre la prioridad de respuesta del receptor.

Con base en estos resultados, se considera que esta tesis tiene su contribución principal en el área de Interacción Humano Computadora al establecer un modelo de notificación consciente del contexto que considera características particulares de un ambiente crítico (*e.g.*, residencia geriátrica) y de los actores que en él se desempeñan (*e.g.*, adultos mayores y cuidadores). Este modelo se fundamenta en la adaptación de la notificación en tiempo real para que ésta sea percibida a través de los sentidos disponibles de los receptores y, permita la percepción y comprensión exitosa de la notificación. La notificación busca el incremento de los niveles de conciencia sobre los eventos críticos (*e.g.*, situaciones de cuidado) y la coordinación entre los actores que atienden dichos eventos

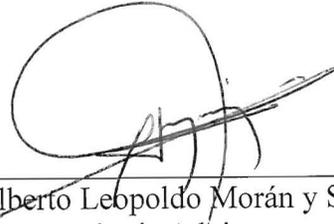
(*e.g.*, los cuidadores). Finalmente, el modelo de notificación CANoE se puede considerar como una herramienta para: i) el diseño de mecanismos de presentación de información, ii) el desarrollo de sistemas de notificación para ambientes críticos, y iii) la clasificación de sistemas de notificación.

**Palabras clave:** *Notificación, Cómputo Consciente del Contexto, Cuidado de la Salud, Adultos Mayores.*

**ABSTRACT** of the thesis, presented by **Sandra Edith Nava Muñoz**, in order to obtain the DOCTOR of SCIENCE. Ensenada, Baja California, Mexico. January, 2013.

**CONTEXT-AWARE NOTIFICATIONS TO SUPPORT THE PROCESS OF CARE OF OLDER ADULTS WITH COGNITIVE IMPAIRMENT**

Abstract approved by:



---

Dr. Alberto Leopoldo Morán y Solares  
Thesis Advisor

Taking care of older adults with cognitive impairment in a nursing home is a complex task because their health status presents significant changes along the disease. At an advanced stage, these changes turn them into totally dependent persons of a coordinated care. In this context caregivers face two major problems: i) the lack of awareness about the situations of care that occur to the elderly, and ii) the lack of information on the availability and the activities of their fellow caregivers, as support in the process of coordinated care for older adults. The literature identifies several proposals that seek to solve these problems, but these do not consider many of the requirements imposed by the criticality of this kind of environments. In this thesis, nursing homes are identified as a kind of *critical environment*.

Faced with these problems, in this thesis it is defined the concept of *Context-Aware Notification for critical Environments (CANoE)* as a notification that adapts in real time, which is delivered in time, and which presents the necessary information in an appropriate manner. From this concept, we propose the *CANoE notification model* that includes three design principles: 1) configure the notification message, 2) provide response priorities for its receiver and 3) adapt the presentation of the notification to its receivers. The application of these three principles in the construction of notifications is possible by using context information from three sources: the issuer of the critical situation, the receiver of the notification, and the environment that surrounds them.

To illustrate the applicability of the model, a notification system was designed and developed, which notifies caregivers in a nursing home about the occurrence of the

situations of care on the elderly. The system, called CANoE-Aw, was installed in a nursing home in order to conduct an evaluation from two perspectives, the first to identify the impact of notifications on the awareness of the caregivers in this kind of environment and the second to validate the design principles of the CANoE model. The main findings include that CANoE notifications increased the awareness of caregivers about the situations of care by 178%, and that the time of acquisition of that awareness was reduced in about 85%.

Regarding the validation of the model, it was found that a CANoE notification allows not only for the generation of awareness about the situations of care, but also for the generation of awareness on the status of the caregivers. This allows for the coordination of the caregivers to provide attention for the notified situation of care. Additionally, caregivers perceived the adaptation of the notification as useful, and stated that its presentation was appropriate for their activity and location at the time of notification. In quantitative terms, from the total number of notifications received by caregivers, 96.16% of them were correctly interpreted regarding the notification message, and 89.74% of them were correctly interpreted regarding the receiver's response priority.

Based on these results, it is considered that the main contribution of this thesis is in the area of Human-Computer Interaction by establishing a context-aware notification model that considers particular characteristics of a critical environment (*e.g.*, nursing home) and of the actors that inhabit it (*e.g.*, older adults and caregivers). This model is based on the real-time adaptation of the notification for it to be perceived through the available senses of the receivers, and this to allow its successful perception and understanding. The notification aims at increasing the levels of awareness about the critical events (*e.g.*, situations of care) and the coordination between the actors attending such events (*e.g.*, caregivers). Finally, the CANoE notification model can be considered as a tool for: i) the design of notification mechanisms for the presentation of information, ii) the development of notification systems for critical environments, and iii) the classification of notification systems.

**Keywords:** Notifications, Context-Aware Computing, Healthcare, Older adults.

## ***Dedicatoria***

*A mi hija Ana Laura y a mi esposo Francisco*

*Por existir en mi vida y por su apoyo incondicional*

## *Agradecimientos*

Gracias a Dios por todas sus bendiciones y porque me permitió alcanzar esta meta personal y profesional.

A mi hija Ana Laura y mi esposo Francisco, por su amor y apoyo en todos mis estudios.

A mis padres, Martha y Martín, Betty y José María; a mis hermanos, Oscar, Martha, Claudia, José María; a mis cuñados, Pily, Nahúm, Enrique y Claudia Pacheco, y a toda mi familia por su apoyo incondicional.

Gracias al Dr. Alberto Morán, mi asesor, por todos sus consejos y por ser mi guía en este crecimiento profesional. Porque fueron muchos minutos dedicados a este trabajo de investigación y sobre todo por su amistad.

A los miembros de mi comité de tesis, Dra. Mónica Tentori, Dr. Víctor González, Dr. Jesús Favela, Dr. Ángel Andrade, porque avance tras avance me guiaban con sus comentarios y me indicaban tareas para mejorar mi trabajo de investigación.

A mis amigos de maestría y doctorado, Ramón, Vicky, Mary, Humberto, Juan Pablo, Arturo, Viridiana, Claudia, Ana; por aquellos días y noches largas de estudio que compartimos, y por su amistad incondicional.

A los maestros de la Facultad de Ingeniería y de la Facultad de Ciencias que siempre me daban una palabra de aliento, además de siempre estar dispuestos a resolver cualquier duda. Al Dr. Iván Nieto por su confianza, al Dr. Nacho en donde quiera que se encuentre.

A mis amigos de Ensenada, que me abrieron a mí y a mi familia las puertas de su hogar, y nos ofrecieron su amistad sincera, Dr. Ángel González y Paty, Mtro. Evelio y Lupita, Mtro. Carlos y Angélica, Lic. Marco Lazcano e Isabel.

Al personal de la Residencia Lourdes, a Argel Grisolle, Sr. Ron y la Sra. Lourdes por todo su apoyo a este trabajo de investigación.

A CONACyT por la beca otorgada durante mis estudios.

A la UASLP por la oportunidad de permitirme crecer profesionalmente y por el apoyo durante este período.

Y a todos aquellos que intervinieron en el logro de mi meta y facilitarme la estancia en la ciudad de Ensenada.

# ÍNDICE

Indice de Figuras.....	xiii
Indice de Tablas.....	xvi
Glosario de Términos.....	xvii

<b>1.INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.....	2
1.2 Establecimiento del Problema y Preguntas de Investigación .....	8
1.3 Objetivos.....	9
1.3.1 Objetivo General .....	9
1.3.2 Objetivos específicos.....	9
1.3.3 Alcance de la Investigación.....	10
1.4 Metodología .....	10
1.5 Estructura del documento .....	11
<b>2.ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE NOTIFICACIÓN EN AMBIENTES DEL CUIDADO DE LA SALUD .....</b>	<b>14</b>
2.1 Ambientes del Cuidado de la Salud enfocados al Adulto Mayor .....	14
2.1.1 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Casa-Habitación.....	15
2.1.2 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Hospitales.....	15
2.1.3 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Residencias Geriátricas.....	16
2.2 Taxonomía de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud del Adulto Mayor.....	17
2.3 Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud .....	19
2.4 Áreas de Oportunidad en los Sistemas de Notificación.....	24
2.5 Discusión .....	26
2.6 Resumen del Capítulo.....	27
<b>3.CARACTERIZACIÓN DE UN AMBIENTE CRÍTICO: CASO DE ESTUDIO DEL PROCESO DE CUIDADO DEL ADULTO MAYOR CON DETERIORO COGNITIVO .....</b>	<b>28</b>
3.1 Objetivos del Estudio.....	29
3.2 Metodología del Estudio.....	29
3.3 Situaciones de Cuidado del Adulto Mayor .....	30

3.3 Situación del Cuidador.....	33
3.3.1 Identificando las actividades .....	33
3.3.2 Clasificando las actividades .....	37
3.3.3 Limitaciones de los Cuidadores al atender una Situación de Cuidado .....	37
3.4 Requerimientos de las Notificaciones para este tipo de Ambiente.....	39
3.5 Resumen del Capítulo.....	40
<b>4.ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS: HACIA UNA NOTIFICACIÓN CANoE.....</b>	<b>42</b>
4.1 Ciclo de una Notificación .....	42
4.1.1 Alcance de esta investigación .....	45
4.2 Definición del Concepto “Notificación consciente del contexto para ambientes críticos” (Notificación CANoE) .....	46
4.3 Análisis de los Requerimientos de las Notificaciones CANoE .....	47
4.3.1 Modelos identificados en la literatura para el establecimiento de notificaciones....	47
4.3.2 Unificación de los modelos para la creación de notificaciones .....	52
4.3.3 Discusión .....	52
4.4 Resumen del Capítulo.....	55
<b>5.UN MODELO PARA LAS NOTIFICACIONES CANOE .....</b>	<b>56</b>
5.1 Implicaciones de Diseño para las Notificaciones CANoE .....	56
5.2 Modelo para la Notificación CANoE .....	57
5.3 Modelo para la Notificación CANoE - Vista Gráfica.....	60
5.4 Modelo para la Notificación CANoE - Vista Conceptual .....	61
5.4.1 Configuración del Contenido de la Notificación.....	61
5.4.2 Proporcionar Prioridades de Respuesta a los Receptores de la Notificación.....	61
5.4.3 Adaptación de la Presentación de la Notificación.....	63
5.5 Resumen del Capítulo.....	65
<b>6.NOTIFICACIONES CANoE PARA APOYAR EL PROCESO DE CUIDADO DEL ADULTO MAYOR CON DETERIORO COGNITIVO .....</b>	<b>66</b>
6.1 Modelo para Notificaciones CANoE instanciado para el Proceso de Cuidado del Adulto Mayor con Deterioro Cognitivo.....	66
6.1.1 Modelo CANoE instanciado - Vista Gráfica.....	67
6.1.2 Modelo CANoE instanciado - Vista Conceptual .....	68
6.2 Diseño de un Sistema de Notificación CANoE-Aw .....	72

6.2.1	Diseño de la Arquitectura de Notificación CANoE-Aw .....	73
6.2.2	Implicaciones de Diseño para los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw.....	74
6.3	Implementación de un Sistema de Notificación CANoE-Aw .....	76
6.3.1	Módulos de Adquisición del Contexto.....	78
6.3.2	Implementación del Servidor de Notificaciones CANoE-Aw .....	81
6.3.3	Implementación de Mecanismos de Notificación CANoE-Aw .....	85
6.4	Resumen del Capítulo .....	91
<b>7.</b>	<b>EVALUACIÓN DEL MODELO DE NOTIFICACIONES CANoE.....</b>	<b>92</b>
7.1	Caso de Estudio 1: Impacto de las Notificaciones en Residencia Geriátrica .....	93
7.1.1	Contexto del Estudio .....	93
7.1.2	Procedimiento y Participantes .....	94
7.1.3	Resultados .....	95
7.2	Caso de Estudio 2: Validación del Modelo de Notificaciones CANoE.....	104
7.2.1	Contexto del Estudio .....	105
7.2.2	Procedimiento y Participantes .....	106
7.2.3	Resultados .....	107
7.3	Discusión .....	114
7.4	Lecciones Aprendidas.....	116
7.4	Resumen del Capítulo .....	120
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO.....</b>	<b>122</b>
8.1	Discusión Final .....	122
8.2	Conclusiones.....	125
8.3	Otras Contribuciones .....	127
8.4	Limitaciones de la Investigación .....	129
8.5	Trabajo Futuro .....	130
8.6	Publicaciones .....	131
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>134</b>
	<b>APÉNDICES.....</b>	<b>143</b>
	<b>A.CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE NOTIFICACIÓN EN AMBIENTES DE CUIDADO DE LA SALUD.....</b>	<b>143</b>
	<b>B.SISTEMA DE MONITORIZACIÓN PARA LA RESIDENCIA GERIÁTRICA.....</b>	<b>146</b>

<b>C.SISTEMA CUI-DA: CASO DE ESTUDIO DEL MODELO DE NOTIFICACIÓN CANOE</b>	<b>150</b>
C.1 Diseño de un proceso de Comunicación-Coordiación .....	150
C.2 Implementación del Sistema CU-IDA .....	153
C.3 Evaluación del Sistema CU-IDA .....	155
<b>D.ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO 1.</b>	<b>158</b>

# ÍNDICE DE FIGURAS

<b><u>Figura</u></b>	<b><u>Página</u></b>
1.1 Sistema de Notificación ‘ <i>Publish and Subscribe</i> ’. Adaptada de Carzaniga et al.[4] .....	3
1.2 Sistemas de notificación basados en el contexto del emisor de la notificación .....	4
1.3 Sistemas de notificación basados en el contexto del receptor de la notificación .....	5
1.4 Ambientes de Notificación .....	7
1.5 Metodología seguida en el proceso de investigación .....	11
2.1 Seis aspectos de una notificación .....	17
2.2 Taxonomía de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud del Adulto Mayor con una muestra representativa de los trabajos existentes .....	19
2.3 Representación de los Sistemas de Notificación por categorías .....	20
2.4 <i>Pill Bottle &amp; Monitor</i> (tomada de [40]).....	21
2.5 <i>CareNet</i> (tomado de [1]) .....	21
2.6 Sistema de notificación que apoya a médicos en hospitales (tomado de [2]) .....	22
2.7 <i>FlowerBlink</i> (tomada de [72]) .....	23
2.8 <i>GerAmi</i> (tomada de [5]).....	24
3.1 Porcentaje del tiempo de las actividades de los cuidadores (Turno Matutino) .....	34
3.2 Porcentaje del tiempo de los cuidadores en las ubicaciones de la residencia (Turno Matutino) .....	35
3.3 Línea de tiempo de las actividades que realiza el cuidador .....	35
4.1 Ciclo de una Notificación .....	43
4.2 Sistema de Notificación CANoE.....	47
5.1 Modelo General para las Notificaciones CANoE.....	58
5.2 Adaptación de una Notificación CANoE .....	59
5.3 Vista gráfica del Modelo para Notificaciones CANoE .....	60
5.4 Modelo de Composición del Mensaje de Notificación .....	62
5.5 Modelo de Configuración de la Prioridad de Respuesta del Receptor .....	63
5.6 Modelo de Diseño/Selección del Mecanismo de Notificación .....	64
6.1 Sistema de Notificación CANoE-Aw para el Cuidado del Adulto Mayor en Residencia Geriátrica .....	67
6.2 Vista gráfica del Modelo para las Notificaciones CANoE-Aw .....	68

6.3 Modelo Composición del Mensaje de Notificación instanciado .....	69
6.4 Mensaje de Notificación creado .....	70
6.5 Modelo para configurar la prioridad de respuesta del cuidador .....	71
6.6 Modelo para diseñar y seleccionar el mecanismo por el cual notificar.....	72
6.7 Arquitectura de Notificación CANoE-Aw .....	73
6.8 Escenario de dos Situaciones de Cuidado .....	76
6.9 Escenario de Notificaciones CANoE-Aw presentadas a los cuidadores .....	77
6.10 Esquema Cliente-Servidor del Sistema de Notificación CANoE-Aw .....	79
6.11 Interfaz de captura del contexto de una situación de cuidado del adulto mayor ....	80
6.12 Interfaz de captura del contexto del cuidador .....	80
6.13 Árbol de decisiones para establecer la prioridad de respuesta del cuidador .....	82
6.14 Árbol de decisiones para seleccionar el mecanismo de notificación .....	84
6.15 Representación gráfica de las características de los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw .....	87
6.16 Mecanismo de notificación Portarretratos Digital .....	88
6.17 Mecanismo de notificación Dispositivo Móvil .....	88
6.18 Mecanismo de notificación Reloj de Pared .....	89
7.1 Cuidador recibiendo la notificación mediante un mecanismo de audio (1er. Caso de Estudio).....	93
7.2 Mapa de la residencia geriátrica con las cámaras (C1 - C7) instaladas para la adquisición del contexto .....	94
7.3 Vista de la residencia a través de una de las cámaras: a) presentación de una SC sin conciencia de los cuidadores, b) conciencia del cuidador sobre la SC .....	96
7.4 Situaciones de Cuidado identificadas por cada fase del caso de estudio .....	98
7.5 Escenario que presenta una SC que puede agravarse al pasar el tiempo, la cual no es atendida.....	101
7.6 Escenario que presenta la SC de ‘Escaparse de la casa’ .....	102
7.7 Mecanismos de Notificación CANoE-Aw instalados en la residencia geriátrica ....	106
7.8 Porcentaje de notificaciones enviadas a cada uno de los mecanismos.....	108
7.9 Notificaciones percibidas y comprendidas, por mecanismo de notificación .....	109
7.10 Notificaciones con interpretación correcta sobre la prioridad de respuesta por mecanismo .....	110

7.11 Cuidador recibiendo la notificación a través del mecanismo de ‘Audio Ambiental’	112
7.12 Cuidador recibiendo la notificación a través del mecanismo del ‘Portarretratos Digital’	113
B.1 Arquitectura de un Sistema Básico de Monitorización	147
B.2 Mapa de la Residencia Geriátrica mostrando la ubicación de las antenas de RFID.	148
B.3 Instalación de sensores de presión para la identificación de una situación de cuidado	148
B.4 Diagrama de secuencia para la inferencia de la situación de cuidado ‘Levantarse sin asistencia’	149
C.1 Arquitectura del sistema CU-IDA	152
C.2 Diagrama de secuencia del proceso Comunicación-Coordinación	153
C.3 Mecanismo Visual-Táctil: Pantalla Contexto de los Cuidadores (A), Pantalla Contexto del Cuidador que Atiende (B)	154
C.4 Botón inteligente para la captura de la decisión del cuidador (A) implementado a través de un sensor de tacto (B)	155
D.1 Grafica de la muestra de datos sobre la conciencia de los cuidadores sobre las SC’s	159
D.2 Análisis estadístico t sobre la muestra de datos para $H_1$	159
D.3 Grafica de la muestra de datos sobre el tiempo de adquisición de la conciencia sobre las SC’s	160
D.4 Análisis estadístico t sobre la muestra de datos para $H_2$	161

## ÍNDICE DE TABLAS

<b><u>Tabla</u></b>	<b><u>Página</u></b>
2.1 Áreas de Oportunidad y Estrategias para el desarrollo de tecnología de Notificación ..	25
3.1 Situaciones de Cuidado del Adulto Mayor.....	31
3.2 Situaciones de Cuidado que preceden de otras .....	32
3.3 Nivel de Criticidad de las Actividades del Cuidador .....	38
4.1 Modelo para Configurar una Notificación utilizando el Cómputo Vestible (Kern y Schiele[9]) .....	48
4.2 Modelo para Diseñar Sistemas de Notificación a través de Sistemas De Información Ambientales (Pousman y Stasko [7]) .....	49
4.3 Modelo para Configurar una Notificación en Cómputo Móvil (Hansson et al.[10]) ...	50
4.4 Modelo IRC (Mccrickard et al. [4]).....	51
4.5 Unificación de los Modelos para la Creación de Notificaciones .....	53
6.1 Características de Diseño de los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw Implementados .....	86
6.2 Sonidos utilizados para denotar la ubicación en el Mecanismo del Audio Ambiental .	90
7.1 Situaciones de Cuidado identificadas durante el Caso de Estudio .....	97
7.2 Resultados del 1er. Caso de Estudio en términos de las Situaciones de Cuidado (SC) Ocurridas y la Conciencia del Cuidador por sí mismo (CC) o por la notificación (CN) .....	98
7.3 Cantidad de Situaciones de Cuidado por fase durante las tres fases del estudio.....	103
8.1 Mecanismos propuestos para la inferencia de situaciones de cuidado complejas .....	131
A.1 Clasificación de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud .....	143
C.1 Características de Diseño de los Mecanismos de Notificación CANoE de este Caso de Estudio .....	151
D.1 Muestra de Datos sobre la Conciencia de los Cuidadores, para la Evaluación de la H <sub>1</sub> .....	159
D.2 Muestra de Datos sobre el Tiempo en Adquisición de la Conciencia, para la Evaluación de la H <sub>2</sub> .....	160

## GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Descripción
ADL	Actividades de la vida diaria (por sus siglas en inglés: <i>Activities of Daily Living</i> ).
AM	Adulto Mayor.
BADL	Actividades básicas de la vida diaria (por sus siglas en inglés: <i>Basic Activities of Daily Living</i> ).
CANoE	Notificación consciente del contexto para ambientes críticos (por sus siglas en inglés: <i>Context-Aware Notifications for critical Environments</i> ).
CANoE-Aw	Sistema de notificación consciente del contexto que apoya en el incremento de conciencia en los cuidadores de residencias geriátricas sobre situaciones de cuidado (por sus siglas en inglés: <i>Context-Aware Notifications for critical Environments-Awareness</i> ).
CSCC	Cuidado Coordinado Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés: <i>Computer Supported Coordinated Care</i> ).
CSCW	Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora (por sus siglas en inglés: <i>Computer Supported Collaborative Work</i> ).
CU-IDA	Sistema de notificación consciente del contexto que apoya en el proceso de coordinación entre los cuidadores de residencias geriátricas, en el momento de atender una situación de cuidado (por sus siglas: sistema de notificación para CUIDadores - para Indicar Decisión de Atención).
IADL	Actividades instrumentales de la vida diaria (por sus siglas en inglés: <i>Instrumental Activities of Daily Living</i> ).
IHC	Interacción Humano-Computadora.
PDA	Asistente electrónico personal u Ordenador de bolsillo (por sus siglas en inglés: <i>Personal Digital Assistant</i> ).
RFID	Tipo de tecnología enfocada en la identificación de personas u objetos mediante el uso de radio frecuencias (por sus siglas en inglés: <i>Radio</i>

	<i>Frecuency IDentification).</i>
SC	Situación de Cuidado del adulto mayor.

# CAPÍTULO 1

## INTRODUCCIÓN

Un sistema de notificación es una aplicación basada en eventos, la cual envía un aviso (mensaje) a un conjunto de receptores (consumidores) sobre la ocurrencia de eventos asociados a alguna entidad (productores) [12]. Su función es apoyar en la generación de conciencia (*awareness*) en los receptores sobre los eventos presentados. Actualmente los sistemas de notificación están siendo desarrollados para diversos ambientes (*e.g.*, trabajo en oficina, torres de control aéreo, cuidado de la salud, etc.). Algunas técnicas que permiten el desarrollo de sistemas de notificación para ambientes de oficina han sido estudiadas por algunos investigadores para adaptarlas a otros tipos de ambientes (*e.g.* ambientes del cuidado de la salud). Sin embargo, se identifica que cada tipo de ambiente, al tener diferentes características, establece sus propios requerimientos para la creación de notificaciones.

Esta tesis introduce un concepto de notificación consciente del contexto para ambientes a los que denominamos *críticos*, los cuales se caracterizan por: la criticidad del evento a notificar, la monitorización y atención permanente de situaciones críticas, entre otras. Con base en el concepto propuesto se genera un modelo para la construcción de notificaciones que garantiza la entrega oportuna de la notificación, la presentación de información necesaria y de una manera adecuada. Para evaluar la aplicabilidad del modelo, se creó un sistema de notificación para un ambiente del cuidado de la salud, específicamente para una residencia geriátrica de adultos mayores. Una evaluación *in-situ* del sistema proporciona evidencia de la aplicabilidad del modelo establecido para desarrollar notificaciones en favor de una atención adecuada y oportuna a las personas cuidadas en dichos ambientes.

En este capítulo se describen, primeramente, los antecedentes de los sistemas de notificación, y el planteamiento del problema. Posteriormente se presentan las preguntas de investigación, la definición de los objetivos y el alcance de esta investigación. Finalmente se detalla la metodología de trabajo utilizada durante el desarrollo del mismo y la descripción del contenido del resto del documento.

## **1.1 Antecedentes**

La interacción es una actividad natural del ser humano y ésta se puede dar con otro ser humano, con un dispositivo, con una computadora, etc.. Dix et al. [13] menciona que los dispositivos deben ser diseñados con un entendimiento de cómo las personas los usarían para tareas específicas en su trabajo de todos los días. Si todos los diseñadores son personas y probablemente también usuarios, entonces ¿es intuitivo el diseño?, ¿por qué se necesita pensar en interfaces adecuadas?. La Interacción Humano-Computadora (IHC) es una disciplina que se ocupa de la interacción entre las personas y las computadoras, considerando tres aspectos: físico, psicológico y teórico [13].

La IHC es considerada parte esencial en el diseño de procesos; bajo esta perspectiva le corresponde el diseño, desarrollo y evaluación de sistemas interactivos en el contexto del trabajo y la tarea del usuario. Es por eso que su campo de investigación es muy amplio, la mayoría de la literatura en esta área se centra en: el humano, la computadora, la interacción y los paradigmas. Si consideramos el segundo elemento (la computadora), entramos al factor tecnológico, cuyo proceso incluye una entrada, un procesamiento y una salida. La salida de información o también llamado despliegue de información ocurre en ‘dispositivos de salida’ como pantallas, bocinas, impresoras, etc.. Con ciertas características un despliegue de información puede ser una Notificación.

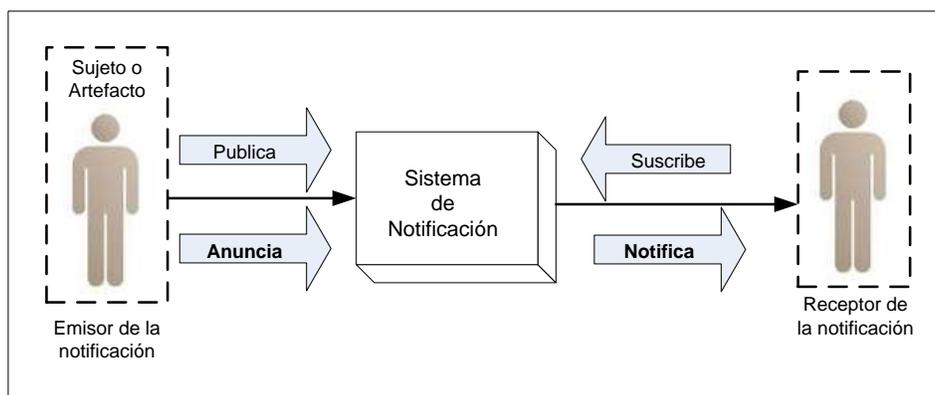
Las tecnologías de Notificación dentro del área de IHC han sido desarrolladas con diferentes propósitos, sin embargo mantienen el objetivo central de un sistema de notificación. Este objetivo consiste en informar sobre una situación (evento) a un usuario (receptor), a través de un mecanismo de presentación de información. Para la creación de notificaciones se han considerado diversos aspectos que responden a preguntas como ¿Qué notificar?, ¿Cuándo notificar?, ¿Cómo notificar?, entre otras.

De acuerdo con Carzaniga et al. [12], un sistema de notificación típicamente funciona bajo un mecanismo de ‘Publicación y Suscripción’, en donde un conjunto de emisores anuncia las notificaciones de eventos que pueden publicar, y un conjunto de receptores (consumidores) se suscriben a dichas publicaciones para recibir las notificaciones (Ver Figura 1.1).

La selección y la entrega de notificaciones son dos servicios primarios que deben ser proporcionados por la infraestructura de notificación. El primero consiste en determinar qué notificaciones corresponden a qué suscripciones; mientras que el segundo consiste en el ruteo de las notificaciones adecuadas desde un emisor hasta los consumidores suscritos (receptores) [12].

Recientemente, algunos autores han considerado algunas características del evento a notificar (i.e. su contexto) para configurar aspectos como el mensaje o las condiciones de envío de la notificación. Dey y Abowd [14] definen “contexto” como “*cualquier información que puede ser usada para describir una entidad (e.g., persona, lugar, objeto o evento)*”. En este sentido, las aplicaciones que adaptan su configuración con base en el contexto del usuario y/o del ambiente, se denominan aplicaciones conscientes del contexto [15, 16].

Por consiguiente, un sistema de notificación que se adapta con base en cierto contexto puede ser llamado *Sistema de Notificación Consciente del Contexto*. En la literatura se han identificado sistemas de notificación conscientes del contexto con dos tipos de adaptación:

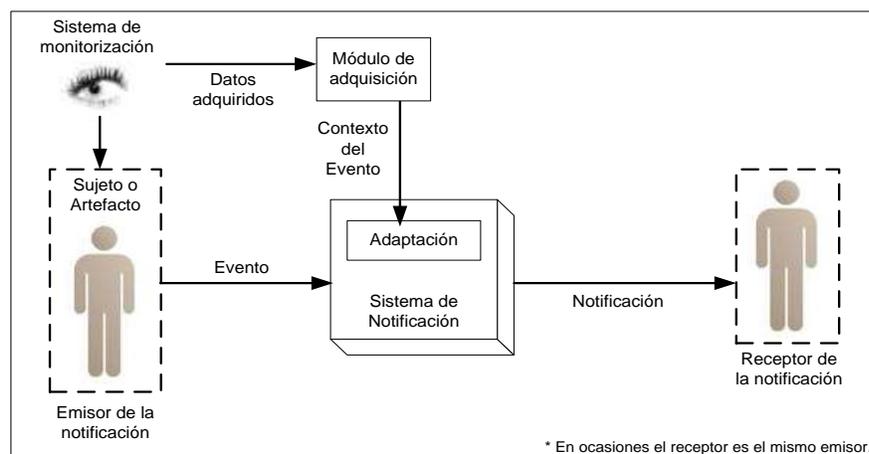


**Figura 1.1.** Sistema de Notificación ‘*Publish and Subscribe*’. Adaptada de Carzaniga et al.[12].

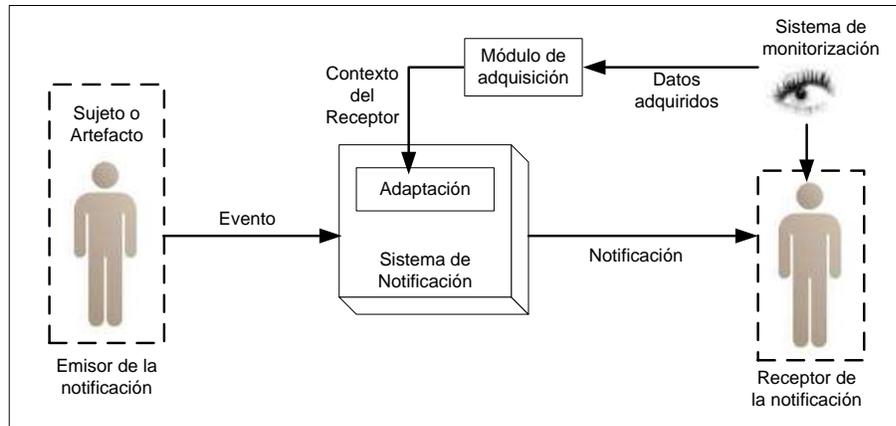
- i) **Adaptación con base en el contexto del emisor de la notificación** (Ver Figura 1.2). Este tipo de sistemas determinan qué notificar con base en la información del evento, pero utilizan el contexto del evento, al que llamaremos *contexto del emisor*, para adaptar algunos aspectos de la notificación, tales como el destinatario [17] o las condiciones de envío [18].

Un ejemplo de ello es el sistema propuesto en [18] que adapta el momento en el que será enviada la notificación con base en la prioridad del evento que se presenta. En este ejemplo la información del evento se refiere a la descripción del evento-“Batería Baja” y el contexto del evento son datos adicionales del evento-“Prioridad Alta”. Algunos autores se han referido a estos sistemas como: “*Context-Aware Service*” [17] o “*Gradual Awareness Notification*” [18].

- ii) **Adaptación con base en el contexto del receptor de la notificación** (Ver Figura 1.3). En este caso, el sistema inicia la creación de una notificación con la información del evento, pero utiliza el contexto del receptor para adaptar el contenido de la notificación [19], el destinatario [20], las condiciones de envío [21-23], o el tipo de presentación de la notificación [24]. Un ejemplo de ello, es el sistema propuesto en [20] que determina a quién será enviada la notificación con base en la ubicación de los posibles receptores. Algunos autores se refieren a estos sistemas como: “*Context-Aware Communication*”



**Figura 1.2.** Sistemas de notificación basados en el contexto del emisor de la notificación.



**Figura 1.3.** Sistemas de notificación basados en el contexto del receptor de la notificación.

*System*" [19], "*Location-Based Notification System*" [20], "*Context-Aware Mobile System*" [21], "*Context-Aware Reminder*" [22] o "*Contextual Notification*" [24].

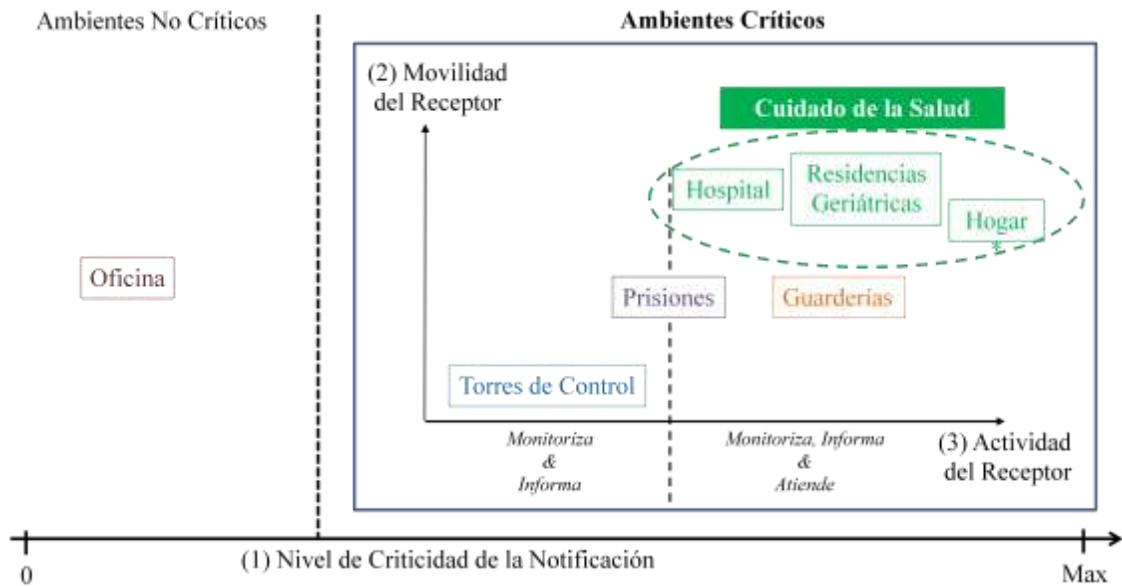
Estas variantes en la manera de hacer la adaptación de la notificación responden a necesidades específicas del propósito de la notificación. En el primer caso, se busca notificar al receptor de la ocurrencia del evento sin importar su contexto; mientras que en el segundo caso, se busca considerar el contexto del receptor para realizar la notificación. Para este segundo caso, es necesario considerar también las características del ambiente donde se recibirá la notificación, de acuerdo a tres dimensiones:

- (1) **Criticidad de la Notificación.** Se refiere al nivel de atención que requiere el evento notificado; una notificación puede ser *crítica* o *no crítica*. En ocasiones la criticidad de una notificación está en función de la relación entre el evento y la actividad principal del receptor. Para ilustrar lo anterior considere los siguientes ejemplos. Primeramente, un caso particular de los ambientes donde se presentan con mayor frecuencia notificaciones críticas, son los hospitales [2, 25]. En estos ambientes, una notificación puede estar relacionada con la actividad primaria del receptor, incluso con una prioridad mayor que la de la actividad que esté realizando en ese momento; por lo cual se considera importante alertar al receptor. En este caso, el emisor de una notificación es una persona que genera algún evento crítico (*e.g.*, un bebé en una unidad de cuidados intensivos [25]). Como segundo ejemplo, considere los ambientes de oficina, en donde en ocasiones se presentan escenarios con notificaciones no críticas [18, 23, 26]. En estos escenarios una notificación usualmente se refiere a actividades secundarias del receptor; por lo cual se considera que la

notificación es una interrupción de la actividad primaria del mismo. En este caso, el emisor de una notificación suele ser un artefacto (*e.g.*, agenda [18]).

- (2) **Movilidad del Receptor.** Se refiere al grado de movilidad que tiene el receptor de la notificación dentro del ambiente. Esta movilidad está en función de las actividades que el receptor realiza. Considere los dos siguientes ejemplos: i) en ambientes de hospitales el personal médico, en su mayoría, tiene alto nivel de movilidad [2]; ii) en contraste con ambientes de oficina, donde el receptor permanece la mayor parte de su tiempo en un solo lugar (*e.g.*, frente al escritorio), por lo cual se considera que el receptor tiene movilidad baja o nula [26].
- (3) **Alcance de la Actividad del Receptor.** Se refiere al tipo de tareas que realiza el receptor como parte de su actividad principal. En ambientes críticos dos de las tareas obligadas son “monitorizar e informar”, sin embargo, en la diversidad de este tipo de ambientes se distingue una tercera tarea que es “atender” el evento notificado. Para lo cual se identifican dos diferentes alcances de la actividad del receptor: i) monitorizar e informar, para que otro individuo atienda; y ii) monitorizar, informar y atender, todo realizado por el receptor de la notificación. Para ilustrar lo anterior, considere los siguientes ejemplos: i) en una torre de control aérea [27] o en centros de control de personas en libertad condicional [28], el receptor de la notificación monitoriza diversos parámetros, y al recibir una notificación sobre alguna anomalía detectada informa a un segundo individuo (pilotos o policías, respectivamente) para que atienda la situación crítica notificada; ii) en contraste en ambientes de cuidado de la salud (*e.g.*, hospitales), el receptor de la notificación no sólo tiene dentro de su actividad principal la tarea de monitorizar e informar, sino que también para algunos roles, el receptor es quien debe atender/asistir a los pacientes [29].

Con base en estas tres dimensiones, se identifican algunos escenarios dentro de diversos ambientes en donde se puede presentar una notificación. De aquí en adelante se utilizará el término “ambiente” para referirnos a un tipo de escenario. Cada uno presenta diferentes requerimientos para el diseño de las notificaciones. En la Figura 1.4 se presentan algunos de los ambientes identificados: i) Hospitales; ii) Residencias Geriátricas; iii) Cuidado en el Hogar; iv) Prisiones; v) Guarderías; vi) Torres de Control Aéreo; y vii) Oficina.



**Figura 1.4.** Ambientes de Notificación.

A continuación, a manera de ejemplo, se describen tres de los ambientes mostrados en la Figura 1.4:

- i) “*oficina*”, se trata de un ambiente donde la mayoría de las notificaciones que se presentan tienen un bajo nivel de criticidad [18, 23, 26], lo anterior de acuerdo a la definición de *criticidad de la notificación* antes mencionada. En estos ambientes existe evidencia de que la movilidad es baja y que el receptor no realiza la tarea de “monitorizar” [26, 30];
- ii) “*prisiones*”, son ambientes donde la criticidad de la notificación es alta [31], puesto que se trata de la vigilancia y atención de los presos; la movilidad del receptor de la notificación (el vigilante) es mediana, debido a que algunas actividades las realiza en su ubicación base y otras en diversas áreas de la prisión [32], y para algunos casos el alcance de la actividad es monitorizar, informar y atender [32]; y
- iii) ambientes del “*cuidado de la salud*”, son ambientes, como las residencias geriátricas, que se dedican a la asistencia de adultos mayores con algún padecimiento, donde la criticidad de la notificación es alta [33], la movilidad del receptor (el cuidador) dadas sus múltiples actividades de cuidado hacia los adultos mayores es alta [34]; y la participación del receptor en monitorizar, informar y atender también es alta [35].

## 1.2 Establecimiento del Problema y Preguntas de Investigación

De acuerdo a las características de los ambientes identificadas en la sección anterior, es importante notar, primeramente, que en los ambientes en donde se presentan situaciones no críticas, la notificación puede pasar desapercibida o incluso no ser entregada, y no generar conflictos en la actividad principal del receptor. Sin embargo, en los ambientes en donde se presentan situaciones críticas es primordial que el receptor no sólo reciba y perciba la notificación a tiempo, sino que también la comprenda, con el fin de atender oportunamente la situación crítica que generó el evento. Esto es importante debido a que la situación notificada está relacionada con su actividad principal.

Como segundo punto a analizar, en los ambientes con nula o poca movilidad por parte del receptor, la notificación la consideramos centralizada (en una sola ubicación); en contraste cuando el receptor es móvil, la notificación es distribuida y se deben considerar todos los posibles estados de los receptores (ubicación/actividad) para entregar una notificación. Y finalmente, como tercer punto, para ambientes donde se presenta una monitorización sin que el mismo receptor sea quien proporciona la atención, se puede considerar una disponibilidad constante por parte del receptor, ya que la notificación puede darse dentro de la misma tarea de monitorizar. En contraste, en ambientes donde el receptor realiza actividades adicionales a monitorizar (*e.g.*, asistencia a personas), la notificación debe buscar el momento oportuno y la forma adecuada para presentar la información.

Derivado de lo anterior, el interés de este trabajo se centra en los ambientes críticos, donde el receptor tiene alta movilidad y él es la misma persona quien monitoriza, informa y atiende; en particular aquellos ambientes dedicados al Cuidado de la Salud, que para fines prácticos denominaremos “ambientes críticos”.

En este caso se identifica un cambio en el énfasis para el diseño de un sistema de notificación, de la selección y entrega de la notificación, a la configuración y adaptación de la misma. Esto con el fin de garantizar no sólo la entrega de la notificación, sino la percepción y comprensión de la misma para lograr una atención oportuna del evento crítico notificado.

Por esta razón, no sólo es necesario identificar la ocurrencia de un evento (selección - ¿Qué notificar?) y hacer la entrega a los receptores indicados (entrega - ¿a Quién notificar?),

sino también adaptar la notificación con la información del contexto del emisor del evento (complementar el ¿Qué notificar?), y con la información del contexto del receptor de la notificación para mejorar la percepción y la comprensión de la misma (¿Cómo, Cuándo y Dónde notificar?). Sin embargo, la problemática no concluye en la falta de sistemas de notificación adecuados para ambientes críticos, sino en la falta de técnicas o herramientas que permitan el desarrollo de los mismos. Bajo esta problemática se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Cuáles son las características de los sistemas de notificación para ambientes críticos?
- ¿Qué información de eventos y actores es necesaria para la generación y envío de notificaciones conscientes del contexto en un ambiente crítico?
- ¿Qué aspectos de diseño se deben considerar en la creación de notificaciones conscientes del contexto para ambientes críticos, en donde el receptor no sólo reciba y perciba la notificación a tiempo, sino que también la comprenda?
- ¿Cuál es el efecto, en términos de conciencia de los receptores, de implementar las notificaciones conscientes del contexto en un ambiente crítico real?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Conceptualizar y elaborar un modelo de *notificaciones conscientes del contexto para ambientes críticos*, que permita el diseño, implementación y clasificación de sistemas de notificación para este tipo de ambientes; con el fin de que se entregue oportunamente la notificación, se presente la información necesaria y de una manera adecuada.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- Identificar las características de los sistemas de notificación existentes para ambientes del cuidado de la salud y proponer una clasificación para estos sistemas.
- Identificar los eventos que se deben notificar en un ambiente crítico, así como las características del ambiente y de sus actores.

- ❑ Desarrollar un modelo para la construcción de notificaciones conscientes del contexto para ambientes críticos, que permita garantizar la entrega oportuna y la presentación adecuada de la notificación.
- ❑ Crear una instancia del modelo de notificaciones conscientes del contexto para un ambiente de residencia geriátrica.
- ❑ Implementar un sistema de notificación consciente del contexto con base en dicha instancia.
- ❑ Determinar el impacto del uso del sistema de notificación consciente contexto en un ambiente de residencia geriátrica.

### **1.3.3 Alcance de la Investigación**

El modelo de notificación CANoE a desarrollar se enfoca en la creación, el envío y la presentación de la notificación. Dado este alcance, esta propuesta considera la existencia de un sistema de monitorización que identifica las situaciones críticas a notificar y alimenta al sistema de notificación con los eventos que se deben notificar.

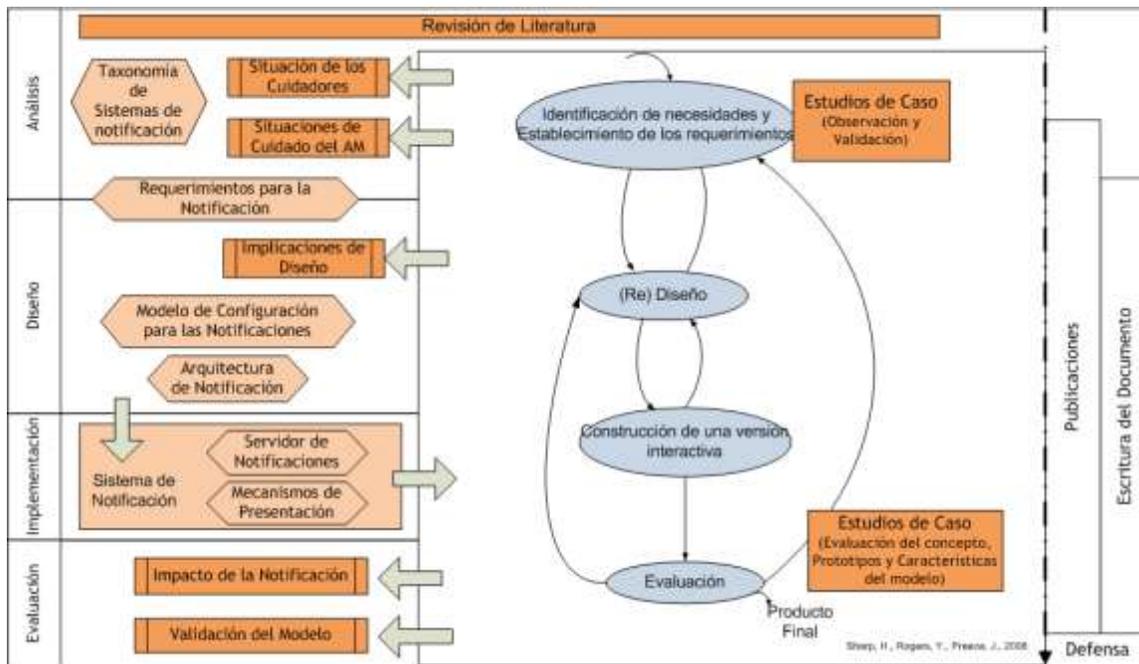
La instancia del modelo CANoE a crear es para un ambiente crítico, en particular, dedicado al cuidado de la salud de adultos mayores con deterioro cognitivo, en este caso, una residencia geriátrica.

