

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

ÁREA DE POSGRADO

MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS E INGENIERÍA



**"ESTIMACIÓN DE ACTIVIDADES BASADA EN EL ANÁLISIS DEL
COMPORTAMIENTO DEL USO DE ARTEFACTOS"**

TESIS

que presenta para obtener el grado en DOCTOR EN CIENCIAS

FRANCISCO EDUARDO MARTÍNEZ PÉREZ

**DIRECTOR DE TESIS:
DR. JOSÉ ÁNGEL GONZÁLEZ FRAGA**

Ensenada, B. C.

Mayo de 2012

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA

**FACULTAD DE INGENIERÍA, ARQUITECTURA Y DISEÑO
UNIDAD ENSENADA**

**Estimación de actividades basada en el análisis del comportamiento del
uso de artefactos**

TESIS

Que para obtener el grado de Doctor en Ciencias presenta:

Francisco Eduardo Martínez Pérez

Aprobada por:



Dr. José Ángel González Fraga
Director de tesis



Dra. Marcela Deyanira Rodríguez Urrea
Miembro del comité



Dra. Mónica Tentori Espinosa
Miembro del comité



Dra. Erika Ramos Michel
Miembro del comité



Dr. Juan Iván Nieto Hipólito
Miembro del comité

Ensenada Baja California, México. Mayo de 2012

RESUMEN de la Tesis de Francisco Eduardo Martínez Pérez, presentada como requisito parcial para la obtención del grado de DOCTOR EN CIENCIAS, Ensenada, Baja California, México. Mayo de 2012.

**ESTIMACIÓN DE ACTIVIDADES BASADA EN EL ANÁLISIS DEL
COMPORTAMIENTO DEL USO DE ARTEFACTOS.**

Resumen aprobado por:



Dr. José Ángel González Fraga
Director de tesis

Con el fin de mejorar la calidad de vida de adultos mayores, en las residencias geriátricas se han implementado distintas iniciativas de cuidados de salud y de apoyo para la adecuada ejecución de sus actividades en la vida diaria. En este tipo de ambientes los adultos mayores con movilidad restringida son de especial importancia debido a que la calidad de vida que ellos tengan, depende fuertemente de las actividades de cuidados que les proporcionen el personal y familiares. Dentro de las actividades de vital importancia se encuentran la alimentación, la higiene y el suministro de medicamentos, entre otras.

En relación a la situación antes planteada, este trabajo de tesis propone una técnica para la estimación de actividades basada en el análisis del uso de artefactos, esto con la finalidad de apoyar a las residencias geriátricas con una monitorización automática para vigilar que las actividades que realizan los cuidadores se desarrollen oportuna y adecuadamente.

Entender el cómo se desarrollan las actividades, los retos, implicaciones y características de comportamiento de éstas en el entorno, fue clave para determinar un método para la estimación de actividades. Con éste fin, se realizó un caso de estudio en una residencia geriátrica de cuyo análisis se obtuvo suficiente información que permitió tener una visión clara de las actividades de cuidados en personas con movilidad restringida. El análisis de los resultados del caso de estudio se realizó a través de técnicas de teoría fundamentada, estos resultados permitieron identificar las características e interacciones de las actividades y del personal. Se descubrió que los artefactos empleados siguen un patrón de comportamiento, este comportamiento se encapsuló en lo que denominamos Golpeteo Errante (Roaming Beat). Por lo que las características de las actividades, las interacciones de las personas y el concepto Golpeteo Errante fueron utilizados en el diseño y desarrollo de una metodología para la inferencia de actividades enfocada en el comportamiento de artefactos.

El concepto Golpeteo Errante (Roaming Beat) permite modelar el comportamiento de artefactos dentro de la ejecución de una actividad en las etapas de diseño de un sistema. El comportamiento se obtiene del reconocimiento de artefactos en una localización base y de su seguimiento a través de la localización base y la cercanía al paciente. El modelado se interpreta en actividades complejas en donde la forma secuencial de las acciones por cada artefacto debe considerarse en forma independiente, esto permite enfrentar los retos que se presentan en el reconocimiento de actividades secuenciales, entrelazadas y concurrentes.

Adicionalmente, en los niveles de interpretación de la información, el modelado del Golpeteo Errante se convierte en la relación de un conjunto de información, en donde cada golpe es un evento en el desarrollo de la actividad, y utilizando diversos sensores y/o técnicas de visión, se puede capturar y registrar de forma visual cada uno de esos eventos. De esta manera cada golpe (beat), está asociado a un índice de una imagen en una secuencia de vídeo, el cual se captura durante la ejecución de la actividad. En esta forma se obtiene información de diferentes tipos de contexto en una escena tal como la identidad, la ubicación, el tiempo y la actividad.

En este trabajo se muestra la evaluación de la metodología desarrollada desde dos perspectivas, la primera considera el reconocimiento de artefactos obteniendo una efectividad del 92.72%, y la segunda considera la evaluación de la regla de inferencia que considera los criterios de comportamiento de artefactos dentro del desarrollo de las actividades, obteniendo una efectividad del 91.35%. Con estas dos evaluaciones se logra una efectividad del 84.69% en la estimación de actividades simples, entrelazadas y concurrentes.