## **1.4 Metodología**

La metodología de investigación consistió en cuatro fases (Ver Figura 1.5), las cuales tienen una dependencia fuerte con las actividades del modelo de diseño de interacción que propone Sharp et al. [36].

Las fases de la investigación son:

- i) *Análisis*. Se realizó una revisión de la literatura sobre los sistemas de notificación y los sistemas conscientes del contexto en ambientes del cuidado de la salud. Asimismo se realizó un caso de estudio para entender el proceso de cuidado de adultos mayores en residencias geriátricas. El resultado de esta fase se concreta en los conceptos de *Situación del Cuidador* y *Situación de Cuidado*, así como en los requerimientos para el diseño de sistemas de notificación en este tipo de ambientes.



**Figura 1.5.** Metodología seguida en el proceso de investigación.

- ii) *Diseño.* A partir de los resultados del caso de estudio se determinó una primera versión de un conjunto de implicaciones de diseño para la creación de notificaciones, lo que permitió implementar y evaluar un primer prototipo. Posteriormente, en una segunda iteración, se refinaron los requerimientos y se estableció una segunda versión de las implicaciones de diseño, lo que permitió establecer un modelo para las notificaciones CANoE, y una arquitectura de notificación.
- iii) *Implementación.* Con el objetivo de poner en práctica el modelo propuesto, se implementó un sistema de notificación CANoE-Aw con base en una instancia creada a partir de dicho modelo, configurando la creación, el envío y la presentación de la notificación; y
- iv) *Evaluación.* Se realizaron dos evaluaciones *in-situ* para identificar el impacto de implementar las notificaciones en una residencia geriátrica y validar el modelo de notificación CANoE.

## 1.5 Estructura del documento

El resto del documento está formado por 7 capítulos y 4 apéndices, el contenido de cada uno de ellos se describe a continuación:

En el **Capítulo 2** se muestra de manera general, la conceptualización del proceso de cuidado del adulto mayor en tres tipos de ambiente de cuidado de la salud. Posteriormente, se describe el trabajo relacionado, en cuanto a los diferentes tipos de sistemas de notificación que se han desarrollado en dichos ambientes. Con base en la revisión de la literatura realizada se genera una taxonomía para la clasificación de los sistemas de notificación. Lo que permitió establecer áreas de oportunidad para el desarrollo de dichos sistemas.

En el **Capítulo 3** se muestra el desarrollo de un caso de estudio en una residencia geriátrica, el cual permitió tener un entendimiento del proceso de cuidado del adulto mayor con deterioro cognitivo y a partir de éste obtener los requerimientos para la construcción de las notificaciones.

En el **Capítulo 4** con base en los requerimientos identificados se propone el concepto de “Notificación CANoE” y se justifica el alcance de este trabajo, el cual consiste en la creación y presentación de notificaciones CANoE. Adicionalmente, se muestran los resultados de un análisis de cuatro modelos existentes para la creación de notificaciones.

En el **Capítulo 5** se describe la creación de un modelo para las notificaciones CANoE; el cual incluye a tres principios de diseño, donde cada uno es aplicado a través de un sub-modelo para la construcción de notificaciones CANoE.

En el **Capítulo 6** se muestra la aplicabilidad del modelo de notificación CANoE, al crear una instancia de éste para apoyar el cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas. Además se describe la implementación del sistema CANoE-Aw y de cuatro mecanismos de notificación que lo conforman.

En el **Capítulo 7** se muestran dos casos de estudio para evaluaciones *in-situ*, el primero evalúa el impacto de la introducción de las notificaciones en un ambiente crítico real y el segundo valida el modelo de notificación CANoE con base en el uso del sistema de notificación CANoE-Aw creado.

En el **Capítulo 8** se presenta una discusión general, las conclusiones y las principales aportaciones de este trabajo; así como las publicaciones realizadas y las direcciones de trabajo futuro.

El **Apéndice A** presenta una tabla con el trabajo relacionado al cual se hace referencia en el Capítulo 2, clasificándolo a través de la taxonomía de sistemas de notificación propuesta en ese mismo capítulo.

El **Apéndice B** describe un sistema de monitorización básico, creado para la identificación de situaciones de cuidado del adulto mayor en una residencia geriátrica. El sistema presentado es considerado como un caso de estudio para demostrar la factibilidad de dicha monitorización.

El **Apéndice C** describe el desarrollo del sistema CU-IDA, el cual es considerado como un segundo caso de estudio de la aplicación del modelo de notificación CANoE. En este caso, los mecanismos de notificación diseñados se utilizan en un proceso de comunicación-coordinación entre los cuidadores de una residencia geriátrica.

Finalmente, el **Apéndice D** presenta un análisis estadístico de la primera evaluación *in-situ*, descrita en el Capítulo 7, correspondiente a medir el impacto de la introducción de las notificaciones en una residencia geriátrica, en función de la adquisición de la conciencia del cuidador sobre las situaciones de cuidado.

## **CAPÍTULO 2**

### **ESTADO DEL ARTE DE LOS SISTEMAS DE NOTIFICACIÓN EN AMBIENTES DEL CUIDADO DE LA SALUD**

Los sistemas de notificación han sido ampliamente estudiados en ambientes de oficina [37-39], sin embargo, recientemente se ha puesto atención en otros tipos de ambientes, como los de la vida diaria (*e.g.*, el hogar [40]) y los del cuidado de la salud (*e.g.*, hospital [41], residencia geriátrica [42], etc.). Con base en una revisión realizada sobre la literatura, se identifica que las características del dominio (*e.g.*, el ambiente, los usuarios, el propósito de la notificación, etc.) definen aspectos centrales de la notificación; lo que a su vez hace que los requerimientos para un sistema de notificación sean diferentes para cada tipo de ambiente. Tal como se mencionó en el Capítulo 1, este trabajo se centra en un tipo de ambiente dentro del cuidado de la salud, específicamente en residencias geriátricas.

En este capítulo primeramente, se describen algunos puntos centrales en el proceso de cuidado de adultos mayores en tres tipos ambientes; posteriormente se propone una taxonomía para clasificar sistemas de notificación con soluciones para dichos ambientes. Adicionalmente, se describen algunos de los sistemas identificados en la literatura, a través de la taxonomía propuesta. Y finalmente, se describen las áreas de oportunidad encontradas para el desarrollo de sistemas de notificación, principalmente en residencias geriátricas.

#### **2.1 Ambientes del Cuidado de la Salud enfocados al Adulto Mayor**

Tal como se mencionó anteriormente, este trabajo parte del estudio de sistemas de notificación en ambientes del cuidado de la salud, particularmente en aquellos que atienden a los adultos mayores: casa-habitación, hospitales y residencias geriátricas. El grado de

intervención es diferente en cada tipo de ambiente, por lo tanto los sistemas de notificación pueden abarcar diferentes problemáticas. A continuación se describen algunas características del proceso de cuidado del adulto mayor en dichos ambientes.

### **2.1.1 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Casa-Habitación**

El proceso de cuidado del adulto mayor en casa es motivado por el concepto de “*age in place*” [43]. En este tipo de ambiente se pueden presentar diversos escenarios, al mencionar un par de ellos se encuentran: i) el adulto mayor independiente con una supervisión de cuidadores familiares (cuidador informal, según clasificación mencionada en [44]) que no viven con él; y ii) el adulto mayor con algún grado de dependencia que es asistido por su esposa, su hija (cuidador informal) o algún cuidador formal, que se encuentra físicamente en la misma casa [45].

El grado de dependencia del adulto mayor, o inversamente llamado ‘estado funcional’ está determinado por la habilidad para ejecutar tareas por él mismo en dos dominios en general: Actividades Básicas de la Vida Diaria (*Basic Activities of Daily Living-BADLs*) y Actividades Instrumentales de la Vida Diaria (*Instrumental Activities of Daily Living-IADLs*). Por un lado, las BADLs llamadas como ADLs por Katz et al. [46], son actividades de cuidado básicas como bañarse, vestirse, ir al baño, trasladarse y comer. Por otro lado, las IADLs son actividades que requieren altos niveles de funcionalidad, e incluyen la preparación de comida, ir de compras, realizar tareas de lavandería y limpieza de la casa, uso del teléfono, manejo de medicamentos, administración del dinero y conducir un vehículo [47].

Algunos riesgos en el adulto mayor se presentan en la planeación y ejecución de las actividades de la vida diaria, dependiendo de su estado funcional. Por otro lado, se encuentra la seguridad y el bienestar del adulto mayor, principalmente cuando éste vive solo.

### **2.1.2 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Hospitales**

Los hospitales son instituciones orientadas a la prevención y atención de diversos padecimientos en la salud de las personas [48]. Los cuidadores primarios en este tipo de ambiente son los cuidadores profesionales (médicos, enfermeras, anestesistas, etc.), sus actividades están bien definidas de acuerdo a sus roles y a la estructura del hospital.

El cuidado del adulto mayor en este ambiente es temporal, sin embargo esto no lo exenta de la ocurrencia de algún evento de riesgo. Por una parte se presentan situaciones no deseables en su estado de salud relacionadas a su enfermedad y/o el tratamiento que está recibiendo (*e.g.*, reacciones adversas a medicamentos), incluso por las condiciones de la atención (*e.g.*, úlceras por presión). Por otro lado, se pueden presentar incidentes, en los cuales se requiera una atención de emergencia (*e.g.*, shock séptico)[49].

### **2.1.3 Proceso de Cuidado del Adulto Mayor en Residencias Geriátricas**

Las residencias geriátricas o también llamados Centros de Día [50] son instituciones públicas o privadas dedicadas a la atención y cuidado coordinado de personas. Generalmente, la atención es permanente y está dirigida a personas mayores de 65 años con algún padecimiento en particular, como la enfermedad de Alzheimer. Esta enfermedad se caracteriza por el deterioro progresivo de las facultades físicas y mentales de los pacientes, que conduce a una situación de dependencia.

Los cuidadores primarios en este tipo de ambiente son los cuidadores formales, cuya formación les permite asegurar el bienestar del adulto mayor, monitorizar y mejorar su estado de salud, y asistirlos en sus actividades de la vida diaria [34]. La relación entre cuidador-paciente llega a ser de 1 a 5 ó incluso 1 a 7, dependiendo de los grados de dependencia de los pacientes [51].

Algunos de los riesgos en el adulto mayor identificados dentro del proceso de cuidado son situaciones derivadas del mismo deterioro físico y mental, como agresiones, desorientación/fugas, caídas, etc. [52, 53]; todo esto adicional a los problemas en el desarrollo de las ADL's [54]. En el siguiente capítulo se amplía la descripción de este proceso con los resultados de un estudio de caracterización.

En estos tipos de ambientes las personas que atienden a los adultos mayores, generalmente no sólo realizan un trabajo individual, sino que realizan actividades colectivas en consenso con otras personas, también preocupadas por la salud del adulto mayor. Por esta razón, los sistemas que apoyan el trabajo colaborativo juega un papel muy importante en este tipo de ambientes. Consolvo et al. [55] introduce el área de Cuidado Coordinado Asistido por

Computadora (CSCC, por sus siglas en inglés *Computer Supported Coordinated Care*), la cual se refiere al uso de la tecnología para ayudar a las personas responsables del cuidado de algún adulto mayor.

## 2.2 Taxonomía de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud del Adulto Mayor

Con base en una revisión de la literatura, se identificaron 52 trabajos relacionados con notificaciones en ambientes de cuidado de la salud: casa-habitación, hospital y residencia geriátrica. Las principales preguntas que se consideraron para el análisis de los trabajos y para la clasificación de los mismos fueron enfocadas a la notificación en cuanto al: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Por qué? y ¿Quién?, tal como lo muestra la Figura 2.1.

Al analizar estos aspectos, se define una taxonomía conformada por 4 dimensiones (Ver Figura 2.2):

**Ambiente** (¿Dónde? y ¿Cómo?). Se refiere al tipo de ambiente en el que se desarrolla la actividad sobre la cual se da la notificación. En esta dimensión se incluye la pregunta ¿Cómo?, debido a que las características del ambiente determinan implicaciones de diseño para la forma de presentar la notificación. Los tipos de ambiente identificados son: *casa-habitación*, *hospital* y *residencia geriátrica*.

**Propósito de la Notificación** (¿Por qué? y ¿Qué?). Se refiere al objetivo que tiene la notificación. Esta dimensión incluye el “¿Qué?”, debido a que el objetivo determina qué



Figura 2.1. Seis aspectos de una notificación.

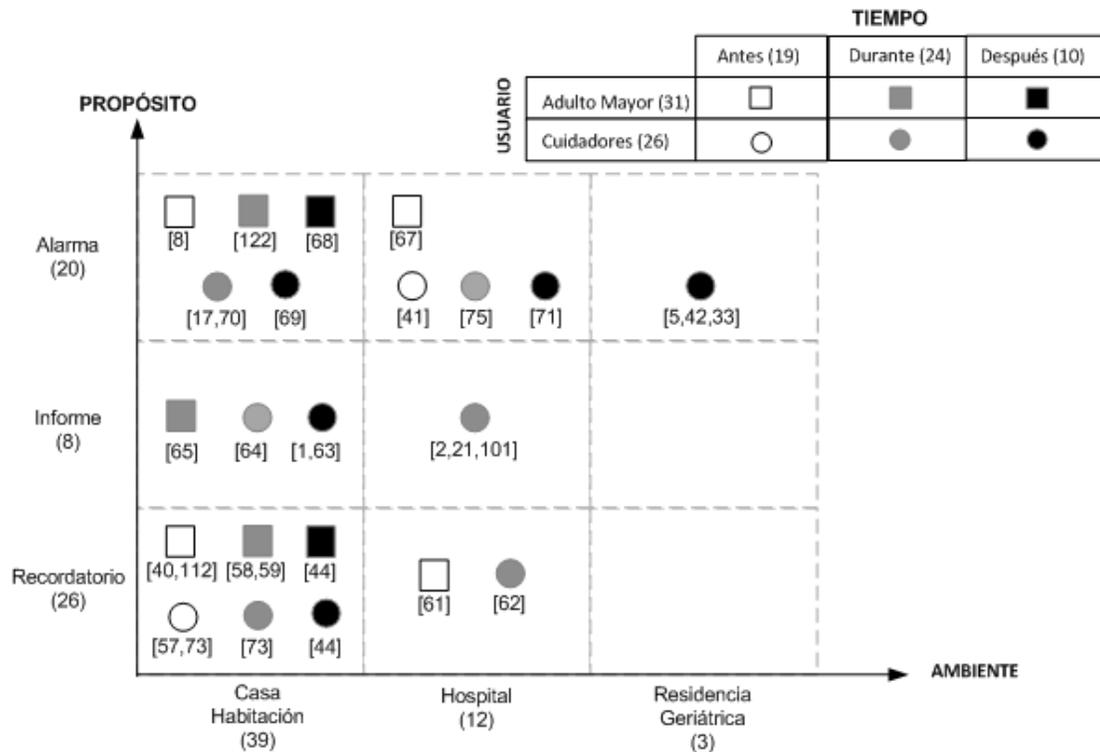
elementos de información se deben incluir en la notificación para alcanzarlo. Para esto se establecen tres tipos de mensajes: *recordatorio*, es un mensaje que hace notar qué se debe hacer y cuándo hacerlo para ejecutar alguna actividad o acción; *informe*, es un mensaje que da una descripción de las características y circunstancias del estado del adulto mayor; y *alarma*, es un mensaje que avisa de la ocurrencia de algún evento crítico.

**Usuario de la Notificación** (¿Quién?). Esta dimensión se refiere a la persona o grupo de personas que recibirán la notificación (*e.g.*, ya sea el *adulto mayor* (sano, enfermo) o los *cuidadores* (del tipo: formales, informales o profesionales [44])).

**Tiempo** (¿Cuándo?). Se refiere al tiempo de envío de la notificación. Se identifican tres momentos en los que una notificación puede ser enviada: previo a que suceda un evento (*antes*); cuando el evento está sucediendo (*durante*); y cuando el evento ya ocurrió y se desea informar de lo sucedido (*después*).

La Figura 2.2 muestra de manera gráfica las dimensiones de la taxonomía y con ello se representa la diversidad de los trabajos identificados en cada categoría. Las dimensiones están representadas por: (i) el eje horizontal para indicar el tipo de **ambiente** en el que se desarrolla la actividad sobre la cual se envía la notificación (hogar, hospital, residencia geriátrica); (ii) el eje vertical indica el **objetivo de la notificación** (recordatorio, informe, alarma); (iii) el **usuario de la notificación** se representa mediante una figura, ya sea un cuadrado si el usuario es el propio adulto mayor o un círculo si el usuario es algún tipo de cuidador; y (iv) el **tiempo** de envío de la notificación se representa a través del color de estas figuras: blanco (*antes*), gris (*durante*) o negro (*después*).

Adicionalmente para cada valor de las dimensiones de la taxonomía se indica entre paréntesis el número de trabajos identificados, por ejemplo, para el **propósito de notificación**, 20 de los 52 trabajos son de tipo “alarma”. La suma por dimensión puede dar más de 52, debido a que algunos sistemas trabajan para más de un tipo de notificación. Las referencias indicadas en la gráfica son solamente una parte de los trabajos existentes, la clasificación completa de los 52 sistemas se muestra en el Apéndice A.



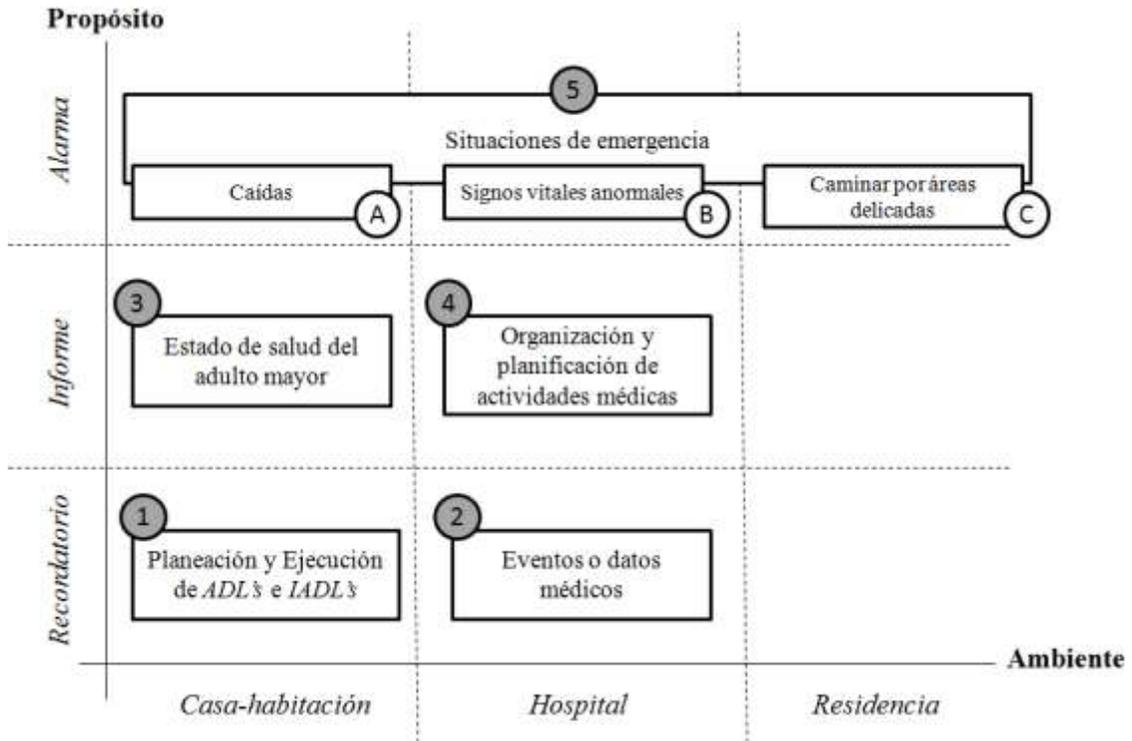
**Figura 2.2.** Taxonomía de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud del Adulto Mayor con una muestra representativa de los trabajos existentes.

### 2.3 Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud

La clasificación realizada en la sección anterior nos ha permitido establecer posibles objetivos específicos por los cuales los sistemas de notificación han sido creados; por ejemplo, los sistemas que envían informes en casa-habitación generalmente son para dar a conocer el estado de salud del adulto mayor. En la Figura 2.3 se consideran dos dimensiones de la taxonomía (propósito de la notificación y tipo de ambiente) para establecer categorías con el fin antes mencionado. Posteriormente, se describen algunos trabajos dentro de estas categorías.

#### Categoría 1: Recordatorios en casa-habitación.

Los sistemas de notificación en esta categoría, tienen como objetivo asistir tanto al adulto mayor, como a los cuidadores sobre la realización de sus actividades. En la asistencia al adulto mayor, los sistemas envían recordatorios para la realización de sus actividades básicas e



**Figura 2.3.** Representación de los Sistemas de Notificación por categorías.

instrumentales de la vida diaria (*ADL's e IADL's*), ya sean éstas agendadas (*e.g.*, toma de medicamentos [44, 56, 57]) o no (espontáneas – *e.g.*, lavado de manos o cocinar [58-60]).

Un ejemplo de estos tipos de sistemas, es el proyecto denominado *Pill Bottle & Monitor* [40]. Es un sistema diseñado para asistir al adulto mayor en la toma de sus medicamentos en casa-habitación, es una notificación de tipo recordatorio y los usuarios de las notificaciones son el propio adulto mayor y los cuidadores informales (sus familiares). La notificación para el adulto mayor se realiza a través del dispositivo mostrado en la Figura 2.4, y la notificación para sus familiares es proporcionada por el sistema mediante un mensaje de texto en su teléfono celular. Con respecto al tiempo, la notificación se envía como un recordatorio antes de que se ocurra el evento (la toma de algún medicamento).

### **Categoría 2: Recordatorios en hospitales.**

Los sistemas de notificación en esta categoría, tienen como objetivo recordar eventos o datos médicos importantes, ya sea para los pacientes o para los cuidadores. Uno de ellos está enfocado en enviar recordatorios a los pacientes acerca de sus citas, exámenes médicos y



**Figura 2.4.** *Pill Bottle & Monitor* (tomada de [40]).

vacunas programadas [61]. Un segundo sistema notifica a los médicos (cuidadores profesionales) sobre datos importantes del paciente a consultar (*e.g.*, expediente clínico) [62].

### **Categoría 3: Informes en casa-habitación.**

Los sistemas de notificación en esta categoría, tienen como objetivo notificar a los cuidadores informales (familiares) sobre el estado del adulto mayor que vive solo en casa [1, 63, 64], así como notificar al propio adulto mayor sobre algún estado no deseado, por ejemplo, pasar mucho tiempo en inactividad [65, 66].

En la Figura 2.5 se muestra el sistema *CareNet* [1], el cual es un sistema desarrollado para informar a los familiares sobre las actividades realizadas por el adulto mayor, así como su estado de salud actual en ambientes de casa-habitación. El sistema envía mensajes de tipo informe y los usuarios de la notificación son los cuidadores informales (familiares). La presentación se realiza a través de un portarretratos digital y las notificaciones se envían después de la detección de los eventos (*e.g.*, el adulto mayor ya ha tomado sus alimentos).



**Figura 2.5.** *CareNet* (tomado de [1]).

#### **Categoría 4: Informes en hospitales.**

Los sistemas de notificación en esta categoría tienen entre sus objetivos principales, apoyar en la organización y planificación de las actividades de los médicos (cuidadores profesionales) a través de notificaciones.

En Favela et al. [2] se envían notificaciones sobre registros médicos de los pacientes en el hospital, así como de las ubicaciones del personal médico. Los tipos de mensajes son informes y los usuarios son los cuidadores profesionales (médicos). La presentación de la notificación es a través de un dispositivo móvil. En la Figura 2.6 se muestra una vista del sistema cuando se está informando sobre las ubicaciones del personal médico. Con respecto al tiempo, las notificaciones son enviadas durante la ocurrencia de algún evento (*e.g.*, el expediente médico es enviado al momento en el que el médico llega a la cama del paciente).

#### **Categoría 5: Alarmas.**

Los sistemas de notificación en esta categoría están centrados en notificar situaciones que pueden ser consideradas de emergencia, y abarcan los tres tipos de ambientes (casa-habitación, hospital, residencia). Se definen las siguientes sub-categorías por tipo de ambiente.

- Sub-categoría 5.A: *Alarmas en Casa-habitación.*

Los sistemas de notificación en esta sub-categoría tienen como objetivo notificar al adulto mayor, y en algunos casos a los cuidadores, sobre situaciones de emergencia que se están presentando en la casa. Algunos sistemas notifican al adulto mayor para alertarlo, con el fin de evitarle una caída [8, 67, 68]; mientras que otros sistemas consideran que la caída ya sucedió y por consecuencia alertan a los familiares [17, 33, 69, 70].



**Figura 2.6.** Sistema de notificación que apoya a médicos en hospitales (tomado de [2]).

- Sub-categoría 5.B: *Alarmas en Hospital.*

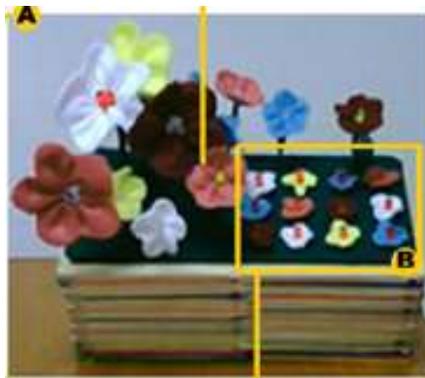
Los sistemas de notificación en esta sub-categoría tienen como objetivo alertar al personal médico ante alguna situación de emergencia, *e.g.*, un cambio anormal en los signos vitales de los pacientes [71].

*FlowerBlink* [72] es un sistema para alertar a las enfermeras (cuidadores profesionales) en ambientes de hospital. Su objetivo es proporcionar conciencia sobre el estado del adulto mayor (paciente), específicamente sobre el estado de la bolsa de orina. La forma de presentar la notificación es mediante un despliegue ambiental (un florero), en el cual las flores tienen luces que parpadean indicando el paciente que necesita asistencia (Ver Figura 2.7). Con respecto al tiempo de envío de la notificación, éste se realiza después de la detección del evento (la bolsa de orina está llena).

- Sub-categoría 5.C: *Alarmas en Residencia geriátrica.*

Los sistemas de notificación en esta sub-categoría tienen como objetivo enviar mensajes de advertencia a los cuidadores formales en residencias cuando se detecta alguna situación de emergencia en el adulto mayor [5, 33, 42].

*GerAmi* [5] es un sistema para los cuidadores que permite el control y la administración de residencias geriátricas, es decir, el sistema permite la programación de actividades para los cuidadores. Dentro de sus objetivos, también se encuentra el alertar a los cuidadores formales sobre las ubicaciones de los adultos mayores, principalmente cuando caminan por áreas peligrosas (*e.g.*, la



**Figura 2.7.** *FlowerBlink* (tomada de [72]).

cocina). Por lo tanto, los tipos de mensajes son alarmas y los usuarios de la notificación son los cuidadores formales y profesionales. La notificación es enviada a los dispositivos móviles de los cuidadores (Ver Figura 2.8). Con respecto al tiempo de envío, las notificaciones son enviadas durante la ocurrencia de los eventos (*e.g.*, cuando el adulto mayor cruza la puerta de salida).

La taxonomía presentada aquí no solamente nos permitió clasificar a los sistemas de notificación existentes, sino que adicionalmente fue una base para la identificación de áreas de oportunidad para estos tipos de sistemas.

## 2.4 Áreas de Oportunidad en los Sistemas de Notificación

La revisión de la literatura ha permitido identificar que la tecnología puede apoyar al proceso de cuidado de salud del adulto mayor, ya sea directamente al adulto mayor o a la red de cuidadores en cualquier tipo de ambiente. Partiendo de este entendimiento, la Tabla 2.1 muestra un conjunto de áreas de oportunidad con su estrategia de desarrollo para los sistemas de notificación.

En particular, en este trabajo nos enfocamos en el **área de oportunidad V: Alertar al cuidador sobre el estado del adulto mayor en situaciones de emergencia**, con énfasis en los ambientes de residencia geriátrica; aun cuando se atiendan aspectos de otras áreas.



**Figura 2.8.** GerAmi (tomada de [5]).

**Tabla 2.1.** Áreas de Oportunidad y Estrategias para el desarrollo de tecnología de notificación.

Área de oportunidad	Estrategia
I. Informar a los cuidadores sobre el desarrollo de las Actividades de la Vida Diaria (ADL's) del adulto mayor.	I. Crear y/o adaptar los sistemas de notificación actuales, para informar y/o alertar a la red de cuidadores sobre la ejecución de las actividades del adulto mayor.
II. Proporcionar información a los cuidadores en apoyo de sus actividades.	II. Proponer sistemas de notificación para los cuidadores, en donde se les recuerde sobre la realización de alguna actividad, o se les informe sobre datos médicos necesarios para la realización de su actividad. Principalmente en donde el cuidado es hacia varios adultos mayores, como en ambientes de hospital y residencias geriátricas.
III. Proporcionar información a los cuidadores en apoyo a la coordinación.	III. Proponer sistemas de notificación para mantener informados a la red de cuidadores sobre datos importantes de los miembros de la red, en función de las estrategias utilizadas para la coordinación. Principalmente en ambientes de casa-habitación y residencias geriátricas.
IV. Informar al cuidador sobre el bienestar del adulto mayor.	IV. Crear sistemas de notificación que incrementen la conciencia del cuidador sobre el estado de los adultos mayores, principalmente en ambientes de hospital y residencias.
V. Alertar al cuidador sobre el estado del adulto mayor en situaciones de emergencia.	V. Proponer sistemas de notificación que alerten a los cuidadores, sobre situaciones de emergencia que ocurren en el adulto mayor, principalmente en el sentido de prevención de éstas.

La problemática identificada es la escasa conciencia por parte del grupo de cuidadores, acerca de las situaciones críticas que le suceden al adulto mayor. En ocasiones los cuidadores se percatan de la situación, pero no de manera oportuna; y más que atender al adulto mayor para prevenir un riesgo mayor, atienden las consecuencias de la situación. En la literatura se identificaron diversos trabajos que atienden esta problemática (16 trabajos), pero la mayoría

alertan cuando la situación ya ha ocurrido. Incluso, aunque el objetivo de la notificación sea el mismo, los requerimientos para diseñarla cambian dependiendo del tipo de ambiente. La mayoría de estos trabajos están ubicados en ambientes de casa-habitación [17, 33, 68-70, 73, 74], mientras que se encontraron en menor cantidad para ambientes de hospitales [41, 71, 72, 75-77] y residencias geriátricas [5, 33, 42]. Cabe resaltar que de todos estos trabajos, sólo en 3 casos se permite actuar en términos de prevención de las situaciones. Por lo tanto quedan preguntas abiertas en relación a *proponer sistemas de notificación que alerten a los cuidadores, sobre situaciones de emergencia que le ocurren al adulto mayor, principalmente en el sentido de prevención de éstas.*

Y de manera particular, de acuerdo a la problemática identificada en el Capítulo 1, para la creación de sistemas de notificación en residencias geriátricas nos enfrentamos a los siguientes retos:

- i) ¿Cuál es el momento y la forma adecuada de enviar las notificaciones?;
- ii) ¿De qué forma se puede asegurar que los cuidadores reciban la notificación?;
- iii) ¿Cómo presentar la información a los cuidadores para que ésta sea comprendida, de preferencia en el menor tiempo posible?; y
- iv) ¿De qué forma se puede apoyar a los cuidadores en la toma de decisiones para atender al adulto mayor, una vez que ya ha recibido la notificación?.

## **2.5 Discusión**

Con esta revisión de la literatura hemos aprendido que para el diseño de un sistema de notificación se deben considerar las siguientes características:

- i) el tipo de *ambiente* en el cual la notificación se desarrolla, la mayoría de los sistemas identificados, mostrados en el Apéndice A, han sido propuestos para ambientes de casa-habitación y, en menor cantidad para hospitales y residencias geriátricas;
- ii) el *propósito* de la notificación, dependiendo de la problemática que el sistema de notificación aborda, es la manera en cómo será presentada la información y el momento oportuno para ser enviada, definiendo así si se trata de un informe, un recordatorio o una alarma;

- iii) el *usuario* de la notificación, uno de los más grandes retos es establecer un nivel común de conciencia entre los miembros de la red de cuidadores, con el fin de que cada uno de ellos, dentro de su rol, realice las actividades necesarias para atender la notificación;
- iv) el *tiempo* de envío de la notificación, se requiere de sistemas de notificación que sean capaces de establecer el momento oportuno de enviar la notificación, la manera y el lugar adecuado para presentar la información.

Como se mencionó anteriormente, la taxonomía que se generó es producto de un análisis de las características de los sistemas de notificación identificados en la literatura; la cual permite, entre otras cosas, encontrar áreas de oportunidad para dichos sistemas.

## **2.6 Resumen del Capítulo**

En este capítulo se ha abordado el estado del arte sobre los sistemas de notificación para ambientes de cuidado de la salud del adulto mayor (casa-habitación, hospitales y residencias geriátricas). Con base en la revisión realizada de la literatura se ha podido:

- Identificar aspectos centrales de los diferentes sistemas de notificación.
- Generar una taxonomía para los sistemas de notificación, la cual no solamente permite clasificar a los sistemas existentes, sino descubrir áreas de oportunidad para el desarrollo de los mismos.
- Clasificar dichos sistemas de notificación sobre la taxonomía propuesta.
- Generar categorías con base en los objetivos específicos de los sistemas de notificación identificados.
- Identificar un conjunto de áreas de oportunidad y estrategias en el desarrollo de sistemas de notificación en ambientes del cuidado de la salud.

Para continuar con el objetivo de este trabajo y con el fin de tener un entendimiento del proceso de cuidado formal del adulto mayor, en el siguiente capítulo se describe un caso de estudio realizado en una residencia geriátrica.

## CAPÍTULO 3

### **CARACTERIZACIÓN DE UN AMBIENTE CRÍTICO: CASO DE ESTUDIO DEL PROCESO DE CUIDADO DEL ADULTO MAYOR CON DETERIORO COGNITIVO**

Cuidar a un adulto mayor con deterioro cognitivo puede ser una tarea compleja, depende de factores como su estado físico y mental, así como el grado de independencia en la ejecución de sus actividades, etc. [78]. De acuerdo con las estimaciones más recientes de las Naciones Unidas, se estima un crecimiento en la población adulta (65 años y más), tanto a nivel mundial [79], como en México [80]. Este incremento en la población, incide en el número de adultos mayores que sufren alguna discapacidad. Por ejemplo, datos del censo 2010 de México [81], indican que el 24.32% de la población adulta tiene al menos una discapacidad, incluyendo: caminar o moverse (17.09%), ver (6.73%), oír (4.03%), atender el cuidado personal (1.53%), hablar o comunicarse (0.94%), mental (0.78%), y poner atención o aprender (0.58%)<sup>1</sup>.

De acuerdo a las cifras anteriores, se presentan diversas problemáticas en los adultos mayores con alguna discapacidad. Por una parte, dichas discapacidades impiden o dificultan la realización de las actividades básicas e instrumentales de la vida diaria, como usar el baño, comer, bañarse, desplazarse por una habitación, preparar o comprar alimentos, etc.. Por otra parte, ciertas condiciones físicas y mentales del adulto mayor hacen que éste requiera de cuidados especiales, los cuales se brindan en distintos ambientes especializados [54]. Un adulto mayor con deterioro cognitivo presenta cambios significativos a lo largo de su

---

<sup>1</sup> **Nota:** La suma de los porcentajes es mayor a 24.32%, debido a que el adulto mayor puede tener más de una discapacidad.

enfermedad, los cuales lo van llevando a ser totalmente dependiente. Dentro de estos ambientes especializados se encuentran las residencias geriátricas.

Este capítulo presenta una caracterización del proceso de cuidado del adulto mayor con deterioro cognitivo en una residencia geriátrica. El objetivo es establecer los requerimientos para el desarrollo de notificaciones conscientes del contexto en este tipo de ambientes. Primeramente se describen los objetivos y la metodología del estudio. Posteriormente se describen los resultados en términos de los conceptos propuestos: **Situación de Cuidado** del adulto mayor y **Situación del Cuidador**. Y finalmente, se enlistan los requerimientos identificados en este tipo de ambiente para el desarrollo de notificaciones.

### 3.1 Objetivos del Estudio

El estudio se realizó en una residencia geriátrica de la ciudad de Ensenada, B.C., México.

Una residencia geriátrica es una institución pública o privada dedicada a la atención y cuidado coordinado de personas. Generalmente, la atención es permanente y está dirigida a personas mayores de 65 años con algún padecimiento relacionado con la edad (*age-related disease*), como la enfermedad de Alzheimer.

En este estudio se tuvo como objetivo conocer:

- i) las características del proceso de cuidado en este tipo de ambiente,
- ii) las situaciones críticas que se presentan en los adultos mayores de la residencia,
- iii) las prácticas de cuidado de los cuidadores, y
- iv) las limitaciones a las que se enfrentan los cuidadores para tener conocimiento (conciencia) sobre dichas situaciones de cuidado.

### 3.2 Metodología del Estudio

El estudio consistió en 8 entrevistas estructuradas de 40 minutos, una a cada cuidador de la residencia y en una observación directa no-participativa a 4 de ellos, mientras realizaban sus actividades del proceso de cuidado. El proceso de observación se llevó a cabo mediante la toma de notas y fotos, teniendo una duración de 40 horas y 29 minutos (Tuno Matutino 22:49', Vespertino 9:03', Nocturno 8:37'). Durante el período del estudio, la residencia atendía a 15

adultos mayores, cuya edad promedio era de 83 años. Nueve de ellos sufrían la enfermedad de Alzheimer en sus diversas etapas (leve-moderada-avanzada).

Las entrevistas fueron transcritas y los datos de la observación fueron capturados para su análisis. En el primer caso se realizó un análisis cualitativo y para el segundo caso un análisis cuantitativo. Los principales resultados se muestran a continuación en términos de la identificación de las Situaciones de Cuidado y de las características de los cuidadores (Situación del Cuidador).

### **3.3 Situaciones de Cuidado del Adulto Mayor**

Las entrevistas realizadas a los cuidadores permitieron la identificación de situaciones críticas que se presentan o se pudiesen presentar en la residencia.

En una residencia geriátrica, los cuidadores formales son los que tienen a su cargo el cuidado directo del adulto mayor. En este tipo de ambiente, el número de adultos mayores que se atienden tiende a ser mayor que el número de cuidadores (cinco adultos mayores por un cuidador) [82, 83]. El cuidador busca satisfacer las necesidades básicas del adulto mayor durante el día; sin embargo, debido a los cambios que éste presenta a lo largo de su enfermedad, se requiere de una supervisión constante por parte de los cuidadores. Este tipo de ambiente cuenta con medidas de seguridad para cuidar la integridad de los adultos mayores, sin embargo no se está exento de que se presente algún evento en el adulto mayor que pueda llevarlo a una situación de riesgo y afectar su calidad de vida. Con el fin de atender lo anterior se propone el siguiente concepto:

Una *Situación de Cuidado (SC)* es un evento que puede alterar el estado de salud del adulto mayor y resultar en una situación de riesgo. Un ejemplo es la acción de levantarse de su asiento sin asistencia de algún cuidador, con el antecedente de que el adulto mayor ya no puede caminar por él mismo. Para este ejemplo el evento (ahora llamada Situación de Cuidado) es ‘levantarse sin asistencia y caminar’, lo que puede provocar una situación de riesgo como una caída.

Durante el estudio se identificaron 18 situaciones de cuidado, quince de ellas se han presentado en la residencia y las otras 3 fueron estimadas por los cuidadores. En la Tabla 3.1 se muestran las 18 situaciones de cuidado agrupadas en 6 categorías: **Comportamiento(4)**

aquellas que surgen o están relacionadas con el comportamiento del adulto mayor, **Estado de Salud** (2) aquellas que se relacionan con los problemas de salud que pudieran afectar a un adulto mayor, **Higiene** (2) aquellas relacionadas con la higiene del adulto mayor, **Movilidad** (6) aquellas relacionadas con el traslado de los adultos mayores dentro y fuera de su habitación, **Suministro** (2) aquellas relacionadas con el suministro de alimentos, bebidas y medicamentos, y **Comunicación** (2) aquellas que se relacionan con la comunicación entre los adultos mayores y los cuidadores.

**Tabla 3.1.** Situaciones de Cuidado del Adulto Mayor

<b>Comportamiento</b>
1. Invasión del espacio físico personal
2. Invasión de la comida personal
3. Discusiones y/o agresiones entre los pacientes
4. Agresiones a los cuidadores
<b>Estado de salud</b>
5. Signos vitales anormales (Pulso/Presión/Nivel de glucosa)
6. Falta de cambios de posición en los pacientes con movilidad restringida
<b>Higiene</b>
7. Bolsa de orina llena
8. Pañal sucio
<b>Movilidad</b>
9. Caídas al caminar o al levantarse
10. Escaparse de la casa
11. Levantarse sin asistencia y caminar
12. No asegurarlos en cama/silla
13. El auxilio al pararse a caminar por parte de un paciente
14. Entrar en áreas delicadas ( <i>e.g.</i> , cocina)
<b>Suministro</b>
15. Ingesta de medicamentos fuera de la prescripción
16. Ingesta de alimentos no recomendados
<b>Comunicación</b>
17. El llamado a un cuidador por parte de un paciente
18. El llamado a un cuidador por parte de otro cuidador

Adicionalmente, se identificaron 3 fases (ciclo de vida) por las que algunas situaciones de cuidado pueden pasar: i) *antes*, cuando las características de la situación preceden al evento (*e.g.*, un adulto mayor se encuentra cerca de la puerta de salida de la residencia); ii) *durante*, cuando se está presentando el evento (*e.g.*, el adulto mayor está cruzando la puerta de salida); y iii) *después*, el efecto de la ocurrencia del evento (*e.g.*, el adulto mayor ha cruzado la puerta de salida y por lo tanto se escapa de la residencia). Incluso se identificaron relaciones de precedencia entre algunas de las situaciones de cuidado, es decir, algunas situaciones de cuidado pueden presentarse a consecuencia de otras. En la Tabla 3.2 se presenta una lista de estas situaciones, por ejemplo la SC de *discusión/agresión* entre adultos mayores, puede ser una consecuencia de una *invasión del espacio físico personal*.

El contexto de una situación de cuidado está compuesto por 5 elementos: i) *Identidad* del(los) adulto(s) mayor(es) involucrado(s), ii) *Ubicación*, lugar donde ocurre la situación; iii) *Actividad* que se encuentra(n) realizando el(los) adulto(s) mayor(es); iv) *Tiempo*, momento en el que ocurre la situación; y v) *Situación de Cuidado*, evento de criticidad que se presenta.

**Tabla 3.2.** Situaciones de Cuidado que preceden de otras

<b>SC primaria</b>	<b>SC secundaria (generada a partir de)</b>
Invasión del espacio físico personal	Discusiones y/o agresiones entre los pacientes
Invasión de la comida personal	Discusiones y/o agresiones entre los pacientes
Levantarse sin asistencia y caminar	Caídas al caminar o al levantarse
No asegurarlos en cama/silla	Caídas al caminar o al levantarse
El auxilio al pararse a caminar por parte de un paciente	Discusiones y/o agresiones entre los pacientes
El auxilio al pararse a caminar por parte de un paciente	Caídas al caminar o al levantarse
Agresiones a los cuidadores	El llamado a un cuidador por parte de otro cuidador
Entrar en áreas delicadas ( <i>e.g.</i> , cocina)	Ingesta de alimentos no recomendados

### 3.3 Situación del Cuidador

Las entrevistas y las sesiones de observación realizadas permitieron conocer las características del perfil de los cuidadores. Bajo este conocimiento, se define el concepto de *Situación del Cuidador* como el conjunto de elementos que establecen el estado de un cuidador al momento que ocurre una situación de cuidado. El contexto de la Situación del Cuidador está formado por: i) la *identidad* del cuidador, ii) la *actividad* que realiza, iii) la *ubicación* donde realiza la actividad; y iv) el *tiempo* en el que la realiza.

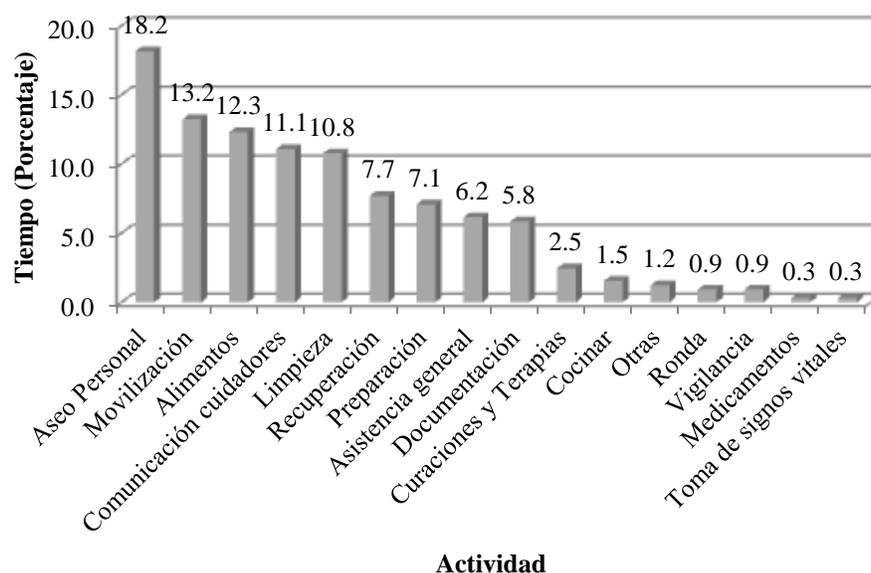
En los siguientes apartados se describen aspectos del trabajo de los cuidadores en la residencia, como sus actividades, las ubicaciones más frecuentes e incluso un escenario con un día típico del cuidador. Posteriormente, en función de la atención que proporciona el cuidador al adulto mayor, se describe una clasificación de las actividades. Y finalmente, con respecto a la atención de las situaciones de cuidado, se describen las limitaciones de los cuidadores identificadas.

#### 3.3.1 Identificando las actividades

En este apartado se describen las principales actividades que realizan los cuidadores dentro del proceso de cuidado del adulto mayor y en la cuales invierten la mayor parte de su tiempo. Estas actividades incluyen: cuidado personal al adulto mayor, movilidad, suministro de alimentos/medicamentos, toma de signos vitales, terapias, actividades de recreación, limpieza de la casa, entre otras.

La Figura 3.1 muestra el porcentaje del tiempo que invierten los cuidadores, del turno matutino, en las diferentes actividades.

Las actividades en las que se les invierte más tiempo son: la higiene personal del adulto mayor (18.2%), seguida de la movilidad del adulto mayor (13.2%), el suministro de alimentos (12.3%), comunicación entre cuidadores (11.1%) y limpieza de la casa (10.8%). Las actividades que se realizan con menos frecuencia son el suministro de medicamentos y la toma de signos vitales (ambas 0.3%).

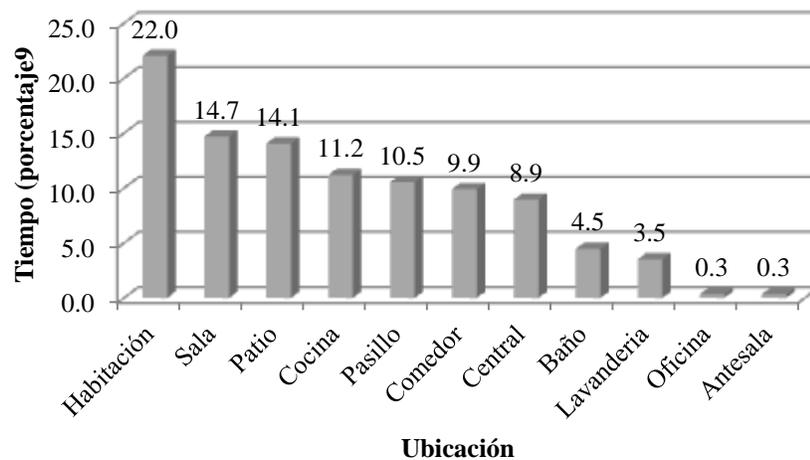


**Figura 3.1.** Porcentaje del tiempo de las actividades de los cuidadores (Turno Matutino).

Un análisis similar se realizó para los turnos vespertino y nocturno. En el turno vespertino a la actividad que más tiempo se le invierte es asistencia general (18.1%), seguida de limpieza de la casa (13.7%); y en el caso del turno nocturno, la higiene personal (23.1%), seguida de asistencia general (18.1%).

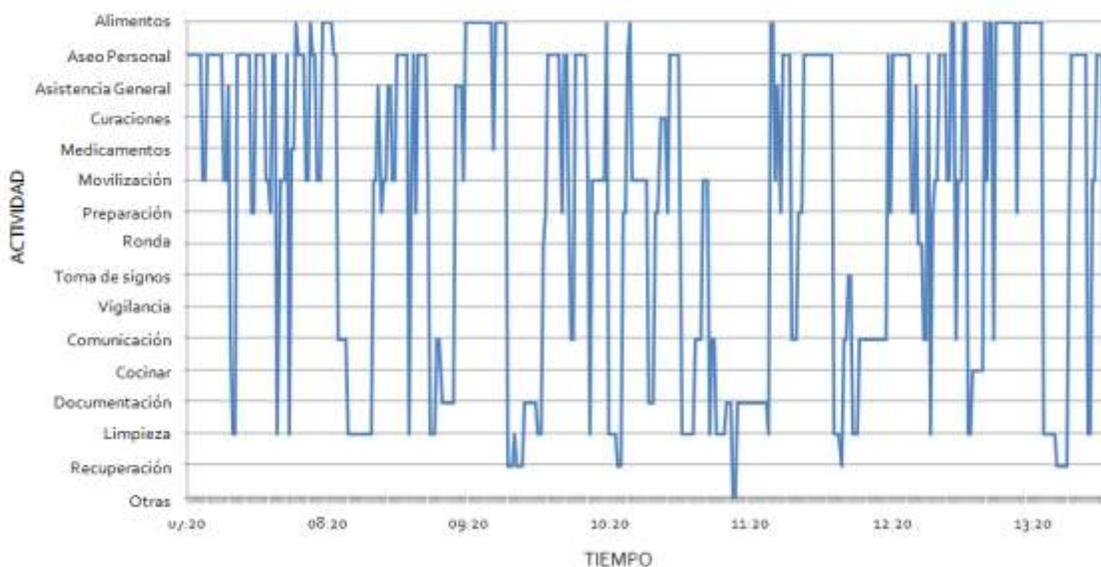
En cuanto a las ubicaciones de los cuidadores, la Figura 3.2 muestra las ubicaciones de los cuidadores y el tiempo (porcentaje) que se pasa en cada una de ellas. En el turno matutino, la ubicación donde ellos pasan la mayor parte de su tiempo son las habitaciones (22%), seguida de la sala (14.7%) y en el patio (14.1%). Por otro lado, la oficina del supervisor y la antesala son los lugares menos frecuentados (ambos 0.3%).

Un análisis similar se realizó para los turnos vespertino y nocturno. En el turno vespertino la ubicación más visitada fueron las habitaciones (38.5%), seguida de la cocina (15.2%); mientras que en el turno de la noche las habitaciones fueron nuevamente las más frecuentes (51.9%), seguidas de la sala (22.8%).



**Figura 3.2.** Porcentaje del tiempo de los cuidadores en las ubicaciones de la residencia (Turno Matutino).

Adicionalmente, se identificó que los cuidadores cambian de actividad y de ubicación en un lapso corto; por lo que se considera que tienen un alto grado de movilidad, así como un alto grado de cambio de actividad. En la Figura 3.3 se muestra un día típico de un cuidador del turno matutino, en donde se puede observar los cambios de actividad y el tiempo en el que se invierte a cada una de las actividades.



**Figura 3.3.** Línea de tiempo de las actividades que realiza el cuidador.

Un escenario de las primeras horas de un día típico del cuidador es el siguiente:

*Gaby, una de las tres cuidadoras del turno matutino, inicia sus actividades en la residencia a las 7:20 am. Se dirige a la habitación No.9 para realizarle al adulto mayor –María- la actividad de aseo personal; mientras Gaby realizaba dicha actividad, a las 7:26 la otra cuidadora en turno le gritó para que la auxiliara en la movilización de un paciente (el cual se había levantado de su cama y requería de asistencia para caminar). Dos minutos después, la cuidadora regresa a la habitación para continuar con la actividad de aseo personal. Una vez concluida la actividad, traslada a María a la sala. En la sala se encontraba Juan, otro paciente, al que le auxilia para ponerle los zapatos. A las 7:38 se dirige al cuarto de lavandería para sacar unas sábanas de la secadora y llevarlas a la habitación No.12. Estando en la habitación comienza a cambiarle de ropa a Gilberto (adulto mayor que duerme en esa habitación); seis minutos después sale de la habitación en busca de una andadera y regresa. Luego sale al baño por un rollo de papel, regresa y asea a Gilberto. A las 7:53 salen de la habitación, la cuidadora ayuda a Gilberto a caminar por el pasillo. La cuidadora Gaby realiza actividades similares para otros dos pacientes; una vez que ya se encuentran todos sentados en el comedor, se encarga de ir por las charolas del desayuno a la cocina. En la segunda vuelta, Gaby hace una parada en la Central de Enfermería, saca una pastilla del pastillero de Gilberto, muele la pastilla y la mezcla con la comida del paciente. Entrega la charola a Gilberto y se dirige nuevamente a la cocina por más charolas. Posteriormente, da de comer en la boca a uno de los pacientes cuyo estado de Alzheimer es avanzado. A las 8:24 concluye la actividad de suministro de alimentos y dialoga con sus compañeros cuidadores para repartirse las actividades de limpieza de las habitaciones y asistencia en general de los adultos mayores. Durante estas actividades también realiza la actividad de documentación, como registrar el número de pañales utilizados por cada adulto mayor. A las 9:40 Gaby termina de atender a los adultos mayores, toma un descanso por unos minutos y posteriormente hace un rondín por las habitaciones para verificar que todo esté bien.*

Este escenario ilustra las diferentes actividades que realizan los cuidadores, ya sean éstas directas al cuidado (e.g., aseo personal al adulto mayor) o indirectas al cuidado del adulto mayor (e.g., documentación). Lo anterior es un primer parámetro utilizado para la clasificación de las actividades.

### 3.3.2 Clasificando las actividades

Este apartado propone una clasificación de las actividades de los cuidadores (Ver Figura 3.1), como resultado de la caracterización del proceso de cuidado del adulto mayor. La clasificación se realiza primeramente, en actividades directas/indirectas al cuidado del adulto mayor; y en segundo término con base en el nivel de criticidad de la actividad. Dicho nivel es considerado como contexto secundario de la situación del cuidador, es decir, de acuerdo a la definición de Abowd et al. [84], contexto primario es aquella información que se obtiene directamente de la fuente monitorizada, mientras que el contexto secundario se refiere a la información inferida a partir del contexto primario. En este caso el contexto primario es la *actividad* del cuidador y el contexto secundario es el *nivel de criticidad*.

El *Nivel de Criticidad* de una actividad de los cuidadores lo hemos definido como la probabilidad de que se presente una situación de riesgo en el adulto mayor, si el cuidador que lo está atendiendo interrumpe repentinamente su actividad. En la Tabla 3.3 se muestra el listado de las actividades que realiza el cuidador con su respectivo nivel de criticidad. Un ejemplo de una actividad con alto nivel de criticidad es la actividad de *aseo personal* del adulto mayor, en la que es crítico que el cuidador interrumpa repentinamente dicha actividad, el adulto mayor pudiese quedar en una postura no adecuada y sufrir una caída. En contraste, un ejemplo de una actividad con bajo nivel de criticidad es la actividad de *documentación*, donde no se ve afectado el estado de salud de algún adulto mayor por interrumpir dicha actividad del cuidador.

### 3.3.3 Limitaciones de los Cuidadores al atender una Situación de Cuidado

De acuerdo a los resultados del estudio, se identificó que la movilidad y las múltiples actividades de los cuidadores limitan la adquisición de la conciencia sobre las situaciones de cuidado, en el sentido de prevenir o atender de inmediato el evento que se haya presentado. Es decir, los cuidadores se percatan de la ocurrencia de una situación de cuidado, la mayoría de las veces, mientras está sucediendo o cuando ésta ya ha sucedido. Con menos frecuencia, los cuidadores identifican estados que indiquen la posibilidad de que una situación de cuidado se presente.

**Tabla 3.3.** Nivel de Criticidad de las Actividades del Cuidador.

Actividad del Cuidador	Nivel de Criticidad		
	Alto	Mediano	Bajo
<i>Actividades Directas al Cuidado</i>			
Entretenimiento al Aire Libre			
Suministro de Alimentos			
Aseo Personal del Adulto Mayor			
• Baño			
• Habitación			
Curaciones y Terapias			
Suministro de Medicamentos			
Movilización del Adulto Mayor			
• Paciente inmóvil			
• Paciente móvil			
Toma de signos vitales			
<i>Actividades Indirectas al Cuidado</i>			
Cocinar			
Documentación			
Limpieza de la Casa			
• Dentro de la Habitación			
• Lavandería			
• Comedor			

En este sentido, podemos establecer tres momentos en los que el cuidador se percata de una situación de cuidado:

i) *Antes de que suceda.* El cuidador se percata de una situación antes de que ésta ocurra, porque pasa y observa algo inusual que llama su atención, lo que le permite actuar de manera adecuada y oportuna.

*“Entré a la cocina detrás de él [Adulto Mayor] y vi que unas tijeras estaban sobre la mesa... las recogí y sugerí a la cocinera que siempre que saliera de la cocina las recogiera”*

[Cuidador 1]

ii) *Mientras está sucediendo.* El cuidador pasa o se encuentra en el lugar donde ocurre la situación de cuidado y la observa al instante.

*“[Me doy cuenta] cuando voy a checarlo [Adulto Mayor] ...y veo que está mal.”*

[Cuidador 4]

iii) *Cuando ya ha sucedido.* El cuidador se percató de la situación de cuidado cuando ésta ya ocurrió. En ocasiones porque escucha un ruido anormal o hasta que pasa por la ubicación del evento y se percató de éste.

*“Pues él [Adulto Mayor] empezó ¡ay!, ¡ay!, y ya fuimos al cuarto y estaba tirado en el piso.”*

[Cuidador 3]

Con base en este entendimiento sobre el proceso de cuidado de los adultos mayores, en la siguiente sección se enlistan un conjunto de requerimientos para el desarrollo de notificaciones.

### **3.4 Requerimientos de las Notificaciones para este tipo de Ambiente**

En el proceso de cuidado de los adultos mayores en residencia geriátrica, tanto los adultos mayores, como los cuidadores son actores importantes. Se identifica la necesidad de introducir un mecanismo de notificación para apoyar a los cuidadores en la adquisición de la conciencia sobre las situaciones de cuidado. Y de esta forma trabajar en la búsqueda de proporcionar una atención de calidad al adulto mayor.

En esta sección se describen un conjunto de requerimientos para el establecimiento de notificaciones en este tipo de ambiente. Esto ha sido posible gracias al entendimiento del proceso de cuidado del adulto mayor presentado en las secciones 3.2 y 3.3.

Los cuidadores no solamente requieren de mecanismos para percatarse de las situaciones de cuidado que ya se presentaron en los adultos mayores, sino además de estrategias que les permitan actuar para prevenir la ocurrencia de las situaciones de cuidado. Adicionalmente, los cuidadores requieren de mecanismos para conocer las actividades y las ubicaciones de los cuidadores en turno, con el fin de coordinarse para la atención de las situaciones de cuidado.

En términos de las notificaciones conscientes del contexto a proporcionar en este tipo de ambiente, se identificaron los siguientes requerimientos:

**R1.** La notificación no se puede omitir, el cuidador debe enterarse del evento ocurrido, debido a que se trata de la atención de las situaciones de cuidado del adulto mayor.

**R2.** La criticidad de la notificación no puede ser nula, debido a que involucra el cuidado de una vida humana.

**R3.** La notificación debe ser percibida y comprendida por el cuidador, esto es necesario para la atención oportuna y adecuada del adulto mayor.

**R4.** La coordinación entre los cuidadores para atender una situación de cuidado debe ser apoyada desde el proceso de notificación.

**R5.** La adaptación de la notificación debe considerar información del ambiente y de los actores que habitan en él.

**R6.** La notificación debe considerar las 3 fases de una situación de cuidado, con el fin de prevenir situaciones de riesgo al notificar desde la primera fase (“antes”).

Estos requerimientos, como un entendimiento del proceso de cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas, nos ayudan a construir un tipo de notificación para estos ambientes.

### **3.5 Resumen del Capítulo**

En este capítulo se han descrito los resultados de una caracterización realizada en una residencia geriátrica, como caso de estudio de un ambiente crítico. Dichos resultados se concretan en el establecimiento de:

- El concepto de *Situación de Cuidado*, utilizado para definir los eventos a notificar.
- El concepto de *Situación del Cuidador*, utilizado para definir el estado del cuidador al momento de la notificación.
- Un conjunto de requerimientos para el desarrollo de notificaciones en este tipo de ambiente.

En el siguiente capítulo se presenta el concepto de Notificación CANoE, como un tipo de notificación para un ambiente crítico, y con base en los requerimientos aquí expuestos se describe una comparación de las características de la notificación CANoE con los modelos de notificaciones ya existentes e identificados en la literatura.

## **CAPÍTULO 4**

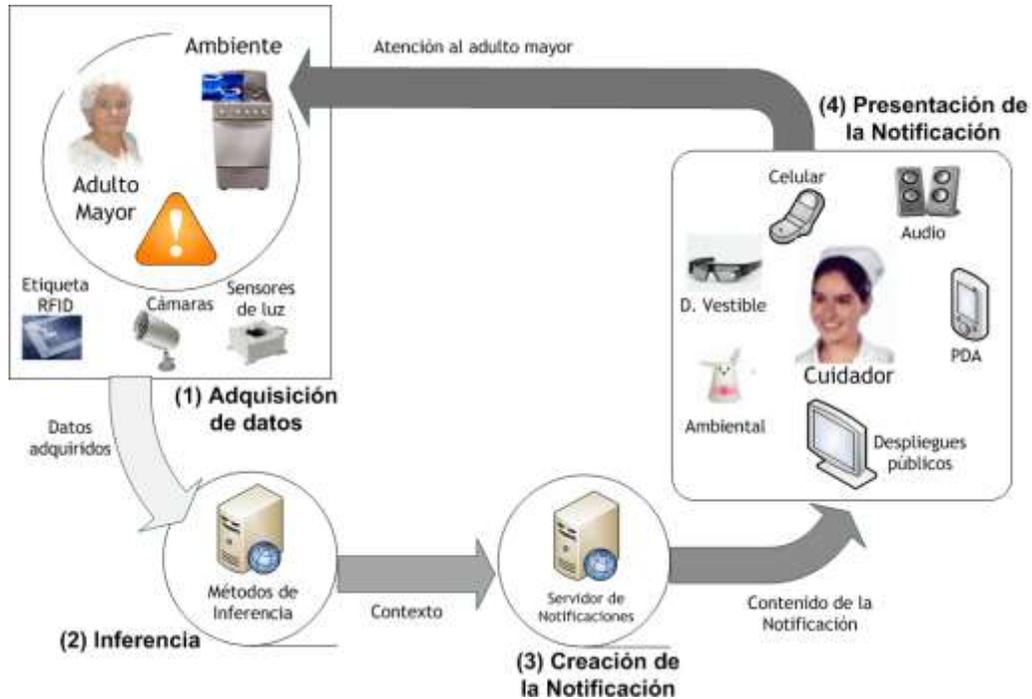
### **ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS: HACIA UNA NOTIFICACIÓN CANoE**

En el capítulo anterior se describieron los principales resultados de la caracterización de un ambiente crítico de Residencia de Cuidados de AM. Con base en dicha caracterización, se establecieron un conjunto de requerimientos para el desarrollo de notificaciones conscientes del contexto que motivan a la propuesta de un tipo de notificaciones para ambientes críticos.

En este capítulo se define primeramente el ciclo de una notificación, y dentro de él se ubica el alcance de este trabajo en cuanto al desarrollo de las notificaciones. Posteriormente, atendiendo los requerimientos, se establece el concepto de *Notificaciones conscientes del contexto para ambientes críticos (Notificaciones CANoE)*. Y finalmente, se realiza un análisis de modelos reportados en la literatura para la creación de notificaciones.

#### **4.1 Ciclo de una Notificación**

El objetivo de un sistema de notificación es informar a un usuario respecto a una situación en particular, a través de un medio y con un propósito específico. La Figura 4.1 muestra una representación de las 4 fases que se considera que deben formar el ciclo de una notificación. Las fases de Adquisición de datos e Inferencia conforman el “proceso de monitorización”, mientras que las fases de Creación de la notificación y Presentación de la notificación conforman el “proceso de notificación”.



**Figura 4.1.** Ciclo de una Notificación.

A continuación se describe brevemente cada una de estas fases:

### **A. Proceso de Monitorización**

El término “monitorizar” es descrito por el diccionario *Merriam-Webster*, como la acción de observar (algo o a alguien) con un propósito especial. Los sistemas de notificación requieren de una monitorización. Sin embargo, dependiendo de la situación a notificar, en términos del desarrollo de un sistema computacional, el proceso puede ser relativamente sencillo o altamente complejo. Como ejemplo del caso simple, considere un sistema de notificación que le “recuerda” al usuario sobre alguna actividad programada. La monitorización en este caso, podría consistir en consultar la base de datos de una agenda. Como ejemplo de un caso más complicado, considere un sistema de notificación que informa sobre la actividad y los signos vitales del adulto mayor mientras realiza ejercicio a campo traviesa, en este caso, la monitorización podría consistir en capturar en tiempo real variables referentes a los movimientos, dirección y velocidad de los mismos, etc., así como a los signos vitales del adulto mayor (Fase 1) y, tratar de determinar la actividad y el estado de los signos vitales durante ésta (Fase 2).

- (1) *Adquisición de datos*, en esta fase se adquieren los datos necesarios de la persona monitorizada, así como del ambiente en el que se encuentra. Este proceso se realiza a través de diversos tipos de sensores y de dispositivos de captura de información (*e.g.*, cámaras de video [59, 85], sensores infrarrojos [86], etiquetas RFID [5, 42], etc.). Los datos a capturar dependen de la situación o del evento que se desea notificar. Por ejemplo, para notificar sobre una posible situación de cuidado en el adulto mayor (*e.g.*, riesgo de sufrir una quemadura en la cocina), se requiere capturar la ubicación del adulto mayor dentro de su ambiente, la presencia de la cocinera/cuidador en la cocina, así como el estado de la estufa (prendida/apagada), entre otros.
- (2) *Inferencia*, en esta fase se reciben los datos adquiridos y se analizan con el fin de deducir la existencia de una situación a notificar (*e.g.*, riesgo de quemadura). El proceso puede realizarse a través de diversos métodos, incluyendo reglas de inferencia [87] o técnicas de inteligencia artificial [59, 88]. Siguiendo con el ejemplo, si los datos recibidos fueron: ubicación del adulto mayor = “cocina”, presencia del personal de atención en la cocina = “nulo” y estado de la estufa = “prendida”; el proceso de inferencia lo identifica como una situación de cuidado y lo envía al proceso de notificación.

## **B. Proceso de Notificación**

El proceso de notificación inicia en el momento en el que se recibe el contexto de la situación a notificar por parte del proceso de monitorización. Este proceso se encarga de crear la notificación (Fase 3) y de presentarla al usuario (Fase 4).

- (3) *Creación de la notificación*, en esta fase, con base en el contexto de la situación inferida, el servidor de notificaciones crea una notificación atendiendo cinco de sus características: ¿Qué notificar?, ¿A quién notificar?, ¿Cómo notificar?, ¿Dónde notificar? y ¿Cuándo notificar?. Por lo tanto, este proceso determina el contenido de la notificación, los usuarios de la notificación, la forma y el lugar de la presentación de la notificación, así como el momento de enviar la notificación. Posteriormente, el servidor de notificación envía la notificación a los mecanismos seleccionados para su presentación. Continuando con el ejemplo, una vez que el servidor de notificaciones recibe el contexto de la situación inferida, crea un mensaje con los elementos de la

notificación (e.g., “El Adulto Mayor ha entrado a la cocina y la estufa se encuentra encendida”) y lo envía a la siguiente fase para su despliegue.

(4) *Presentación de la notificación*, en esta fase se presenta la notificación al usuario mediante uno o varios mecanismos, de manera que el cuidador perciba la notificación y pueda brindar la atención necesaria al adulto mayor. Por ejemplo, el cuidador recibe el mensaje de la notificación mediante su dispositivo móvil y toma decisiones para atender al adulto mayor.

La literatura reporta diversos sistemas de notificación para ambientes críticos, pero su enfoque está más orientado al proceso de monitorización que al proceso de notificación. De acuerdo a los retos identificados en materia de notificaciones (como los mencionados en la Sección 2.3), para ambientes críticos es necesario hacer un énfasis en la entrega y presentación de las notificaciones.

#### **4.1.1 Alcance de esta investigación**

La notificación en un ambiente crítico, tal como se expuso en la introducción y al inicio de esta sección, es un procedimiento complejo. El diseño de un sistema de notificación debe considerar por una parte la monitorización del evento a notificar y, por otra parte, la creación, el envío y la presentación de la notificación en sí.

En este trabajo se da un énfasis en la segunda parte del procedimiento de la notificación, es decir, en el **proceso de notificación** (fase 3 y fase 4). Por lo tanto, el alcance incluye las fases de *creación* y *presentación* de la notificación, partiendo de la existencia de sistemas de monitorización que identifican las situaciones a notificar. De esta manera, nos podemos concentrar en garantizar no sólo la entrega oportuna de la notificación, sino también, en que el receptor la perciba y la comprenda.

Aunque la monitorización quedó fuera de nuestro alcance, como prueba de concepto se creo un sistema para inferir algunas situaciones de cuidado en la residencia geriátrica (Ver Apéndice B). Este sistema es considerado como una infraestructura básica para la adquisición del contexto.

En la siguiente sección como parte del proceso de análisis de los requerimientos se propone un nuevo concepto de notificaciones para ambientes críticos, considerando el alcance aquí establecido.

## **4.2 Definición del Concepto “Notificación consciente del contexto para ambientes críticos” (Notificación CANoE)**

El Cómputo Consciente del Contexto, como se mencionó en el Capítulo 1, permite la creación de notificaciones conscientes del contexto para ser configuradas de acuerdo a los requerimientos del tipo de ambiente donde se desarrollan. De acuerdo a este enfoque y a los requerimientos mostrados en la Sección 3.4, se define el siguiente concepto de notificación:

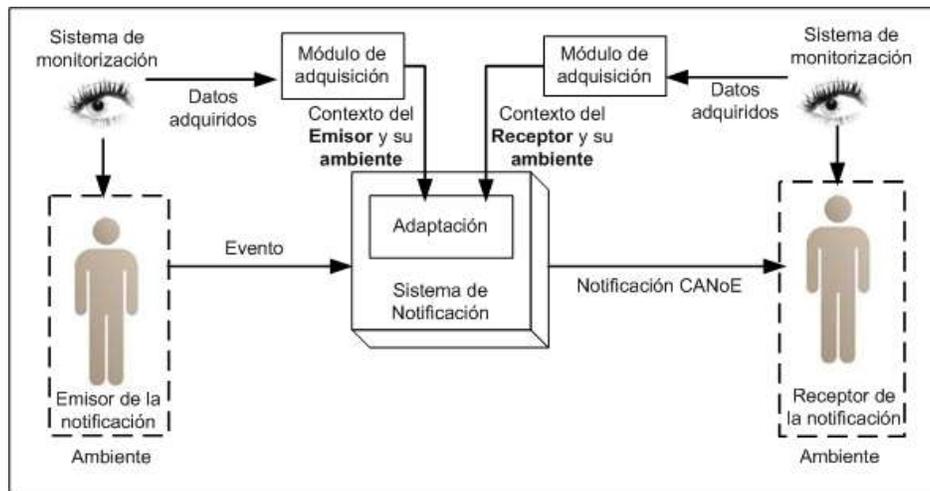
Una *Notificación Consciente del Contexto para ambientes Críticos - Notificación CANoE* (por sus siglas en inglés *Context-Aware Notifications for critical Environments*) es una notificación que adapta en tiempo real<sup>2</sup> la entrega, el contenido y la presentación de la información; para ello considera tres fuentes de contexto: receptor de la notificación, emisor de la notificación y características del ambiente. Por ejemplo, se puede considerar que para un receptor que se encuentra en un ambiente con mucho ruido (contexto del receptor), la adaptación consiste en proporcionar la información a través de un mecanismo visual en lugar de uno auditivo (contenido y presentación).

De manera similar a los esquemas planteados en el Capítulo 1, en la Figura 4.2 se muestra el esquema de un Sistema de Notificación consciente del contexto para ambientes críticos.

Como parte del análisis de los requerimientos identificados para este tipo de notificaciones, en la siguiente sección se muestran los resultados de una revisión de la literatura acerca de modelos que apoyan en la creación de notificaciones.

---

<sup>2</sup> Tiempo real se refiere a un comportamiento de los sistemas que cambian en función del tiempo físico [89]  
H. Kopetz, *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*: Springer, 2011.



**Figura 4.2.** Sistema de Notificación CANoE.

### 4.3 Análisis de los Requerimientos de las Notificaciones CANoE

Para la creación de notificaciones conscientes del contexto en ambientes críticos, tal como se expuso en el Capítulo 1, se requiere hacer énfasis principalmente en los siguientes aspectos: la criticidad del ambiente en donde se notifica, la criticidad de la respuesta a la notificación y la presentación de las notificaciones de manera adecuada.

Dentro de la revisión de la literatura se identificaron cuatro modelos orientados a la creación de notificaciones en diversos tipos de ambientes, en algunos casos éstos son llamados espacios de diseño o taxonomías para las notificaciones. Primeramente, se describen los modelos encontrados; posteriormente, con base en su análisis se unifican las características de dichos modelos para finalmente, generar una discusión de los requerimientos de las notificaciones en ambientes críticos versus las características unificadas de los modelos existentes.

#### 4.3.1 Modelos identificados en la literatura para el establecimiento de notificaciones

Los modelos identificados han sido clasificados con base en sus características en dos categorías. En la primera categoría se sitúan los modelos orientados a una tecnología en particular, en ella se incluyen los modelos propuestos por: (i) Kern y Schiele [9] en donde se proponen elementos de diseño enfocados al cómputo vestibular; (ii) Pousman y Stasko [7] quienes se enfocan a los sistemas de información ambientales; y (iii) Hansson et al. [10] se

enfocan en dispositivos móviles. La segunda categoría no se enfoca hacia alguna tecnología en particular; en este caso se incluye el framework establecido por McCrickard et al. [4].

Estos modelos se distinguen por el tipo de ambiente y/o el tipo de usuario de la notificación. Están orientados a ambientes de trabajo en oficina o similares, donde una notificación es generalmente considerada como una interrupción. A continuación se describen cada uno de los modelos.

**Notificaciones en el Cómputo Vestible.** Kern y Schiele [9] proponen el concepto nivel de interrupción (*interruptability*), que se refiere al costo de la interrupción generado por una notificación. Este nivel de interrupción se da en función del contexto capturado del usuario y del ambiente, al primero le denominan nivel de interrupción *personal* y al segundo nivel de interrupción *social*. El modelo que proponen se basa en estas dos dimensiones (Ver Tabla 4.1). A través de estos factores se decide si se debe notificar o no al usuario, y la modalidad de la notificación en caso de que ésta sea realizada. Para el diseño de los mecanismos de notificación, estos niveles de interrupción se transforman en la *intensidad* que tendría la notificación, tanto para el usuario como para el ambiente, y se especifica bajo los siguientes valores: no notificar, hacer conciencia u obtener su completa atención.

**Tabla 4.1.** Modelo para configurar una notificación utilizando el Cómputo Vestible (Kern y Schiele [9])

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala</b>
<i>Nivel de interrupción personal</i>	Define el grado de interrupción que tiene una notificación a nivel personal según la actividad del usuario.	Intensidad de la notificación para el usuario: i) no notificar, ii) hacer conciencia, u iii) obtener su atención.
<i>Nivel de interrupción social</i>	Define el grado de interrupción de una notificación a nivel del ambiente según la ubicación del usuario.	Intensidad de la notificación para el ambiente: i) no notificar, ii) hacer conciencia, u iii) obtener su atención.

Para notificar bajo este modelo, en [9] se proporciona un ejemplo: de acuerdo con el contexto capturado, el usuario está sentado en una sala de espera (ubicación), esperando ser llamado por la enfermera (actividad). Esta situación genera que la notificación sea enviada, con una intensidad ‘baja’ para el ambiente y una intensidad ‘alta’ para el usuario; por lo que se decide notificar a través de un despliegue montado en la cabeza (HMD) con una pista no intrusiva para el ambiente (vibración).

**Notificaciones Ambientales.** Pousman y Stasko [7] se enfocan en los sistemas de información ambientales manejando cuatro dimensiones de diseño: *capacidad de información, nivel de notificación, fidelidad de la representación y énfasis estético* (Ver Tabla 4.2). Para cada dimensión se manejan cinco valores (niveles); por ejemplo en el *nivel de notificación* el valor mínimo es ‘no notificar’ para no distraer al usuario, excepto que él inicie la interacción con el sistema para la búsqueda de la información; el siguiente nivel es el ‘cambio ciego’ en el que se pretende que el usuario de manera inconsciente perciba la información; en el tercer nivel se busca hacer consciente al usuario; un cuarto nivel busca interrumpir y el valor máximo es la ‘demanda de atención’ del usuario.

**Tabla 4.2.** Modelo para diseñar sistemas de notificación a través de Sistemas de Información Ambientales (Pousman y Stasko [7])

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala</b>
<i>Capacidad de información</i>	Representa el número de elementos de información que un sistema puede representar.	Bajo-Alto (5 niveles)
<i>Nivel de notificación</i>	Es el grado en que los sistemas de alerta son significativos para interrumpir al usuario.	i) ignorar la notificación, ii) cambio ciego, iii) hacer conciencia, iv) interrumpir, y v) demanda de atención.
<i>Fidelidad de la representación</i>	Describe los componentes de despliegue del sistema y cómo los datos son codificados.	i) simbólico (símbolos abstractos), ii) simbólico, iii) icónico (metáforas), iv) icónico, y v) idéntico.
<i>Énfasis estético</i>	Se refiere a la estética de un despliegue.	Bajo-Alto (5 niveles)

Por ser una taxonomía orientada a despliegues ambientales, el énfasis está en la representación de los elementos de la notificación, así como en la estética del despliegue. En este modelo los autores especifican que los sistemas que soportan su taxonomía buscan mostrar información importante, pero no crítica.

Para diseñar un mecanismo con base en este modelo, considere el siguiente ejemplo expuesto en [7]: se requiere que la capacidad de información a representar sea mínima, el nivel de notificación sea ‘cambio ciego’, la fidelidad de la información sea la más baja ‘simbólica’ y el énfasis estético esté en el cuarto nivel; por lo tanto, lo recomendable es diseñar un ‘despliegue estructural simbólico’, que utilice luces, agua o movimientos de objetos, que sea un dispositivo decorativo para un ambiente de casa u oficina.

**Notificaciones en el Cómputo Móvil.** En Hansson et al. [10] se crea un espacio de diseño que establece dos dimensiones para seleccionar las pistas de una notificación: *sutileza* y *notoriedad* (Ver Tabla 4.3). El término *sutileza* describe la forma en cómo una pista de la notificación se hace notar de una manera no intrusiva y gentil. El término *notoriedad* es utilizado para indicar el nivel de transparencia que tiene la pista de notificación sobre las personas que se encuentran cerca del receptor. Las pistas de un dispositivo móvil se presentan al momento de la llegada de una notificación, y este modelo considera que puedan ser auditivas o táctiles.

Los autores de este modelo, respondiendo a las escalas propuestas, consideran a las pistas táctiles como sutiles y privadas, mientras que las pistas auditivas se consideran como intrusivas y públicas. La combinación de estas dos dimensiones depende del contexto del

**Tabla 4.3.** Modelo para configurar una notificación en Cómputo Móvil (Hansson et al. [10])

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala</b>
<i>Sutileza</i>	Define el grado de sutileza de una notificación.	De sutil a intrusiva
<i>Notoriedad</i>	Define el grado de notoriedad de una notificación.	De privada a pública

usuario y de la naturaleza de la información a notificar. En [10] se ejemplifica el funcionamiento de este modelo: considere que el receptor se encuentra en un contexto social (e.g., una reunión de trabajo), pero se requiere una respuesta inmediata a la notificación, por lo tanto, el diseño de la pista de la notificación debe ser lo suficientemente sutil para evitar ser intrusivo y lo suficientemente público para que el receptor se percate de ella.

**Modelo IRC.** McCrickard et al. [4] proponen un framework para notificaciones basado en tres dimensiones: *interrupción*, *reacción* y *comprensión* (Ver Tabla 4.4). En este modelo para cada dimensión se establecen dos niveles específicos, es decir, solamente considera los parámetros el valor bajo (0) ó alto (1). Los autores afirman que los sistemas de notificación deben tener un balance entre la interrupción, reacción y comprensión de acuerdo con los objetivos de diseño.

El manejo de la escala bajo-alto (0-1) son considerados niveles para cada parámetro, para el caso de *interrupción* oscila entre esperar a un cambio de actividad por parte del usuario (baja interrupción) hasta demandar su atención (alta interrupción). Un ejemplo mencionado en [4] es el siguiente, considere que un usuario puede requerir de un sistema de notificación que incite a una reacción inmediata hacia cierta información, sin interrumpir la tarea primaria del usuario (receptor de la notificación) y sin mantener la información a través del tiempo. En este caso, el diseño para IRC es de 010 (baja interrupción-alta reacción-baja comprensión) y es

**Tabla 4.4.** Modelo IRC (McCrickard et al. [4])

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Escala</b>
<i>Interrupción</i>	Se describe como el evento que incita a la transición y reasignación del foco de atención de una tarea a la notificación.	0-1
<i>Reacción</i>	Se refiere a la respuesta rápida y exacta a los estímulos proporcionados por el sistema de notificación.	0-1
<i>Comprensión</i>	Se refiere a recordar y tener el sentido de la información en un tiempo posterior.	0-1

llamado como *Indicator*. Estas características de la notificación se pueden aplicar a un ‘sistema de navegación vehicular’, el cual indica las rutas de una ciudad requeridas por un turista (receptor de la notificación).

#### **4.3.2 Unificación de los modelos para la creación de notificaciones**

En la descripción de los cuatro modelos anteriormente expuestos se puede notar que existen similitudes entre sus dimensiones de diseño. El objetivo de este apartado es dejar a un lado la aplicación hacia alguna tecnología en particular y unificar las dimensiones de diseño de los diferentes modelos. Y de esta manera, lograr un entendimiento de los principales aspectos que algunos investigadores han propuesto en la creación de notificaciones conscientes del contexto.

En la Tabla 4.5 se muestran los resultados de la unificación de los modelos para el diseño de notificaciones.

#### **4.3.3 Discusión**

El análisis de los modelos para la creación de notificaciones, mostrado en el apartado anterior, nos permitió realizar una revisión de sus lineamientos de diseño con respecto a los requerimientos identificados para las notificaciones CANoE, descritos en la Sección 3.4. Cabe mencionar que en la aplicación de estos modelos no se han encontrado sistemas orientados a ambientes críticos tales como los ambientes dedicados al cuidado de personas.

A continuación se enlista un análisis por cada requerimiento:

- La notificación no se puede omitir (R1), el receptor debe percibirla debido a que se trata de la atención de una situación crítica (*e.g.*, situaciones de cuidado del adulto mayor).

**Tabla 4.5.** Unificación de los modelos para la creación de notificaciones

<b>Dimensión</b>	<b>Descripción</b>	<b>Similar a...</b>
<i>Nivel de atención requerido por el receptor</i>	Se refiere a la atención que requiere la notificación según el grado de urgencia del evento a notificar.	1) <i>Reacción</i> (McCrickard et al. [4]) 2) <i>Nivel de notificación</i> (Pousman & Stasko [7])
<i>Cantidad de Contexto requerido por la notificación</i>	Se refiere a la cantidad de elementos contextuales que deben ser incluidos en la notificación para su presentación y su comprensión.	1) <i>Capacidad de información</i> (Pousman & Stasko [7])
<i>Nivel de Intrusividad en el receptor</i>	Se refiere al grado de interrupción que tiene una notificación en el usuario y está en función de la atención que se desea obtener del receptor para recibir la notificación.	1) <i>Nivel de interrupción personal</i> (Kern & Schiele [9]) 2) <i>Sutileza</i> (Hansson et al. [10]) 3) <i>Interrupción</i> (McCrickard et al. [4])
<i>Nivel de Intrusividad en el ambiente</i>	Se refiere al grado de interrupción que tiene una notificación en el ambiente.	1) <i>Nivel de interrupción social</i> (Kern & Schiele[9]) 2) <i>Notoriedad</i> (Hansson et al. [10])
<i>Representación de la información</i>	Se refiere a la manera de codificar (presentar) la información contextual dentro de la notificación.	1) <i>Comprensión</i> (McCrickard et al. [4]) 2) <i>Fidelidad de la representación</i> (Pousman & Stasko [7])
<i>Nivel decorativo del mecanismo de notificación</i>	Se refiere a la estética del dispositivo de notificación.	1) <i>Énfasis estético</i> (Pousman & Stasko [7])

- Algunos modelos consideran la posibilidad de no notificar, esto con el objetivo de minimizar (e incluso eliminar) la interrupción al usuario de la notificación. Un primer caso es el modelo de Kern y Schiele [9] donde se propone una escala para la intensidad de notificación, en la cual la medida más baja es la ausencia

de notificación. Un segundo caso muy similar, es la dimensión del nivel de notificación propuesto por Pousman y Stasko [7], el cual parte de la idea de que una notificación puede ser ignorada.

- La criticidad de la notificación no puede ser nula (R2), debido a que se trata de eventos críticos (*e.g.*, un evento que involucra una vida humana).
  - La dimensión unificada “Nivel de Intrusividad en el receptor” (que incluye *Nivel de interrupción personal* [9], *sutileza* [10] e *interrupción* [4]), considera que la criticidad de la notificación pueda ser nula. Bajo el entendimiento de que en todos los ambientes existen diversos niveles o prioridades en la notificación, principalmente en ambientes de oficina, estos modelos permiten que la prioridad más baja sea una notificación que pueda permanecer en el ambiente sin ser atendida.
- La notificación debe ser percibida y comprendida por el receptor (R3), por esta razón, para la presentación de la notificación se debe considerar la disponibilidad física del receptor con base en la actividad que realiza, para recibir la información.
  - En ninguno de los modelos se establece configurar la presentación de la notificación de acuerdo a la disponibilidad del usuario en percibirla. En todos los modelos se asume que el usuario, independientemente de su actividad, físicamente está disponible para percibir la notificación por cualquier medio.
- La coordinación entre los receptores para atender una situación crítica debe ser apoyada desde el proceso de notificación (R4).
  - En ninguno de los modelos se establece algún elemento de información que apoye en la coordinación de los receptores de la notificación, debido a que consideran al receptor como una entidad individual.

Un quinto punto de discusión que no es parte de algún requerimiento, pero se considera importante su inclusión, se refiere a los *elementos propios de la tecnología* que en algunos modelos se proponen. Se han definido dimensiones que pudiesen no aplicar dependiendo del tipo de tecnología que será utilizado. Un ejemplo, son las dimensiones *fidelidad de la representación* y *énfasis estético* que están enfocadas a los sistemas de información ambientales [7] y que pueden no necesariamente tener un significado para otro tipo de tecnología (*e.g.*, dispositivos móviles).

En síntesis, considerando los requerimientos específicos para un sistema de notificación en ambientes críticos, los modelos identificados en la literatura no satisfacen completamente estos requisitos, lo cual los hace inadecuados para atenderlos. Así pues, se parte de este análisis para proponer un concepto y un modelo adecuado para la configuración de dichas notificaciones. El modelo de Kern y Schiele [9] es el más cercano en la adaptación que se busca realizar, debido a que considera el contexto del receptor para adaptar la presentación de la notificación, pero tiene la limitante de que está fuertemente enfocado a dispositivos vestibles.

#### **4.4 Resumen del Capítulo**

Las principales aportaciones de este capítulo son:

- El establecimiento del ciclo de una notificación para justificar el alcance de este trabajo.
- La propuesta del concepto *Notificaciones Conscientes del Contexto para ambientes críticos (Notificaciones CANoE)*.
- Un entendimiento con respecto al diseño de notificaciones obtenido a partir de una revisión de la literatura y un análisis, para unificar características de diseño y contrastar con los requerimientos establecidos.

El análisis de dichos modelos nos permitió percatarnos de que ninguno de los modelos existentes cubre completamente los requisitos identificados para la notificación en un ambiente crítico, por lo cual podría ser adecuado considerar la propuesta de un modelo especializado para este tipo de ambientes. En el siguiente capítulo, con base en los resultados aquí expuestos, se propone un conjunto de implicaciones de diseño para las notificaciones CANoE, lo cual nos lleva a desarrollar un modelo para la creación de dichas notificaciones.

## CAPÍTULO 5

### UN MODELO PARA LAS NOTIFICACIONES CANoE

Los requerimientos de una notificación en un ambiente crítico (mostrados en el Capítulo 3) y la revisión de modelos generales ya establecidos para la creación de notificaciones (mostrados en el Capítulo 4), nos permitieron establecer implicaciones de diseño para las notificaciones conscientes del contexto en ambientes críticos. Con base en ellas y en el concepto de *Notificación CANoE* anteriormente propuesto, se crea un modelo para el desarrollo de notificaciones denominado *Modelo para las Notificaciones conscientes del contexto en ambientes críticos (Modelo CANoE)*.

La característica principal del Modelo CANoE es que permite la creación de sistemas de notificación CANoE a través de tres principios de diseño. En este capítulo primeramente se presenta un conjunto de implicaciones de diseño para el desarrollo de las notificaciones CANoE; posteriormente, se define el Modelo CANoE y los tres principios de diseño que lo integran.

#### 5.1 Implicaciones de Diseño para las Notificaciones CANoE

Con base en los requerimientos previamente descritos (Ver Sección 3.4), se propone un conjunto de implicaciones de diseño para notificaciones conscientes del contexto en ambientes críticos (CANoE):

**II.** El sistema debe notificar al receptor en cualquier lugar en el que se encuentre, e independientemente de la actividad que se encuentre realizando. Esta implicación cubre el requerimiento R1.

**I2.** Considerar diversas fuentes de contexto para la adaptación de las notificaciones, incluyendo el receptor de la notificación, el ambiente, y el emisor de la notificación. Esta implicación cubre el requerimiento R5.

**I3.** Incluir en el contenido de la notificación los elementos contextuales suficientes para su comprensión. Esta implicación cubre parte del requerimiento R3.

**I4.** Adaptar en tiempo real la entrega y presentación de la notificación, de acuerdo al contexto del receptor y del ambiente. Esta implicación cubre los requerimientos R1 y R3.

**I5.** Personalizar el envío de las notificaciones, al incluir información que apoye en la coordinación de los receptores para la atención de las situaciones críticas notificadas. Esta implicación cubre los requerimientos R2 y R4.

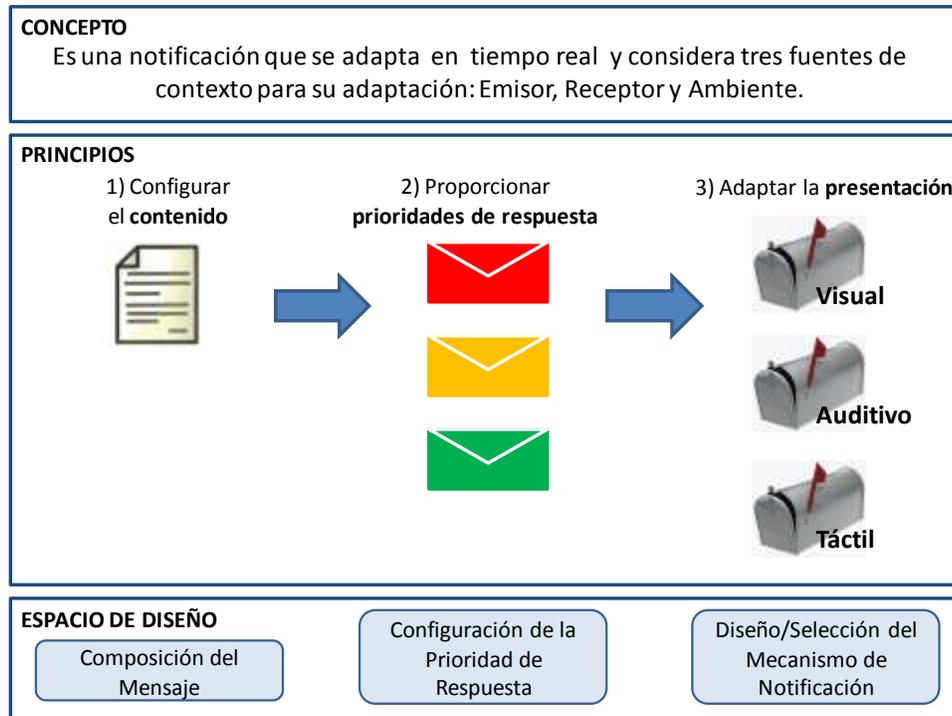
**I6.** Enviar la notificación desde la primera fase del evento a notificar. Esta implicación cubre el requerimiento R6.