Aún y cuando la captura del Golpeteo Errante puede realizarse a través de distintas tecnologías, se demuestra que el empleo del RB permite modelar de una manera sencilla a las actividades, sirve para recuperar información del cómo se llevó a cabo la actividad, y además permite mostrar distintas representaciones visuales de la ejecución de la actividad. Por ende, el RB representa una opción para que los diseñadores y programadores realicen sistemas AmI en ambientes reales.

Palabras clave: *Estimación de actividades, representación de actividades, reconocimiento de artefactos, inteligencia ambiental.*

ABSTRACT of the thesis, presented by Francisco Eduardo Martínez Pérez, in order to obtain the DOCTOR of SCIENCE. Ensenada, Baja California, México. May, 2012.

ACTIVITY ESTIMATION BASED ON ARTIFACT BEHAVIOR ANALYSIS

Approved by:



Dr. José Ángel González Fraga
Thesis Advisor

With the aim to provide a quality of life to the elders, nursing homes have implemented several healthcare initiatives and support for appropriate execution of their activities of daily living. In this kind of environment, elders with restricted mobility are of special attention because their life is engaged to the activities that the staff and relatives perform. Within the most important activities are found feeding, hygiene, medications among others.

Related to the aforementioned, this thesis proposes a technique for activity estimation based on artifact behavior analysis. The main purpose is supporting nursing homes through automatic monitoring of the activities that the caregivers perform, so they are executed in a timely and appropriate way.

The understanding of how the activities are performed, and the challenges, implications and behavior within an environment were the key for creating an activity estimation method. For this purpose, a case study was conducted in a nursing home and its analysis was used for obtaining relevant information, so it got a clear vision related to care activities performed by staff to the elders with restricted mobility. The analysis was performed with grounded theory and from its results was possible to identify the activity features and people interactions. It was found that the artifacts employed follow a behavior and this behavior was encapsulated in the concept called Roaming Beat (RB). So that, activity features, people interaction and the RB were used for designing and developing a methodology for activity inference focused on artifact behavior

Roaming Beat concept allows modeling the artifact behavior when the activity is performed and the system is on stage design. The artifact behavior is obtained by artifact recognition in a base location and also by tracking the artifact between the base location and the patient's place. The modeling is understood when a complex activity is performed because each sequential action caused by each artifact must be processed in independent way, this allows facing the activity challenges such as sequential, interleaved and concurrent fashion. Additionally, the bottom up levels, the Roaming Beat model is transformed in a set of information where each beat represents an event within the performed activity, and using technology and vision techniques, it is possible to capture and recording each event in a visual way. In this form, each beat is associated to an index image

in a video sequence, which it was captured when the activity was performed. Also, through the information related to the event, it can obtain several kind of scene context such as identity, location, time and activity.

This work presents the evaluation of the methodology proposed taking into account two perspectives: the first one considers the evaluation of artifact recognition, where the effectiveness is of 92.72%, and the second one considers the evaluation of the inference rule that takes into account the artifact behavior criteria within the activity and the effectiveness is of 91.35%. These two evaluations accomplished an effectiveness of 84.69% for activity estimation taking into account sequential, interleaved and concurrent activities.

Even when the Roaming Beat's capture can be obtained through several technologies, in this thesis is shown that RB allows modeling activities in a simple way, also it is useful for recovering information related to the way that the activity was performed, and moreover it is possible to show several visual representation related to the performed activity. Thus, the RB is an option for designers and developers to build up Aml systems in real environments.

Keywords: *Activity estimation; activity representation; artifact recognition; ambient intelligence*

Dedicatoria

*A mi niña Ana Lau, mi esposa, mis suegros, mi hermano y mis Padres
Por su apoyo incondicional*

Agradecimientos

A Dios gracias por mostrarnos los caminos de la vida y darnos armas para enfrentarlos con sabiduría y templanza.

Agradezco de forma especial a mi asesor al Dr. José Ángel González Fraga por haber confiado y creído en mí. A su familia por haberme abierto las puertas de su casa.

A los miembros de mi comité Dra. Marcela Deyanira Rodríguez Urrea, Dra. Mónica Tentori Espinosa, Dra. Erika Ramos Michel, Dr. Juan Iván Nieto Hipólito por haber contribuido con sus comentarios en el inicio, elaboración y culminación de esta tesis.

A mi niña Ana Lau y mi esposa Sandra, por su amor y cariño que hemos fortalecido en este tiempo como familia.

A mis padres Ma. Bertha y José María y a mis suegros Martha y Martín, a mi hermano José María y su esposa Claudia, a mis cuñadas Martha y Claudia y mi cuñado Oscar que nos han apoyado incondicionalmente.

A mis nuevas amistades de Ensenada, a la maestra Vicky, al Dr. Polo y su esposa, al maestro Evelio y su esposa, al Dr. Ignacio y su esposa, al maestro Carlos González y su esposa, al maestro Juárez.

A mis compañeros y amigos de la UABC Arturo y su esposa, Mary, Humberto y su esposa, Ramón, Viri, Claudia, Alex, Everardo con quien me tocó compartir ideas de investigación y otros temas.

A la familia Lazcano, el Licenciado Marco y su esposa Isabel, a la señora Dorita quienes nos abrieron las puertas de sus casas.

Al CONACYT por haberme otorgado la beca del 1 de agosto de 2008 al 31 de julio de 2012.