## **5.2 Modelo para la Notificación CANoE**

En este apartado se describe un modelo propuesto para *Notificaciones Conscientes del Contexto en ambientes críticos (Modelo CANoE)*. Su objetivo es apoyar en la construcción de sistemas de notificación que adapten en tiempo real la notificación al receptor, con el fin de mejorar la entrega, el contenido y la presentación de la información. Dicha adaptación se ve reflejada en dos momentos dentro del desarrollo de sistemas de notificación: i) al diseñar e implementar mecanismos de notificación y ii) al crear notificaciones en tiempo real por medio de un sistema de notificación.

Con este modelo se pretende establecer una herramienta para los desarrolladores de sistemas durante la construcción de sistemas de notificación CANoE. El modelo, tal como lo indica la Figura 5.1 está compuesto por tres elementos:

1. El **concepto** de *Notificación CANoE*
2. Tres **principios de diseño** para la construcción de las notificaciones
3. Un **espacio de diseño** que incluye tres sub-modelos (uno para cada principio de diseño)



**Figura 5.1.** Modelo General para las Notificaciones CANoE.

De acuerdo a la conceptualización de una *Notificación Consciente del Contexto* (descrita en el Capítulo 1), una notificación tiene que ser adaptada en beneficio del receptor y con base en el contexto adquirido. En este sentido, el *Modelo CANoE* establece tres adaptaciones a la notificación, una por cada principio de diseño propuesto. En la Figura 5.2 se indica cómo son adaptadas las características de la notificación a través de los principios de diseño.

Específicamente la adaptación incluye:

- El **contenido** de la notificación, se enfoca en la pregunta ¿Qué notificar? y se centra en el mensaje de notificación.
- El **envío** de la notificación, se enfoca en las preguntas ¿Cuándo? y ¿A quién notificar? y se centra en las condiciones de envío de la notificación, y
- La **presentación** de la notificación, se enfoca a las preguntas ¿Cómo? y ¿Dónde notificar? y se centra en el mecanismo por el cual se realizará la notificación.

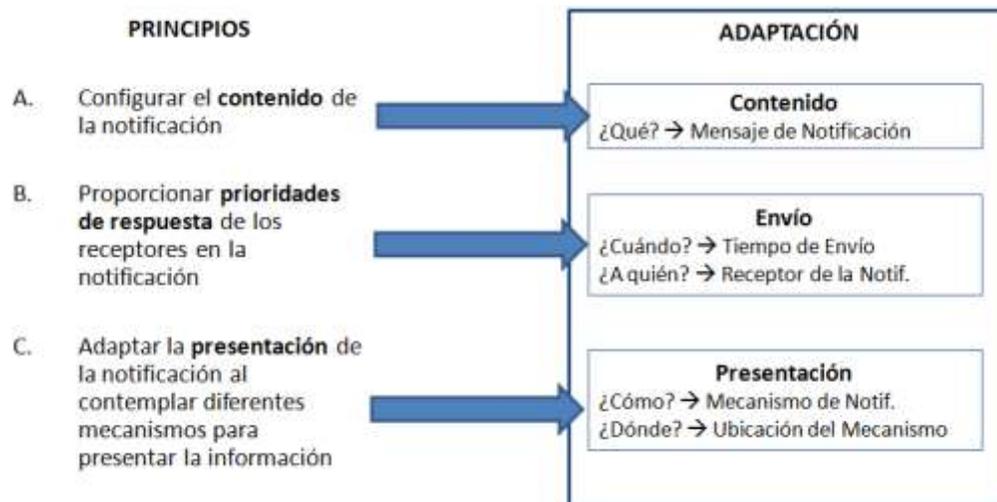


Figura 5.2. Adaptación de una Notificación CANoE.

### 5.2.1 Principios de Diseño

Antes de continuar con la definición del modelo CANoE, este apartado establece el alcance del término ‘principio de diseño’ al que se hace referencia en este trabajo.

Un principio de diseño, según la definición de Kunert [90] es una guía de diseño con alto nivel de abstracción. A pesar de su nivel de abstracción, éste puede ser aplicado a cualquier contexto de uso. Un ejemplo de ello son los principios de usabilidad de Nielsen y Molich [91].

De manera similar, Alan Dix establece en su libro [13] que un principio de diseño no ofrece guías concretas para el proceso de diseño y desarrollo de aplicaciones; éste necesita ser interpretado, refinado y extendido para un ambiente específico. Para ilustrar lo anterior, considere el siguiente ejemplo que expone el mismo autor para *Apple*: “...para pasar de principios de diseño a guías de diseño, es necesario introducir supuestos acerca de la plataforma de la computadora sobre la cual el sistema interactivo es diseñado. Tal es el caso del principio de diseño ‘interfaz de escritorio de Apple’, en donde al aplicarlo en una *Macintosh*, una de las guías de diseño a implementar es ‘consistencia’”.

En este trabajo, a partir del concepto CANoE se proponen tres principios de diseño para el desarrollo de notificaciones en ambientes críticos; aunque éstos ambientes comparten ciertas características (tal como se expuso en el Capítulo 1), no es el objetivo proponer guías de diseño con bajo nivel de abstracción para un ambiente crítico en específico. Los principios

de diseño pueden apoyar en el desarrollo de aplicaciones interactivas, así como en su evaluación [13, 92].

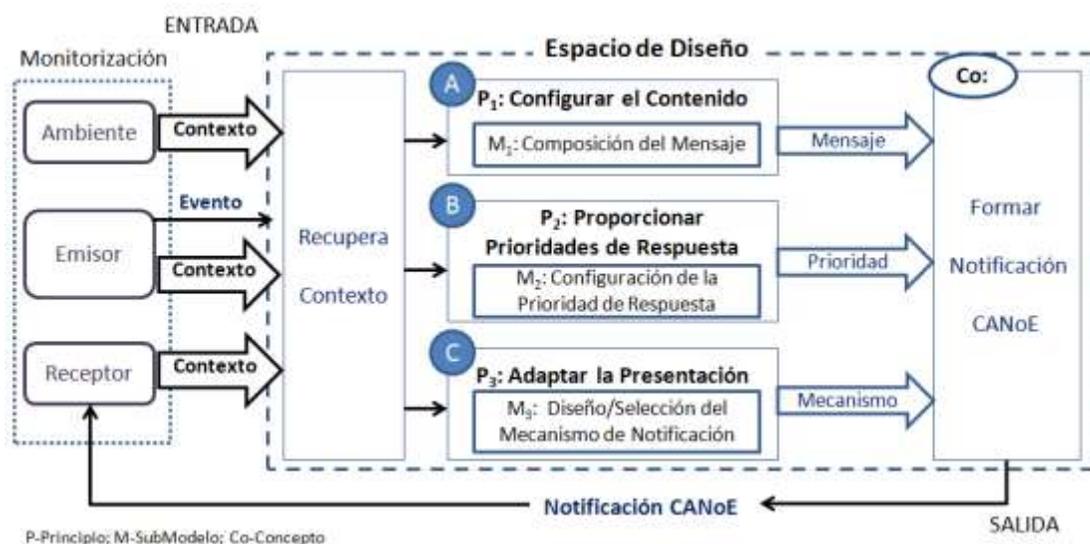
En los siguientes apartados se describe una vista gráfica y una vista conceptual del modelo CANoE; en la primera se ilustra de manera general la creación de una Notificación CANoE y, en la segunda se detalla cada uno de los principios de diseño y sus respectivos modelos.

### 5.3 Modelo para la Notificación CANoE - Vista Gráfica

Para la construcción de una Notificación CANoE, el modelo establece un procedimiento para realizar las adaptaciones de la notificación, tal como lo muestra la Figura 5.3.

Primeramente, se considera como datos de entrada el evento a notificar, así como el contexto proveniente de las 3 fuentes previamente indicadas: i) Ambiente en el que se desarrolla la notificación, ii) Emisor de la notificación y iii) Receptor(es) de la notificación. Una vez que el contexto ha sido recuperado por el sistema de notificación, éste es utilizado en cada uno de los siguientes principios de diseño para adaptar la notificación:

**P<sub>1</sub> - Configurar el contenido** de la notificación, esto se realiza a través de un sub-modelo llamado *Composición del Mensaje*.



**Figura 5.3.** Vista gráfica del Modelo para Notificaciones CANoE.

**P<sub>2</sub> - Proporcionar prioridades de respuesta** a los receptores de la notificación, esto se realiza a través de un sub-modelo llamado *Configuración de la Prioridad de Respuesta*.

**P<sub>3</sub> - Adaptar la presentación** de la notificación, esto se lleva a cabo mediante el sub-modelo llamado *Diseño/Selección del Mecanismo de Notificación* considerando diferentes mecanismos para presentar la información.

Cada uno de estos sub-modelos genera una salida, siendo estas: i) el **Mensaje** de la notificación, ii) la **Prioridad** de respuesta del receptor y iii) el **Mecanismo** por el cual notificar. Uniendo estos elementos se forma una Notificación CANoE, la cual es enviada a los receptores.

## **5.4 Modelo para la Notificación CANoE - Vista Conceptual**

La vista conceptual del modelo CANoE consiste en detallar los tres principios de diseño y su correspondiente sub-modelo. A continuación se describe cada uno de los principios de diseño.

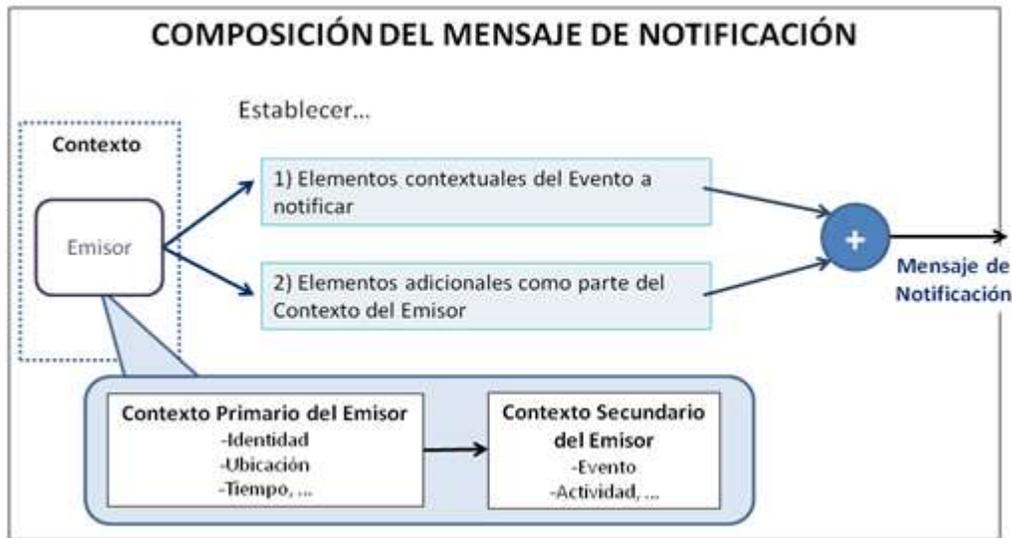
### **5.4.1 Configuración del Contenido de la Notificación**

Este principio propone la adaptación del contenido de la notificación al considerar el aspecto ¿Qué notificar? y propone el modelo de ‘Composición del mensaje de notificación’ mostrado en la Figura 5.4. El contexto utilizado es el contexto del emisor, el cual incluye el evento a notificar e información relativa a la entidad que emite la notificación.

Para configurar el contenido de la notificación se deben establecer, primeramente, los elementos contextuales que describen el evento a notificar; y en segundo término, los elementos contextuales del emisor que enriquezcan el mensaje de notificación. Lo anterior con el fin de que el receptor pueda comprender lo que está sucediendo con respecto al evento ocurrido y con base en ello tomar las decisiones pertinentes para la atención de dicho evento.

### **5.4.2 Proporcionar Prioridades de Respuesta a los Receptores de la Notificación**

Este principio propone una adaptación de las condiciones de envío de la notificación, con base en el contexto del emisor, de los receptores y del ambiente; y atiende los aspectos de ¿Cuándo notificar? y ¿A quién notificar?. Para ello, parte del supuesto de que la notificación i) se debe enviar en el momento en que se detecta un evento crítico o en un estado previo a éste,



**Figura 5.4.** Modelo de Composición del Mensaje de Notificación.

y ii) está dirigida a todas aquellas personas presentes en el ambiente y que estén involucradas en la atención de los eventos a notificar.

La adaptación de las características de envío de la notificación se da en función de apoyar la coordinación entre los receptores de la notificación al proporcionarles una prioridad de respuesta individual. La *prioridad de respuesta* le indica a cada receptor el estado en el que se encuentra con respecto a los demás receptores para atender el evento notificado. Aquel que reciba una prioridad de respuesta alta, es el receptor cuyo estado muestra la mayor disposición, en términos de su actividad y ubicación para atender oportunamente el evento notificado.

Para establecer la prioridad de respuesta, ya sea Alta, Mediana o Baja, se propone el modelo de ‘Configuración de la prioridad de respuesta del receptor’, el cual se muestra en la Figura 5.5. El contexto utilizado en este modelo incluye el contexto del ambiente, del emisor y del receptor.

El modelo está compuesto por tres dimensiones:

- i. *Nivel de atención requerido del evento a notificar*, se refiere al nivel de urgencia de atención que tiene el evento que se está presentando. Este nivel de urgencia se obtiene a partir del contexto del emisor y su ambiente. Los valores pueden ser: *No inmediato* o *Inmediato*.



**Figura 5.5.** Modelo de Configuración de la Prioridad de Respuesta del Receptor.

- ii. *Proximidad del receptor a la ubicación del evento*, se refiere a la distancia que existe entre el receptor y el lugar donde se presenta el evento. Esta distancia se mide por espacio/habitación y, se obtiene a partir de la diferencia entre la ubicación del receptor y la ubicación del emisor. Los valores pueden ser: *En el lugar* (misma habitación), *Cerca* (habitación contigua) o *No cerca* (habitación no contigua).
- iii. *Disponibilidad de atención del receptor*, se refiere a la disponibilidad del receptor para atender el evento notificado en función del nivel de criticidad de la actividad que se encuentra realizando. A su vez, el nivel de criticidad de la actividad está en función del grado de interrupción que tiene la actividad por sus características. La disponibilidad del receptor se obtiene a partir del contexto del receptor; a mayor criticidad de la actividad que realiza, menor disponibilidad tiene el receptor. Los valores pueden ser: *Disponible*, *Ocupado*, *Muy ocupado*.

### 5.4.3 Adaptación de la Presentación de la Notificación

Este principio propone una adaptación en la forma en la que se presenta la notificación con base en la disponibilidad física del receptor. El contexto utilizado es el contexto del emisor, del receptor y de su ambiente. Atiende los aspectos del ¿Cómo? y ¿Dónde notificar?. Para ello se considera la creación de diferentes mecanismos de notificación con el objetivo de

ser utilizados según las condiciones del receptor y del ambiente que se presenten al momento de la notificación.

El modelo que atiende este principio tiene dos propósitos principales: i) apoyar en el diseño de mecanismos de notificación y ii) apoyar en la decisión de seleccionar en tiempo real el mecanismo por el cual notificar. En la Figura 5.6 se muestra el modelo de ‘Diseño y Selección del mecanismo de notificación’.

El modelo está compuesto por cuatro dimensiones:

- i. *Nivel de atención requerido del evento a notificar*, se refiere al nivel de urgencia de atención que tiene el evento que se está presentando. Este nivel de urgencia se obtiene a partir del contexto del emisor y su ambiente. Los valores pueden ser: *No inmediato* o *Inmediato*.
- ii. *Cantidad de contexto requerido del evento a notificar*, se refiere a la cantidad de elementos contextuales que el mecanismo de notificación podrá representar. Esta dimensión está en función del contexto del evento y del emisor, de manera que bajo la forma de notificación seleccionada, la cantidad de elementos contextuales permita una comprensión de la notificación. Los valores pueden ser: *Simple* (para un elemento contextual) y *Compuesto* (para dos o más elementos).



**Figura 5.6.** Modelo de Diseño/Selección del Mecanismo de Notificación.

- iii. *Canales de percepción disponibles del receptor*, se refiere a los sentidos que el receptor tiene disponibles para percibir la notificación. Esto se obtiene a partir de la actividad que realiza y las características del ambiente según su ubicación. Los valores pueden ser: *Visual, Auditivo, Táctil y Olfativo* (este último unificado con el sentido del gusto).
- iv. *Nivel de Intrusividad requerido por el evento a notificar*, se refiere al nivel de atención que se desea obtener de parte del receptor para percibir la notificación. Este nivel se obtiene a partir del contexto del emisor y del contexto del receptor. Los valores pueden ser: *Hacer conciencia o Interrumpir*.

Como se mostró anteriormente, una notificación CANoE se forma y se adapta al contexto, con base en el resultado de cada sub-modelo (Mensaje/Prioridad/Mecanismo).

## **5.5 Resumen del Capítulo**

En este capítulo se han planteado las implicaciones de diseño para la construcción de Notificaciones CANoE y con base en ellas se ha propuesto un Modelo CANoE, el cual tiene las siguientes cualidades:

- Adapta la creación, el envío y la presentación de la notificación, de acuerdo al contexto adquirido.
- Considera tres fuentes de contexto para la adaptación: el emisor de la notificación, el receptor de la notificación y el ambiente.
- Apoya el proceso de coordinación de los receptores durante la atención de las situaciones críticas notificadas.
- Considera notificar en las fases iniciales identificables de una situación crítica, para prevenir un riesgo mayor.

Para demostrar la aplicabilidad del Modelo CANoE, en el siguiente capítulo, como un caso de estudio, se presenta la implementación de un sistema de notificación CANoE para un ambiente crítico real.

## **CAPÍTULO 6**

### **NOTIFICACIONES CANoE PARA APOYAR EL PROCESO DE CUIDADO DEL ADULTO MAYOR CON DETERIORO COGNITIVO**

Basándonos en el modelo general para la construcción de Notificaciones CANoE presentado en el capítulo anterior, se creó una instancia con el objetivo de validarlo al atender un área de oportunidad real: notificar a los cuidadores en residencias geriátricas para apoyar el proceso de cuidado del adulto mayor con deterioro cognitivo. La notificación busca incrementar la conciencia de los cuidadores sobre las Situaciones de Cuidado (SC) que se presentan en la residencia (Ver Sección 3.3). Y de esta manera, ayudar a que los cuidadores puedan actuar en consecuencia para atender oportunamente al adulto mayor.

Este capítulo muestra una descripción del modelo instanciado, posteriormente con base en dicha instancia presenta el desarrollo de un sistema de notificación titulado *Sistema de Notificación CANoE-Aw (CANoE-Awareness)*, el cual está diseñado para informar a los cuidadores de la residencia geriátrica sobre la ocurrencia de SC's. Finalmente, como parte de este desarrollo se describe una arquitectura de notificación CANoE-Aw, la implementación de un servidor de notificaciones CANoE-Aw y la implementación de cuatro mecanismos de notificación CANoE-Aw.

#### **6.1 Modelo para Notificaciones CANoE instanciado para el Proceso de Cuidado del Adulto Mayor con Deterioro Cognitivo**

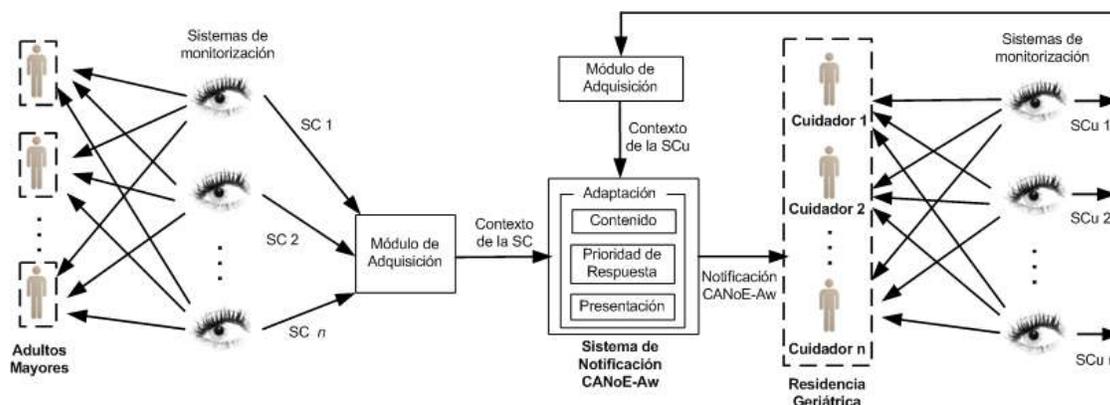
El objetivo de realizar esta instancia es llevar a la práctica las notificaciones CANoE en un ambiente crítico, como lo es el cuidado de adultos mayores en residencias geriátricas.

Partiendo del concepto y del esquema de la Notificación CANoE descrito en la Sección 4.2, la Figura 6.1 muestra la forma en la que la notificación es adaptada con base en el contexto del proceso de cuidado del adulto mayor. En esta figura se puede observar que el emisor de la notificación es uno (o varios) de los adultos mayores que son cuidados en la residencia, y el receptor es el conjunto de cuidadores que se encargan de atender a los adultos mayores.

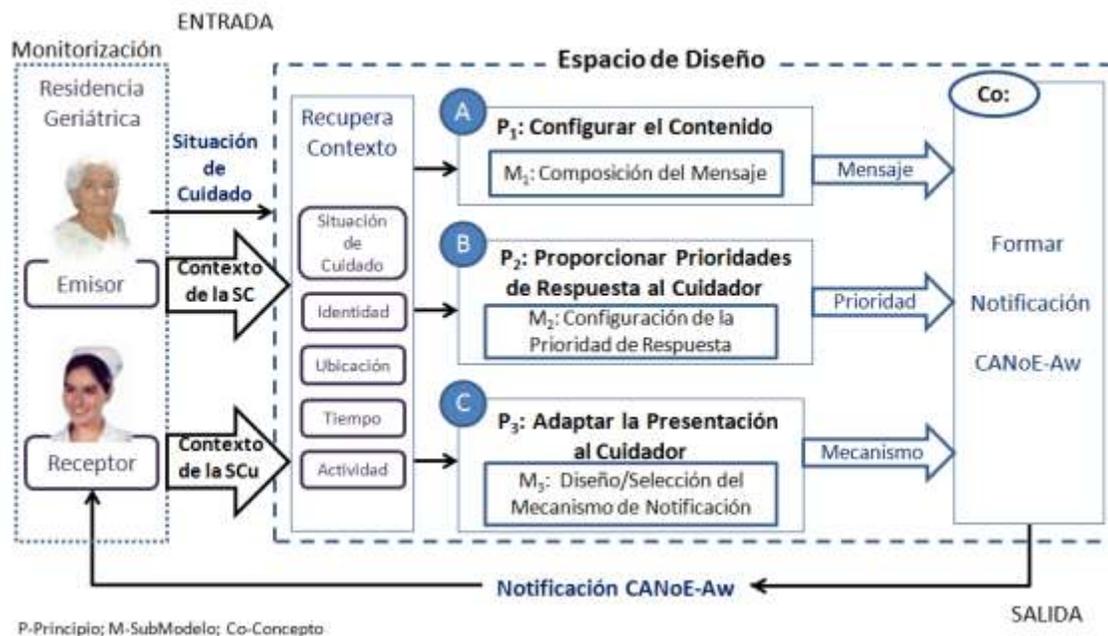
En el siguiente apartado se muestra la vista gráfica del modelo instanciado y posteriormente se describe la vista conceptual, mostrando a detalle la implementación de cada uno de los principios de diseño. La creación de esta instancia fue apoyada con el entendimiento obtenido sobre el proceso de cuidado del adulto mayor (mostrado en el Capítulo 3).

### 6.1.1 Modelo CANoE instanciado - Vista Gráfica

El modelo instanciado (Ver Figura 6.2) considera las tres fuentes de contexto, indicadas en el modelo de notificación CANoE, a través de dos entidades: i) el adulto mayor con deterioro cognitivo, como la persona que recibe el cuidado y sobre quien se generan las situaciones críticas; y ii) el cuidador y su ambiente, como la persona que proporciona el cuidado y quien recibe la notificación.



**Figura 6.1.** Sistema de Notificación CANoE-Aw para el Cuidado del Adulto Mayor en Residencia Geriátrica.



**Figura 6.2.** Vista gráfica del Modelo para las Notificaciones CANoE-Aw.

El contexto recibido por el espacio de diseño de una Notificación CANoE-Aw, incluye: la Situación de Cuidado del adulto mayor (evento a notificar), el contexto de la Situación de Cuidado (Identidad, Ubicación, Actividad y Tiempo) y el contexto de la Situación del Cuidador (Identidad, Ubicación, Actividad y Tiempo). Este contexto es utilizado por cada uno de los principios de diseño para realizar la adaptación de la notificación (tal como se indicó en el modelo general en la Sección 5.2). Las características de la notificación que se adaptan dependen del contenido (A), el envío (B) y la presentación de la notificación (C). Al aplicar cada uno de los principios de diseño a la notificación (P1, P2 y P3) se forma una notificación CANoE-Aw. En el siguiente apartado se describe cada uno de los principios de diseño instanciados.

### 6.1.2 Modelo CANoE instanciado - Vista Conceptual

Los tres principios de diseño del modelo instanciado son:

**P<sub>1</sub>: Configurar el contenido** de la notificación, de acuerdo al contexto de la Situación de Cuidado (SC), al perfil del adulto mayor y su comportamiento.

**P<sub>2</sub>: Proporcionar prioridades de respuesta al cuidador** de la notificación, de acuerdo al nivel de urgencia de atención de la SC y del contexto de la situación del cuidador.

P<sub>3</sub>: **Adaptar la presentación de la notificación al cuidador**, al considerar diferentes dispositivos para desplegar la notificación, de acuerdo al contexto de la situación del cuidador y al contexto de la SC.

En los siguientes apartados, de manera similar al Capítulo 5, se desarrolla cada uno de estos principios, en este caso instanciados al proceso de cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas. La instancia continúa con un grado de abstracción alto, su aplicación a detalle se describe en el apartado de la implementación (Sección 6.3.2).

### 6.1.2.1 Configuración del Contenido de la Notificación

Para esta configuración se incluyen todos los elementos necesarios del contexto de la SC del adulto mayor: i) *identidad*, el o los adultos mayores que se ven involucrados en la SC; ii) *ubicación*, el lugar donde se presenta la SC; iii) *actividad*, la actividad actual del(los) adulto(s) mayor(es); iv) *tiempo*, el momento en el que ocurre la SC; y v) *situación de cuidado*, el evento que se presenta, en el cual se puede ver afectado el estado de salud o seguridad del adulto mayor. De esta manera, el cuidador tendrá toda la información requerida (e.g., ¿quién?, ¿dónde?, ¿qué está haciendo?, ¿en qué momento? y ¿qué está sucediendo?) para tomar una decisión informada y oportuna acerca de cómo atender la SC de la manera más adecuada. La



**Figura 6.3.** Modelo Composición del Mensaje de Notificación instanciado.

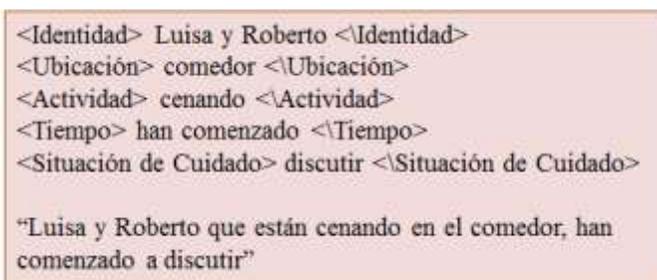
Figura 6.3 muestra el modelo instanciado de la “Composición del Mensaje de Notificación” y la Figura 6.4 muestra un ejemplo del mensaje de notificación creado a partir del contexto de la SC.

### 6.1.2.2 Asignación de la Prioridad de Respuesta a los Cuidadores

En este apartado, de acuerdo con lo establecido en la Sección 5.4.2, se muestra el modelo de “Configuración de la prioridad de respuesta del receptor” instanciado. La Figura 6.5 muestra que el contexto que utiliza este modelo está formado por elementos de la situación de cuidado (Situación de Cuidado, Identidad, Ubicación) y por elementos de la situación del cuidador (Ubicación y Actividad). La prioridad le indica al cuidador el estado en el que se encuentra con respecto a los demás cuidadores para atender la SC notificada. El cuidador que recibe la prioridad de respuesta más alta, es la persona cuyo estado muestra la mayor disposición, en términos de su actividad y ubicación, para atender la SC. Para ello se proponen tres niveles de prioridad: Alta, Mediana y Baja.

De acuerdo al modelo de la Figura 6.5, la prioridad de respuesta se establece con base en: i) el nivel de atención requerido de la SC, el cual se obtiene a partir de la SC que se presenta, el comportamiento y la ubicación del adulto mayor; ii) la proximidad del cuidador a la ubicación de la SC; y iii) la disponibilidad de atención del cuidador; la cual se obtiene con base en la criticidad de la actividad que el cuidador realiza al momento de la notificación (Ver Tabla 3.2).

Como ejemplo, considere que se presenta una situación de cuidado que tiene un nivel de atención ‘Inmediato’ y en el ambiente se encuentran dos cuidadores con sus respectivos



```
<Identidad> Luisa y Roberto <Identidad>  
<Ubicación> comedor <Ubicación>  
<Actividad> cenando <Actividad>  
<Tiempo> han comenzado <Tiempo>  
<Situación de Cuidado> discutir <Situación de Cuidado>  
  
"Luisa y Roberto que están cenando en el comedor, han comenzado a discutir"
```

**Figura 6.4.** Mensaje de Notificación creado.



**Figura 6.5.** Modelo para configurar la prioridad de respuesta del cuidador.

estados: C1(‘Cerca’, ‘Disponible’) y C2(‘Cerca’, ‘Muy Ocupado’). En este caso, el modelo de configuración asigna al cuidador C1 una prioridad de respuesta ‘Alta’ y a C2 una prioridad de respuesta ‘Mediana’.

La motivación principal de este principio es apoyar en la coordinación para atender la situación de cuidado notificada; se asume que si el cuidador conoce su prioridad de respuesta podrá tomar decisiones sobre: i) atender la situación de cuidado notificada o ii) continuar con la actividad que se encontraba realizando al momento de la notificación.

### **6.1.2.3 Adaptación de la Presentación de la Notificación**

De acuerdo con las condiciones de configuración mostradas en la Sección 5.4.3, se describe el modelo de “Diseño y selección del mecanismo de notificación” instanciado. En este principio se considera la creación de diferentes mecanismos de notificación con el objetivo de ser utilizados según las condiciones que se presenten al momento de la notificación. La Figura 6.6 muestra que el contexto que utiliza este modelo está formado por elementos de la situación de cuidado (Situación de Cuidado, Identidad, Ubicación) y por elementos de la situación del cuidador (Ubicación y Actividad).



**Figura 6.6.** Modelo para diseñar y seleccionar el mecanismo por el cual notificar.

Con base en dicho contexto se obtienen cuatro valores para seleccionar el mecanismo de notificación: i) el nivel de atención requerido de la SC; ii) la cantidad de contexto requerido de la SC, la cual se define a partir de la SC que se presenta; iii) los canales de percepción disponibles del cuidador; y iv) el nivel de intrusividad requerido por la SC.

Como ejemplo, considere que se presenta una situación de cuidado que tiene un nivel de atención 'Inmediato', la cantidad de contexto requerido es 'Simple' y el nivel de intrusividad es 'Interrumpir'. En el ambiente se encuentran dos cuidadores (C1 y C2), los cuales de acuerdo con sus actividades y ubicaciones presentan los siguientes canales disponibles: C1 ('Auditivo', 'Táctil') y C2 ('Visual', 'Táctil', 'Olfativo'). En este caso, el modelo elige notificar a C1 con un mecanismo auditivo y a C2 con un mecanismo visual. En la Sección 6.3.3 se describen los mecanismos de notificación diseñados a partir de este modelo.

## 6.2 Diseño de un Sistema de Notificación CANoE-Aw

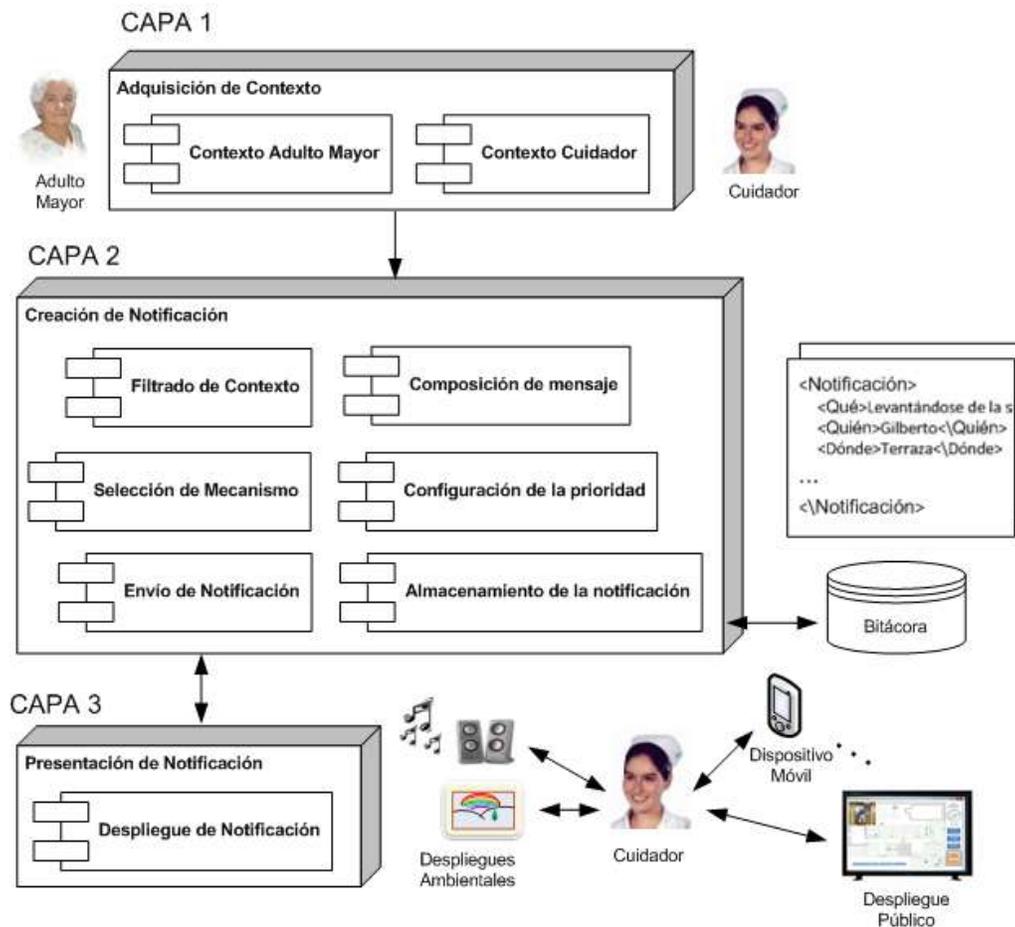
En esta sección, como parte del diseño del sistema de notificación CANoE-Aw se define su arquitectura de notificación, así como las implicaciones de diseño para sus mecanismos de notificación.

### 6.2.1 Diseño de la Arquitectura de Notificación CANoE-Aw

Con base en los principios de diseño establecidas en el modelo CANoE, se creó una arquitectura de notificación del sistema CANoE-Aw para apoyar el proceso de cuidado del adulto mayor (Ver Figura 6.7). La arquitectura consiste de tres capas: 1) Adquisición de Contexto, 2) Creación de Notificación y 3) Presentación de Notificación.

La funcionalidad de cada capa es la siguiente:

- **Capa 1 - Adquisición de Contexto.** Es la encargada de comunicarse con los sistemas de monitorización para la adquisición del contexto de la Situación del Cuidador (Cuidador + Ambiente) y de la Situación de Cuidado (Adulto Mayor). En el Apéndice B se define una infraestructura básica para la captura de contexto, donde los datos



**Figura 6.7.** Arquitectura de Notificación CANoE-Aw.

pueden ser capturados a través de sistemas de RFID [42], sistemas de visión [59, 85], y otros tipos de sensores [58, 87].

- **Capa 2 - Creación de Notificación.** En esta capa como su nombre lo dice, es la encargada de crear una notificación CANoE-Aw. La creación la realiza un servidor de notificaciones al pasar por los siguientes componentes (módulos): i) *Filtrado de contexto*, este componente prepara el contexto a utilizar en cada una de las adaptaciones (principios de diseño); ii) *Composición del mensaje*, se encarga de configurar el contenido de la notificación ( $P_1$ ); iii) *Configuración de la prioridad*, se encarga de asignar la prioridad de respuesta a cada cuidador ( $P_2$ ); iv) *Selección del mecanismo*, en este componente se adapta la presentación de la notificación ( $P_3$ ) al seleccionar el mecanismo de notificación adecuado para cada cuidador; v) *Almacenamiento de la notificación*, se almacenan las características de las notificaciones a enviar para crear una bitácora; y vi) *Envío de la notificación*, este componente se encarga de enviar las notificaciones a la capa 3 para su despliegue.
- **Capa 3 - Presentación de Notificación.** Esta capa es la encargada de mostrar la notificación a los cuidadores a través de diversos mecanismos de notificación, los cuales fueron seleccionados en la capa anterior.

Esta arquitectura permite crear un sistema de notificación CANoE-Aw, el desarrollo de los componentes de la capa 2 es con base en los principios de diseño del modelo CANoE-Aw; y el desarrollo de los mecanismos de notificación de la capa 3 es con base en las siguientes implicaciones de diseño.

### 6.2.2 Implicaciones de Diseño para los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw

Un mecanismo de notificación CANoE-Aw es aquel dispositivo que es elegido en tiempo real por el sistema de notificación para la presentación de la información (mensaje + prioridad de respuesta) al cuidador. Tal como se mencionó en el apartado anterior, el servidor de notificaciones (Capa 2) es el encargado de decidir a través de cuál mecanismo será enviada la notificación a cada cuidador, según el contexto del cuidador y del ambiente.

Un sistema de notificación CANoE debe tener un conjunto de mecanismos de notificación, para cubrir los diferentes estados de los receptores, en este caso de los

cuidadores. Por tal razón, en este trabajo se propusieron las siguientes implicaciones de diseño con base en el entendimiento del proceso de cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas (mostrado en el Capítulo 3):

1. *Considerar mecanismos que no requieran interacción explícita por parte del cuidador.* Durante la observación a los cuidadores en sus prácticas diarias del proceso de cuidado, se percibió que el cuidador mantiene ocupadas sus manos en la mayoría de las actividades que realiza. Por consiguiente, se deben de crear mecanismos que muestren la información a los cuidadores sin que ellos interactúen explícitamente con el dispositivo.
2. *Considerar mecanismos que llamen la atención del cuidador, debido a que el tipo de notificación a proporcionar es considerada como una “alarma”.* El objetivo de la notificación es informar al cuidador sobre la SC independientemente de la actividad que se encuentre realizando. Por consiguiente, el mecanismo de notificación a implementar debe asegurarse de que el cuidador perciba la notificación.
3. *Variar la característica de portabilidad de los mecanismos, es decir, considerar mecanismos portables y mecanismos ambientales.* De acuerdo con la diversidad de las actividades que los cuidadores realizan, en ocasiones les es posible portar dispositivos sin ningún riesgo (*e.g.*, en la actividad de ‘suministro de alimentos’), pero en otras ocasiones por seguridad prefieren no portar algún dispositivo (*e.g.*, en la actividad de ‘bañar al adulto mayor’).
4. *Considerar mecanismos con al menos dos canales de percepción (visual y auditivo).* Al observar las diversas actividades que realizan los cuidadores, se percibió que la disponibilidad de sus sentidos puede variar, y con ello la capacidad para percibir las notificaciones. Por consiguiente, se debe considerar transmitir la notificación al cuidador a través de sus sentidos.
5. *Aumentar la capacidad de los dispositivos existentes en el ambiente, para que a través de ellos se proporcione la notificación.* Dentro de la aceptación de la tecnología por parte de los cuidadores, se considera la ubicuidad de los mecanismos de notificación; es decir, el cuidador reconoce el dispositivo existente

en el ambiente y lo único nuevo para él es captar la información de las notificaciones.

6. *Considerar mecanismos con diferentes capacidades para representar información.* De acuerdo con las situaciones de cuidado que se pueden presentar en la residencia, la información de contexto varía y por lo tanto, su presentación debe adaptarse a ésta.
7. *Ocultar elementos contextuales de la notificación a personas que no son receptores de la misma.* La notificación está dirigida a los cuidadores, y se debe buscar que ésta sea percibida o al menos no comprendida por el resto de las personas que habitan la residencia geriátrica (e.g., adultos mayores).

En la siguiente sección se muestra la implementación del sistema de notificación CANoE-Aw para una residencia geriátrica, para la cual se describe la implementación del servidor de notificaciones y de los cuatro mecanismos de notificación.

### 6.3 Implementación de un Sistema de Notificación CANoE-Aw

En esta sección primeramente, se muestra un escenario del funcionamiento del sistema CANoE-Aw, el cual busca alertar a los cuidadores sobre la ocurrencia de Situaciones de Cuidado en una residencia geriátrica. Posteriormente, se describe la implementación del sistema de notificación CANoE-Aw, considerando el alcance establecido en la Sección 4.1.1 y siguiendo la arquitectura de notificación CANoE-Aw propuesta en la Sección 6.2.1.

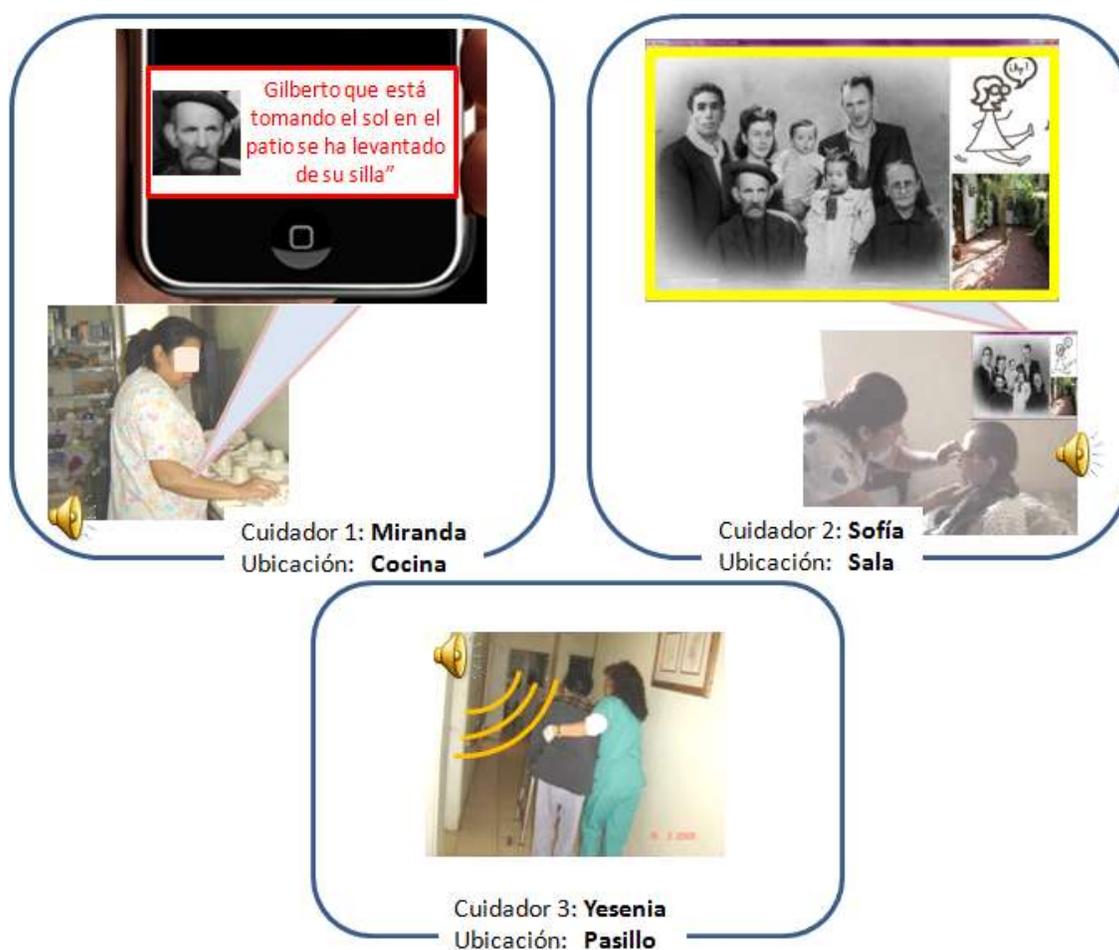


**Figura 6.8.** Escenario de dos Situaciones de Cuidado.

Ante un escenario de una Situación de Cuidado, como las descritas en el Capítulo 3, el sistema de notificación CANoE-Aw crea y envía una notificación a cada uno de los cuidadores en turno. En la Figura 6.8 se muestra una secuencia de imágenes que representa dos Situaciones de Cuidado en un adulto mayor, en este caso una ‘caída al levantarse’ a consecuencia de ‘levantarse sin asistencia’. De acuerdo al contexto de la Situación del Cuidador para cada uno de los cuidadores, la Figura 6.9 ilustra la manera en la que son notificados los cuidadores ante la identificación de la primera Situación de Cuidado.

El escenario de Notificación CANoE-Aw es el siguiente:

*A las 9am. Gilberto, un adulto mayor que posee dificultad para caminar se encontraba sentado en el patio y dentro de la residencia se encontraban las tres cuidadoras del turno*



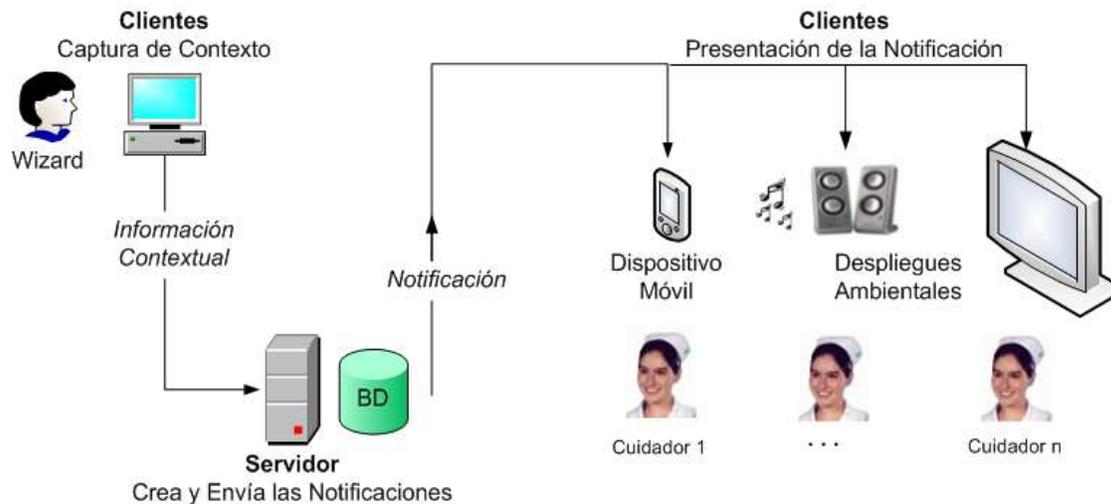
**Figura 6.9.** Escenario de Notificaciones CANoE-Aw presentadas a los cuidadores.

*matutino, Miranda estaba en la cocina preparando el desayuno, Sofía estaba realizando actividad de aseo personal a un adulto mayor en la sala, y Yesenia auxiliaba a otro adulto mayor en su caminar por el pasillo. El sistema de Notificación CANoE-Aw recibió la información de un sistema de monitorización instalado en la residencia sobre la identificación de una Situación de Cuidado. De acuerdo al contexto adquirido de las cuidadoras en turno, el sistema adaptó en tiempo real cada una de las notificaciones y se enviaron a diferentes mecanismos de presentación de notificación. A la cuidadora Miranda le llegó la notificación a través del Dispositivo Móvil que portaba, en donde el mensaje de notificación aparecía textualmente en la pantalla. A la cuidadora Sofía le llegó la notificación a través del Portarretratos Digital instalado en la sala, en donde al observar las imágenes la cuidadora interpretó “Gilberto que está en el patio se ha levantado de su silla”. Y a la cuidadora Yesenia le llegó la notificación a través del Audio Ambiental y al escuchar los sonidos ella interpretó “alguien se ha levantado de su silla en el patio”. A través de la notificación presentada las cuidadoras identificaron su prioridad de respuesta, lo que les permitió conocer su estado con respecto a las demás. La cuidadora Miranda fue la más disponible para atender al adulto mayor en riesgo.*

El esquema global del sistema de notificación CANoE-Aw se muestra en la Figura 6.10 e incluye: los módulos de adquisición de contexto (CAPA 1 de la arquitectura), el servidor de notificaciones CANoE-Aw (CAPA 2) y los mecanismos de presentación de notificación CANoE-Aw (CAPA 3). Esta arquitectura permite que un sistema pueda ser expandible al integrarse más mecanismos de presentación de notificación.

### **6.3.1 Módulos de Adquisición del Contexto**

El sistema de notificación CANoE-Aw, como se mencionó anteriormente, requiere de la existencia de sistemas de monitorización para la captura del contexto de los adultos mayores, de los cuidadores y de su ambiente. Sin embargo, para llevar a cabo esta implementación no se pudo instrumentar el sistema de monitorización en la residencia. Esto se debió a que no fue posible instrumentar todos los espacios ni a todos los adultos, porque no se contó con la cantidad suficiente de sensores. Por esta razón se utilizó la técnica del Mago de Oz [93] para realizar la monitorización. Así, se desarrollaron un par de interfaces (aplicaciones cliente) para apoyar al Mago de Oz en la captura del contexto. A través del video proveniente



**Figura 6.10.** Esquema Cliente-Servidor del Sistema de Notificación CANoE-Aw.

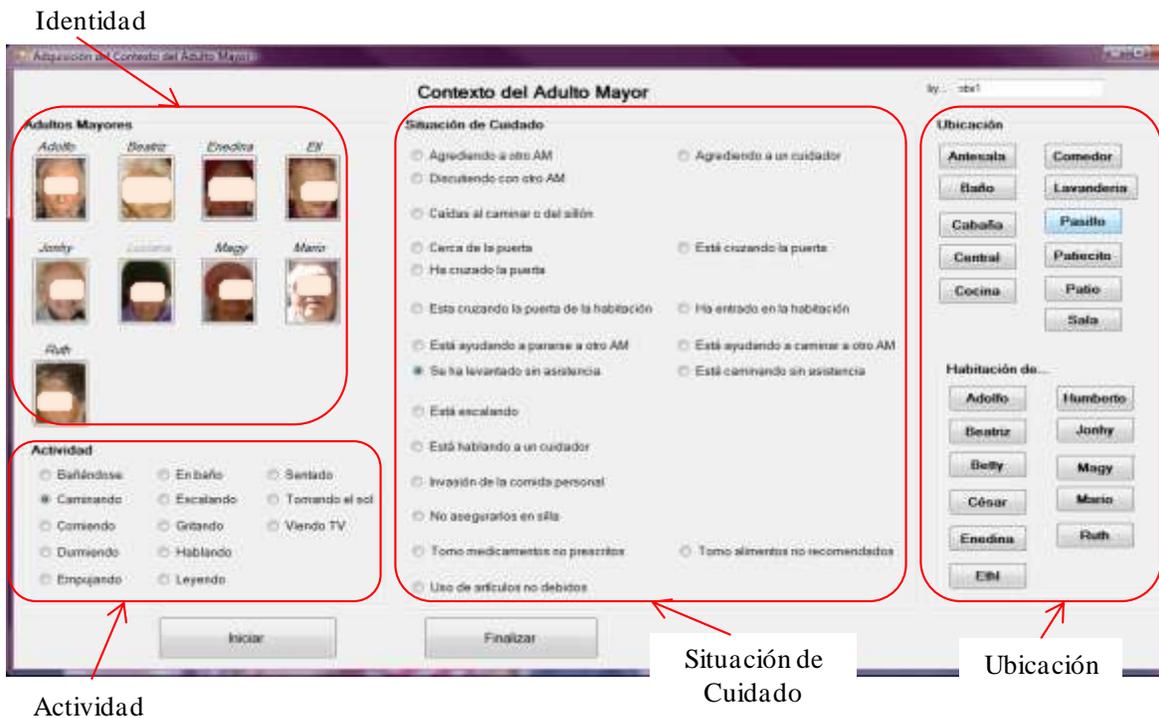
de cámaras instaladas en áreas públicas de la residencia, se capturaba el contexto, y se enviaba al servidor de notificaciones mediante el protocolo de mensajería instantánea (xmpp) a través del software Openfire [94].

En la Figura 6.11 se muestra la interfaz de captura del contexto de una situación de cuidado del adulto mayor, el cual incluye: identidad, actividad, ubicación y la situación de cuidado que se está presentado.

La interfaz está diseñada para capturar y enviar el contexto con al menos cuatro ‘clicks’, primeramente se selecciona el(los) adulto(s) mayor(es) que intervienen en la SC; posteriormente, la actividad que se encuentra(n) haciendo, la situación de cuidado que se presenta (incluyendo la fase: antes/durante/después); y finalmente la ubicación del(los) adulto(s) mayor(es), si ésta(n) es una habitación se indica de quién es la habitación.

En la Figura 6.12 se muestra la interfaz de captura del contexto del cuidador, el cual incluye: identidad, actividad y ubicación.

En este caso, por cada cuidador en turno se debe tener en ejecución una aplicación cliente. Esta decisión de diseño fue tomada para evitar capturar la identidad del cuidador cada vez que se enviaba el contexto; al ejecutar la aplicación cliente se selecciona la identidad del cuidador. Por lo tanto, El contexto se captura con dos ‘clicks’, primeramente se selecciona la actividad del cuidador y finalmente su ubicación.



**Figura 6.11.** Interfaz de captura del contexto de una situación de cuidado del adulto mayor.

Estos diseños permiten una captura rápida del contexto, particularmente en el caso del cuidador cuyo estado (actividad y ubicación) cambian en un lapso corto.



**Figura 6.12.** Interfaz de captura del contexto del cuidador.

### 6.3.2 Implementación del Servidor de Notificaciones CANoE-Aw

El servidor consiste en una aplicación residente en memoria, la cual de acuerdo con la arquitectura propuesta tiene dos funcionalidades principales:

i) *Recibir el contexto del cuidador y almacenarlo en la base de datos.* El objetivo de esto es mantener el contexto de los cuidadores en tiempo real en el servidor, de manera que al presentarse una SC ya no se invierta tiempo en recuperar dicho contexto, sino que el servidor se enfoque en crear y enviar la notificación; y

ii) *Recibir el contexto de una SC del adulto mayor, crear la notificación CANoE-Aw, almacenarla y enviarla a los mecanismos de notificación correspondientes.* La creación de una notificación la realiza el servidor con base en los 3 principios de diseño del modelo CANoE-Aw.

Los contextos capturados en los incisos anteriores se almacenan en una base de datos relacional desarrollada en SQLServer.

Para la creación de una notificación se tienen que seguir los siguientes pasos:

***Paso 1. Configurar el contenido de la notificación.*** Esta configuración se basa en el modelo de ‘Composición del mensaje de notificación’ descrito en la Sección 6.1.2.1. De acuerdo a las diferentes Situaciones de Cuidado que se presentan en la residencia, se definieron dos tipos de mensajes:

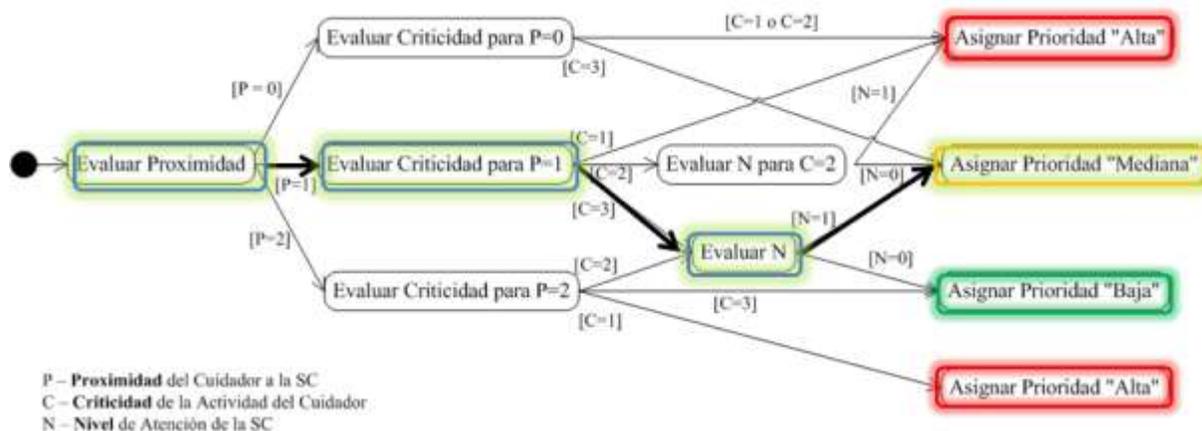
- 1) Mensaje corto, utilizado para SC’s en las que por su ubicación en la residencia el adulto mayor puede estar en riesgo, es decir, situaciones de ‘Escaparse de la casa’ (*e.g.*, puerta principal y puerta del patio) y ‘Entrar en áreas delicadas’ (*e.g.*, baño y cocina). Una de las características de estas SC’s es que el adulto mayor generalmente se encuentra en su actividad de caminar y como es posible detectar la primera fase de la SC (*e.g.*, ‘Cerca de la puerta del baño’) se notifica desde ese momento. Por lo tanto, el mensaje puede incluir dos elementos contextuales: Ubicación e Identidad del adulto mayor.
- 2) Mensaje largo, utilizado para el resto de las SC’s (*e.g.*, ‘Discusiones entre los adultos mayores’, ‘Levantarse y caminar sin asistencia’, etc.); se considera incluir de 3 a 5

elementos contextuales, en el siguiente orden: Situación de Cuidado, Identidad, Ubicación, Actividad y Tiempo.

**Paso 2. Asignar prioridad de respuesta al cuidador.** Para cada cuidador en turno, el sistema asigna una prioridad de respuesta con base en su contexto y el de sus compañeros. Este proceso se basa en el modelo de ‘Configuración de la prioridad de respuesta del receptor’ descrito en la Sección 6.1.2.2. Para establecer la prioridad de respuesta se utilizó un árbol de decisiones (Ver Figura 6.13), en donde los valores de entrada están definidos por las 3 dimensiones que establece el modelo.

Los datos de entrada que requiere este árbol de decisiones son:

- 1) *Nivel de atención requerido de la Situación de Cuidado (N)*, se obtiene a partir del nivel de urgencia de la SC, de la identidad y ubicación del adulto mayor. La combinación de estos valores está previamente definida en la base de datos del sistema. Con base en los comportamientos de los adultos mayores se obtiene un nivel de atención de la SC: ‘No inmediato’ (0) ó ‘Inmediato’ (1).
- 2) *Proximidad del cuidador a la Situación de Cuidado (P)*, se obtiene a partir de la diferencia de la ubicación del cuidador y la ubicación del adulto mayor. Un cuidador puede estar ‘En el lugar’ (0), ‘Cerca’ (1) cuando la diferencia es uno o dos espacios de conexión (espacios contiguos), o ‘No cerca’ (2) cuando la diferencia es de 3 ó más espacios de conexión.



**Figura 6.13** Árbol de decisiones para establecer la prioridad de respuesta del cuidador.

3) Disponibilidad de atención del cuidador, se obtiene a partir del *Nivel de criticidad de la actividad que realiza el cuidador (C)*. Para definirla se identificaron las actividades que realizan los cuidadores en la residencia y se establecieron niveles de criticidad por cada actividad que realizan; y con base en ello se determina si están ‘Disponibles’ (0), ‘Ocupados’ (1) o ‘Muy ocupados’ (2). Uno de los factores que apoyó esta definición es la interacción del cuidador con el adulto mayor en las diferentes actividades que realiza; a mayor grado de involucramiento (interacción) con el adulto mayor, mayor criticidad tiene la actividad (*e.g.*, actividad de movilización del adulto mayor).

Un ejemplo de cómo se establece la prioridad de respuesta de un cuidador a través de este árbol de decisiones está señalado en la Figura 6.13 usando flechas en negrillas (*bold*): primeramente se evalúa la proximidad del cuidador a la SC, si ésta es “cerca” se representa su valor con un “1”; posteriormente se evalúa la disponibilidad del cuidador a través de la criticidad de la actividad que se encuentra realizando, si ésta última es “alta” (*e.g.*, actividad de higiene del adulto mayor), se representa su valor con un “3”; y finalmente se evalúa el nivel de atención de la SC, si éste es “Inmediato” se representa su valor con un “1”, y de esta forma se obtiene que la prioridad de respuesta establecida para dicho cuidador es ‘Mediana’. Este mismo procedimiento se realiza para cada cuidador y al final se ejecuta un proceso de ordenamiento de mayor a menor, para asegurar que al menos a un cuidador se le proporcione la prioridad ‘Alta’.

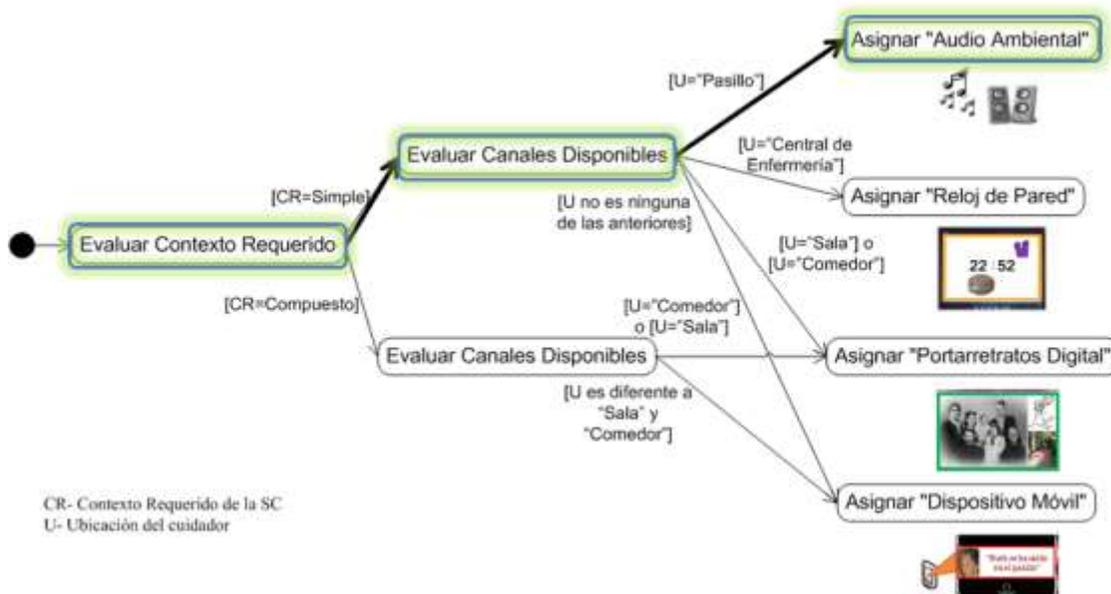
**Paso 3. Adaptar la presentación de la notificación.** Esta adaptación se basa en el modelo de ‘Selección del mecanismo de notificación’ (descrito en la Sección 6.1.2.3). Para seleccionar el mecanismo se evalúan los requerimientos de la notificación (contexto del cuidador y el contexto de la situación de cuidado) con base en las propiedades de los mecanismos de notificación disponibles en el sistema. Cabe resaltar, que dadas las características de criticidad del ambiente para el cual se implementa el sistema (residencia de cuidado de adultos mayores), se considera de manera permanente notificar SC’s con *nivel de atención* ‘Inmediato’ y con un *nivel de intrusividad* de ‘Interrumpir’. Por lo tanto, el sistema solamente se encarga de definir 2 valores:

- *Cantidad de contexto requerido de la Situación de Cuidado (CR)*, se obtiene a partir de la situación de cuidado que se presenta. Si ésta es ‘Escaparse de la casa’ o ‘Entrar en

áreas delicadas’, el contexto es ‘Simple’; de lo contrario, para cualquier otra SC el contexto es ‘Compuesto’.

- *Canales de percepción disponibles del cuidador*, se obtienen a partir de la actividad y ubicación del cuidador. Para definirlos nos apoyamos en los cuidadores de la residencia, quienes establecieron las *ubicaciones (U)* en las cuales consideraron pertinente notificar de manera ‘Visual’ o ‘Auditiva’, mediante un mecanismo ‘Ambiental’ o ‘Portable’ de acuerdo a las actividades que suelen realizar en dichas ubicaciones. El sistema de Notificación CANoE-Aw solamente consideró estos dos canales de percepción, dadas las características de los mecanismos de notificación implementados (Portarretratos Digital, Dispositivo Móvil, Reloj de Pared y Audio Ambiental; descritos en la siguiente sección). La combinación de estos valores está previamente definida en la base de datos del sistema. Un ejemplo es cuando el cuidador se encuentra en la ‘Central de enfermería’ en una actividad de ‘Comunicación’ (hablando por teléfono o recibiendo instrucciones del supervisor), en la cual se considera que su canal de percepción auditivo está ocupado, y por lo tanto uno de sus canales de percepción disponibles es el visual.

Estos valores se introducen en un árbol de decisiones (Ver Figura 6.14) para



**Figura 6.14** Árbol de decisiones para seleccionar el mecanismo de notificación.

seleccionar el mecanismo por el cual se va a notificar a cada cuidador.

Un ejemplo de cómo el sistema de notificación CANoE-Aw selecciona en tiempo real el mecanismo por el cual notificar se resalta en la Figura 6.14: primeramente se evalúa el contexto requerido de la situación de cuidado, si éste es “simple”, como lo es para los casos cuando el adulto mayor entra en áreas delicadas (*e.g.*, cocina); posteriormente se evalúan los canales disponibles del cuidador a través de su ubicación, dada la actividad que se encuentra realizando, si ésta es movilización del adulto mayor por el “pasillo”, se obtiene que la notificación se le envía al cuidador a través del mecanismo de ‘Audio Ambiental’. La notificación informa la ubicación del adulto mayor mediante un sonido asociado a la cocina (*e.g.*, un golpeteo de trastes) y la prioridad de respuesta del cuidador mediante un tono de alarma.

### **6.3.3 Implementación de Mecanismos de Notificación CANoE-Aw**

Considerando las implicaciones de diseño para mecanismos de notificación CANoE-Aw (Ver Sección 6.2.2), y con base en el modelo de ‘Diseño del Mecanismo de Notificación’, presentado en la Figura 6.6, en esta sección se describen cuatro mecanismos de notificación CANoE-Aw, los cuales fueron diseñados e implementados para notificar a los cuidadores de una residencia geriátrica: i) Portarretratos Digital, ii) Dispositivo Móvil, iii) Reloj de Pared y iv) Audio Ambiental.

Los mecanismos implementados consideran variaciones en 2 de las 4 dimensiones establecidas por el modelo. La primera variación se presenta en la dimensión de la cantidad de contexto que muestran y la segunda en los canales de percepción. Estas características se muestran en la Tabla 6.1.

Además de las características de diseño anteriores, se consideró variar la portabilidad de los mecanismos de notificación, es decir, diseñar un mecanismo portable y tres mecanismos ambientales.

**Tabla 6.1.** Características de Diseño de los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw implementados

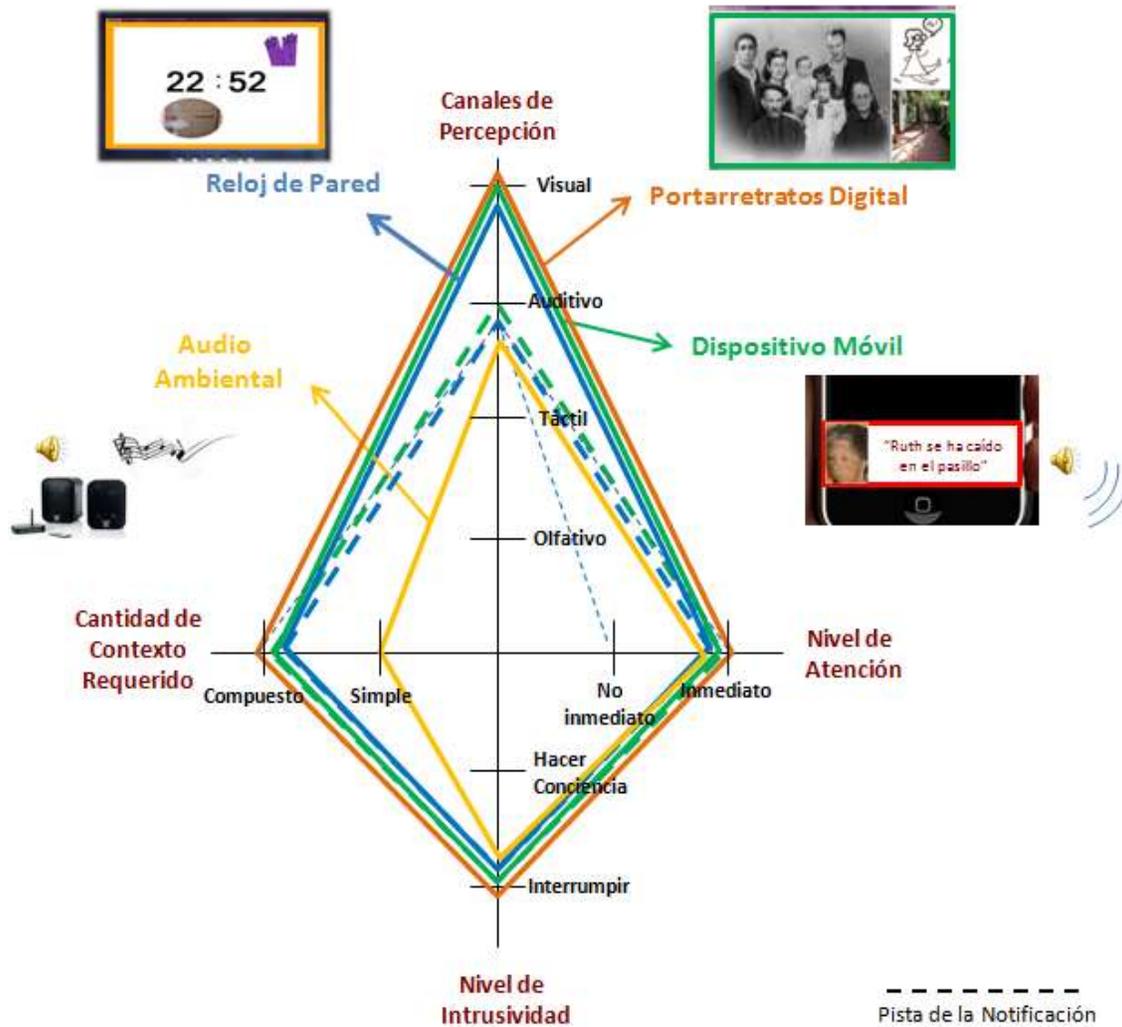
<i>Mecanismo</i>	<b>Nivel de Atención</b>	<b>Cantidad de Contexto</b>	<b>Canales de Percepción</b>	<b>Nivel de Intrusividad</b>
<b>Portarretratos Digital</b>	Inmediato	Compuesto: 3 elementos contextuales (I, SC, U)	Visual Pista: Auditivo	Interrumpir
<b>Dispositivo Móvil</b>	Inmediato	Compuesto: 5 elementos contextuales (I, SC, U, A, T)	Visual Pista: Auditivo	Interrumpir
<b>Reloj de Pared</b>	Inmediato	Compuesto: 2 elementos contextuales (I, U)	Visual Pista: Auditivo	Interrumpir
<b>Audio Ambiental</b>	Inmediato	Simple: un elemento contextual (U)	Auditivo	Interrumpir

I-Identidad del AM, SC-Situación de Cuidado, U-Ubicación del AM, A-Actividad del AM, T- Tiempo

La Figura 6.15 muestra de manera gráfica dichas características sobre las dimensiones del modelo de ‘Diseño del Mecanismo de Notificación’. Y posteriormente se describen detalles de la implementación de los mecanismos de notificación CANoE-Aw.

### **6.3.3.1 Portarretratos Digital**

Es un mecanismo ambiental que presenta la información de la notificación de manera visual a través de un despliegue público, como se muestra en la Figura 6.16. Para atraer la atención del receptor se emite una pista auditiva. El mensaje de notificación se presenta a través de 3 elementos contextuales: i) la Identidad del adulto mayor (emisor de la notificación), mediante una foto del adulto mayor y su familia; ii) la Situación de Cuidado (SC), mediante una caricatura que la representa; y iii) la Ubicación de la SC, mediante una fotografía del lugar. La prioridad de respuesta es presentada mediante el color del marco del despliegue (Rojo-Prioridad Alta, Amarillo-Prioridad Mediana y Verde-Prioridad Baja).



**Figura 6.15.** Representación gráfica de las características de los Mecanismos de Notificación CANoE-Aw.

Este mecanismo se implementó utilizando una pantalla (con bocinas) conectada a una terminal cliente, la comunicación con el servidor de notificaciones fue de manera inalámbrica y el lenguaje utilizado fue C#.

La notificación que se muestra en la Figura 6.16 indica que el adulto mayor “Juanita”(i) se ha caído(ii) en el patio(iii) de la residencia. Y el cuidador que recibe la notificación tiene una prioridad de respuesta ‘mediana’ (color amarillo), esto de acuerdo a su actividad y a la de sus compañeros.



**Figura 6.16.** Mecanismo de notificación Portarretratos Digital.

### 6.3.3.2 Dispositivo Móvil

Es un mecanismo portable que presenta la información de la notificación de manera visual a través de un dispositivo móvil, como se muestra en la Figura 6.17. Para atraer la atención del receptor se emite una pista auditiva. El mensaje de notificación puede estar formado hasta por 5 elementos contextuales (Identidad, Situación de Cuidado, Ubicación, Actividad y Tiempo), formando un enunciado. En este mecanismo se duplica el elemento contextual de la Identidad del adulto mayor al incluir una foto de éste. La prioridad de respuesta es presentada mediante el color de un marco que cubre la notificación en la pantalla, utilizando el mismo significado de colores del mecanismo anterior.

Este mecanismo se implementó en una PDA táctil (HP iPAQ 610/610c) con conexión Wi-Fi en el lenguaje Java Me.

La notificación de la Figura 6.17 indica que el adulto mayor “Ruth” se ha caído en el pasillo. El cuidador que recibe esta notificación tiene una prioridad de respuesta “alta”, lo que significa que es el cuidador más disponible para atender la situación de cuidado (ésto de



**Figura 6.17.** Mecanismo de notificación Dispositivo Móvil.

acuerdo a las actividades de él y de los demás cuidadores).

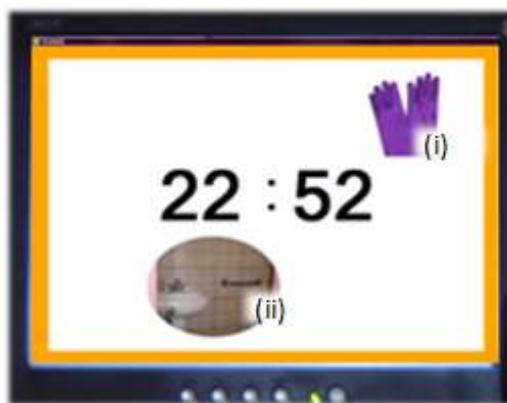
### 6.3.3.3 Reloj de Pared

Es un mecanismo ambiental que presenta la información de manera visual en un dispositivo de uso común, que incluso podría ya existir en el ambiente, como se muestra en la Figura 6.18. Para atraer la atención del receptor se emite una pista auditiva. Este mecanismo está configurado solamente para presentar notificaciones sobre ciertas situaciones de cuidado, aquellas que tienen que ver con la Invasión de áreas delicadas (*e.g.*, baño y cocina) y Escaparse de la casa (*e.g.*, puerta principal y puerta del patio). Por lo tanto, el mensaje de notificación se presenta a través de 2 elementos contextuales: i) la Identidad del adulto mayor, mediante una imagen asociada a él; y ii) la Ubicación de la SC, mediante una fotografía del lugar. La prioridad de respuesta es presentada mediante el color del marco del despliegue.

En este mecanismo se decidió mostrar la identidad del adulto mayor de una manera diferente a la del mecanismo del Portarretratos Digital. Lo anterior para ocultar información de la notificación a los adultos mayores (actores ajenos a la percepción de las notificaciones).

Este mecanismo se implementó utilizando una pantalla (con bocinas) conectada a una terminal cliente, en el lenguaje C#.

La notificación de la Figura 6.18 indica que el adulto mayor “María” – asociada a la imagen de los guantes (i) está cruzando la puerta del baño – foto del lugar (ii). El cuidador que recibe esta notificación tiene una prioridad de respuesta “mediana” – color amarillo en el



**Figura 6.18.** Mecanismo de notificación Reloj de Pared.

marco, lo que significa que existe al menos un cuidador que se encuentra disponible para atender la situación de cuidado.

#### 6.3.3.4 Audio Ambiental

Es un mecanismo ambiental que presenta la información de la notificación de manera auditiva. Este mecanismo, similar al anterior, está configurado solamente para presentar notificaciones sobre las situaciones de cuidado de: Invasión de áreas delicadas y Escaparse de la casa. El mensaje de notificación es una pista de audio compuesto por dos sonidos: i) uno para la Ubicación donde ocurre la SC, cada ubicación tiene asociado un sonido en particular; y ii) otro para la Prioridad de respuesta, representada por un tono de alarma para cada nivel.

Este mecanismo se implementó con un par de bocinas conectadas a una terminal cliente, con un programa desarrollado en el lenguaje C#. Para cada ubicación se seleccionó un sonido que la pudiese identificar, por ejemplo, para indicar que el adulto mayor está cruzando la ‘puerta del patio’ se emite un *Sonido de Aves*, el cual está relacionado con “el patio”. En la Tabla 6.2 se describen todos los sonidos utilizados para las ubicaciones en donde se pueden presentar las SC’s antes mencionadas.

Para el sistema CANoE-Aw se consideró apropiado implementar estos cuatro mecanismos de notificación. Las diferentes características de diseño de los mecanismos fueron motivadas por los diferentes estados que presenta el cuidador en sus actividades de proceso de

**Tabla 6.2.** Sonidos utilizados para denotar la ubicación en el mecanismo del Audio Ambiental.

<b>Situación de Cuidado</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Sonido asociado</b>
Invasión de áreas delicadas	Cocina	Golpeteo de trastes
	Baño	Caída de agua
Escaparse de la casa	Puerta principal	Sonar de campanas
	Puerta del patio	Sonido de aves

cuidado diarias. Los mecanismos, al estar diseñados con base en el modelo del principio de diseño ‘Adaptación de la presentación de la notificación’ permiten, en una etapa de evaluación, validar las dimensiones de dicho modelo.

## **6.4 Resumen del Capítulo**

En este capítulo se ha proporcionado la descripción de una instancia del Modelo de Notificación CANoE, con el objetivo de demostrar su aplicabilidad en un ambiente crítico real. Adicionalmente, se ha descrito la implementación del Sistema de Notificación CANoE-Aw, como parte del desarrollo de dicha instancia. Los principales resultados de este capítulo son:

- La descripción del Modelo de Notificación CANoE-Aw para apoyar el proceso de cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas.
- La aplicación de los principios de diseño del Modelo de Notificación CANoE-Aw.
- La arquitectura de un Sistema de Notificación CANoE-Aw y la descripción de sus componentes.
- Un conjunto de implicaciones de diseño para la especificación de mecanismos de notificación CANoE-Aw.
- La descripción de la implementación del servidor de notificaciones y de la implementación de cuatro mecanismos CANoE-Aw.

Adicionalmente al sistema CANoE-Aw, se realizó un segundo caso de estudio creando un sistema de comunicación-coordinación para los cuidadores (Sistema CU-IDA). Dicho sistema estuvo también basado en el modelo CANoE y es descrito en el Apéndice C.

En el siguiente capítulo se presentan los resultados de dos evaluaciones *in-situ* utilizando el sistema de Notificación CANoE-Aw, con el fin de evaluar su impacto en la residencia geriátrica.

## **CAPÍTULO 7**

### **EVALUACIÓN DEL MODELO DE NOTIFICACIONES CANoE**

En este trabajo se ha mostrado el desarrollo de un modelo para la construcción de Notificaciones CANoE. En el capítulo anterior, con el fin de demostrar la aplicabilidad del modelo, se creó una instancia para la construcción de un sistema de notificación en residencias geriátricas llamado CANoE-Aw. El sistema busca apoyar a los cuidadores en el proceso de cuidado del adulto mayor, al notificarles sobre la ocurrencia de situaciones de cuidado. Para continuar mostrando la aplicabilidad de uso del modelo CANoE, este capítulo presenta los principales resultados de dos estudios de evaluación.

Los objetivos de los estudios *in-situ*, realizados en la misma residencia geriátrica mencionada en el capítulo 3, fueron: i) conocer el impacto de introducir notificaciones en un ambiente crítico real y ii) validar las características del modelo de notificación CANoE, a través del uso del sistema de notificación CANoE-Aw.

Con esta evaluación se busca determinar el impacto de las notificaciones construidas a través del modelo CANoE, en donde su adaptación fue con base en el contexto del emisor y del receptor. La validación del modelo está en función de la entrega oportuna de la notificación y, de la presentación de la información necesaria y de manera adecuada.

Además, se presenta una discusión relacionada con las implicaciones que se tuvieron al desarrollar sistema.

El capítulo finaliza con una discusión sobre las lecciones aprendidas en el desarrollo y evaluación del sistema de notificación CANoE-Aw; las cuales proporcionan retroalimentación

al modelo de notificación CANoE y a la literatura en el desarrollo de Notificaciones Conscientes del Contexto, así como en el marco de la Interacción Humano-Computadora.

## 7.1 Caso de Estudio 1: Impacto de las Notificaciones en Residencia Geriátrica

Este primer estudio determina la factibilidad de las notificaciones a través de una evaluación del impacto de ‘introducir notificaciones en una residencia geriátrica’. La evaluación está centrada en el conocimiento (conciencia) que tiene el cuidador con respecto a las situaciones de cuidado que se presentan en la residencia.

Por consiguiente, el estudio tuvo como objetivo evaluar el nivel de conciencia que tienen los cuidadores sobre las situaciones de cuidado, con la ausencia y presencia de un sistema de notificación en la residencia. Adicional a este conocimiento del cuidador, se tomaron en cuenta aspectos, como: el tiempo de adquisición de la conciencia, el impacto de la notificación en los cuidadores, y los cambios en sus prácticas de cuidado.

El estudio se llevó a cabo en una residencia geriátrica durante el turno matutino por 20 días, con una duración total aproximada de 101 horas, 5:30 hrs. en promedio por día. En los siguientes apartados se muestra el contexto del estudio, los participantes, el procedimiento, y los resultados obtenidos.

### 7.1.1 Contexto del Estudio

Durante el período del estudio, la residencia atendía a 14 adultos mayores (13 permanentes y 1 de guardería), 8 de ellos con deterioro cognitivo. La notificación se realizó de manera verbal, a través de un mecanismo de audio (radio-transmisor) que portaba el cuidador,



**Figura 7.1.** Notificación enviada al cuidador a través de un mecanismo de audio (1er. Caso de Estudio).

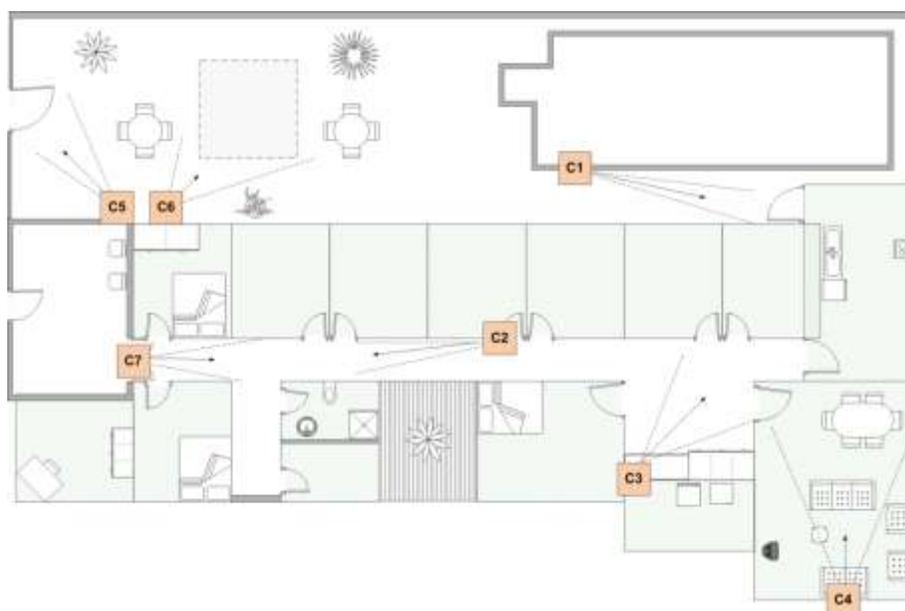
tal como se muestra en el Figura 7.1.

El mensaje de notificación contenía los 5 elementos contextuales de la situación de cuidado (Ver Sección 6.1.2.1) y fue precedido por un *beep* de alerta.

La monitorización del adulto mayor se realizó usando la técnica del Mago de Oz [93], donde un investigador observaba diversas áreas públicas de la residencia y capturaba el contexto mediante los módulos descritos en la Sección 6.3.1. Para esta observación se instalaron 7 cámaras de video, estratégicamente ubicadas en: pasillo (2), sala-comedor (1), patios (3), y central de enfermería<sup>3</sup> (1) (Ver Figura 7.2).

### 7.1.2 Procedimiento y Participantes

El estudio inició con una reunión informativa en donde se les comunicó a los cuidadores sobre la intención del estudio, se les mostró el funcionamiento del mecanismo de notificación a utilizar y se les explicó el procedimiento a realizar. El procedimiento consistió



**Figura 7.2.** Mapa de la residencia geriátrica con las cámaras (C1 – C7) instaladas para la adquisición del contexto.

<sup>3</sup> La **Central de enfermería** es un espacio de trabajo administrativo para los cuidadores, se tiene una gaveta con instrumentos (*e.g.*, baumanómetro) y medicamentos; así como un área para el llenado de reportes y la recepción de llamadas telefónicas.

de las siguientes 3 fases:

*Fase A. Ausencia del sistema de notificación – fase antes del uso de la tecnología.* Durante 7 días, posterior a un día piloto, se realizó la captura del contexto del adulto mayor, y se identificaron las situaciones de cuidado ocurridas en áreas públicas. Durante esta fase se registró si los cuidadores se percataban o no de la situación de cuidado<sup>4</sup> (conciencia de la situación de cuidado), así como del tiempo que les tomó a los cuidadores el adquirir dicha conciencia<sup>5</sup>. (Duración de la Fase A 40:22')

*Fase B. Presencia del sistema de notificación – fase uso de la tecnología.* Durante 7 días, posterior a un día piloto, se realizó la captura del contexto del adulto mayor y se enviaron notificaciones a todos los cuidadores en turno cada que se identificaba una situación de cuidado. En esta fase se registró si el cuidador adquirió conciencia de la situación de cuidado, ya sea por él mismo (previo/durante la notificación) o mediante la notificación. (Duración 45:36')

*Fase C. Ausencia del sistema de notificación – fase retiro de la tecnología.* Durante 3 días se realizó solamente observación (similar a la fase A), para identificar el impacto del retiro del sistema de notificación dentro de las actividades diarias de los cuidadores. (Duración 15:03')

Adicionalmente, se aplicaron entrevistas estructuradas para recabar información cualitativa. En el estudio participaron 6 cuidadores: 4 hombres y 2 mujeres. La edad promedio de los cuidadores fue de 27 años.

### **7.1.3 Resultados**

Este primer caso de estudio permitió percibir la diferencia en cuanto a la conciencia de los cuidadores sobre las situaciones de cuidado en la residencia: 'sin el sistema de notificación' versus 'con el sistema de notificación'. Los datos registrados en cada una de las fases sirvieron como base para un análisis cuantitativo sobre la conciencia del cuidador y el tiempo de adquisición de la misma. Adicionalmente, las entrevistas fueron transcritas para la

---

<sup>4</sup> El valor de la conciencia del cuidador (1/0), fue adquirido por observación (línea de vista/reacción del cuidador).

<sup>5</sup> El tiempo de adquisición de la conciencia se registró utilizando cronómetro.

realización de un análisis cualitativo, en donde se buscaba conocer el impacto de las notificaciones, en particular, la utilidad y facilidad de uso del sistema de notificación. Los resultados de estos análisis se complementan entre sí, mostrándolos en términos del nivel de conciencia, el tiempo de adquisición de la conciencia, y el impacto de la notificación en los cuidadores.

### 7.1.3.1 Nivel de Conciencia de los Cuidadores sobre las SCs

Durante el estudio se registró si el cuidador se percataba o no de la situación de cuidado (conciencia sobre la situación de cuidado), así como de cuánto tiempo tardaba en percatarse. Dicha conciencia fue registrada por el investigador (Mago de Oz), al observar a través del video de las cámaras si el cuidador, estando cerca o no, se percataba de la situación de cuidado (ya sea porque la veía, o incluso porque la atendía). Un par de ejemplos se muestran en la Figura 7.3, en donde el investigador observaba lo siguiente: a) el momento en el que se presenta una situación de cuidado de “Discusiones entre adultos mayores” y no hay ningún cuidador cerca; y b) el momento en el que se presenta la misma situación de cuidado, con otros adultos mayores y, un cuidador está cerca y se percata de ella.

El número de las situaciones de cuidado identificadas por el investigador en los diferentes días y en las diferentes fases del estudio fue variable. Se presentaron 9 SC diferentes, mostradas por fase en la Tabla 7.1; las más frecuentes fueron: Discusiones y/o



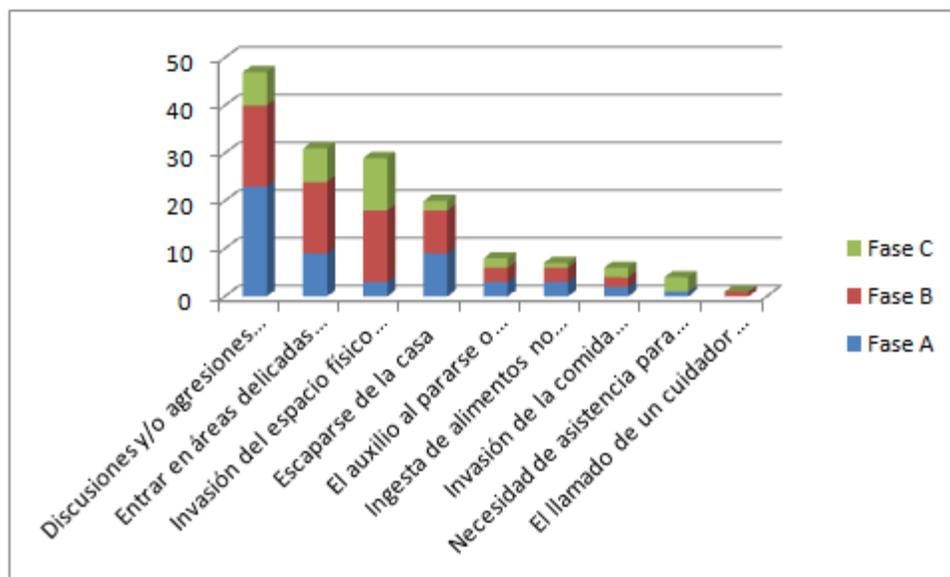
**Figura 7.3.** Vista de la residencia a través de una de las cámaras: a) presentación de una SC sin conciencia de los cuidadores, b) conciencia del cuidador sobre la SC.

**Tabla 7.1.** Situaciones de Cuidado identificadas durante el caso de estudio.

<b>Situación de Cuidado</b>	<b>Fase A</b>	<b>Fase B</b>	<b>Fase C</b>
Discusiones y/o agresiones entre los pacientes	23	17	7
Entrar en áreas delicadas ( <i>e.g.</i> , cocina)	9	15	7
Invasión del espacio físico personal	3	15	11
Escaparse de la casa	9	9	2
El auxilio al pararse o caminar por parte de un paciente	3	3	2
Ingesta de alimentos no recomendados	3	3	1
Invasión de la comida personal	2	2	2
Necesidad de asistencia para pararse y caminar	1	0	3
El llamado de un cuidador por parte de otro cuidador	0	1	0

agresiones entre los adultos mayores, Entrar en áreas delicadas, Invasión del espacio físico personal y Escaparse de la casa.