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

ÍNDICE

<i>Dedicatoria</i>	vi
<i>Agradecimientos</i>	vii
Índice de Figuras	xii
Índice de Tablas	xiv
Glosario de Términos	xv

Capítulo 1	1
1. Introducción	1
1.1. Problemática.....	4
1.2. Objetivos de la investigación	5
1.3. Metodología de investigación	6
1.4. Contenido del documento	7
Capítulo 2	9
2. Marco teórico	9
2.1. Descripción de las características de las actividades.	10
2.2. Retos y características de comportamiento en el reconocimiento de actividades.....	12
2.3. Recopilación de datos de un escenario.....	13
2.4. Trabajo relacionado.....	15
2.4.1. Reconocimiento de actividades secuenciales	16
2.4.2. Reconocimiento de actividades complejas.....	18
2.5. Estructura en el reconocimiento de actividades	20
2.6. Resumen del capítulo	21
Capítulo 3	22
3. Roaming Beat: una técnica para la estimación de actividades.....	22
3.1. Origen del concepto Roaming Beat	23
3.2. Definición del Roaming Beat.....	24
3.3. Elementos del Roaming Beat	26
3.4. Inferencia de actividades mediante el RB	27

3.5. Ejemplos de inferencia de actividades	29
3.6. Algoritmo para la estimación de actividades	30
3.7. Resumen del capítulo	33
Capítulo 4	34
4. Representación de una actividad basada en el reconocimiento de artefactos.	34
4.1. Reconocimiento de artefactos.	35
4.2. Obtención del Roaming Beat mediante varias tecnologías.....	36
4.2.1. Reconocimiento de artefactos mediante el uso de sensores.....	36
4.2.2. Reconocimiento de artefactos mediante el uso de técnicas de visión computacional.	42
4.3. Evaluación aplicada al reconocimiento de artefactos.....	46
4.4. Evaluación aplicada a los criterios de comportamiento de uso de artefactos para la estimación de actividades.....	50
4.4.1. Resultados de la Estimación de actividades.....	51
4.5. Resumen del capítulo	54
Capítulo 5	55
5. Recuperación de información mediante la representación del RB.....	55
5.1. Unión de dos tecnologías para la estimación de actividad.....	56
5.2. Recuperación de información usando el RB	58
5.2.1. Ejemplos de recuperación de la información	59
5.3. Resumen del capítulo	62
Capítulo 6	63
6. Discusión, conclusiones, aportaciones y trabajo futuro	63
6.1. Discusión.....	64
6.2. Conclusiones	66
6.3. Aportaciones	68
6.3.1. Publicación en Revistas.....	69
6.3.2. Publicación en congresos internacionales.....	69
6.3.3. Publicación en congresos nacionales	69
6.4. Trabajo futuro	70
Referencias	72
APÉNDICE A	77
A. Caso de estudio	77

A.1. Obtención de datos	78
A.1.1. Entrevista semi-estructurada	78
A.1.2. Observación no participativa.....	79
A.2. Análisis de datos	80
A.2.1. Análisis cualitativo.....	81
A.2.2. Análisis cuantitativo.....	82
A.3. Interpretación de los datos.....	82
A.3.1. Conceptualización de los datos	83
A.3.2. Modelo obtenido	84
A.3.3. Características de captura.....	85
A.4. Resultados	86
A.4.1. Escenario de ejecución de actividades	88
A.4.2. Tiempos de ejecución de actividades	89
A.4.3. Interacciones de los cuidadores.....	89
A.4.4. Manejo de instrumentos	90
APÉNDICE B	92
B. Filtros de correlación compuestos.....	92
APÉNDICE C	95
C. Estructura interna de sistema para la estimación de actividades.....	95
C.1. Módulo de reconocimiento de artefactos.....	96
C.2. Módulo de inferencia de actividades.....	98
C.3. Módulo de representación de actividades.....	98

ÍNDICE DE FIGURAS

<u>Figura</u>		<u>Página</u>
3.1.	Representación del comportamiento de un artefacto a través del RB.	25
3.2.	Relación entre artefactos y actividades definidos para la estimación de actividades.	28
3.3.	Algoritmo para el análisis del comportamiento de artefactos.	30
4.1.	(a)RFID y su antena; (b) Acelerómetro y su antena; (c) Cámaras instaladas y etiquetas asociadas al artefacto;(d) Vista del laboratorio.	37
4.2.	Resultados de la tecnología RFID.	38
4.3.	Resultados del acelerómetro.	41
4.4.	Resultados de la correlación en imágenes usando el filtro de la presión sanguínea (a) Datos reales de los valores de correlación obtenidos de analizar una secuencia de vídeo; (b) Conversión de datos.	45
4.5.	Resultados del reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación.	49
5.1.	(a) Reconocimiento de personas usando la tecnología de RFID (b) Reconocimiento de artefacto mediante el procesamiento de imágenes.	57
5.2.	Recuperación de contexto mediante el RB.	58
5.3.	Representaciones visuales obtenidas con el RB.	60
5.4.	Envío de información a un dispositivo móvil basado en la representación del RB.	62
6.1.	Visión del RB enfocado en diseñadores y programadores para proporcionar información al usuario.	65