Las variaciones en la ocurrencia de las SC por fase, dependen en gran medida de la actividad física y temperamento que tengan los adultos mayores. Por ejemplo, en un día con frío el adulto mayor permanece acostado la mayor parte del día; en contraste, en un día soleado el adulto mayor deambula por la residencia, incluso hasta puede salir al patio. El número y tipo de SC que ocurran no dependen del uso o no de la tecnología. En el caso de estudio, el sistema de notificación alerta a los cuidadores en el momento en el que ocurra una SC, cualquiera que ésta sea. En la Figura 7.4 se muestra una gráfica del acumulado, por fase, de las situaciones de cuidado identificadas.



**Figura 7.4.** Situaciones de Cuidado identificadas por cada fase del caso de estudio.

Al evaluar la conciencia de los cuidadores y el tiempo que les toma adquirirla, en la Tabla 7.2 se muestran los valores y porcentajes relacionados con: las Situaciones de Cuidado (SC) ocurridas en la residencia, las ocasiones en las que al menos un Cuidador en turno tuvo Conciencia por sí mismo (CC) de la SC que estaba sucediendo, las ocasiones en las que se tuvo Conciencia por la Notificación (CN), así como el Tiempo promedio de Obtención de la Conciencia (TOC).

**Tabla 7.2.** Resultados del 1er. caso de estudio en términos de las Situaciones de Cuidado (SC) ocurridas y la conciencia del cuidador por sí mismo (CC) o por la notificación (CN).

	SC ocurridas	CC	CN	Falta de conciencia de las SC's	TOC
<i>Fase A</i>	54	21 (38.89%)	-	33 (61.11%)	7 seg. (~9)
<i>Fase B</i>	65	23 (35.38%)	41 (63.08%)	1 (1.54%)	1 seg.
<i>Fase C</i>	39	14 (35.90%)	-	25 (64.10%)	9 seg. (~23)

De acuerdo con los resultados mostrados en la Tabla 7.2, los porcentajes en los que el cuidador se percata por él mismo de la SC están por debajo del 40%. Lo que significa que la notificación cubre la mayor parte de la conciencia del cuidador (63.08% para la fase B). Y precisamente en la fase B, solamente en una ocasión ninguno de los cuidadores tuvo conciencia de la SC porque no se percataron de la notificación (1.54%). Lo anterior debido a que los cuidadores no percibieron el audio de la notificación porque se encontraban en un ambiente con mucho ruido. Realizando un análisis estadístico entre la conciencia del cuidador obtenida en la Fase A contra la conciencia obtenida en la Fase B, se obtuvo un valor de  $P=0.0000733$  con un nivel de significancia del 99%, esto se interpreta que existe una diferencia significativa; un mayor detalle de este análisis se muestra en el Apéndice D.

Las entrevistas realizadas permitieron obtener las siguientes percepciones de los cuidadores:

- Dentro de las actividades diarias del proceso de cuidado, los cuidadores percibieron útil el sistema de notificación.

*“si no se nos hubiera notificado, pues tal vez la situación hubiera sido más peligrosa”*

[Cuidador 2]

- Los cuidadores comentaron que las notificaciones los hicieron ser más observadores, es decir, estar más alerta de los comportamientos de los adultos mayores. Incluso, ellos percibieron tener más control en la residencia con respecto a las situaciones de cuidado.

*“Pues ya tienes otros ojos que te ayudan...”* [Cuidador 5]

Al momento que se les retiró el sistema de notificación (Fase C), los cuidadores percibieron un cambio significativo, pues no tuvieron conciencia completa de lo que sucedía en la residencia. Uno de los comentarios de los cuidadores fue:

*“Estábamos diciendo ayer que ahora quien nos va a notificar, estábamos ya adaptados”*

[Cuidador 2]

Un comentario textual de la percepción de la cocinera fue el siguiente:

“*[Cuando mis compañeros ya no tenían el sistema de notificación] se sintieron impotentes, escuchaban los gritos y decían: << ¡aaaagggghhhh!, no tenemos [el sistema de notificación] y no nos están avisando >> y salían corriendo*” [Cocinera]

#### 7.1.3.2 Tiempo de Adquisición de la Conciencia sobre las SCs

El tiempo promedio de adquisición de la conciencia (TOC) por parte de los cuidadores cuando no hubo sistema de notificación, fases A y C, fue de 7 seg. y 9 seg. respectivamente (ver Tabla 7.2). En contraste, para la fase B cuando se contó con el sistema de notificación, la percepción de ésta fue al momento de ser enviada, por lo que se considera que se tuvo un tiempo promedio de adquisición de 1 seg.; es decir, ya sea porque el cuidador se percató en ese instante de lo que sucedía o porque el cuidador recibió la notificación y se percató en ese momento. Realizando un análisis estadístico entre los tiempos de la Fase A y la Fase B, se obtuvo un valor de  $P=0.0086$  con un nivel de significancia del 99%; esto se interpreta como que existe una diferencia significativa.

Aunque la desviación estándar de los tiempos promedios (TOC) para las fases A y C fueron de 9 y 23 seg. se omitieron en este cálculo los tiempos más grandes en la adquisición de la conciencia por parte del cuidador.

- En la fase A se presentaron dos SC's, la primera 'El auxilio al pararse o caminar por parte de un paciente', en donde uno de los cuidadores se percató hasta los 46 segundos transcurridos. Y la segunda SC 'Invasión del espacio físico personal', en donde el cuidador se percató de la SC hasta 8 minutos después (Nota: en esta última, a los 18 seg. se percató un miembro del personal de limpieza, pero no les avisó a los cuidadores).
- Y en la fase C, también se presentaron 2 SC's, ambas del tipo 'Invasión del espacio físico personal', en la primera el cuidador se percató hasta los 3 minutos con 18 segundos; y en la segunda hasta los 2 minutos con 7 segundos.

Se estima que durante estos tiempos pudo haberse agravado la situación y convertirse en una situación de riesgo, de hecho en la segunda SC de la *Fase A* ocurrió esto, pues pasó de ser

una SC de ‘Invasión del espacio físico personal’ a una de ‘Discusiones y/o agresiones entre los adultos mayores’ por no ser atendida oportunamente.

Los datos mostrados en este apartado (Ver Tabla 7.2) muestran una diferencia clara entre las fases sin notificación versus la fase con notificación, en el Apéndice D se muestra un análisis estadístico completo de dichos datos.

Asimismo, los cuidadores indicaron que la notificación reduce el tiempo en el que se percatan de una situación de cuidado.

*“pues con el sistema [de notificación] la forma de actuar es más rápida, o sea igual si no lo tuviéramos actuaríamos, pero se nos escaparían cosas o los tiempos no fueran los mismos” [Cuidador 6]*

La realización de este caso de estudio permitió denotar la importancia de que el cuidador se percate a tiempo de una situación de cuidado. Para ilustrar lo anterior se presentan los siguientes escenarios, situaciones presentadas en la Fase A (sin notificación):

- Dos adultos mayores comenzaron a discutir en el comedor (Ver Figura 7.5.a), en ese momento ninguno de los cuidadores se percató. Pasaron 6 segundos y un adulto mayor tomó una silla en señal de iniciar una agresión (Ver Figura 7.5.b). Afortunadamente, un par de segundos después el adulto mayor bajó la silla y no se presentó la agresión, pero ningún cuidador se percató de lo sucedido.



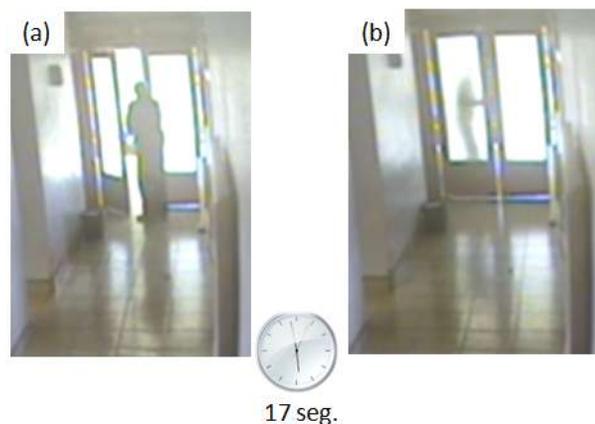
**Figura 7.5.** Escenario que presenta una SC que puede agravarse al pasar el tiempo, la cual no es atendida.

- Un adulto mayor se encontraba caminando por el pasillo y al llegar a la puerta principal se percató de que ésta se encontraba sin seguro (Ver Figura 7.6.a). Su paso fue lento, cruzó la puerta y la cerró, dejándola en el mismo estado en la que se encontraba; todo esto pasó en 17 segundos (Ver Figura 7.6.b). En ese momento el cuidador, estando en una habitación, se asoma por el pasillo y ve la sombra del adulto mayor, lo que le permite percatarse de la situación de cuidado. En este caso, un par de segundos más que hubieran pasado, el cuidador ya no vería la sombra y al ver la puerta cerrada, no hubiese tenido conciencia de la situación de cuidado.

La notificación, en los escenarios anteriores, se hubiera presentado en el primer par de segundos, evitando así una agresión entre los adultos mayores (en el primer caso) o una salida de la residencia (en el segundo caso).

### 7.1.3.3 Impacto del Sistema de Notificación en la Residencia

Un factor determinante en la aprobación del sistema de notificación por parte de los cuidadores, fue la atención oportuna hacia los adultos mayores, la cual se incrementó con el sistema instalado en la residencia. Durante la fase B, al notificar en la medida de lo posible desde la primera fase de la SC, se pudieron atender oportunamente las SC's, evitando así, que se agravaran. En las fases en donde no hubo notificación (Fases A y C) en dos ocasiones se presentó una sucesión de 2 SC's similares, debido a que los cuidadores no se percataron de la primera ocurrencia y como los comportamientos de los adultos mayores fueron los mismos, se



**Figura 7.6.** Escenario que presenta la SC de ‘Escaparse de la casa’.

generó una segunda SC. En el caso de la SC de ‘discusiones y agresiones’ se dio con un tono de discusión más alto.

La Tabla 7.3 muestra el número de SC para cada fase del estudio en donde se percató el cuidador, de acuerdo con las fases de las SCs establecidas en el entendimiento del proceso de cuidado del adulto mayor (Ver Sección 3.3).

Estos resultados revelan que las notificaciones permiten que el cuidador se percate y atienda una situación de cuidado en su primera fase (antes). A esta entrega de la notificación se le considera oportuna, debido a que el cuidador todavía puede actuar en el sentido de prevención. Esta situación de prevención parece muy difícil que ocurra cuando no se tiene el sistema de notificación (Fases A y C).

Los resultados anteriores indican que el sistema de notificación tiene un impacto positivo en la residencia para la prevención y atención de Situaciones de cuidado. Por una parte, el cuidador se percata de más situaciones de cuidado cuando tiene el sistema de notificación, que cuando no lo tiene (más del 50%,  $P=0.000073$ ); y por otra parte, se reduce el tiempo en el que el cuidador se percata de las situaciones de cuidado. Esto último permite al cuidador actuar oportunamente en la atención del adulto mayor, y de esta forma evita que la situación se agrave convirtiéndose en una situación de riesgo. Un comentario de uno de los cuidadores en este sentido fue:

*“La salida [de la casa] también... si se está acercando [a la puerta] y llegábamos antes de que se saliera”.* [Cuidador 1]

Por otro lado, aunque los cuidadores percibieron útil el sistema de notificación, durante el estudio también se identificaron algunas limitaciones:

**Tabla 7.3.** Cantidad de situaciones de cuidado por fase durante las tres fases del estudio.

<b>Fase</b>	<b>A</b>	<b>B</b>	<b>C</b>
<i>Antes</i>	0	6	0
<i>Durante</i>	13	43	11
<i>Después</i>	8	15	3

- Los cuidadores indicaron que en ocasiones la modalidad (i.e. mensaje de audio) o el dispositivo de notificación (i.e. radio transmisor) no eran los adecuados para todas las actividades que realizan (e.g., actividad de bañar al adulto mayor y actividad de comunicación). De las notificaciones enviadas a todos los cuidadores en la Fase B, 13 de ellas (6.6%) no fueron percibidas/comprendidas por algunos de ellos, debido a que las condiciones del ambiente no les permitieron percibir el audio de la notificación.
- Los cuidadores indicaron tener problemas en la coordinación, posterior a la notificación, para atender las situaciones de cuidado.

*“hubo situaciones en las que íbamos dos personas que no nos encontrábamos cerca, o sea los dos dejábamos de hacer cosas, pues”* [Cuidador 2]

- La monitorización a los adultos mayores se realizó solamente en áreas públicas. En ocasiones se presentaban SC en las habitaciones, pero éstas no eran identificadas y por lo tanto, tampoco notificadas.

En conclusión, los cuidadores percibieron que el sistema de notificación les es útil, debido a que les permite incrementar la conciencia con respecto a las situaciones de cuidado y atenderlas oportunamente. Por ello se considerara que el sistema de notificación genera un impacto positivo en la residencia. Sin embargo, los resultados mostrados indican que la presentación de la notificación no fue adecuada en todos los casos. Adicional a esto, los cuidadores percibieron una falta de mecanismos para coordinarse en la atención de las situaciones de cuidado. Esto último comprueba la necesidad de adaptar la presentación de la notificación y la necesidad de proporcionar prioridades en la notificación, como una estrategia para apoyar en la coordinación entre los cuidadores.

En la siguiente sección se describe un segundo caso de estudio enfocado en validar cada uno de los principios de diseño de una notificación CANoE.

## **7.2 Caso de Estudio 2: Validación del Modelo de Notificaciones CANoE**

Este segundo estudio de evaluación se centró en el uso del sistema de notificación CANoE-Aw implementado bajo el modelo de notificaciones CANoE (Ver Capítulo 6). El objetivo fue validar los principios de diseño que forman el modelo desde la perspectiva del cuidador, es decir, a través de la recepción de las notificaciones, las percepciones de los

cuidadores y el entendimiento de éstas. Específicamente nos concentramos en conocer si el cuidador: i) se percató de la llegada de una notificación, ii) entendió el contexto de la notificación y comprendió la SC que estaba sucediendo, y iii) percibió su prioridad de respuesta, qué significado le dio y cuál fue su reacción.

Para la realización de este estudio fue necesario monitorizar a los cuidadores, además de monitorizar a los adultos mayores como en el primer caso de estudio.

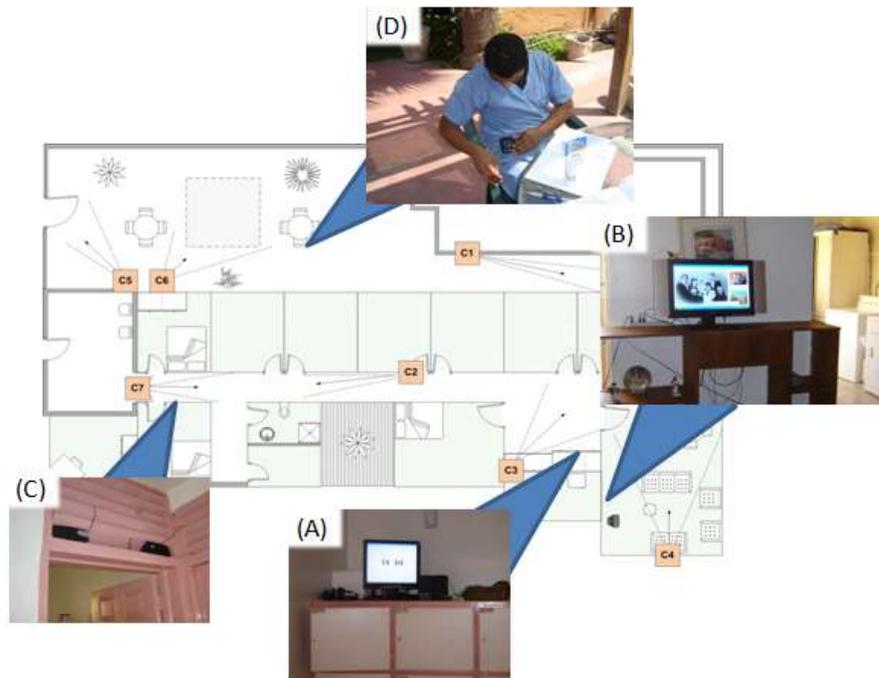
El estudio se llevó a cabo en la misma residencia geriátrica que el estudio previo. Tuvo una duración de 21 días; el período de notificación tuvo una duración de 25 horas y 35 minutos (durante 7 días), durante el turno matutino. En los siguientes apartados se muestra el contexto del estudio, los participantes, el procedimiento y los resultados obtenidos.

### **7.2.1 Contexto del Estudio**

Durante el período del estudio, la residencia atendía a 12 adultos mayores, 7 de ellos con deterioro cognitivo. Para la monitorización de los adultos mayores y de los cuidadores, se utilizó la técnica de Mago de Oz; pero en este caso se requirió de dos investigadores para capturar el contexto a través de las cámaras de video. El investigador-1 estaba encargado de monitorizar a los adultos mayores, observar sus actividades y comportamientos para identificar la ocurrencia de las situaciones de cuidado y capturar su contexto (Ver Figura 6.11 de la Sección 6.3.1). El investigador-2 estaba encargado de monitorizar a los cuidadores, y capturar su contexto (identidad, actividad y ubicación) cada vez que había cambios en éste (Ver Figura 6.12 de la Sección 6.3.1).

El sistema de notificación CANoE-Aw implementado (Ver Sección 6.3), se instaló en la residencia. En la Figura 7.7 se muestra la ubicación de los mecanismos de notificación: 'Reloj de Pared' en la Central de Enfermería (A), 'Portarretratos Digital' en la Sala-Comedor (B), y 'Audio Ambiental' en el Pasillo (C). El 'Dispositivo Móvil' (D) lo portaba cada cuidador en turno.

El servidor de notificaciones CANoE-Aw se instaló en la oficina de la residencia y su funcionalidad fue la siguiente: recibir el contexto de los cuidadores en tiempo real y almacenarlo, recibir el contexto de los adultos mayores cuando se identificaba una situación de



**Figura 7.7.** Mecanismos de Notificación CANoE-Aw instalados en la residencia geriátrica.

cuidado, crear la notificación y enviarla a cada uno de los cuidadores mediante el mecanismo apropiado, de acuerdo a su contexto (ubicación y actividad).

### 7.2.2 Procedimiento y Participantes

El estudio consistió en las siguientes actividades:

1. *Sesión de co-diseño*, se realizó una sesión de diseño con los cuidadores para definir los elementos contextuales que deberían ser incluidos en los mecanismos de notificación (imágenes, sonidos y colores). De esta manera se buscó facilitar la comprensión de las notificaciones por parte de los cuidadores. Un ejemplo son las imágenes que se utilizaron en el ‘Reloj de Pared’ para identificar a cada uno de los adultos mayores (e.g., Taza de café → Adulto mayor 1).
2. *Adecuación de los mecanismos de notificación*, durante 6 días se trabajó con los mecanismos de notificación CANoE-Aw para incluir los elementos contextuales

definidos por los cuidadores. Posteriormente se instalaron los mecanismos en la residencia y se realizaron pruebas.

3. *Sesión de información*, se realizó una segunda sesión con los cuidadores para mostrarles el funcionamiento de los mecanismos de notificación, los elementos contextuales finales y la forma en que se realizaría la notificación.
4. *Sesiones de entrenamiento*, durante 2 días se estuvieron enviando notificaciones de prueba a los cuidadores, con el objetivo de que se familiarizaran con los mecanismos de notificación.
5. *Periodo de notificación*, durante 7 días, posterior a un día piloto, se enviaron notificaciones CANoE-Aw a los cuidadores cuando se identificaba la ocurrencia de alguna situación de cuidado. Cada notificación fue personalizada de acuerdo al contexto del cuidador (Situación del Cuidador). En este período se aplicó un cuestionario a los cuidadores para obtener información respecto a: si el cuidador recibió la notificación, si percibió el contexto de la situación de cuidado y lo interpretó correctamente, si percibió la prioridad de respuesta y qué significado le dio.
6. *Entrevistas*, finalmente se aplicaron entrevistas estructuradas a los cuidadores para recabar información cualitativa.

En el estudio participaron 5 cuidadores: 4 hombres y 1 mujer. La edad promedio de los cuidadores fue de 21 años. Dentro del período de notificación trabajaron 2 cuidadores por turno (de 7am a 3pm) realizando diferentes actividades del proceso de cuidado al adulto mayor, actividades de limpieza de la casa y actividades administrativas.

### **7.2.3 Resultados**

Dentro del período de notificación se identificaron 48 Situaciones de Cuidado, las cuales generaron 96 notificaciones para ser enviadas a los cuidadores (2 notificaciones a los cuidadores por cada situación de cuidado identificada). Los principales resultados de la evaluación *in-situ* se muestran a continuación.

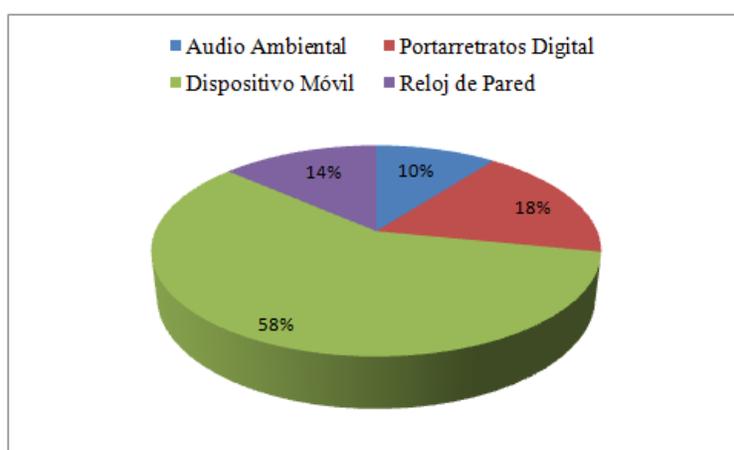
Primeramente se muestran resultados cuantitativos en cuanto a la percepción de la notificación y comprensión (o interpretación correcta) del mensaje de notificación. Posteriormente, con respecto a la validación del modelo de notificación CANoE se muestran los resultados en términos de los tres principios de diseño del modelo.

### 7.2.3.1 Percepción y comprensión de la notificación

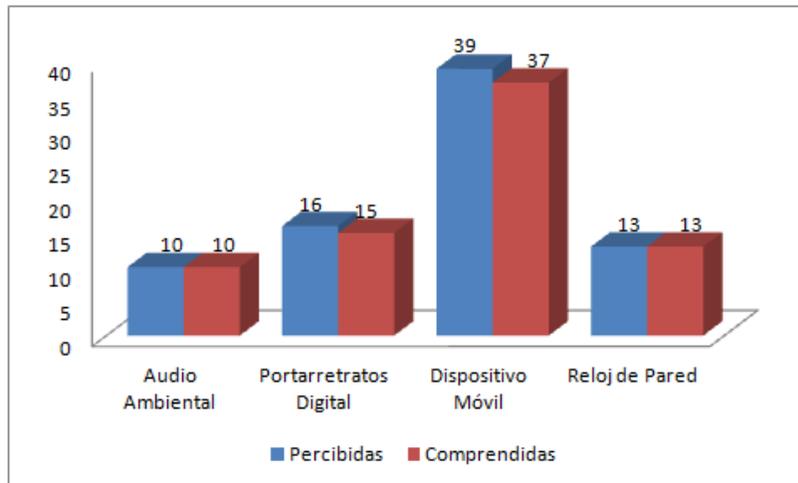
*Percepción de la notificación.* De acuerdo con los diferentes estados de los cuidadores (actividad + ubicación), el sistema de notificación CANoE-Aw envió el 58% de las notificaciones al Dispositivo Móvil, 18% al Portarretratos Digital, 14% al Reloj de Pared y 10% al mecanismo de Audio Ambiental (Ver Figura 7.8). En 2 ocasiones uno de los cuidadores salió de la residencia al momento de que el sistema envió la notificación, por lo que ésta no llegó a su destinatario. Y en 6 ocasiones (6% aprox.) la notificación no fue recibida por los dispositivos móviles debido a una desconexión de la red o batería baja del dispositivo.

De las notificaciones recibidas por los mecanismos, los cuidadores se percataron de ellas en un 88.6% de las ocasiones. En algunas ocasiones, los cuidadores no se percataron de la notificación debido a que no escucharon la pista auditiva del dispositivo móvil (10.3%) o del portarretratos digital (1.1%). En este punto se identifica una limitación en cuanto a la tecnología utilizada, una discusión de esto se aborda más adelante.

*Comprensión de la notificación.* De las notificaciones percibidas (n=78), 3 de ellas no fueron comprendidas en su totalidad por los cuidadores; el elemento contextual no comprendido fue la *ubicación* de la SC (1 con el portarretratos digital y 2 con el dispositivo móvil). La gráfica de la Figura 7.9 muestra la cantidad de notificaciones percibidas y comprendidas por los cuidadores para cada mecanismo.



**Figura 7.8.** Porcentaje de notificaciones enviadas a cada uno de los mecanismos.



**Figura 7.9.** Notificaciones percibidas y comprendidas, por mecanismo de notificación.

### 7.2.3.2 Validación del Primer Principio de Diseño: Configuración del contenido de la notificación

Los cuidadores consideraron útil configurar el mensaje de notificación de acuerdo al contexto de la Situación de Cuidado (Ver Sección 6.3.2). Cuantitativamente, de las notificaciones percibidas por los cuidadores (n=78), se tuvo un 96.16% de interpretaciones correctas sobre el mensaje de notificación.

Cualitativamente, los cuidadores expresaron que en las SC's donde el adulto mayor estaba en riesgo por su ubicación, el sólo hecho de conocer dicha ubicación a través de la notificación fue información suficiente para acudir a atenderlo. En contraste con otras SC's, donde fue necesario conocer todos los elementos contextuales, como lo indica el siguiente comentario:

*“Fue importante conocer qué actividad estaba haciendo [el adulto mayor], aparte de lo que le estaba pasando (situación de cuidado), pues estando en su habitación (ubicación), uno piensa que está bien y que sólo llama para un snack o algo así”*

[Cuidador 1]

Esta evidencia valida el primer principio del modelo CANoE, al establecer elementos contextuales básicos para la notificación y elementos adicionales para la notificación. La

configuración del contenido de la notificación depende del contexto del emisor y es construido de tal forma que el receptor tenga información suficiente para atender el evento notificado.

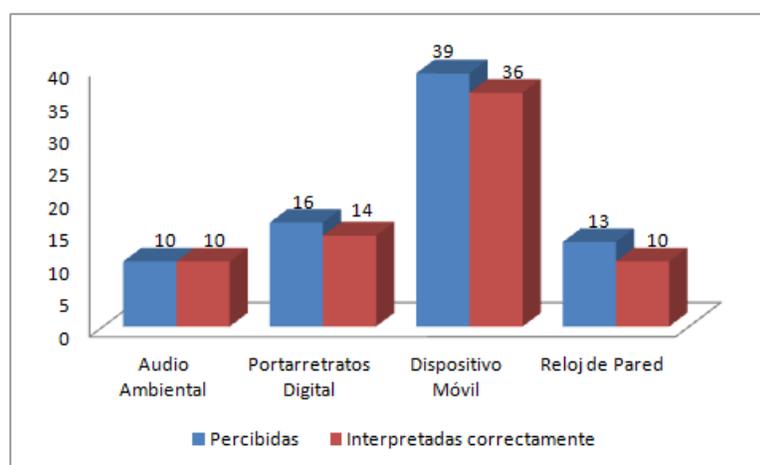
### 7.2.3.3 Validación del Segundo Principio de Diseño: Configuración de la prioridad de respuesta

En cada notificación enviada se proporcionó una prioridad de respuesta del cuidador, de acuerdo a su estado (Situación del Cuidador) y al estado del resto de los cuidadores.

De las notificaciones percibidas (n=78), en 8 de ellas no se identificó la prioridad de respuesta o ésta no fue interpretada correctamente por el cuidador. La gráfica de la Figura 7.10 muestra la cantidad de notificaciones en las que se interpretó correctamente la prioridad de respuesta con respecto al número de notificaciones percibidas por los cuidadores para cada mecanismo.

En las ocasiones en donde el cuidador no puso atención a la prioridad de respuesta fue porque de antemano él sabía que era un cuidador ‘disponible’. En estos casos el cuidador se encontraba realizando una actividad con bajo nivel de criticidad, y él mismo determinaba que su disponibilidad era alta, por lo que el sistema no se interponía ni en su percepción, ni en su capacidad de tomar la decisión.

*“no le tome tanta importancia a eso... porque yo sabía que era uno de los más disponibles.” [Cuidador 4]*



**Figura 7.10.** Notificaciones con interpretación correcta sobre la prioridad de respuesta por mecanismo.

En términos generales, los cuidadores perciben útil el envío de la prioridad de respuesta como parte de la notificación. El 80% de los cuidadores (4/5) expresaron que la prioridad de respuesta les ayuda en la toma de decisiones:

*“te indica si tú eres el más disponible para ir, o si eres el más ocupado y ... por eso uno se da cuenta, si vas a ir tú o tu compañero.”* [Cuidador 5]

Adicionalmente, los cuidadores percibieron que esta prioridad les permite iniciar una coordinación con respecto a la atención de la situación de cuidado. En varias ocasiones cuando el cuidador recibió una prioridad mediana y se encontraba realizando actividades con alto nivel de criticidad, el cuidador continuó realizando dicha actividad;

*“si la notificación me manda, por decir, el color amarillo, yo sé que es el medio, yo pienso que soy el cuidador un poco menos indicado para ir, y no interrumpir tanto mis labores”* [Cuidador 1]

Estos resultados comprueban que proporcionar prioridades de respuesta a los cuidadores es una buena estrategia en apoyo a la coordinación entre ellos para la atención de las situaciones de cuidado.

Esta evidencia valida el segundo principio del modelo CANoE, al proporcionar información relacionada con el estado del receptor respecto a los demás receptores. Se considera que cumple con la función de apoyar en la coordinación entre los receptores de la notificación.

#### ***7.2.3.4 Validación del Tercer Principio de Diseño: Adaptación de la presentación de la información.***

La presentación de la notificación fue adaptada en tiempo real a cada cuidador, según su actividad y ubicación. La evaluación se realizó instalando una instancia de cada uno de los tres mecanismos ambientales. Esto quiere decir, que con una configuración mínima del sistema de notificación CANoE-Aw se pudieron entregar todas las notificaciones. Lo anterior permitiendo validar la importancia de ‘adaptar el mecanismo de notificación según el contexto del cuidador’.

Como parte de los principales resultados se tiene que, los cuidadores consideran útil que se les notifique a través de mecanismos adecuados, los cuales envían la información a través de sus canales de percepción disponibles, con base en su actividad y ubicación. Tres ejemplos que ilustran lo anterior incluyen:

- i) Cuando el cuidador realizaba la actividad de movilización de un adulto mayor por el pasillo (*e.g.*, en silla de ruedas), como lo muestra la Figura 7.11, no era conveniente que el cuidador se detuviera a observar un mecanismo visual-ambiental y tampoco tenía sus manos desocupadas como para manipular el mecanismo visual-portable. Por lo tanto, la notificación se le presentó por Audio Ambiental y ésta pudo ser percibida sin tener que interrumpir su actividad. El cuidador indicó:

*“...más que yo tener que mirar, por eso, fue mejor oír”* [Cuidador 1]

- ii) Cuando la cuidadora se encontraba en la central de enfermería en actividad de comunicación (*e.g.*, hablando por teléfono con otra persona), su canal de percepción auditivo se encontraba ocupado. Por lo tanto, la notificación le llegó de manera visual y la cuidadora indicó:

*“de hecho si estás hablando por teléfono tu nada más volteas y miras la notificación en el reloj de pared, y ya se da cuenta uno”* [Cuidador 3]

- iii) Cuando el cuidador se encontraba en actividad de limpieza de la casa en la sala-comedor, como lo muestra la Figura 7.12, aunque sus manos y su vista las tenía



**Figura 7.11.** Cuidador recibiendo la notificación a través del mecanismo de ‘Audio Ambiental’.

ocupadas en esa actividad, ésta no era una actividad crítica. Por lo tanto, el cuidador recibió la notificación a través del Portarretratos Digital y comentó:

*“con el uso del [mecanismo del] portarretratos digital...como yo estaba doblando la ropa, mire lo que estaba pasando”* [Cuidador 1]

En términos generales, los cuidadores indicaron que las notificaciones, en su mayoría, fueron adecuadas según la ubicación y la actividad que se encontraban realizando. Al inicio de las sesiones de entrenamiento el cuidador se sentía confundido, al no saber mediante qué mecanismo se iba a presentar la notificación. Posteriormente, conforme transcurría la sesión, el cuidador fue aprendiendo e identificando las notificaciones a través de los diferentes mecanismos.

Cuantitativamente, de las notificaciones provenientes de los tres mecanismos ambientales (n=40), se logró una percepción exitosa en un 97.5%. Sin embargo, existieron limitaciones en la implementación de los mecanismos, ya que en el mecanismo del dispositivo móvil se implementó solamente una pista auditiva para llamar la atención del cuidador y en algunos casos (6/56) ésta no fue escuchada dadas las condiciones de ruido en el ambiente, por lo tanto el cuidador no se percató de la notificación.

Cualitativamente, los cuidadores percibieron las ventajas de ser notificados a través de diversos mecanismos y que la selección de éstos sea con base en su contexto actual.

*“los cuatro [mecanismos de notificación] son muy necesarios, yo pienso que los cuatro son uno”* [Cuidador 3]



**Figura 7.12.** Cuidador recibiendo la notificación a través del mecanismo del ‘Portarretratos Digital’.

Esta evidencia valida el tercer principio del modelo CANoE, al adaptar la presentación de la notificación con base en el contexto del receptor y su ambiente. Al implementar diferentes mecanismos de notificación es posible hacer uso de ellos con base en las condiciones que se presenten, buscando el objetivo de que el receptor se percate de la notificación debido a que se trata de una situación crítica.

En la siguiente sección se discuten las limitaciones identificadas y las lecciones aprendidas, tanto en el desarrollo como en la evaluación de las notificaciones CANoE.

### **7.3 Discusión**

La realización de ambos casos de estudio (Secciones 7.1 y 7.2) ha permitido determinar el impacto de introducir las notificaciones en la residencia geriátrica y validar el modelo para las notificaciones CANoE. Cabe mencionar que los mecanismos de notificación implementados son un ejemplo de lo que se puede diseñar para la presentación de las notificaciones, por lo tanto, el objetivo en sí, no fue sólo evaluar dichos mecanismos, sino conocer la interacción ‘usuario - sistema de notificación’ para validar cada uno de los principios de diseño propuestos en la notificación CANoE.

En esta sección se describen algunas implicaciones que se identificaron al desarrollar el sistema de notificación CANoE-Aw, principalmente en lo referente al proceso de monitorización y al proceso de notificación.

Primeramente, respecto al proceso de monitorización, el uso de diversos sensores instalados en el ambiente o en la ropa de las personas monitorizadas, así como el uso de cámaras (dentro de la técnica del Mago de Oz), pudiesen tener implicaciones referentes a cuestiones de privacidad. En algunos sistemas, los desafíos en la privacidad dependen en gran medida de la aceptación del proceso de monitorización como una necesidad con respecto a una aplicación dada [95, 96]; es decir, sacrifican algo de su vida privada para obtener cierto beneficio o determinada comodidad [97]. A continuación se describe una reflexión sobre este aspecto.

La monitorización del sistema CANoE-Aw describe en todo momento, principalmente, la actividad, la ubicación y la identidad de las personas (adultos mayores y cuidadores). Con respecto al efecto de monitorizar a los adultos mayores, aquellos que padecían algún grado de

deterioro cognitivo no se percataron de la presencia de las cámaras; en contraste, con el resto de los adultos mayores, se presentó un caso de una paciente con Esquizofrenia que preguntaba acerca de la presencia de las cámaras. Al principio ella se sentía espiada, pero se le explicó que se trataba de su seguridad y que las cámaras solamente se encontraban en áreas públicas, respetando su privacidad en la habitación y en los baños. Con respecto al efecto en los cuidadores, de manera similar se presentó un proceso de asimilación y comprensión. Al principio se sentían vigilados con el temor de ser denunciados si no hacían, o no hacían correctamente alguna actividad; pero posteriormente al ver en qué sentido era utilizado el contexto adquirido, desapareció ese temor y aceptaron el proceso de monitorización. Incluso, se percibió su confianza de que la información acerca de ellos y de los adultos mayores permanecía en la confidencialidad, pues no salía de la residencia. Y con respecto a los familiares, no hubo ningún inconveniente; al contrario agradecían el trabajo que se estaba realizando a favor de un mejor cuidado del adulto mayor. Este equilibrio, como un costo-beneficio, es lo que Jiang et al. llama el Principio de la Mínima Asimetría [98].

En conclusión para este punto, el proceso de monitorización previo al proceso de notificación puede generar, al principio, incomodidad e incluso rechazo en las personas monitorizadas; pero después es aceptable en función del beneficio obtenido. La adquisición de contexto es un proceso similar a un intercambio de información natural, como parte de una rendición de cuentas (*accountabilities of presence* [28]).

En segundo lugar, el proceso de notificación pudiese tener implicaciones en cuestiones de intrusividad para el ¿cuándo y cómo presentar la información? y cuestiones de privacidad para el ¿qué y cómo presentar la información?. En este caso los cuidadores eran conscientes de la presencia de la tecnología, así como de la urgencia de atención de una situación de cuidado al ser notificada. Con respecto a los adultos mayores, aquellos que padecían algún grado de deterioro cognitivo no se percataron de la presencia de los mecanismos de notificación. Y los adultos mayores con otros padecimientos, tampoco manifestaron algún grado de incomodidad, pareciera que los mecanismos no eran intrusivos en su entorno. Es importante mencionar dos cosas: i) en las habitaciones no se instalaron mecanismos de notificación ambientales, la notificación en estos casos se presentaba a través del mecanismo que portaba el cuidador; y ii) el tipo de información que se desplegaba en los mecanismos ambientales tuvo algún grado de

abstracción, es decir, no se refería a la notificación directa, ni visual, ni verbal (auditiva). Y con respecto a los familiares, también pareciera que los mecanismos de notificación no eran intrusivos, en un par de ocasiones, en lo que visitaban a su familiar les tocó presenciar la notificación y no expresaron rechazo o inconformidad alguna.

En conclusión para este segundo punto, la implementación del sistema CANoE-Aw en la residencia geriátrica respetó las condiciones de privacidad que fueron establecidas por el encargado de la residencia. Estas condiciones se refieren tanto a la captura del contexto, principalmente de los adultos mayores; así como a la representación de la información, es decir, algunos mecanismos de notificación codificaban la información (*e.g.*, Reloj de Pared). Los diferentes elementos contextuales, dentro de la notificación, consideraban algunos niveles de fidelidad de la representación que propone Pousman y Stasko [7]. Y por otro lado, se cuidaron aspectos de intrusividad al proponer una “transparencia” referente a la presencia de tecnología en la residencia.

## **7.4 Lecciones Aprendidas**

En las siguientes líneas se discuten algunas lecciones aprendidas, ya sea para el desarrollo de sistemas de notificación CANoE en sí, así como para los propios mecanismos de notificación:

*Adaptar el contenido de la notificación.* En ambientes críticos es importante conocer información suficiente de la situación crítica que se está presentando, la cual va a ser notificada; esta importancia radica en la comprensión que tenga el receptor sobre el evento notificado para su adecuada y oportuna atención. De acuerdo con la literatura, la adaptación del contenido en los sistemas de notificación conscientes del contexto se ha presentado solamente con base en la ubicación del receptor (LBNS), es decir, algunos trabajos [19, 99, 100] adaptan el contenido de la notificación con base en la ubicación del usuario. Sin embargo, estos trabajos no consideran adaptar el contenido conforme al evento a notificar. En contraste, nuestra propuesta adapta el contenido en términos de la cantidad y el tipo de elementos contextuales a presentar con base en el evento a notificar. Esta adaptación permite que la notificación sea comprendida por el receptor a través de la captura de información suficiente, sin que genere en el receptor una carga cognitiva adicional. Lo anterior tiene un impacto positivo en el tiempo invertido por el cuidador en cuanto a la comprensión la

notificación. Los resultados de la evaluación del sistema CANoE-Aw muestran evidencia de que esta adaptación permite que el cuidador tenga la información suficiente para la toma de decisiones, en cuanto a la atención del adulto mayor.

*Proporcionar prioridades de respuesta al receptor de la notificación.* La notificación en un ambiente crítico busca mantener un orden o una armonía en el ambiente, al alertar a los receptores sobre alguna situación crítica para que ésta sea atendida oportunamente. En la caracterización realizada en un ambiente crítico (Ver Capítulo 3), se identificó que los cuidadores carecen de estrategias para coordinarse durante la atención de las situaciones de cuidado de los adultos mayores. El proporcionar la prioridad de respuesta, como información adicional a la descripción del evento notificado, les permite a los receptores de la notificación mantener dicho orden en el ambiente, al tomar la decisión de atender el evento notificado o continuar realizando su actividad. Esta decisión la toma el receptor al conocer su estado y compararlo con respecto al estado del resto de los receptores. La literatura reporta sistemas para hospitales [2, 101], en donde se les permite a los médicos conocer la ubicación de sus colegas, pero la notificación no utiliza esta información para tomar decisiones al momento de presentarse alguna situación crítica, solamente es información de contexto mostrada a petición del usuario. En contraste, el sistema de notificación CANoE-Aw utiliza la información de los cuidadores (ubicación y actividad) para proporcionar una prioridad de respuesta a cada cuidador. Esta información les permite a los cuidadores mantener una armonía o estabilidad en la residencia, al tener una coordinación en la ejecución de las actividades del proceso de cuidado hacia los adultos mayores durante la ocurrencia de una situación de cuidado. Esta característica de la notificación CANoE permite que todos los receptores se enteren del evento sucedido, incluso si se encuentran realizando una actividad crítica, y adicionalmente reciban información sobre su estado con respecto al resto de los receptores, apoyando así en la toma de decisiones para la atención de dicho evento.

*Adaptar la presentación de la notificación.* La forma de presentar la notificación juega un papel muy importante en la recepción exitosa de la misma. Algunos sistemas de notificación [40, 44] han considerado esta adaptación pero de una forma *pasiva*, es decir, analizan el perfil del receptor de la notificación y diseñan un solo mecanismo para presentar la información, omitiendo la consideración de que la presentación se realice de una manera adecuada. Otros

trabajos [17, 24] sí consideran notificar a través de diferentes mecanismos y de una forma *activa*, es decir, haciendo una selección del mecanismo en tiempo real, pero solamente bajo la condición del evento a notificar (es decir, consideran básicamente el contexto del emisor, y no del receptor). En estos últimos trabajos no se considera la disponibilidad física del receptor para adaptar la presentación de la notificación. En contraste, las notificaciones CANoE, dentro de sus tres principios de diseño, tienen el principio de adaptar la presentación de manera activa con base en el contexto del emisor, del receptor y del ambiente, con el objetivo de garantizar que el receptor perciba y comprenda la notificación. Dentro del diseño de los mecanismos de notificación CANoE es importante considerar también la adaptación de la pista de la notificación. Los resultados de la evaluación del sistema CANoE-Aw muestran evidencia de la necesidad de implementar una pista táctil en el dispositivo móvil, adicional a la pista auditiva implementada.

*Conciencia del cuidador para prevención.* En el desarrollo del sistema de notificación CANoE-Aw, los cuidadores apoyaron la decisión de realizar la notificación desde la primera fase de las situaciones de cuidado. Lo anterior con la finalidad de evitar que se genere un problema mayor (*e.g.*, invasión del espacio físico → discusión → agresión entre los AM's). Algunos trabajos [5, 17] notifican a los cuidadores en residencia, pero hasta que ya sucedió la situación de riesgo y no consideran notificar a los cuidadores para prevenir situaciones críticas. En contraste, desde el inicio de esta investigación [35], la caracterización del proceso de cuidado en residencia permitió identificar los estados que pueden ser detectados y que son previos a una situación de riesgo. De esta manera, un sistema de notificación CANoE envía notificaciones al momento en el que se identifican estos estados, permitiendo así, la prevención de una situación de riesgo en diversas ocasiones.

*Adopción de los mecanismos de notificación.* Este punto se refiere en particular al uso de los mecanismos de Reloj de Pared y Audio Ambiental del sistema de notificación CANoE-Aw. Los cuidadores percibían los dos elementos contextuales que estos mecanismos proporcionaban, y actuaban con la conciencia previa de que se trataba de situaciones de cuidado provocadas por la ubicación de los adultos mayores. Lo anterior significa que la carga cognitiva de los cuidadores fue mínima en la percepción de estas notificaciones. Con respecto a este punto, se puede proyectar un ambiente saturado de tecnología donde las notificaciones

CANoE se presentan con base en el estado del receptor y, éste al identificar el tipo de notificación, aprende y adopta los mecanismos mediante los cuales se le estará notificando.

*Diseño participativo de los receptores de la notificación sobre los elementos contextuales a utilizar.* En la implementación del sistema de notificación CANoE-Aw se consideró a los cuidadores (receptores de la notificación), como co-diseñadores de los mecanismos de notificación. Particularmente, los cuidadores definieron elementos contextuales para ser presentados en la notificación, como imágenes, sonidos y colores. La razón de este diseño co-participativo fue que se manejaran elementos que fueran reconocidos fácilmente por los cuidadores. Por ejemplo, el mecanismo del Reloj de Pared muestra una imagen asociada a la identidad del adulto mayor, para representar dicho elemento contextual. Los cuidadores al conocer los gustos y comportamientos de cada adulto mayor sugirieron una imagen para cada uno de ellos la cual fuera fácil y rápidamente reconocida. En este punto, la lección aprendida fue en relación a la inclusión de diversos elementos contextuales en una notificación CANoE con la participación de los receptores potenciales de dicha notificación.

*Flexibilidad en la selección de características para el diseño de los mecanismos de notificación.* En la literatura se han identificado diversos espacios de diseño para las notificaciones [4, 7, 9, 10]; esta diversidad se presenta por un lado en el tipo de sistemas al que está enfocado, y por otro lado en el grado de prescripción de las dimensiones de diseño. Un ejemplo de ello, son los modelos que se proponen para el cómputo vestible y los sistemas ambientales [7, 9]. En el primer caso, Kern y Schiele [9] proponen dos dimensiones de diseño para los mecanismos de notificación basadas en el concepto del nivel de interrupción. Posteriormente, de acuerdo a dichos niveles en cada dimensión sugieren un tipo de tecnología a utilizar (*e.g.*, para un nivel de interrupción bajo en el ambiente y alto para el usuario, se recomienda el uso de un despliegue montado en la cabeza (HMD) con una pista no intrusiva para el ambiente (vibración)). En contraste, Pousman y Stasko [7] definen cuatro dimensiones de diseño relacionadas con características relevantes para los sistemas ambientales. Sin embargo, su propuesta no determina qué tecnología utilizar, sino que establece diferentes niveles para cada dimensión de diseño, en donde los desarrolladores de sistemas ubican sus mecanismos de notificación de acuerdo a sus necesidades y posibilidades. En este trabajo, para la implementación del sistema de Notificación CANoE-Aw se tomaron decisiones de diseño

muy enfocadas a la problemática identificada. Un ejemplo de ello, es la decisión de instalar un mecanismo de notificación visual en la Central de Enfermería, en donde frecuentemente el canal auditivo del cuidador se encuentra ocupado. Lo anterior indica, que el modelo de notificación CANoE propone dimensiones de diseño para los mecanismos en escenarios críticos, pero al igual que el modelo de Pousman y Stasko [7], no determina la tecnología a utilizar. Las decisiones particulares de diseño sobre los mecanismos deben estar fundamentadas en las características del ambiente y de la problemática que se requiere abordar.

*Factibilidad tecnológica de las notificaciones conscientes del contexto.* Más allá del beneficio de una notificación CANoE, del cual se tiene evidencia en este capítulo; este punto trata de enfatizar lo aprendido en la *captura de contexto* dentro del desarrollo de notificaciones conscientes del contexto para ambientes críticos. Por una parte, en la literatura se reportan sistemas con altos índices de efectividad en sus métodos de inferencia (99.96% en inferir ubicación [102] y 82.8% en inferir actividad [103]). Una prueba de concepto de sistemas de monitorización para residencias geriátricas se expone en el Apéndice B. Y por otra parte, se argumenta que la adquisición de contexto continua siendo un reto para los sistemas de monitorización, tanto para confirmar la ubicación de una persona [104], como para inferir la actividad que ésta se encuentra desarrollando [85]. Sin embargo, día a día las nuevas tecnologías nos permiten una mejor captura de los datos, o la combinación de éstas proporcionan una mejor robustez de los sistemas (*e.g.*, acelerómetros cuya antena soporta la lectura de hasta 16 sensores inalámbricos simultáneamente<sup>6</sup>).

Este aprendizaje, resumido en los puntos anteriormente expuestos nos permite confirmar que una notificación en un ambiente crítico debe ser adaptada con base en el contexto adquirido según el modelo CANoE.

## 7.4 Resumen del Capítulo

En este capítulo se han presentado los resultados de dos casos de estudio realizados en una residencia geriátrica. Los objetivos fueron: i) conocer el impacto de introducir

---

<sup>6</sup> Sensores ZSTAR3 de Freescale™  
([http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod\\_summary.jsp?code=RD3172MMA7456L](http://www.freescale.com/webapp/sps/site/prod_summary.jsp?code=RD3172MMA7456L))

notificaciones en un ambiente crítico real y ii) validar los principios de diseño del modelo de notificación CANoE, a través del uso del sistema de notificación CANoE-Aw.

El desarrollo y evaluación del Sistema de Notificación CANoE-Aw demuestran la aplicabilidad del modelo de notificación CANoE. El principal beneficio es el incremento de la conciencia del cuidador (receptor) sobre la ocurrencia de las situaciones de cuidado; y por consecuencia una atención oportuna y adecuada a los adultos mayores.

Estos resultados revelan que en un ambiente crítico como la residencia geriátrica es indispensable considerar al receptor y a su ambiente para la adaptación de las notificaciones. Aunque los cuidadores percibieron una alta utilidad y facilidad de uso en las notificaciones con los mecanismos implementados, algunos aspectos del diseño tienen que seguirse trabajando, de manera que todas las situaciones en las que los cuidadores se pueden encontrar al momento de generarse una notificación puedan ser cubiertas.

En el siguiente capítulo se muestran las conclusiones de este trabajo, las principales contribuciones y el trabajo a futuro.

## **CAPÍTULO 8**

### **CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO**

En este último capítulo, primeramente se presenta una discusión final, la cual incluye la ubicación de la contribución de este trabajo en tres áreas computacionales: Cómputo Consciente del Contexto, Trabajo Colaborativo Asistido por Computadora (CSCW, por sus siglas en inglés) e Interacción Humano-Computadora (IHC). En segundo lugar, se presentan las conclusiones generales para este trabajo. Posteriormente se enlistan otras contribuciones y finalmente, se presentan las limitaciones identificadas, así como el trabajo futuro y las publicaciones realizadas.

#### **8.1 Discusión Final**

La motivación principal de este trabajo se centra en la falta de modelos, como herramientas de diseño adecuadas, que apoyen el desarrollo de sistemas de notificación para ambientes a los que denominamos críticos. Aunque en la literatura se reportan modelos de configuración para notificaciones en otros tipos de ambientes, tales como oficina, biblioteca, etc. [4, 7, 9, 10], la aplicación de dichos modelos atiende parcialmente los requerimientos identificados para un ambiente crítico (Ver Capítulo 3 y 4). Estos requerimientos incluyen que: la notificación no se puede omitir, la notificación debe ser percibida y comprendida por el receptor, la adaptación de la notificación debe considerar información del ambiente y de los actores que habitan en él, se deben considerar las fases de la situación crítica y el apoyo a la coordinación de los receptores de la notificación.

La inclusión del *Cómputo Consciente del Contexto* en el desarrollo de sistemas de notificación permite la adaptación de las notificaciones, en ocasiones de manera *pasiva* y en otras, de manera *activa*.

En este trabajo se propuso establecer una adaptación *activa* a las notificaciones a través del modelo CANoE. El modelo considera adaptar la creación, el envío y la presentación de las notificaciones en tiempo real, a través del uso del contexto proveniente de tres fuentes: el emisor del evento, el receptor de la notificación y el ambiente. Situación que no ocurre con las notificaciones con adaptación pasiva. De esta manera se ubica al modelo CANoE como una aplicación del *Cómputo Consciente del Contexto*, definiendo una nueva adaptación de los sistemas de notificación. Específicamente el sistema de notificación construido a partir de este modelo, como ya se mencionó, hace uso de diversas fuentes de contexto con el objetivo de asegurar la recepción, percepción y comprensión de la notificación. Dicho en otras palabras, toda la información de contexto utilizada es un aspecto clave en la creación de la notificación. Otros sistemas ya habían utilizado información de contexto [17, 19, 21], pero de manera aislada; la contribución de este trabajo para ésta área es unificar la información contextual del entorno de la notificación (emisor, receptor y ambiente), con énfasis en que el receptor de la notificación actúe oportuna y adecuadamente.

Es entonces la contribución principal de este trabajo, el concepto de *Notificación CANoE* y *el Modelo de Notificaciones CANoE* como una herramienta para la construcción de notificaciones conscientes del contexto en ambientes críticos. La originalidad del modelo aquí propuesto reside, por una parte, en la adaptación de tres aspectos ya mencionados (Ver Figura 5.2), así como en la consideración de múltiples fuentes de contexto para realizar dicha adaptación. Por otra parte, en el apoyo a la coordinación de los receptores de la notificación para atender el evento notificado. La contribución recae en el área de CSCW, una notificación CANoE comunica a los receptores sobre la ocurrencia de una situación crítica y a la vez proporciona información para apoyar la coordinación entre ellos. Esta segunda funcionalidad fue incluida porque el dominio de aplicación incluye la ocurrencia de situaciones críticas y la presencia de un conjunto de receptores; lo que para las residencias geriátricas se resume como un cuidado coordinado asistido por computadora (CSCC) [55]. La contribución de este trabajo

para ésta área es el incluir una estrategia de coordinación dentro de un sistema de notificación consciente del contexto que alerta a un grupo de receptores en un ambiente crítico.

Los sistemas de notificación creados a partir del modelo CANoE pueden considerarse como sistemas de vigilancia, de acuerdo a la definición propuesta por Rätty [95]. En esta definición se incluye que el sistema permite la toma de decisiones para mejorar la seguridad. Sin embargo, para el sistema de notificación, la obtención de información no se restringe a la captura de datos a través de video [105], sino que se puede hacer uso de diversos sensores, tal como se expone en el Apéndice B. Para el dominio de aplicación en este trabajo, la ‘seguridad’ se refiere al bienestar y calidad de vida de los adultos mayores con deterioro cognitivo. En otros escenarios, como lo es el caso de las prisiones, el mejorar la seguridad se refiere a prevenir suicidios o fugas [31]. Incluso, si se tratara de un escenario donde el emisor de la notificación no sea una persona, sino un sistema mecánico-electrónico el cual pudiese verse involucrado en una situación crítica; una notificación CANoE de igual forma consideraría el contexto del emisor, del receptor y del ambiente para adaptar la notificación.

Este trabajo, finalmente, tiene una contribución en el área de Interacción Humano-Computadora al establecer un modelo de notificaciones consciente del contexto (Modelo CANoE) que considera características particulares de un ambiente crítico (*e.g.*, residencia geriátrica) y de los actores que en él se desempeñan (*e.g.*, adultos mayores y cuidadores). El modelo CANoE se fundamenta en la adaptación en tiempo real del sistema de notificación para que los receptores perciban la información a través de los sentidos (canales de percepción) disponibles al momento de la notificación. En la literatura no se identificó otro modelo o sistema de notificación que se adaptara con base en los sentidos disponibles del receptor, considerando también las características del ambiente que lo rodea y las actividades que éste realiza al momento de la notificación, con el fin de mejorar su percepción de la misma.

Finalmente, este trabajo puede ser citado desde la perspectiva de la IHC en tres aspectos, los cuales son parte de las lecciones aprendidas: i) adopción de los mecanismos de notificación, ii) diseño participativo de los usuarios en la construcción de mecanismos de notificación, y iii) flexibilidad en la selección de características para el diseño de los mecanismos de notificación. Por ejemplo, para el último aspecto, el modelo de notificación

CANoE propone dimensiones de diseño para los mecanismos de presentación de información en escenarios críticos, pero no determina la tecnología a utilizar. Las decisiones particulares de diseño sobre dichos mecanismos deben estar fundamentadas en las características del ambiente y de la problemática que se requiera abordar con el sistema de notificación.

## **8.2 Conclusiones**

El proceso de cuidado de un adulto mayor con deterioro cognitivo no es una tarea sencilla, debido a que el estado de salud del adulto mayor presenta cambios significativos a lo largo de su enfermedad, los cuales, en etapa avanzada, lo hacen ser totalmente dependiente. Por las características del proceso de cuidado que se requiere para estos adultos mayores, es de suma importancia incrementar la conciencia de los cuidadores sobre las situaciones de cuidado que se presentan en la residencia geriátrica. En esta dirección, este trabajo presenta el desarrollo y evaluación de un sistema de notificación (CANoE-Aw) a partir del modelo CANoE propuesto, el cual proporciona evidencia de la aplicabilidad del modelo y de la utilidad de las notificaciones en apoyo al proceso de cuidado del adulto mayor en residencias geriátricas. Esta utilidad se ve reflejada en el incremento de la conciencia por parte de los cuidadores sobre las situaciones de cuidado que se presentan en la residencia. Y esto a su vez, se puede ver reflejado en una mejora del cuidado proporcionado a los adultos mayores.

De las principales características del concepto y del modelo CANoE, se derivan las siguientes conclusiones:

1. Para la creación de Sistemas de Notificación en ambientes críticos se debe considerar el contexto del emisor, del receptor y del ambiente, en función de adaptar la notificación.
2. Se debe enfatizar en:
  - a. La criticidad y el tipo de eventos que se pueden presentar
  - b. La criticidad de atención que requieren dichos eventos
  - c. La movilidad de los receptores dentro del ambiente
  - d. Las actividades de los receptores
3. El Cómputo Consciente del Contexto apoya en el desarrollo de Sistemas de Notificación CANoE al:

- a. Tomar decisiones de diseño e implementación basadas en el contexto del ambiente crítico.
  - b. Adaptar la notificación en tiempo real para garantizar su entrega oportuna, la percepción y comprensión de la misma.
4. El modelo CANoE se puede considerar como una herramienta para: i) el diseño de mecanismos de presentación de información, ii) el desarrollo de sistemas de notificación para ambientes críticos, y iii) la clasificación de sistemas de notificación.

El desarrollo de este trabajo proporciona un aprendizaje, el cual fue expuesto en el capítulo anterior y en este capítulo se concluye que:

- ✓ En ambientes críticos es importante conocer información suficiente de la situación crítica que se está presentando; esta importancia radica en la comprensión que tenga el receptor sobre el evento notificado para su adecuada y oportuna atención.
- ✓ En la atención de una situación crítica, el factor ‘coordinación’ es importante para los receptores de la notificación. En la literatura se han identificado sistemas para hospitales [2, 101], donde les permite a los médicos conocer la ubicación de sus colegas, pero la notificación no utiliza esta información para tomar decisiones al momento de presentarse alguna situación crítica, solamente es información de contexto mostrada a petición del usuario.
- ✓ La forma de presentar la notificación juega un papel muy importante en la recepción exitosa de la misma. Algunos sistemas [17, 24] consideran notificar a través de diferentes mecanismos haciendo una selección del mecanismo en tiempo real, pero solamente bajo la condición del evento a notificar (es decir, consideran básicamente el contexto del emisor, y no el del receptor).

Con respecto a estos tres puntos, los resultados de este trabajo muestran evidencia de que:

- ✓ Proporcionar información suficiente al receptor de la notificación apoya en la atención del evento notificado.
- ✓ Proporcionar una ‘prioridad de respuesta’ a cada receptor, a través del uso de información (contexto) de los receptores, apoya a la toma de decisiones.

- ✓ Presentar la notificación de una manera adecuada, garantiza la percepción de la misma por parte del receptor.

### 8.3 Otras Contribuciones

- ✓ *La propuesta de una Taxonomía para los Sistemas de Notificación en ambientes del Cuidado de la Salud.* La taxonomía no solamente permite clasificar los sistemas de notificación actuales, sino que además permite identificar áreas de oportunidad en estos tipos de sistemas. En este trabajo se argumenta que la originalidad de nuestra taxonomía reside en la consideración de los seis aspectos de una notificación: ¿Qué?, ¿Cómo?, ¿Dónde?, ¿Cuándo?, ¿Por qué? y ¿Quién? (Ver Figura 2.1).
- ✓ *La caracterización del proceso de cuidado del adulto mayor en residencia geriátrica.* La introducción de tecnología de notificación involucra el conocimiento del ambiente, principalmente para la obtención de requerimientos. En la literatura revisada no se identificaron trabajos que propusieran sistemas de notificación para residencias geriátricas con base en algún estudio de entendimiento. El estudio de caracterización realizado permitió identificar las situaciones críticas que se presentan o se pueden presentar en las residencias geriátricas, entender el comportamiento de los adultos mayores (como emisores de la notificación) y el perfil de los cuidadores (como receptores de la notificación), así como, entender las características del ambiente que pueden estar relacionadas con el proceso de notificación. Se definen los conceptos de *Situación de Cuidado* y *Situación del Cuidador*.
- ✓ *Un sistema de notificación CANoE-Aw basado en una instancia del Modelo de Notificación CANoE.* Este sistema contribuye a una solución ante la escasa conciencia de los cuidadores sobre situaciones de cuidado en residencias geriátricas, con la característica principal de adaptar la notificación en tiempo real con base en el contexto de los cuidadores (receptores). En la literatura se identificaron desarrollos de sistemas de notificación en residencias geriátricas [5, 33, 42], pero éstos no consideran al receptor de la notificación como una fuente de contexto. La originalidad de nuestra implementación no solamente reside en la

instrumentación y aplicación de los principios de diseño que conforman el modelo CANoE, sino en la validación del modelo a partir de la creación de una instancia de dicho modelo para las notificaciones en residencia geriátrica.

- ✓ *Resultados de la evaluación in-situ del sistema de notificación CANoE-Aw.* El desarrollo de dos casos de estudio permitieron evaluar el sistema de notificación en un ambiente crítico real. La relevancia de dichos estudios se presenta, para el primer caso, en identificar el impacto que tienen las notificaciones en este tipo de ambiente, con respecto al conocimiento de las situaciones críticas; en la literatura revisada no se ha identificado algún estudio similar. Y para el segundo caso, validar los principios de diseño propuestos en el modelo de notificación CANoE. A partir de dicha validación se obtiene un conjunto de lecciones aprendidas (Ver Sección 7.4). Los resultados de la evaluación revelan que en un ambiente crítico es indispensable considerar al receptor y a su ambiente para la adaptación de las notificaciones. En esta evaluación se pudo obtener:
  - Un aumento del 10% en la prevención de la 2ª fase de las situaciones de cuidado, esto debido a la entrega oportuna de las notificaciones, al identificar la primera fase de la situación de cuidado.
  - Una reducción del 85% sobre el tiempo en el que los receptores adquieren conciencia sobre las situaciones de cuidado.
  - Una percepción de las notificaciones por parte de los receptores en un 88.6% de las ocasiones.
  - Una comprensión correcta del contenido de la notificación en un 96.15%.
  - Un aumento de más del 100% en el conocimiento de situaciones de cuidado ocurridas.

Con estos resultados se valida el modelo CANoE para la construcción de notificaciones en ambientes críticos. Así como, la aceptación de los participantes por utilizar el sistema CANoE-Aw. Lo anterior muestra evidencia de que al implementar el modelo es posible notificar de una manera consistente y novedosa.

## 8.4 Limitaciones de la Investigación

Demostrar la eficiencia de un modelo para la construcción de notificaciones es una tarea compleja, demandante y larga [106, 107]. Más aún, desarrollar diversos sistemas de notificación con base en el modelo propuesto implica un estudio de caracterización en cada ambiente y el desarrollo mismo de dichos sistemas, lo que hace ser una tarea más compleja y ambiciosa.

Algunas limitaciones de este trabajo son las siguientes:

- **En la aplicabilidad del modelo CANoE se consideró solamente un tipo de notificación: *Alarma sobre situaciones de cuidado*.** El modelo está diseñado para generar notificaciones dentro y fuera de la categoría de ‘alarmas’, sin embargo para la problemática abordada se generó sólo un tipo de notificación. En la revisión del estado del arte (Capítulo 2) y en el estudio de caracterización (Capítulo 3) se hace evidente la necesidad de desarrollar otros tipos de sistemas de notificación para diferentes propósitos, como lo serían los informes o recordatorios (*e.g.*, un recordatorio para el cuidador sobre los horarios de cambios de postura para adultos mayores con movilidad restringida).
- **La validación del modelo se realizó solamente en un tipo de ambiente crítico.** Con base en el prototipo desarrollado, el modelo CANoE se valida solamente en un ambiente de residencia geriátrica, como una instancia de los ambientes críticos. Y aunque se tuvo un impacto positivo sobre dicho sistema y sobre los principios de diseño aplicados al sistema, esto no nos permite garantizar el mismo éxito en otros tipos de ambientes críticos (*e.g.*, guardería).
- **Las características de los mecanismos de notificación implementados.** El desarrollo de los mecanismos de notificación se realizó con base en la tecnología que se tenía disponible en el grupo de trabajo en ese momento, y se podría considerar que las características de los mecanismos de notificación fueron limitadas. En la discusión del Capítulo 7 se describen algunas características deseables por explorar en la implementación de los mecanismos de notificación.

Este trabajo ha tratado de proporcionar principios de diseño básicos para la adaptación de las notificaciones, a partir de los cuales se puede continuar investigando y refinando para poder ser usados por otros ambientes críticos, incluso llegar a proponer guías de diseño más aplicables para los diseñadores de sistemas.

## 8.5 Trabajo Futuro

En esta sección se enlistan algunas ideas que pueden mejorar o extender algunos aspectos del trabajo aquí presentado, algunas de estas propuestas están dirigidas a atender las limitaciones presentadas en la sección anterior:

- *El desarrollo de nuevas instancias del modelo CANoE*; se propone considerar los diferentes tipos de notificación que abarca el modelo (*e.g.*, situaciones a notificar con bajo nivel de urgencia). Esto permitirá validar las diferentes escalas de las dimensiones de diseño del modelo CANoE.
- *La exploración de otras características para los mecanismos de notificación*; se propone continuar trabajando sobre las diferentes modalidades para desplegar información, por ejemplo, que los mecanismos de notificación consideren pistas táctiles para situaciones donde el receptor no tiene disponible el canal auditivo (*e.g.*, ambientes con ruido alto y excesivo).
- *La creación de un sistema de notificación con auto-aprendizaje*; se propone que la reacción o no acción de los cuidadores post-notificación sea parte del contexto a adquirir y esto le permita al sistema mejorar la adaptación de la notificación. Dada esta variación, también se propone explorar otras técnicas de Inteligencia Artificial alternas a los árboles de decisión y de esta manera, hacer un comparativo en cuanto a desempeño y eficiencia.
- *La validación del modelo de notificación CANoE desde la perspectiva de los desarrolladores de aplicaciones*; esta propuesta es con el objetivo de establecer guías de diseño, las cuales puedan tener una aplicación directa en el desarrollo de los mecanismos de notificación. Sin embargo, se debe de cuidar que dichas guías sean flexibles y adaptables a los diferentes tipos de ambientes críticos identificados.

El proceso de monitorización de las situaciones de cuidado de los adultos mayores estuvo fuera del alcance de este trabajo. Sin embargo, para futuras investigaciones existe la posibilidad de direccionar dos trabajos:

- *Extender la arquitectura básica propuesta*; al integrar tecnologías para la adquisición del contexto que ya han sido probadas y, medir su desempeño y su eficiencia (confiabilidad en los datos) en ambientes de residencia. Incluso poder crear soluciones más efectivas y de bajo costo.
- *Proponer la integración de diversas tecnologías de adquisición del contexto para inferir situaciones críticas más complejas*; existen situaciones de cuidado del adulto mayor que todavía representan un reto el inferirlas. En la Tabla 8.1 se describen algunas de estas situaciones, los esquemas o la manera de poder inferirlas y los mecanismos identificados en la literatura que podrían ser utilizados.

## 8.6 Publicaciones

Un resultado importante de este trabajo de investigación, lo constituyen las publicaciones realizadas. A continuación se enlistan las referencias a los trabajos publicados.

**Tabla 8.1.** Mecanismos propuestos para la inferencia de situaciones de cuidado complejas.

<b>Situación de Cuidado</b>	<b>Esquema</b>	<b>Mecanismo propuesto</b>
Discusiones y/o agresiones entre los pacientes	Gritos	Sensores de Audio [3]
	Agresiones entre personas	Visión Computacional [6]
Agresiones a los cuidadores	Agresiones entre personas	Visión Computacional [6]
El auxilio al pararse o al caminar por parte de un paciente	Movimiento de la silla de ruedas	Sensores de Movimiento [8] [11]

**Publicación en revista:**

1. Nava-Muñoz S., Morán A.L. CANoE: A Context-Aware Notification Model to Support the Care of Older Adults in a Nursing Home. *Sensors*. 2012; 12(9):11477-11504.

**Publicación en capítulo de libro:**

1. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán. A review of Notifications Systems in Elder Care Environments: Challenges and opportunities, Book chapter in Handbook of Research on ICTs for Human-Centered Healthcare and Social Care Services, IGI Global Publisher. (Aceptado para su publicación en Abril de 2013).

**Publicación en congresos internacionales:**

1. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán, Claudia M. Rangel, Viridiana Silva. CU-IDA: A Context-Aware System to Support the Coordination of Caregivers in a Nursing Home, Workshop on Ambient Intelligence on Healthcare and Social Wellness at 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI'11), Riviera Maya, Mexico, December 2011. ISBN: 978-84-694-9677-0.
2. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán, Jesús Favela. 2010. Providing Awareness of Elder's Situations of Care through a Context-Aware Notification Environment: A Preliminary Evaluation. 6th International Conference on Intelligent Environments - IE'10, Kuala Lumpur, Malaysia, 19-21 July 2010, pp. 134-139, ISBN: 978-0-7695-4149-5.
3. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán, Victoria Meza-Kubo. 2010. Context-Aware Notifications: A Healthcare System in a Nursing Home. Pervasive Systems for Healthcare in Intelligent & Interactive Multimedia: Systems & Services 2010, SIST 6, pp. 241–250, Baltimore, USA, 28-30 July 2010, ISBN: 978-3-642-14618-3.
4. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán, Mónica Tentori, Claudia Espinel. 2009, Notificaciones Conscientes del Contexto: Estudio de Caso Cuidadores Formales de Adultos Mayores. Latin-American Conference on Human-Computer Interaction (CLIHIC'09), Mérida, Yucatán. 9-11 Nov. 09. PP 85-86. ISBN 978-607-7753-32-2.

5. Sandra Nava-Muñoz, Alberto L. Morán, Mónica Tentori, 2009, “A Taxonomy of Notification Technology for Assisting the Caregivers of Elders with Cognitive Decline”, Extended proc. 13th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI'09), San Diego, CA, USA 19-24 July 09. PP 956-960. ISBN 978-3-642-02884-7.

**Publicación en congresos nacionales:**

1. Sandra Nava-Muñoz, Notificaciones Conscientes del Contexto como Apoyo al Cuidador de Adultos Mayores con Deterioro Cognitivo, Consorcio Doctoral dentro del 3er. Taller Mexicano de Interacción Humano Computadora (MEXIHC 2010), Noviembre 8-10, 2010, San Luis Potosí, México.

## REFERENCIAS

- [1] S. Consolvo, P. Roessler, and B. Shelton, "The CareNet Display: Lessons Learned from an In Home Evaluation of an Ambient Display," in *UbiComp 2004: Ubiquitous Computing: 6th International Conference*, Nottingham, UK, 2004, pp. 1-17.
- [2] J. Favela, M. Tentori, L. Castro, V. González, E. Moran, and A. Martínez-García, "Activity Recognition for Context-aware Hospital Applications: Issues and Opportunities for the Deployment of Pervasive Networks," *MONET*, vol. 12, pp. 155-171, 2007.
- [3] L. C. D. Silva, "Multi-sensor based human activity detection for smart homes," presented at the Proceedings of the 3rd International Universal Communication Symposium, Tokyo, Japan, 2009.
- [4] D. S. McCrickard, C. M. Chewar, J. P. Somervell, and A. Ndiwalana, "A model for notification systems evaluation-assessing user goals for multitasking activity," *ACM Trans. Comput.-Hum. Interact.*, vol. 10, pp. 312-338, 2003.
- [5] J. M. Corchado, J. Bajo, and A. Abraham, "GerAmi: Improving Healthcare Delivery in Geriatric Residences," *Intelligent Systems, IEEE*, vol. 23, pp. 19-25, 2008.
- [6] M.-C. Chang, N. Krahnstoever, S. Lim, and T. Yu, "Group Level Activity Recognition in Crowded Environments across Multiple Cameras," presented at the Proceedings of the 2010 7th IEEE International Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance, 2010.
- [7] Z. Pousman and J. Stasko, "A taxonomy of ambient information systems: four patterns of design," in *Working Conference on Advanced Visual interfaces Venezia*, Italy, 2006, pp. 67-74.
- [8] H. Kanai, G. Tsuruma, T. Nakada, and S. Kunifuji, "Notification of dangerous situation for elderly people using visual cues," in *Proceedings of the 13th international conference on Intelligent user interfaces*, Gran Canaria, Spain, 2008, pp. 345-348.
- [9] N. Kern and B. Schiele, "Context-Aware Notification for Wearable Computing," in *Proceedings of the 7th IEEE International Symposium on Wearable Computers*, Washington, DC, USA, 2003, p. 223.
- [10] R. Hansson, P. Ljungstrand, and J. Redström, "Subtle and Public Notification Cues for Mobile Devices," in *Proceedings of the 3rd international conference on Ubiquitous Computing*, Atlanta, Georgia, USA, 2001, pp. 240-246.
- [11] D. Wilson and C. Atkeson, "Simultaneous Tracking and Activity Recognition (STAR) Using Many Anonymous, Binary Sensors Pervasive Computing." vol. 3468, H. Gellersen, *et al.*, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2005, pp. 329-334.
- [12] A. Carzaniga, D. S. Rosenblum, and A. L. Wolf, "Design and evaluation of a wide-area event notification service," *ACM Trans. Comput. Syst.*, vol. 19, pp. 332-383, 2001.
- [13] A. Dix, J. Finlay, G. Abowd, and R. Beale, *Human-Computer Interaction*, 3rd. ed.: Pearson/Prentice-Hall, 2004.
- [14] A. K. Dey and G. D. Abowd, "CybreMinder: A Context-Aware System for Supporting Reminders," in *Proceedings of the 2nd international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Bristol, UK, 2000, pp. 172-186.

- [15] A. K. Dey, D. Salber, M. Futakawa, and G. D. Abowd, "An architecture to support context-aware applications," Georgia Institute of Technology, College of Computing, Technical Report GIT-GVU-99-23, 1999.
- [16] B. Schilit, N. Adams, and R. Want, "Context-aware computing applications," in *Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, 1994.*, Santa Cruz, California, USA, 1994, pp. 85-90.
- [17] F. Paganelli, E. Spinicci, and D. Giuli, "ERMHAN: a context-aware service platform to support continuous care networks for home-based assistance," *Int. J. Telemedicine Appl.*, vol. 2008, pp. 1-13, 2008.
- [18] T. Wilson, "Gradual Awareness Notification for the Desktop Environment," Master, Massachusetts Institute of Technology, 2006.
- [19] N. Marmasse, "comMotion: a context-aware communication system," in *CHI '99 extended abstracts on Human factors in computing systems*, Pittsburgh, Pennsylvania, 1999, pp. 320-321.
- [20] J. W. Streefkerk, M. P. v. Esch-Bussemaekers, and M. A. Neerincx, "Field evaluation of a mobile location-based notification system for police officers," in *Proceedings of the 10th international conference on Human computer interaction with mobile devices and services*, Amsterdam, The Netherlands, 2008, pp. 101-108.
- [21] J. Kjeldskov and M. Skov, "Exploring context-awareness for ubiquitous computing in the healthcare domain," *Personal Ubiquitous Computing*, vol. 11, pp. 549–562, 2007.
- [22] V. Osmani, S. Balasubramaniam, and D. Botvich, "Human Activity Recognition in Pervasive Health-care: Supporting Efficient Remote Collaboration," *Journal of Networks and Computer Applications*, vol. 31, pp. 628 – 655, 2008.
- [23] N. Sawhney and C. Schmandt, "Nomadic radio: scaleable and contextual notification for wearable audio messaging," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: the CHI is the limit*, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, 1999, pp. 96-103.
- [24] E. D. Mynatt, M. Back, R. Want, M. Baer, and J. B. Ellis, "Designing audio aura," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Los Angeles, California, United States, 1998, pp. 566-573.
- [25] E. Grönvall, P. Marti, A. Pollini, A. Rullo, and O. W. Bertelsen, "Palpable time for heterogeneous care communities," in *Proceedings of the 4th decennial conference on Critical computing: between sense and sensibility*, Aarhus, Denmark, 2005, pp. 149-152.
- [26] M. Altosaar, R. Vertegaal, C. Sohn, and D. Cheng, "AuraOrb: using social awareness cues in the design of progressive notification appliances," presented at the Proceedings of the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments, Sydney, Australia, 2006.
- [27] S. D. Pinder, D. N. Bristow, and T. C. Davies, "Interface design for an aircraft thrust and braking indicator/advisor," presented at the Proceedings of the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments, Sydney, Australia, 2006.
- [28] E. Troshynski, C. Lee, and P. Dourish, "Accountabilities of presence: reframing location-based systems," in *Proceedings of the twenty-sixth annual SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Florence, Italy, 2008, pp. 487-496.

- [29] E. B. Moran, M. Tentori, V. M. González, J. Favela, and A. I. Martínez-García, "Mobility in hospital work: towards a pervasive computing hospital environment," *International Journal of Electronic Healthcare*, vol. 3, pp. 72-89, 2007.
- [30] G. B. Davis, "Anytime/anyplace computing and the future of knowledge work," *Commun. ACM*, vol. 45, pp. 67-73, 2002.
- [31] W. Zhou, Z. Xuehua, X. Xin, and W. Jiande, "The Application Research of Wireless Sensor Network in the Prison Monitoring System," presented at the Proceedings of the 2010 Third International Symposium on Intelligent Information Technology and Security Informatics, 2010.
- [32] H. L. Solis and K. Hall. (2010). *Occupational Outlook Handbook*. Available: <http://www.bls.gov/oco/>
- [33] D. M. Taub, S. B. Leeb, E. C. Lupton, R. T. Hinman, J. Zeisel, and S. Blackler, "The Escort System: A Safety Monitor for People Living with Alzheimer's Disease," *Pervasive Computing*, vol. 10, pp. 68-77, 2011.
- [34] J. Tilly and P. Reed, "Dementia care practice recommendations for assisted living residences and nursing homes," Alzheimer's Association, Washington (DC), 2006.
- [35] S. Nava-Muñoz, A. L. Moran, and J. Favela, "Providing Awareness of Elder's Situations of Care through a Context-Aware Notification Environment: A Preliminary Evaluation," in *Sixth International Conference on Intelligent Environments (IE), 2010*, Kuala Lumpur, Malaysia 2010, pp. 134-139.
- [36] H. Sharp, Y. Rogers, and J. Preece, *Interaction Design, Beyond Human-Computer Interaction*, 2nd. edition ed.: Wiley, 2006.
- [37] W. W. Gaver, "Sound support for collaboration," in *Proceedings of the second conference on European Conference on Computer-Supported Cooperative Work*, Amsterdam, The Netherlands, 1991, pp. 293-308.
- [38] M. S. Ackerman and B. Starr, "Social activity indicators: interface components for CSCW systems," in *Proceedings of the 8th annual ACM symposium on User interface and software technology*, Pittsburgh, Pennsylvania, United States, 1995, pp. 159-168.
- [39] J. M. Heiner, S. E. Hudson, and K. Tanaka, "The information percolator: ambient information display in a decorative object," in *Proceedings of the 12th annual ACM symposium on User interface software and technology*, Asheville, North Carolina, United States, 1999, pp. 141-148.
- [40] A. Agarawala, S. Greenberg, and G. Ho, "The Context-Aware Pill Bottle and Medication Monitor," presented at the Video Proceedings / Proceedings Supplement of the UBIComp 2004 Conference, Nottingham, England, 2004.
- [41] S. Mitchell, M. D. Spiteri, J. Bates, and G. Coulouris, "Context-aware multimedia computing in the intelligent hospital," in *Proceedings of the 9th workshop on ACM SIGOPS European workshop: beyond the PC: new challenges for the operating system*, Kolding, Denmark, 2000, pp. 13-18.
- [42] L. Chung-Chih, L. Ping-Yeh, L. Po-Kuan, H. Guan-Yu, L. Wei-Lun, and L. Ren-Guey, "A Healthcare Integration System for Disease Assessment and Safety Monitoring of Dementia Patients," *Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on*, vol. 12, pp. 579-586, 2008.
- [43] A. Horgas and G. Abowd, "The Impact of Technology on Living Environments for Older Adults," in *Technology for Adaptive Aging. Steering Committee for the Workshop on Technology for Adaptive Aging*, N. R. C. (NRC), Ed., ed Washington, DC: The National Academies Press, 2004, pp. 230-252.

- [44] Y. Verginadis, P. Gouvas, T. Bouras, and G. Mentzas, "Conceptual modeling of service-oriented programmable smart assistive environments," in *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, Athens, Greece, 2008, pp. 1-8.
- [45] S. Stern, "Measuring child work and residence adjustments to parents' long-term care needs," *The Gerontologist*, vol. 36, pp. 76-87, 1996.
- [46] S. Katz, A. Ford, R. Moskowitz, B. A. Jackson, and M. W. Jaffe, "The index of ADL: A standardized measure of biological and psychosocial function," *Journal of the American Medical Association*, vol. 185, pp. 914-919, 1963.
- [47] M. P. Lawton and E. M. Brody, "Assessment of older people: Self-monitoring and instrumental activities of daily living," *Gerontologist*, vol. 9, pp. 179-186, 1969.
- [48] G. Manuell, L. Gutiérrez, and H. Gutiérrez, "Políticas de Salud para los Adultos Mayores: Retos y Prioridades," in *1er. Encuentro del Envejecimiento Humano, una Visión Transdisciplinaria*, I. d. Geriatria, Ed., ed México, D.F. , 2010, pp. 379-386.
- [49] WHO, "Title," unpublished|.
- [50] M. Sancho, "Monográfico sobre Política social y atención gerontológica a las personas mayores dependientes," *Rev. Esp. de Geriatria y Gerontología*, vol. 30, mayo-junio 1995 1995.
- [51] CEAFA, "Modelo de Centro de Día para la atención de personas con la enfermedad de Alzheimer," Confederación Española de Familiares de Enfermos de Alzheimer y otras Demencias (CEAFA), 2008.
- [52] F. J. Leturia, A. Uriarte, and J. J. Yanguas, "Centros De Día: Atención E Intervención Integral Para Personas Mayores Dependientes y Con Deterioro Cognitivo," Fundación Matía, San Sebastián, España, 2001.
- [53] J. Nelson, "The influence of environmental factors in incidents of disruptive behavior," *Gerontol. Nursing* vol. 21, pp. 19-24, 1995.
- [54] M. Prince, King's College London, and J. Jackson, "Title," unpublished|.
- [55] S. Consolvo, P. Roessler, B. E. Shelton, A. LaMarca, B. Schilit, and S. Bly, "Technology for care networks of elders," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 3, pp. 22-29, 2004.
- [56] S. I. Ahamed, M. M. Haque, K. Stamm, and A. J. Khan, "Wellness assistant: a virtual wellness assistant using pervasive computing," in *Proceedings of the 2007 ACM symposium on Applied computing*, Seoul, Korea, 2007, pp. 782-787.
- [57] J. M. R. Alamo, T. Sarkar, and J. Wong, "Composition of Services for Notification in Smart Homes," in *Second International Symposium on Universal Communication, 2008. ISUC '08.* , Osaka, Japan, 2008, pp. 75-78.
- [58] S. Giroux, J. Bauchet, H. Pigot, D. Lussier-Desrochers, and Y. Lachappelle, "Pervasive behavior tracking for cognitive assistance," in *Proceedings of the 1st international conference on Pervasive Technologies Related to Assistive Environments*, Athens, Greece, 2008, pp. 1-7.
- [59] J. Hoey, A. Bertoldi, P. Poupart, and A. Mihailidis, "Assisting Persons with Dementia during Handwashing Using a Partially Observable Markov Decision Process," in *Proceedings of the 5th International Conference on Computer Vision Systems (ICVS 2007)*, Bielefeld, Germany, 2007, pp. 1-10.
- [60] E. D. Mynatt, A. S. Melenhorst, A. D. Fisk, and W. A. Rogers, "Aware technologies for aging in place: understanding user needs and attitudes," *Pervasive Computing*, vol. 3, pp. 36 – 41, 2004.

- [61] D. Hu, W. Xu, H. Shen, and M. Li, "Study on information system of health care services management in hospital," in *Services Systems and Services Management, 2005. Proceedings of ICSSSM '05. 2005 International Conference on*, Chongqing, China, 2005, pp. 1498-1501.
- [62] A.-J. Long and P. Chang, "The Use of Health Smart Card in Bridging Discontinuity of Care for Pregnant Woman," in *Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, 2009. ITNG '09.*, Las Vegas, Nevada, USA, 2009, pp. 1492-1497.
- [63] G. Metaxas, B. Metin, J. Schneider, P. Markopoulos, B. Ruyter, B. De Ruyter, and W. Mackay, "Awareness of Daily Life Activities," in *Awareness Systems*, ed: Springer London, 2009, pp. 351-365.
- [64] J. Rowan and E. D. Mynatt, "Digital Family Portrait Field Trial: Support for Aging in Place," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, Portland, Oregon, USA, 2005, pp. 521-530.
- [65] J. Forlizzi, C. DiSalvo, J. Zimmerman, B. Mutlu, and A. Hurst, "The SenseChair: the lounge chair as an intelligent assistive device for elders," in *Proceedings of the 2005 conference on Designing for User eXperience*, San Francisco, California, 2005, pp. 1-13.
- [66] A. K. Dey and E. d. Guzman, "From awareness to connectedness: the design and deployment of presence displays," in *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, Montreal, Quebec, Canada, 2006, pp. 899-908.
- [67] N. Caporusso, I. Lasorsa, O. Rinaldi, and L. La Pietra, "A pervasive solution for risk awareness in the context of fall prevention," in *3rd International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, 2009. PervasiveHealth 2009.*, London, UK, 2009, pp. 1-8.
- [68] Z. Zhao, Y. Chen, and J. Liu, "Fall Detecting and Alarming Based on Mobile Phone," in *7th International Conference on Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), 2010* Xi'an, China, 2010, pp. 494-497.
- [69] M. Shoaib, T. Elbrandt, R. Dragon, and J. Ostermann, "Altcare: Safe living for elderly people," in *4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010* Munchen, Germany, 2010, pp. 1-4.
- [70] Y. Jian, T. K. Kiong, and L. T. Heng, "Development of an e-Guardian for the Single Elderly or the Chronically-III Patients," in *International Conference on Communications and Mobile Computing (CMC), 2010*, Shenzhen, China, 2010, pp. 378-382.
- [71] D. L. Hudson and M. E. Cohen, "Cooperative Medical Decision Support," in *WRI World Congress on Computer Science and Information Engineering, 2009* Los Angeles, California, USA, 2009, pp. 372-376.
- [72] D. Segura, J. Favela, M. Tentori, J. Corchado, D. Tapia, and J. Bravo, "Sentient Displays in Support of Hospital Work," in *3rd Symposium of Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence 2008.* vol. 51, ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2009, pp. 103-111.
- [73] D. López-de-Ipiña, S. Blanco, X. Laiseca, and I. Díaz-de-Sarralde, "ElderCare: An Interactive TV-based Ambient Assisted Living Platform," in *II International Workshop on Ambient Assisted Living (IWAAL-2010)*, Valencia, Spain, 2010, pp. 84-91.

- [74] J. Duncan, L. J. Camp, and W. R. Hazelwood, "The portal monitor: a privacy-enhanced event-driven system for elder care," in *Proceedings of the 4th International Conference on Persuasive Technology*, Claremont, California, 2009, pp. 1-9.
- [75] K. Jaichandar, M. Rajesh, S. Kumar, and A. Chua, "A Semi Autonomous Control and Monitoring System for Bed Sores Prevention," in *1st international convention on Rehabilitation engineering & assistive technology: in conjunction with 1st Tan Tock Seng Hospital Neurorehabilitation Meeting (i-CREATe '07)*, New York, NY, USA, 2007, pp. 245-248.
- [76] S.-w. Lee, S.-y. Cheng, J. Y.-j. Hsu, P. Huang, and C.-w. You, "Emergency Care Management with Location-Aware Services," in *Pervasive Health Conference and Workshops, 2006*, Innsbruck, Australia, 2006, pp. 1-6.
- [77] M. L. Lee and A. K. Dey, "Embedded assessment of aging adults: A concept validation with stakeholders," in *4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth), 2010*, Munich, Germany, 2010, pp. 1-8.
- [78] L. Feinberg, "Title," unpublished.
- [79] United Nations. (2001, 1-11-2008). *World Population Ageing: 1950-2050*. Available: <http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/>
- [80] CEPAL. (2008). Informe de México: el cambio demográfico, el envejecimiento y la migración internacional en México. *XXXII Periodo de sesiones de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)*.
- [81] INEGI. (2011, Marzo). *Principales resultados del Censo de Población y Vivienda 2010*. . Available: <http://www.inegi.org.mx>
- [82] F. J. L. Arrazola, A. U. Méndez, and J. J. Y. Lezaun, "Centros De Día: Atención E Intervención Integral Para Personas Mayores Dependientes Y Con Deterioro Cognitivo," Fundación Matía, 2005.
- [83] R. Ohta and B. M. Ohta, "Special Units for Alzheimer's Disease Patients: A Critical Look," *Gerontologist*, vol. 28, pp. 803-808, 1988.
- [84] G. D. Abowd, A. K. Dey, P. J. Brown, N. Davies, M. Smith, and P. Steggle, "Towards a Better Understanding of Context and Context-Awareness," in *Proceedings of the 1st international symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Karlsruhe, Germany, 1999, pp. 304-307.
- [85] F. E. Martínez-Pérez, J. Á. González-Fraga, J. C. Cuevas-Tello, and M. D. Rodríguez, "Activity Inference for Ambient Intelligence Through Handling Artifacts in a Healthcare Environment," *Sensors*, vol. 12, pp. 1072-1099, 2012.
- [86] V. Stanford, "Using pervasive computing to deliver elder care," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 1, pp. 10-13, 2002.
- [87] B. Kröse, T. v. Kasteren, C. Gibson, and T. v. d. Dool, "CARE: Context Awareness in Residences for Elderly," in *Sixth International Conference of the International Society for Gerontechnology (ISG'08)*, Pisa, Tuscany, Italy, 2008, pp. 101-105.
- [88] M. Philipose, K. P. Fishkin, M. Perkowitz, D. J. Patterson, D. Fox, H. Kautz, and D. Hahnel, "Inferring Activities from Interactions with Objects," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 3, pp. 50-57, 2004.
- [89] H. Kopetz, *Real-Time Systems: Design Principles for Distributed Embedded Applications*: Springer, 2011.
- [90] T. Kunert, *User-Centered Interaction Design Patterns for Interactive Digital Television Applications*: Springer, 2009.