A.1.	Análisis por párrafo que corresponde a un escenario relacionado con la fragmentación de datos.	81
A.2.	Integración de las categorías en un modelo conceptual.	84
A.3.	Número de actividades por cuidador y familiares.	87
A.4.	Tiempos de las actividades de cuidadores y familiares.	90
B.1.	Reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación.	94
C.1.	Estructura interna del sistema SCAN.	97

ÍNDICE DE TABLAS

<u>Tabla</u>		<u>Página</u>
4.1.	Actividades realizadas en un día normal.	48
4.2.	Actividades realizadas en la evaluación del reconocimiento de artefactos.	49
4.3.	Criterios por artefacto con su actividad relacionada.	51
4.4.	Actividades Estimadas y el número de beats que se obtuvieron en la evaluación de los criterios para la estimación de la actividad.	52
A.1.	Tiempos y porcentajes de las actividades.	89
A.2.	Manejo de artefactos por actividad.	91

GLOSARIO DE TÉRMINOS

Término	Descripción
Acelerómetro	Tecnología que es utilizada para la identificación del comportamiento de personas u artefactos enfocado en detectar el movimiento causado por caminar, correr, entre otras.
ADL	Actividades de la vida diaria (por sus siglas en inglés: Activities of Daily Living).
Ambiente Pervasivo	Tecnología penetrante en el ambiente.
AmI	Inteligencia Ambiental (Por sus siglas en inglés: Ambient Intelligence).
AMMR	Siglas que definen a: Adultos mayores con movilidad restringida.
Biométrico	Estudio mensurativo o estadístico de los fenómenos o procesos biológicos.
Bio-sensor	Dispositivo adherido a una persona con el propósito de capturar información de algún signo vital de la persona tal como la presión sanguínea, temperatura entre otros.
Concurrente	Se refiere a la ejecución de procesos en paralelo
Contexto	Entorno físico o de situación, ya sea político, histórico, cultural o de cualquier otra índole, en el cual se considera un hecho.
CRF	Siglas que definen una técnica para la estimación de actividades nombrado como el campo aleatorio condicional (por sus siglas en inglés, conditional random field)
EP	Siglas que definen una técnica para la estimación de actividades nombrado como patrones emergentes (por sus siglas en inglés, emerging pattern)
HMM	Siglas que definen una técnica para la estimación de actividades nombrado como el modelo oculto de Markov (por sus siglas en inglés, hidden Markov model)
Monitorizar	Observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar

	posibles anomalías.
Píxel	Superficie homogénea más pequeña de las que componen una imagen, que se define por su brillo y color.
RFID	Tipo de tecnología enfocada en la identificación de personas o artefactos mediante el uso de radio frecuencias (por sus siglas en inglés Radio Frequency IDentification).
Umbral	Valor mínimo de una magnitud a partir del cual se produce un efecto determinado.
Sensor	Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.

Capítulo 1

1. Introducción

El paradigma de Inteligencia Ambiental (AmI por sus siglas en inglés: Ambient Intelligence) se refiere a la integración de múltiples sensores dentro de una interfaz distribuida para interactuar con el usuario de una forma pasiva y transparente con el propósito de observar e interpretar las actividades e intenciones de éste, pero con un aprendizaje activo con base en sus preferencias para adaptar los parámetros necesarios para responder y de esta manera mejorar la calidad de vida de ellos [1]. AmI debe incluir investigación, desarrollo de algoritmos basados en la recopilación de datos y procesos colaborativos, fusión de datos, interpretación de eventos, extracción de eventos y un modelado de comportamiento en un ambiente [2]. Es decir, que AmI ayude a las personas en forma proactiva y sensiblemente en el desarrollo de las actividades diarias [3]. En la actualidad, los sistemas AmI se han implementado en ambientes tales como los hogares, fábricas, oficinas, salas de reuniones, salones de clases, vehículos y museos; hospitales y las residencias de cuidado no son la excepción. Típicamente en este tipo de escenarios se han incrustado en el ambiente una gran cantidad de sensores tales como micrófonos, cámaras de vídeo, sensores de movimiento, identificadores por radiofrecuencias (RFID por

sus siglas en inglés: Radio Frequency Identification) entre otros con el objetivo de capturar y reconocer las actividades humanas [4][5][6]. El objetivo principal de éstos sensores es el de recopilar información del escenario para posteriormente interpretar el ambiente que rodea al usuario. Con lo anterior se pueden conocer las actividades que realiza el usuario y de esta manera proporcionarle servicios de información [3]. El reto para crear servicios de información se encuentra en reconocer las actividades en situaciones simples y complejas [7]. En este sentido, es necesario considerar la captura de información de uno o varios sensores para reconocer las actividades humanas.

Como se mencionó anteriormente, AmI se refiere a la integración de múltiples sensores dentro de una interfaz distribuida con el objetivo de asistir a personas en sus actividades diarias. Para conseguir esto, es necesario realizar un análisis detallado y exhaustivo del escenario en el cual se pretende integrar un sistema AmI. Para el desarrollo de este tipo de sistemas se debe dar respuesta a preguntas como ¿quién?, ¿dónde? ¿qué? y ¿por qué?, con el propósito de ayudar a los diseñadores y programadores a entender el contexto del usuario, de las actividades y de los objetivos de los escenarios.