- [91] J. Nielsen and R. Molich, "Heuristic evaluation of user interfaces," presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems: Empowering people, Seattle, Washington, United States, 1990.
- [92] J. Nielsen, *Usability Engineering*: AP Professional, 1994.
- [93] S. Dow, B. MacIntyre, J. Lee, C. Oezbek, J. D. Bolter, and M. Gandy, "Wizard of Oz support throughout an iterative design process," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 4, pp. 18-26, 2005.
- [94] Openfire. (Diciembre de 2010). Available: <http://www.igniterealtime.org/projects/openfire>
- [95] T. D. Rätty, "Survey on contemporary remote surveillance systems for public safety," *Trans. Sys. Man Cyber Part C*, vol. 40, pp. 493-515, 2010.
- [96] C. S. Regazzoni, V. Ramesh, and G. L. Foresti, "Special issue on video communications, processing, and understanding for third generation surveillance systems," *Proceedings of the IEEE*, vol. 89, pp. 1355-1539, 2001.
- [97] S. Meyer and A. Rakotonirainy, "A survey of research on context-aware homes," presented at the Proceedings of the Australasian information security workshop conference on ACSW frontiers 2003 - Volume 21, Adelaide, Australia, 2003.
- [98] X. Jiang, J. Hong, J. Landay, G. Borriello, and L. Holmquist, "Approximate Information Flows: Socially-Based Modeling of Privacy in Ubiquitous Computing," in *UbiComp 2002: Ubiquitous Computing*, L. N. i. C. Science, Ed., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2002, pp. 176-193.
- [99] R. Jung, "A Framework for Auditory Displays in Intelligent Environments," in *Proceedings of the 2010 Sixth International Conference on Intelligent Environments*, Kuala Lumpur, Malaysia 2010, pp. 40-45.
- [100] J. P. Munson and V. K. Gupta, "Location-based notification as a general-purpose service," presented at the Proceedings of the 2nd international workshop on Mobile commerce, Atlanta, Georgia, USA, 2002.
- [101] D. A. Mejia, J. Favela, and A. L. Moran, "Augmenting informal collaboration in hospitals through pervasive computing," in *Second International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare, PervasiveHealth*, Tampere, Finland, 2008, pp. 237 – 240.
- [102] Z. Zhou, X. Chen, Y.-C. Chung, Z. He, T. X. Han, and J. M. Keller, "Activity Analysis, Summarization, and Visualization for Indoor Human Activity Monitoring " *Circuits and Systems for Video Technology, IEEE Transactions on*, vol. 18, pp. 1489-1498, 2008.
- [103] S. Zhang, P. McCullagh, C. Nugent, and H. Zheng, "Activity Monitoring Using a Smart Phone's Accelerometer with Hierarchical Classification," presented at the Proceedings of the 2010 Sixth International Conference on Intelligent Environments, 2010.
- [104] M. Han, G. Kim, S. Park, L. Kim, and S. Ha, "Process and Location-Aware Information Service System for the Disabled and the Elderly," presented at the Proceedings of the 5th International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. Part III: Applications and Services, San Diego, CA, 2009.
- [105] R. Ott, M. Gutiérrez, D. Thalmann, and F. Vexo, "Advanced virtual reality technologies for surveillance and security applications," presented at the Proceedings of the 2006 ACM international conference on Virtual reality continuum and its applications, Hong Kong, China, 2006.

- [106] J. Favela, M. Tentori, and V. M. Gonzalez, "Ecological Validity and Pervasiveness in the Evaluation of Ubiquitous Computing Technologies for Health Care," *International Journal of Human-Computer Interaction*, vol. 26, pp. 414-444, 2010/04/27 2010.
- [107] K. Mayall, "Methodology and validity in the construction of computational models of cognitive deficits following brain damage," *Artificial intelligence in medicine*, vol. 13, pp. 13-35, 1998.
- [108] J. P. Garcia-Vazquez, M. D. Rodriguez, A. G. Andrade, D. Saldana, F. Mercado, and E. Ruelas, "Ambient Information Systems for Supporting Ageing in Place," in *Sixth International Conference on Information Technology: New Generations, 2009. ITNG '09.* , Las Vegas, Nevada, USA, 2009, pp. 1232-1237.
- [109] S. Kim, M. C. Kim, S. H. Park, Y. K. Jin, and W. S. Choi, "Gate reminder: a design case of a smart reminder," in *Proceedings of the 5th conference on Designing interactive systems: processes, practices, methods, and techniques*, Cambridge, MA, USA, 2004, pp. 81-90.
- [110] M. Beigl, "MemoClip: A Location-Based Remembrance Appliance," *Personal Ubiquitous Comput.*, vol. 4, pp. 230-233, 2000.
- [111] S. Hua, K. Seung Jin, N. Kawanishi, and H. Morikawa, "A Context-aware Reminding System for Daily Activities of Dementia Patients," in *Distributed Computing Systems Workshops, 2007. ICDCSW '07. 27th International Conference on*, Toronto, Canada, 2007, pp. 50-55.
- [112] M. Donnelly, C. Nugent, S. McClean, B. Scotney, S. Mason, P. Passmore, and D. Craig, "A Mobile Multimedia Technology to Aid Those with Alzheimer's Disease," *Multimedia, IEEE*, vol. 17, pp. 42-51, 2010.
- [113] K. Fishkin and M. Wang, "A Flexible, Low-Overhead Ubiquitous System for Medication Monitoring," Intel Research Seattle, 2003.
- [114] M. Hermann, T. Mahler, G. de Melo, and M. Weber, "The tangible reminder," in *3rd IET International Conference on Intelligent Environments, 2007. IE '07.* , Ulm, Germany, 2007, pp. 144-151.
- [115] L. Ho, M. Moh, Z. Walker, T. Hamada, and C. Su, "A prototype on RFID and sensor networks for elder healthcare: progress report," in *Proceedings of the 2005 ACM SIGCOMM workshop on Experimental approaches to wireless network design and analysis*, Philadelphia, Pennsylvania, USA, 2005, pp. 70-75.
- [116] K. Morrison, A. Szymkowiak, and P. Gregor, "Memojog - An Interactive Memory Aid Incorporating Mobile Based Technologies," *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 481-485, 2004.
- [117] M. Pollack, L. Brown, D. Colbry, C. McCarthy, C. Orosz, B. Peintner, S. Ramakrishnan, and I. Tsamardinos, "Autominder: an intelligent cognitive orthotic system for people with memory impairment," *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 44, pp. 273-282 2003.
- [118] M.-Y. Wang, J. K. Zao, P. H. Tsai, and J. W. S. Liu, "Wedjat: A Mobile Phone Based Medicine In-take Reminder and Monitor," in *Ninth IEEE International Conference on Bioinformatics and BioEngineering, 2009. BIBE '09.* , Taichung, Taiwan, 2009, pp. 423-430.
- [119] S. Chuan-Jun and C. Bo-Jung, "Ubiquitous Community Care Using Sensor Network and Mobile Agent Technology," in *Ubiquitous Intelligence & Computing and 7th International Conference on Autonomic & Trusted Computing (UIC/ATC), 2010 7th International Conference on*, Xi'an, China, 2010, pp. 99-104.

- [120] R. P. Y. Chiang, K. Shih-Chung, C. Chia-Hsuan, I. L. Chen, C. Yi, Y. Jhe-Wun, Y. Zai-Ting, and W. Peng-Chih, "Sleep Coach: A home-cared sleep doctor," in *Pervasive Computing Technologies for Healthcare (PervasiveHealth)*, Munich, Germany, 2010, pp. 1-2.
- [121] C. Floerkemeier and F. Siegemund, "Improving the Effectiveness of Medical Treatment with Pervasive Computing Technologies," presented at the Workshop on Ubiquitous Computing for Pervasive Healthcare Applications at Ubicomp 2003, Seattle, WA., 2003.
- [122] C. Campbell, P. Tarasewich, S. Brewster, and M. Dunlop, "What Can You Say with Only Three Pixels?," in *Mobile Human-Computer Interaction – MobileHCI 2004*. vol. 3160, S. Brewster and M. Dunlop, Eds., ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2004, pp. 15-35.
- [123] A. Malizia, T. Onorati, A. Bellucci, P. Diaz, I. Aedo, and C. Stephanidis, "Interactive Accessible Notifications for Emergency Notification Systems," in *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services*. vol. 5616, ed: Springer Berlin / Heidelberg, 2009, pp. 385-394.
- [124] K. Lee, K. J. Yang, B. Plimmer, and M. Harrison, "Real-time anaesthesia diagnosis display system with multi-modal alarms," in *Proceedings of the 20th Australasian Conference on Computer-Human Interaction: Designing for Habitus and Habitat*, Cairns, Australia, 2008, pp. 303-306.
- [125] L. Bao and S. Intille, "Activity recognition from user-annotated acceleration data," in *2nd Int. Conf. Pervasive Comput.*, 2004, pp. 1-17.
- [126] S. Nava-Muñoz, A. L. Morán, C. M. Rangel, and V. Silva, "CU-IDA: A Context-Aware System to Support the Coordination of Caregivers in a Nursing Home," presented at the Workshop on Ambient Intelligence on Healthcare and Social Wellness at 5th International Symposium on Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence (UCAmI'11), Riviera Maya, Mexico, 2011.
- [127] D. K. McGookin and S. A. Brewster, "Understanding concurrent earcons: Applying auditory scene analysis principles to concurrent earcon recognition," *ACM Trans. Appl. Percept.*, vol. 1, pp. 130-155, 2004.

## APÉNDICE A

### CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE NOTIFICACIÓN EN AMBIENTES DE CUIDADO DE LA SALUD

Con base en la Taxonomía propuesta en el Capítulo 2, la Tabla A.1 muestra a manera de resumen las características de los 52 sistemas de notificación identificados en la literatura. Las principales dimensiones de la Taxonomía propuesta son: *Ambiente* (casa-habitación, hospital o residencia geriátrica), *Propósito de la Notificación* (recordatorio, informe o alarma), *Usuario de la Notificación* (adulto mayor o cuidador) y *Tiempo* (antes, durante o después).

**Tabla A.1.** Clasificación de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud

Dimensión <i>Sistema</i>	Ambiente			Propósito de la Notificación			Usuario de la Notificación			Tiempo			
	Casa Hab.	Hospital	Residencia	Recordatorio	Informe	Alarma	Adulto Mayor	Cuidador formal	Cuidador informal	Cuidador profesional	Antes	Durante	Después
García-Vázquez et al. [108] Kim et al. [109]	*			*			*				*		
Agarawala et al. [40]	*			*			*		*		*		
Beigl [110] Giroux et al. [58] Hoey et al. [59] Lee & Dey [77] Mynatt et al. [60] Hua et al. [111]	*			*			*					*	
Verginadis et al. [44]	*			*			*		*	*			*
López-de-Ipiña et al. [73]	*			*		*	*		*		*	*	
Ahamed et al. [56] Donnelly et al. [112] Fishkin & Wang [113] Hermann et al. [114]	*			*			*				*		

**Tabla A.1.** Clasificación de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud...(continuación).

<i>Sistema</i>	<b>Ambiente</b>			<b>Propósito de la Notificación</b>			<b>Usuario de la Notificación</b>			<b>Tiempo</b>			
	Casa Hab.	Hospital	Residencia	Recordatorio	Informe	Alarma	Adulto Mayor	Cuidador formal	Cuidador informal	Cuidador profesional	Antes	Durante	Después
Ho et al. [115] Morrison et al. [116] Osmani et al. [22] Pollack et al. [117] Wang et al. [118]	*			*			*				*		
Chuan-Jun & Bo-Jung [119]	*			*						*	*		
Alamo et al. [57]	*			*			*		*		*		
Chiang et al.[120] Floerkemeier & Siegemund [121]	*			*			*						*
Forlizzi et al. [65]	*				*	*	*					*	
Consolvo et al. [1] Metaxas et al. [63]	*				*				*				*
Rowan & Mynatt [64]	*				*				*			*	
Dey & De Guzman [66]	*				*		*					*	
Campbell & Tarasewich [122] Malizia et al. [123]	*					*	*					*	
Paganelli et al. [17]	*					*		*	*			*	
Kanai et al. [8]	*					*	*				*		
Zhao et al. [68]	*					*	*		*				*
Duncan et al. [74] Jian et al. [70]	*					*			*			*	
Shoaib et al. [69]	*					*			*	*			*
Caporusso et al. [67]	*	*				*	*				*		
Taub et al. [33]	*		*			*		*	*			*	
Hu et al. [61]		*		*			*				*		
Long & Chang [62]		*		*						*		*	
Favela et al. [2] Kjeldskov & Skov [21] Mejía et al. [101]		*			*					*		*	

**Tabla A.1.** Clasificación de los Sistemas de Notificación en Ambientes de Cuidado de la Salud...(continuación).

<i>Sistema</i>	<b>Ambiente</b>			<b>Propósito de la Notificación</b>			<b>Usuario de la Notificación</b>			<b>Tiempo</b>			
	Casa Hab.	Hospital	Residencia	Recordatorio	Informe	Alarma	Adulto Mayor	Cuidador formal	Cuidador informal	Cuidador profesional	Antes	Durante	Después
Mitchel et al. [41]		*				*				*	*		
Jaichandar et al. [75] Lee et al. [76]		*				*				*		*	
Hudson & Cohen [71] Lee et al. [124] Segura et al. [72]		*				*				*			*
Chung-Chih et al. [42] Corchado et al. [5]			*			*		*		*		*	

Esta clasificación nos ha permitido tener un panorama general de las aplicaciones que han sido desarrolladas en materia de notificación para ambientes de cuidado de la salud. Como se puede observar en la Tabla A.1 algunas aplicaciones coinciden en sus características, según la taxonomía definida, pero el contenido de la notificación y/o la problemática abordada es diferente.

En el Capítulo 2 se describe cómo esta información fue utilizada para la identificación de retos y oportunidades en el desarrollo de sistemas de notificación.

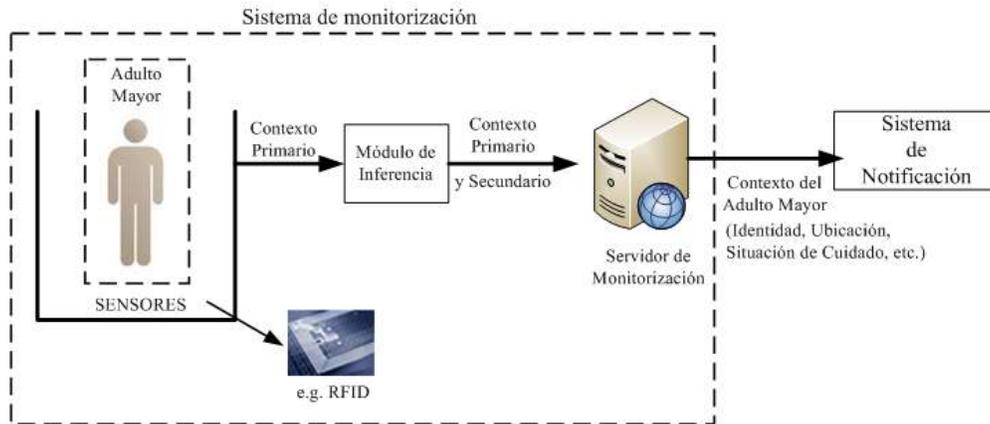
## APÉNDICE B

### SISTEMA DE MONITORIZACIÓN PARA LA RESIDENCIA GERIÁTRICA

En lo referente a la monitorización del adulto mayor en ambientes de cuidado de la salud, la literatura identifica sistemas de monitorización que van desde aplicaciones que buscan mantener la independencia del adulto mayor a través de sensores de temperatura [108] y sensores de movimiento [8],[63], hasta aplicaciones que identifican algún riesgo en un adulto mayor dependiente usando sensores de temperatura [75], sensores de peso [72], y visión computacional [69, 85]. Al igual que en otros sistemas conscientes de contexto, primero se captura el contexto primario (*e.g.*, la *identidad* o la *ubicación* de una persona) y posteriormente con base en él se infiere el contexto secundario (*e.g.*, la *actividad* de una persona o la ocurrencia de una *Situación de Cuidado*). Diversos trabajos reportan altos índices de efectividad en sus evaluaciones (*e.g.*, 99.96% en inferir ubicación [102] y 82.8% en inferir actividad [103]).

En este trabajo, como una prueba de concepto y con el fin de demostrar la factibilidad de monitorizar al adulto mayor en la residencia, se diseñó y se construyó una infraestructura básica para la identificación de tres situaciones de cuidado, lo anterior con la colaboración de estudiantes de licenciatura. Las tres situaciones de cuidado fueron: *Entrar en áreas delicadas*, *Escaparse de la casa* y *Levantarse sin asistencia*. Este sistema, aunque esta fuera del alcance de la contribución principal de nuestro trabajo, nos permite ilustrar que la confiabilidad en los datos sensados continúa siendo un reto en el desarrollo de sistemas de monitorización.

La Figura B.1 muestra la arquitectura del sistema de monitorización propuesto. Este sistema considera un conjunto de sensores alrededor del adulto mayor (*e.g.*, el adulto mayor porta en su zapato y en su chamarra etiquetas RFID) para capturar el contexto primario.

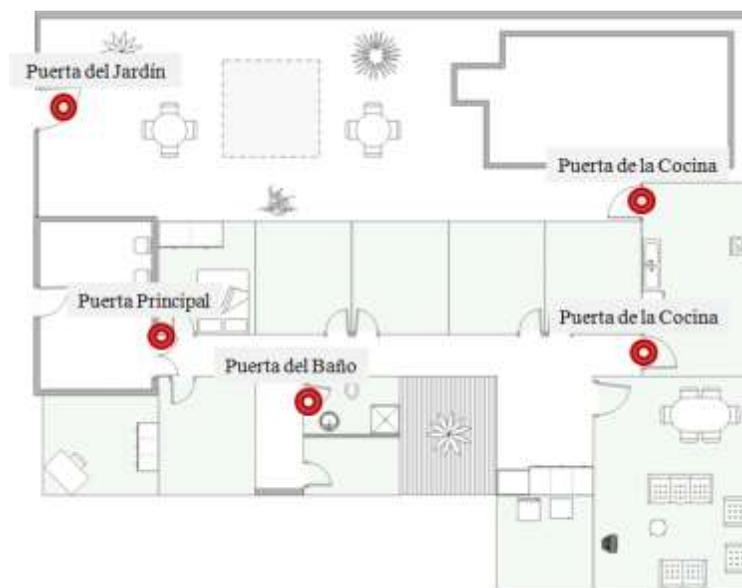


**Figura B.1.** Arquitectura de un Sistema Básico de Monitorización.

Posteriormente, estos datos se envían a un módulo de inferencia para obtener el contexto secundario a través de diversas técnicas de inferencia (*e.g.*, árboles de decisión [125], redes bayesianas [88], modelos de Markov [59]) y finalmente este contexto es enviado a un servidor de monitorización, el cual envía la información hacia el sistema de notificación.

Para monitorizar las situaciones de cuidado ‘*Entrar en áreas delicadas*’ y ‘*Escaparse de la casa*’ se instalaron lectores de RFID en las puertas de la cocina, el baño y la puerta principal de la residencia (Ver Figura B.2). Como se mencionó anteriormente, cada adulto mayor portaba dos etiquetas RFID, las cuales se identificaban (al menos una) al momento de pasar por alguna de estas puertas.

Para el caso de la situación de ‘*Levantarse sin asistencia*’, se instalaron sensores de presión en el asiento de la silla del adulto mayor y en el manubrio de la andadera (Ver Figura B.3), de manera que cuando el adulto mayor se levantara, el sensor del asiento de la silla cambie su estado de 1-0 (presión-no presión) y el del manubrio de la andadera de 0 a 1.



**Figura B.2.** Mapa de la Residencia Geriátrica mostrando la ubicación de las antenas de RFID.

La Figura B.4 muestra un diagrama de secuencia para ilustrar la funcionalidad del sistema de monitorización completo para la inferencia de una situación de cuidado. La secuencia inicia cuando un adulto mayor se encuentra sentado en su silla, con el sensor del asiento de la silla activado (1) y con el sensor de las manijas de la andadera desactivado (0).

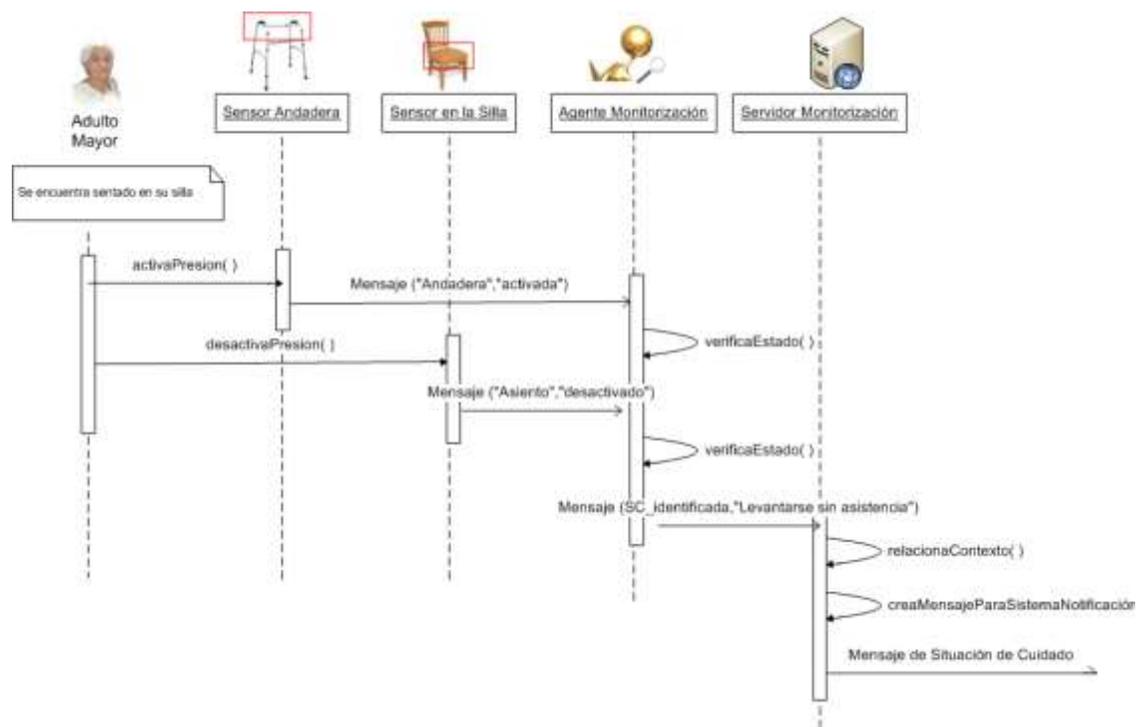
Cuando un adulto mayor se levanta, los sensores envían el cambio de estado al agente monitorización en el sistema, éste verifica el estado del adulto mayor e infiere si la situación de cuidado ha ocurrido. Una vez que la situación de cuidado es inferida, se envía un mensaje al servidor de monitorización para su transmisión hacia el sistema de



**Figura B.3.** Instalación de sensores de presión para la identificación de una situación de cuidado.

notificación.

El sistema de monitorización implementado, aunque con algunas limitaciones, permite detectar y monitorizar diversas situaciones de cuidado en la residencia geriátrica (e.g., Entrar en áreas delicadas, Escaparse de la casa y Levantarse sin asistencia), demostrando así, la factibilidad de inferir de forma automática las situaciones de cuidado a las que se enfrentan los adultos mayores y sus cuidadores en su día a día en la residencia.



**Figura B.4.** Diagrama de secuencia para la inferencia de la situación de cuidado ‘Levantarse sin asistencia’.

## APÉNDICE C

### SISTEMA CUI-DA: CASO DE ESTUDIO DEL MODELO DE NOTIFICACIÓN CANOE

Dentro del desarrollo de esta investigación, como un segundo caso de estudio y con la colaboración de dos tesis de la misma Universidad, se implementó el sistema CU-IDA [126] con base en el modelo de Notificación CANoE.

El objetivo del sistema CU-IDA fue apoyar el proceso de coordinación entre los cuidadores al momento de atender una Situación de Cuidado notificada. El sistema de notificación CANoE-Aw implementado en el Capítulo 6 cumple con su función de avisar a los cuidadores sobre la ocurrencia de una Situación de Cuidado, sin embargo, se ha identificado que los cuidadores posterior a este aviso necesitan comunicarse para coordinarse en la atención del adulto mayor. Por lo tanto, el sistema CU-IDA propone un proceso de comunicación-coordinación en apoyo a los cuidadores y se instrumenta a través de la implementación de dos mecanismos de comunicación conscientes del contexto.

En los siguientes apartados se describe el diseño de un proceso de comunicación-coordinación para los cuidadores, la implementación del sistema CU-IDA y los principales resultados de una evaluación preliminar.

#### C.1 Diseño de un proceso de Comunicación-Coordinación

El proceso de comunicación-coordinación propuesto consiste de tres fases:

**Fase 1.** Proporcionar conciencia a los cuidadores sobre el estado de cada uno de sus compañeros cuidadores (Situación del Cuidador); este estado está compuesto por la siguiente información contextual: identidad del cuidador, actividad actual, ubicación e identidad del adulto mayor que se está atendiendo, así como, la disponibilidad del cuidador con respecto al resto de sus compañeros.

**Fase 2.** Capturar la decisión del cuidador, en caso de haber decidido ir a atender la situación de cuidado del adulto mayor; si más de un cuidador en turno toma esta decisión, el sistema captura la primera decisión entrante y bloquea el sistema para las subsecuentes.

Si después de 30 segundos de haber enviado el contexto de los cuidadores no existe respuesta por parte de alguno de ellos, el sistema reinicia el proceso desde la Fase 1.

**Fase 3.** Notificar a los cuidadores que se ha tomado la decisión de “atender”, proporcionando la identidad del cuidador.

La primera y tercera fase corresponden a un mecanismo de notificación, en el primer caso para informar respecto al contexto de los cuidadores y en el segundo caso para informar respecto a la decisión de “atender” por parte de algún cuidador.

Se decidió establecer una arquitectura de comunicación que soportara diversos mecanismos de comunicación conscientes del contexto. Se diseñaron dos mecanismos de comunicación: i) *visual-táctil* y ii) *auditivo-táctil*. La presentación de la información a los cuidadores de una manera visual es considerada como un método de presentación no intrusivo. Y la propuesta del uso del audio está en función de presentar la información mediante un canal que no interfiera en la realización de algunas de las actividades de los cuidadores.

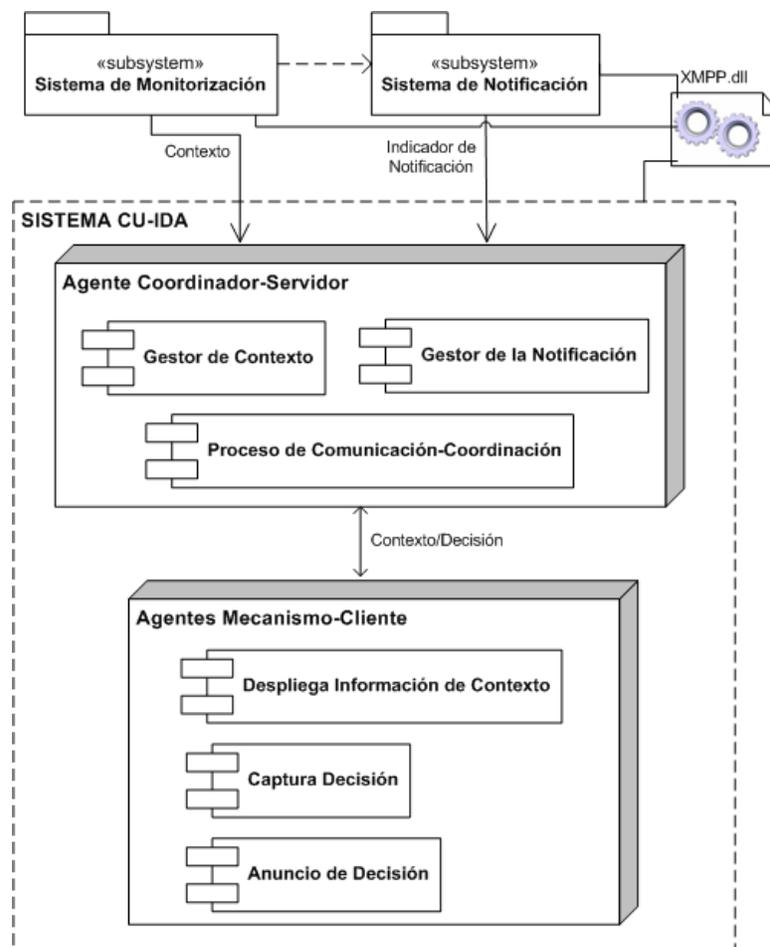
**Tabla C.1.** Características de Diseño de los Mecanismos de Notificación CANoE de este caso de estudio.

<i>Mecanismo</i>	<b>Nivel de Atención</b>	<b>Cantidad de Contexto</b>	<b>Canales de Percepción</b>	<b>Nivel de Intrusividad</b>
<b>Visual-Táctil (Fase 1)</b>	Inmediato	Compuesto: 4 elementos contextuales (I, A, U, D)	Visual Pista: Auditivo	Interrumpir
<b>Visual-Táctil (Fase 3)</b>	Inmediato	Simple: un elemento contextual (I)	Visual Pista: Auditivo	Interrumpir
<b>Auditivo-Táctil (Fase 1)</b>	Inmediato	Simple: un elemento contextual (D)	Auditivo	Interrumpir
<b>Auditivo-Táctil (Fase 3)</b>	Inmediato	Simple: un elemento contextual (I)	Auditivo	Interrumpir

I-Identidad del Cuidador, U-Ubicación del Cuidador, A-Actividad del Cuidador, D-Disponibilidad del Cuidador

En la Tabla C.1 se muestran las características de diseño de cada uno de los mecanismos de notificación usados en las Fases 1 y 3 del proceso descrito anteriormente. El diseño de los mecanismos estuvo basado en el Modelo de CANoE, presentado en el Capítulo 5.

La construcción del sistema CU-IDA es una extensión del sistema de notificación CANoE-Aw, y está basado en la arquitectura propuesta en la Figura C.1, una arquitectura cliente-servidor utilizando diversos agentes. Un agente “Coordinador” actúa como servidor y algunos agentes “Mecanismos de Coordinación” actúan como clientes. Las funciones principales del agente Coordinador incluyen la comunicación con los sistemas de Monitorización y Notificación para poder llevar a cabo el proceso de comunicación-coordinación.



**Figura C.1.** Arquitectura del sistema CU-IDA.

## C.2 Implementación del Sistema CU-IDA

El proceso de comunicación-coordinación comienza cuando el agente Coordinador es notificado por el sistema de notificación sobre la ocurrencia de una situación de cuidado. El agente almacena la notificación y recupera el contexto de los cuidadores en turno a través del sistema de monitorización. Posteriormente, esta información es enviada a cada cuidador a través de los mecanismos. Finalmente, los agentes mecanismos de coordinación esperan a través del mismo mecanismo, la decisión de atención por parte de algún cuidador para ser anunciada al resto de los cuidadores. Este proceso es descrito en el diagrama de secuencia presentado en la Figura C.2. La comunicación con dichos sistemas, así como con los mecanismos de comunicación-coordinación se da a través del Protocolo de Mensajería Instantánea (XMPP) usando el software Openfire [94]. A continuación se muestra una descripción de los mecanismos implementados.

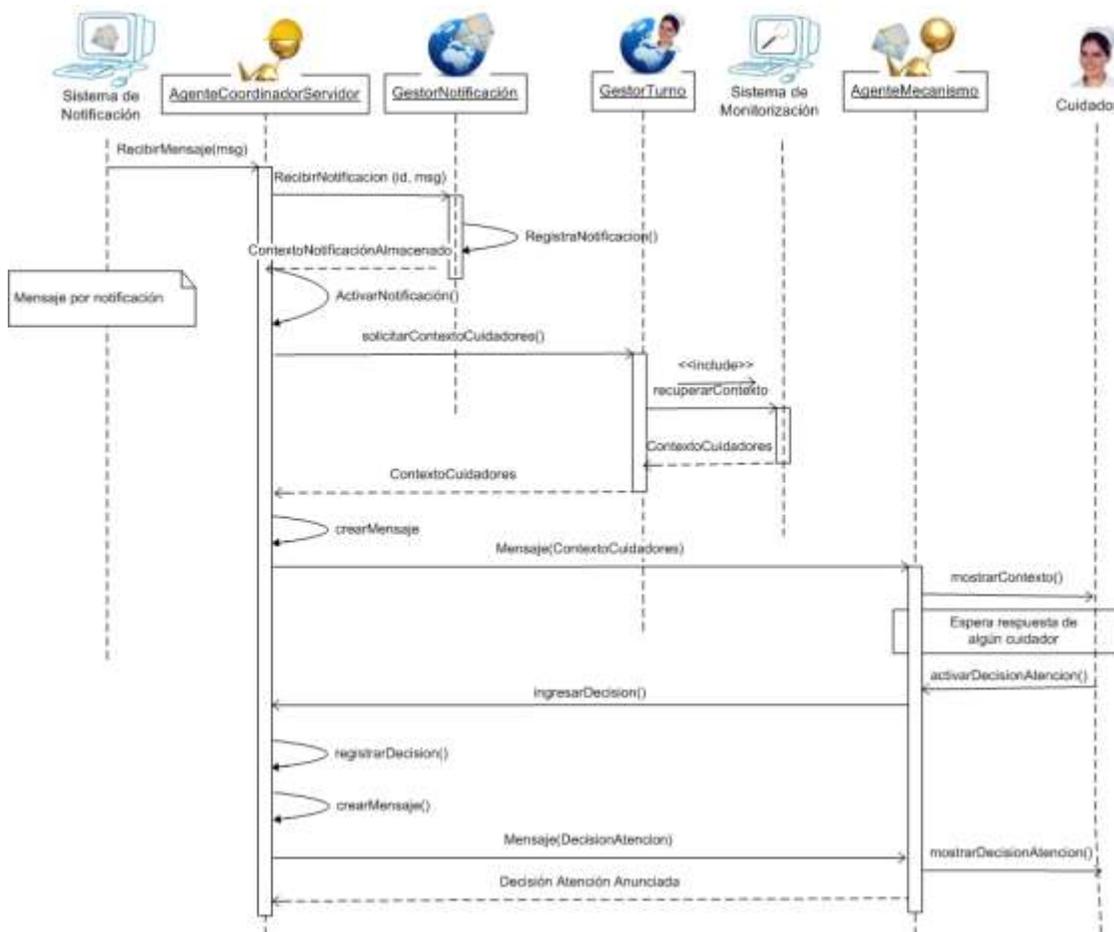


Figura C.2. Diagrama de secuencia del proceso Comunicación-Coordinación.

### ***Mecanismo Visual-Táctil (PortaCC)***

Este mecanismo se instrumenta en un dispositivo móvil (PDA táctil). Se utilizó una PDA HP iPAQ 610/610c. La programación fue en C#, creando *sockets* para la comunicación con el agente coordinador-servidor. La funcionalidad se ilustra a continuación. Primeramente el cuidador se autentifica en el sistema y el agente mecanismo-cliente espera un mensaje por parte del agente coordinador-servidor para el inicio del proceso de comunicación. Una vez iniciado este proceso, el mecanismo notifica a los cuidadores acerca del contexto de todos los cuidadores en turno (Ver Figura C.3-A). El cuidador más disponible puede tocar su foto en la pantalla de la PDA para indicar que él atenderá la situación de cuidado. Esta decisión, posteriormente se muestra al resto de los cuidadores a través de un anuncio (Figura C.3-B), terminando así el proceso de comunicación.

### ***Mecanismo Auditivo-Táctil***

Este mecanismo está compuesto por 3 dispositivos: un celular con auriculares (audio personal), un sensor de tacto (botón inteligente) y un par de bocinas (audio ambiental). Este mecanismo se implementó en un dispositivo Nokia N95 con conectividad Wi-Fi y la programación fue en Java ME.

La principal característica de este mecanismo es que solamente presenta información relacionada con la disponibilidad de los cuidadores con respecto a sus demás



**Figura C.3.** Mecanismo Visual-Táctil: Pantalla Contexto de los Cuidadores (A), Pantalla Contexto del Cuidador que Atiende (B).

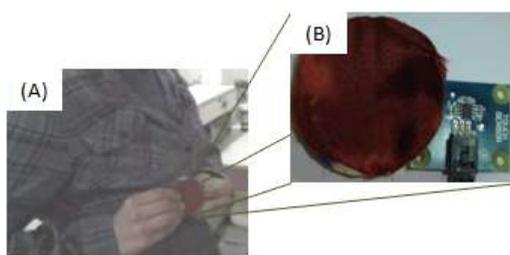
compañeros (i.e. presenta una sola variable contextual). Esto se realiza en la primera fase del proceso de comunicación a través de diferentes tonos de alarma asociados con los tres niveles de disponibilidad (i.e. Tono 1 para disponibilidad Alta, Tono 2 para disponibilidad mediana y Tono 3 para disponibilidad Baja).

En la segunda fase, el cuidador puede indicar su decisión de “atender” la situación de cuidado a través del botón inteligente que porta en su uniforme (Ver Figura C.4-A). El botón está formado por un sensor de tacto (Phidget 1100), como se muestra en la Figura C.4-B. La programación se realizó en C#.

Finalmente, para completar el proceso de comunicación se envía un sonido que representa la identidad del cuidador que va a “atender”. Éste se envía ya sea a través del celular (audio personal) o mediante las bocinas (audio ambiental). Cada cuidador es representado por un sonido específico y éstos son memorizados por los cuidadores; esta decisión de diseño fue inspirada en el concepto de Earcons [127]. El audio ambiental se sugiere para el cuidador en actividades como bañar al adulto mayor, debido a la poca posibilidad de vestir dispositivos mientras se realiza dicha actividad.

### C.3 Evaluación del Sistema CU-IDA

Posterior a la implementación de los mecanismos, se realizó una evaluación basada en escenarios proyectados con el objetivo de evaluar el impacto de los mecanismos de comunicación conscientes del contexto en el proceso de coordinación de los cuidadores. Este apartado describe la elaboración de los escenarios, el contexto del estudio de evaluación, así como los resultados obtenidos.



**Figura C.4.** Botón inteligente para la captura de la decisión del cuidador (A) implementado a través de un sensor de tacto (B).

### ***Escenarios de Uso***

Se realizaron dos videos con escenarios de uso de la tecnología, cada uno correspondiendo a la utilización de cada mecanismo de notificación (visual-táctil y auditivo-táctil). Los escenarios especifican una situación de cuidado en progreso, la notificación a los cuidadores y la correspondiente utilización del mecanismo para coordinar la atención de la situación notificada.

### ***Contexto del Estudio de Evaluación***

En el estudio participaron 5 cuidadores de la residencia geriátrica, pertenecientes a los tres turnos. Primeramente, se realizó un grupo focal en donde se les mostraron la funcionalidad de los mecanismos a través de los dos videos con los escenarios de uso correspondientes a cada mecanismo. Al finalizar cada video se les aplicaron cuestionarios (en escala Likert de 5) con respecto a la usabilidad y utilidad de los mecanismos.

### ***Resultados de la Evaluación***

La mayoría de los cuidadores (4 de 5) indicaron que contar con un sistema de comunicación les beneficia notablemente en su trabajo. Adicionalmente, todos los cuidadores están dispuestos a utilizar ambos mecanismos de comunicación. Con respecto a la utilidad y facilidad de uso, el mecanismo que les pareció más útil (con promedio de 5) fue el visual-táctil (PDA), pero a la vez fue calificado como el menos fácil de usar (2.5). Inversamente, el mecanismo auditivo-táctil recibió una calificación menor en la utilidad(3), pero los cuidadores percibieron que fue el más fácil de usar (4.3). Una posible explicación de esto, puede ser que los cuidadores recibieron información a través del canal auditivo si tener que realizar alguna acción adicional (i.e. ellos no necesitaron cambiar a un enfoque visual). Por otro lado, la calificación baja en la utilidad se puede atribuir a que el mecanismo solamente muestra la disponibilidad del cuidador como información contextual.

En general, la mayoría de los cuidadores (4 de 5) consideraron que el uso de los mecanismos mejoraría el proceso de atención al adulto mayor. El proporcionar conciencia sobre las actividades del grupo de los cuidadores les ayuda en la toma de decisiones para atender la situación de cuidado:

*“yo tengo que saber lo que están haciendo mis compañeros, si ellos están haciendo más cosas que yo o más difíciles que yo” [Cuidador 4]*

Incluso, el conocer a quién le están realizando la actividad les permite evaluar la disponibilidad de los cuidadores:

*“...sí, conocer la actividad, pero también con quién están, o sea, sí es <Adulto Mayor 4> no pueden dejarla nomás así, instantáneamente” [Cuidador 6].*

Los cuidadores percibieron un beneficio en la utilización de la tecnología, y expresaron que estarían de acuerdo en que los mecanismos de notificación fueran integrados a su rutina de trabajo si estuvieran disponibles. Asimismo percibieron que el beneficio sería tanto para los cuidadores como para los adultos mayores.

El desarrollo de este segundo caso de estudio demuestra nuevamente la factibilidad y aplicabilidad del modelo de notificación CANoE, en este caso la implementación de los mecanismos de comunicación conscientes del contexto se consideran una herramienta de apoyo en la coordinación entre los cuidadores al momento de presentarse una situación de cuidado y atenderla.

## APÉNDICE D

### ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS DATOS DE EVALUACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO 1

En el caso de estudio 1 se evaluó la utilidad de las notificaciones en la residencia geriátrica, a través de un mecanismo de notificación por audio.

El objetivo fue medir el nivel de conciencia que tienen los cuidadores sobre las situaciones de cuidado, con la ausencia y presencia de un sistema de notificación. Las variables dependientes fueron 2: conciencia del cuidador (1/0) y tiempo de adquisición de la conciencia. Por lo tanto, para fines estadísticos se creó la siguiente hipótesis nula y las siguientes hipótesis alternativas.

**H<sub>0</sub>:** *El nivel de conciencia de los cuidadores, sobre las situaciones de cuidado y el tiempo en la que es adquirida, es igual con el sistema de notificación, que sin el sistema de notificación.*

Hipótesis alternativas:

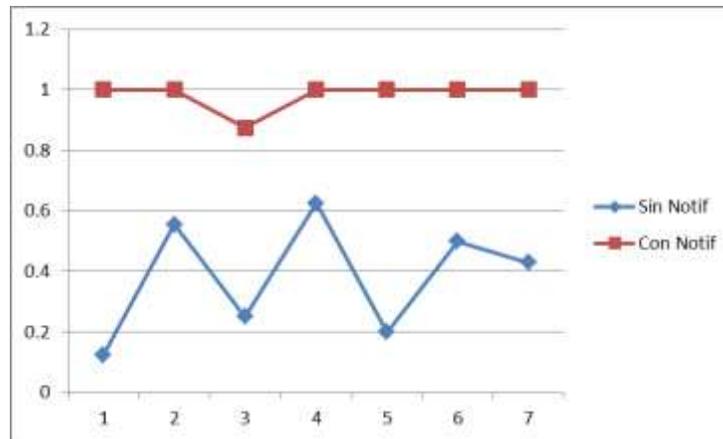
**H<sub>1</sub>:** *La conciencia de los cuidadores, sobre las situaciones de cuidado es mayor con el sistema de notificación, que sin el sistema de notificación.*

**H<sub>2</sub>:** *El tiempo en el que el cuidador adquiere conciencia de la situación de cuidado, es menor con el sistema de notificación, que sin el sistema de notificación.*

Evaluando las hipótesis, para H<sub>1</sub> la Tabla D.1 nos muestra los niveles de conciencia de los cuidadores (valores normalizados) en cada uno de los días de la fase A y B. La fase C no se consideró para este análisis debido a que presentó un comportamiento similar a la fase A.

**Tabla D.1.** Muestra de datos sobre la conciencia de los cuidadores, para la evaluación de la  $H_1$ .

	1	2	3	4	5	6	7
<b>Sin notificación</b>	0.125	0.555556	0.25	0.625	0.2	0.5	0.428571
<b>Con notificación</b>	1	1	0.875	1	1	1	1



**Figura D.1.** Grafica de la muestra de datos sobre la conciencia de los cuidadores sobre las SC's.

La Figura D.1 muestra de manera gráfica los valores indicados en la tabla D.1.

Se realizó la prueba estadística t a la muestra de datos (Ver Figura D.2), obteniendo un valor P menor a 0.01, con un nivel de significancia del 99%; lo que significa que existe una diferencia significativa entre las dos muestras. Rechazando así la  $H_0$  y aceptando la

Prueba t para dos muestras suponiendo varianzas desiguales		
	Variable 1	Variable 2
Media	0.383446712	1
Varianza	0.036974296	0
Observaciones	7	7
Diferencia hipotético	0	
Grados de libertad	6	
Estadístico t	-8.483394813	
P(T<t) una cola	7.33625E-05	
Valor crítico de t (un	1.943180274	
P(T<t) dos colas	0.000146725	
Valor crítico de t (do	2.446911846	

**Figura D.2.** Análisis estadístico t sobre la muestra de datos para  $H_1$ .

hipótesis alternativa  $H_1$ , es decir, *el nivel de conciencia de los cuidadores sobre las situaciones de cuidado es mayor con el sistema de notificación que sin el sistema de notificación.*

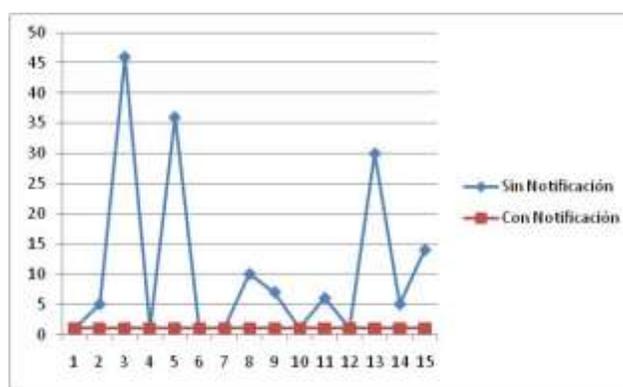
Para la **Hipótesis 2**, la Tabla D.2 nos muestra una parte de los tiempos (en segundos) en los que los cuidadores adquirieron conciencia sobre las situaciones de cuidado en la Fase A y B.

La Figura D.3 muestra de manera gráfica los valores indicados en la tabla D.2.

El análisis estadístico t sobre el tiempo transcurrido en percatarse de una situación de cuidado (Ver Figura D.4), arrojó también una diferencia significativa. Aceptando así la  $H_2$ , es decir, *el cuidador adquiere conciencia de la situación de cuidado en menos tiempo con el sistema de notificación que sin el sistema de notificación.*

**Tabla D.2.** Muestra de datos sobre el tiempo en adquisición de la conciencia, para la evaluación de la  $H_2$

Tiempo en segundos por SC	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
<b>Sin Notificación</b>	1	5	46	1	36	1	1	10	7	1	6	1	30	5	14
<b>Con Notificación</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1



**Figura D.3.** Gráfica de la muestra de datos sobre el tiempo de adquisición de la conciencia sobre las SC's.

Prueba t para dos muestras suponiendo vari		
	Variable 1	Variable 2
Media	12.57142857	1
Varianza	88.28571429	0
Observaciones	7	7
Diferencia hipoté	0	
Grados de liberta	6	
Estadístico t	3.258297846	
P(T<t) una cola	0.008642811	
Valor crítico de t	1.943180274	
P(T<t) dos colas	0.017285622	
Valor crítico de t	2.446911846	

$P=0.0086 < 0.01$ , por lo tanto  
Se rechaza la  $H_0$  y se **acepta la  $H_2$**

**Figura D.4.** Análisis estadístico t sobre la muestra de datos para  $H_2$ .

Estos resultados confirman que los cuidadores se percatan de más situaciones de cuidado cuando tienen el sistema de notificación, que cuando no lo tienen; y por otra parte, se reduce el tiempo en el que los cuidadores se percatan de las situaciones de cuidado.