En la actualidad, en ambientes de salud, la mayoría de los investigadores se están centrando en el análisis y diseño de sistemas que tienen como propósito el crear herramientas que recuperen información de forma automática para la asistencia a enfermeras o cuidadores mediante el uso de diversas tecnología como se menciona en [8]. Específicamente los trabajos realizados para residencias de cuidados de salud, tienen como propósito la monitorización de pacientes, y la información de los pacientes se envía a las enfermeras o cuidadores[8]. Esto se realiza mediante la captura de información de diversos tipos de sensores con los cuales se obtiene una completa perspectiva del estado de salud de un adulto mayor. Esta información incluye patrones conductuales y la ejecución de las actividades de la vida diaria (ADL por sus siglas en inglés: Activities of Daily Living) de los pacientes. Por ejemplo, Lin et al.,[9], desarrollaron un sistema de monitorización que utiliza bio-sensores para estar verificando las condiciones fisiológicas de un adulto mayor, así como sensores RFID para conocer la localización del adulto. Ambos sensores son portados por el adulto mayor. La información que se obtiene de los sensores, se utiliza para disparar una alarma a los cuidadores o enfermeras en caso de detectar una emergencia o accidente relacionada al adulto. Un trabajo similar presentado en [4] utilizó sensores RFID

y la tecnología de comunicación inalámbrica. La información que se recopila se analiza con el uso de agentes inteligentes los cuales envían alertas a los cuidadores para notificar alguna caída u otro tipo de riesgo de salud. Por lo que los cuidadores reciben un mensaje de alerta en su dispositivo móvil informándoles la situación del evento. Sin embargo, en este último trabajo, el contexto del evento es omitido por lo que antes, durante y después del evento no se conocen las causas del incidente. Otro trabajo reportado en [5] se utilizan segmentos de una secuencia de vídeo para relacionar eventos derivados del seguimiento de artefactos. Los autores realizan el seguimiento de artefactos en una escena mediante la implementación de técnicas de visión computacional. El proceso detecta cuando el artefacto aparece y comienza a grabar el vídeo hasta que éste desaparece de la escena. Esto les permite identificar en el segmento de vídeo las posibles causas del accidente.

Los trabajos antes mencionados [4][5][9] se han centrado en la monitorización de adultos mayores con movilidad o independientes sin tomar en cuenta a los adultos mayores con movilidad restringida (AMMR) y sin considerar el registro de las actividades de los cuidadores o enfermeras. Por lo que la calidad del cuidado que proporcionan los cuidadores no se evalúa. Consecuentemente, el registro de las actividades de los cuidadores es importante debido a que las actividades que se realizan forman parte del contexto[10] de un ambiente de cuidados de salud.

Por consiguiente se identifica una oportunidad en este tipo de ambiente con AMMR para la implementación de un sistema AmI. Para lo cual es necesario el realizar un análisis del ambiente dentro de residencia de cuidado para conseguir una monitorización completa de adultos mayores (independientes o no) [8][11]. Algunos trabajos han presentado herramientas para la comunicación entre cuidadores o enfermeras, los cuales están basados en estudio etnográficos [11], por lo que los requerimientos y las implicaciones se consideran en el desarrollo de la aplicación para la comunicación entre los cuidadores. Sin embargo, este escenario se enfoca en la atención de adultos mayores independientes [8].

Algunos autores han desarrollo aplicaciones cuyo objetivo está en monitorizar personas con movilidad restringida o pacientes dependientes. Sus trabajos se enfocan en la monitorización de la superficie de una cama en forma automática mediante el uso de sensores de detección de calor. Los sensores envían la información a un microcontrolador¹

¹ Componente electrónico para propósitos específicos.

el cual toma la decisión de activar o no un ventilador de acuerdo a la temperatura generada por el calor del paciente en la cama. Este proceso evita la generación de escaras de presión en la piel de los adultos mayores con movilidad restringida [12].

1.1. Problemática

En las residencias geriátricas, con el fin de mejorar la calidad de vida de adultos mayores, existen iniciativas que proporcionan la ayuda necesaria para la adecuada ejecución de sus actividades de la vida diaria, debido a que la ayuda se convierte en una necesidad primordial [13]. Esto se complica, cuando los adultos mayores tienen un nivel de dependencia alto causado por alguna deficiencia física o psicológica, como el tener movilidad restringida. Los adultos mayores con movilidad restringida son aquéllos que requieren de ayuda para trasladarse de un lugar a otro, aunque ellos sean capaces de mover sus brazos, cabeza u otra parte del cuerpo.

Dentro de las consecuencias que una persona puede sufrir por encontrarse en reposo prolongado, se encuentran aquéllas de índole físico como; daño a tejidos blandos, hipotermia, deshidratación, infecciones respiratorias, tromboembolia pulmonar y úlceras de decúbito, así como, repercusiones psicológicas [14].

En este tipo de ambientes los AMMR son de especial importancia debido a que la calidad de vida que ellos tengan depende fuertemente de las actividades de cuidados que les desarrollen los cuidadores o enfermeras. En la actualidad, los registros de las actividades que realizan los cuidadores a los AMMR son realizados de forma manual, confiando plenamente en la responsabilidad de los cuidadores. Sin embargo, la omisión de estos registros puede causar un problema a los AMMR tales como la duplicidad de medicamentos o la omisión de alguna terapia en un cambio de turno y esto llevar al adulto mayor a un estado crítico en su salud inclusive llevarlo hasta la pérdida de su vida.

Por consiguiente, con este tipo de pacientes, es de suma importancia monitorizar y estimar las actividades de manera que, con base en las acciones que se realizan en el ambiente se pueda dejar evidencia de que las actividades se ejecutaron. Lo anterior con el propósito de corroborar un registro de las actividades básicas para la sobrevivencia del AMMR tales como el alimento, la higiene y la medicación se realizan en tiempo y en

forma. De manera similar se considera importante la identificación de algún abuso o negligencia por parte de los cuidadores. Adicionalmente, realizar la monitorización de los medicamentos para corroborar si están funcionando, todo esto con el propósito de proporcionarle una calidad de vida al AMMR. Con base en esta problemática se han definido preguntas de investigación que guían este trabajo de investigación:

- ¿Cuál es el proceso para realizar una monitorización de actividades en una forma transparente en un ambiente determinado aplicando el paradigma AmI?
- ¿Cuáles y como alcanzar los retos en la estimación de actividades a través de una monitorización?
- ¿Cuáles son las actividades que se pueden estimar mediante el reconocimiento de artefactos?

1.2. Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Diseñar una técnica para la estimación de actividades basada en el reconocimiento y análisis del comportamiento del uso de artefactos, con el fin de monitorizar un ambiente determinado aplicando el paradigma de Inteligencia Ambiental.

Objetivos específicos:

- Caracterizar las actividades que se desarrollan en un escenario determinado.
- Determinar qué actividades son factibles de estimar mediante el uso de diversos métodos de reconocimiento de artefactos.
- Diseñar una técnica para la estimación de actividades basada en el reconocimiento y análisis del comportamiento de uso de artefactos.
- Evaluar la técnica para determinar su efectividad en la estimación de actividades.
- Diseñar una herramienta que implemente la técnica propuesta para la monitorización de actividades.

1.3. Metodología de investigación

La metodología de investigación utilizada para el desarrollo de este trabajo consta de siete etapas. Enseguida se describen las actividades llevadas a cabo en las diferentes etapas de esta metodología:

1. Revisión bibliográfica. En esta etapa se realizó un análisis bibliográfico extenso con la finalidad de identificar los trabajos previos realizados para el tema propuesto y fundamentar el marco teórico para el presente trabajo. Con esta etapa se obtuvo una estructura de los trabajos enfocados en la estimación de actividades. Esta etapa fue desarrollada durante todo el tiempo de estudio.
2. Análisis de un caso de estudio: Esta etapa consistió en realizar un caso de estudio con el fin de caracterizar las actividades que son realizadas en un escenario determinado.
3. Análisis de técnicas en el reconocimiento de artefactos: En esta etapa se analizaron diversas técnicas actuales que utilizan para el reconocimiento de artefactos. Se identificando las estructuras y metodologías utilizadas.
4. Diseño e implementación de una técnica para la estimación de actividades: En esta etapa se definen los criterios y formas de realizar la estimación de actividades basado en los requerimientos obtenidos en el caso de estudio y de las metodologías utilizadas en la inferencia de actividades.
5. Desarrollo e implementación de una herramienta: En esta etapa se comienza a desarrollar el sistema como herramienta para la captura, inferencia y representación de las actividades.
6. Evaluación de herramienta: En esta etapa se evalúa la herramienta en el laboratorio considerando el reconocimiento y el análisis del comportamiento de artefactos.
7. Implementación de herramienta: En esta etapa se implementa la herramienta en un escenario real y se obtienen los resultados de la estimación de actividades.

Resumidas las siete etapas que conforman la metodología utilizada en esta investigación, se definen a continuación las partes que constituyen la presente tesis.

1.4. Contenido del documento

El resto de este documento está dividido en 6 capítulos y 3 apéndices, el contenido de cada uno de ellos se describe brevemente a continuación:

En el capítulo 2 se presenta una serie de trabajos de distintas áreas de investigación, con los cuales se argumenta el marco teórico para entender y establecer en qué consiste el reconocimiento de actividades humanas. De manera particular, se centran en describir las características de las actividades enfocadas en el rol de los artefactos dentro de la actividad y se presentan los retos y características de comportamiento que tienen las actividades cuando son ejecutadas. Para lograr comprender las actividades, es necesario el entendimiento y conocimiento de un escenario específico, para lo cual se presenta una técnica que permite realizar recopilación y análisis de datos de un escenario. Se presenta el trabajo relacionado en el reconocimiento de actividades obteniendo como resultado una estructura de tres niveles con la cual es posible realizar la estimación de actividades.

En el capítulo 3 se presenta la técnica para la estimación de actividades la cual se basa en la obtención del Roaming Beat. El concepto de Roaming Beat que se propone en este capítulo se obtiene a partir de la manipulación de artefactos dentro del desarrollo de las actividades. La metodología para la estimación de actividades que se propone con el concepto enfrenta los retos en el reconocimiento de actividades secuenciales, entrelazadas y concurrentes.

En el capítulo 4 se muestra cómo con el uso de tres tipos de tecnologías es posible realizar el reconocimiento de artefactos y obtener la representación del Roaming Beat. Posteriormente se presentan dos evaluaciones: la primera realizada en el laboratorio de usabilidad enfocada en evaluar el reconocimiento de artefactos utilizando técnicas de visión y la segunda realizada en sitio y enfocada en evaluar los criterios de comportamiento de los artefactos. Estas dos evaluaciones forman parte de la efectividad de la metodología.

En el capítulo 5 se muestra cómo la representación del Roaming Beat permite realizar la recuperación de información a partir de recuperar los beats ligados a una secuencia de vídeo de una base de datos. Se muestra un ejemplo de la fusión de dos tecnologías, cuyos beats ayudan a tener una percepción más amplia de la ejecución de una

actividad, además se muestran ejemplos de la recuperación de la información utilizando el RB y el tipo de información que se puede recuperar.

En el Capítulo 6 se presentan la discusión, las conclusiones y reflexiones derivadas de este trabajo; las principales aportaciones, entre las que se encuentran las publicaciones derivadas de esta tesis, así como algunas oportunidades de trabajo futuro identificadas durante el desarrollo de la misma.

El apéndice A muestra el análisis realizado a un caso de estudio mediante la metodología de Teoría Fundamentada.

El apéndice B presenta la técnica de visión computacional en el reconocimiento de artefactos mediante la creación de filtros de correlación compuestos.

El apéndice C presenta la estructura interna implementada para el desarrollo de un sistema que integra los tres niveles para la estimación de actividades.

Capítulo 2

2. Marco teórico

En este capítulo se presenta un análisis de trabajos de investigación relevantes para el tema de análisis de actividades humanas. Se presenta una descripción general de las actividades que desarrolla el humano, para mostrar qué debe considerarse cuando se genera una técnica para la estimación de actividades, como por ejemplo la forma en que se desarrollan las actividades y los retos en su reconocimiento. Una de las metodologías que aborda este tópico es la metodología de Teoría de la Actividad que permite entender cómo se desarrollan las actividades humanas considerando los retos y las características de comportamiento. Esta metodología aborda tres elementos en el desarrollo de actividades, de los cuales, en este trabajo se analiza el uso de los artefactos debido a que las actividades son mediadas por uno o más artefactos, y porque además son parte esencial para entender la forma en que éstos se utilizan dentro de la actividad. Por lo que se hace referencia a

instrumentos u objetos físicos de forma genérica utilizando el término artefacto. De la misma manera se hace referencia a los términos estimación e inferencia indistintamente.

Para lograr comprender las actividades es necesario entender y conocer un escenario específico, para lo cual se propone el uso de la Teoría Fundamentada, debido a que en esta metodología se utilizan procedimientos y técnicas de recolección y análisis de datos para obtener teoría derivada de un fenómeno.

Finalmente, se proporciona una revisión de la literatura enfocada en el reconocimiento de actividades en ambientes de salud mostrando algunas técnicas y problemáticas.

Este marco teórico es parte fundamental para el entendimiento, diseño y desarrollo de la propuesta de este trabajo.

2.1. Descripción de las características de las actividades.

La vida del hombre está arraigada en el desarrollo de actividades humanas que son orientadas a objetivos. Así, el ser humano es visto desde una perspectiva de vida colectiva con sus semejantes y su entorno, en la que se maneja con propósitos que están más allá de un objetivo en particular. Las actividades organizan la vida del humano y mediante ellas, los humanos desarrollan sus habilidades, su personalidad y su consciencia. A través de las actividades, se transforman las condiciones sociales, se resuelven contradicciones, genera nuevas ideas culturales y se crean nuevas formas de vida para el humano. Es así que las actividades orientadas a objetivos son el centro de estudio de Teoría de la Actividad (TA) [15].

La Teoría de la Actividad es una metodología cuyo objetivo es el estudio de las actividades. En TA la unidad básica de análisis es la actividad y utiliza tres elementos para definir la actividad: el sujeto, las herramientas o artefactos y el objetivo. De esta forma la TA define una actividad como la relación entre el sujeto y el objetivo que es mediado por un artefacto en un contexto específico [16]. Cotidianamente estos términos se utilizan de forma inconsciente en el desarrollo de nuestras actividades. El sujeto se representa por un actor que ejecuta una acción, el objetivo es lo que desea obtener el actor como resultado de la acción y las herramientas son los artefactos usados para lograr el objetivo. En este

sentido Bødker [17], hace uso de estos elementos con el objeto de analizar vídeos y proporcionar un significado a los datos del contenidos en éstos y así utilizarlos en las interacciones humano-computadora.

En [16] se analiza el uso de artefactos en el desarrollo de las actividades. Para ello las actividades son mediadas por uno o más artefactos. Esta mediación es esencial para lograr entender la forma en que son utilizados dentro de la actividad. Cada actividad se realiza mediante acciones individuales dirigidas en lograr un objetivo específico, por lo que las actividades dan el significado de nuestras acciones. Las acciones pensadas tienen su propio enfoque, y las mismas acciones pueden aparecer en diferentes actividades. Cada acción es realizada mediante una serie de operaciones donde cada operación está vinculada a una condición concreta o a una condición social y está relacionada a una acción. La operación se inicia mediante condiciones específicas presentes en el mismo tiempo. Las operaciones permiten actuar sin necesidad de pensar cada paso. Y se transforman en acciones, las cuales se realizaron conscientemente desde un inicio [17].

Las actividades nunca se realizan en forma aislada puesto que se entrelazan con otras actividades que pueden utilizar los mismos objetivos, o bien, producir los instrumentos utilizados en la actividad objetivo. En el desarrollo de una actividad específica, el movimiento de artefactos puede verse como un cambio de actividad o como un cambio en el propósito de las acciones, o como un agrupamiento de acciones. Se puede separar analíticamente en categorías tales como actividad, acciones y operaciones mediante preguntas como: ¿por qué algunas cosas son realizadas?, ¿qué se realiza?, y ¿cómo son realizadas?. Con esta perspectiva los artefactos se deben estudiar con respecto a su uso, con un enfoque de sus roles como mediador y pueden verse como artefactos o herramientas [17]. Los artefactos pueden ser lógicos o físicos, como por ejemplo una hoja de cálculo (artefacto lógico) en una computadora cuando un usuario desea obtener estadísticas de sus ventas; o como un martillo (artefacto físico) cuando un usuario desea colocar un clavo en la pared. En este sentido este trabajo considera solo artefactos físicos.

A pesar de considerar los tres elementos de TA y las características que poseen las actividades, es necesario tener en cuenta las diversas formas en que el ser humano desarrolla cada una de las actividades. Esto con el objetivo de llegar a capturar y reconocer

las actividades en una forma automática. Para esto en la siguiente sección se plantean los retos y características en el reconocimiento de las actividades.

2.2. Retos y características de comportamiento en el reconocimiento de actividades

En la sección anterior se mencionan las formas en que las actividades se dividen en operaciones más sencillas así como las actividades no pueden ser realizadas de forma aislada, sino que éstas son entrelazadas con otras actividades. Para esto, en la literatura se han reportado retos en el reconocimiento de actividades que consideran el uso de artefactos en su ejecución, por lo que a continuación se describen las formas en que las actividades se puede desarrollar [7]:

- Actividades secuenciales: Se refieren a aquellas actividades que son ejecutadas una detrás de otra es decir en forma secuencial.
- Actividades concurrentes: Se refieren a la ejecución de varias actividades que son realizadas al mismo tiempo.
- Actividades entrelazadas: Son aquellas actividades que pueden mezclarse en su ejecución. Es decir, una actividad comienza en un instante y posteriormente otra actividad comienza, por lo que estas dos actividades continúan en ejecución hasta su finalización.
- Ambigüedad de Interpretación: Se refiere a aquellas situaciones que pueden ser interpretadas de una forma similar y corresponden a dos actividades diferentes.
- Actividades con múltiples personas: Este reto se refiere a la participación de varias personas en un escenario. Por lo que cada persona puede realizar una actividad diferente con los mismos o diferentes artefactos.

Estos retos son presentados en casi la mayoría de las actividades que se ejecutan en la vida diaria con el uso de artefactos, sin embargo no solo con su reconocimiento se obtiene la actividad, sino que es necesario verificar el comportamiento de ejecución para lo cual es preciso representarlo como lo hicieron Bremond et al., [18]. Ellos mencionan que las diversas entidades necesarias para reconocer el comportamiento de actividades

corresponden a diferentes características de comportamiento que es necesario identificar en todo momento y que a continuación se listan:

1. Las propiedades básicas que corresponden a las características de un actor (persona, herramienta, artefacto) tales como su forma, color, trayectoria o rapidez.
2. Los estados que corresponden a la descripción de la situación en la que se encuentran uno o varios actores en un tiempo definido o una situación estable definida en un intervalo de tiempo. Como por ejemplo móvil e inmóvil.
3. Los eventos son cambios de estado en dos tiempos consecutivos. Por ejemplo, un grupo entra a una zona de interés.
4. Los escenarios que son una combinación de estados, eventos o sub-escenarios. Los comportamientos son escenarios específicos definidos por los usuarios (dependiendo de la aplicación).

Estas características de comportamiento corresponden al seguimiento de los artefactos en las actividades basadas en su naturaleza de uso con el objetivo de lograr su inferencia.

Aunque en esta sección se muestran dos consideraciones importantes en el reconocimiento de las actividades (los retos y las características del comportamiento), en el diseño y desarrollo de un sistema para la estimación de actividades es necesario considerar el análisis detallado de un escenario del cual se obtienen los requerimientos necesarios para diseñar y desarrollar herramientas útiles para los usuarios, por lo que en la siguiente sección se proporciona una descripción de la recopilación de datos para cualquier escenario.

2.3. Recopilación de datos de un escenario

La recopilación de datos de cualquier escenario es parte importante para la identificación de necesidades y requerimientos con el objetivo de analizar, entender y crear herramientas útiles y enfocadas en los usuarios. El propósito de la recopilación de datos es recolectar datos exactos, relevantes y suficientes para conformar un conjunto estable de requerimientos. Incluso pueden existir requerimientos previos con los que se inicia que pueden ampliarse, clarificarse y confirmarse por esta recopilación. Dentro de esta recopilación de datos es importante conocer los requerimientos de todas las actividades que

se desarrollan. Es decir, es necesario conocer las tareas que actualmente realizar un usuario con sus objetivos relacionados, así como el contexto en el cual las tareas se ejecutan para así entender el qué y el porqué de las cosas que suceden [19].

Para la recolección de datos existen varias técnicas, sin embargo, estas técnicas son flexibles y pueden combinarse y ampliarse en diversas formas, creando muchas posibilidades para la recopilación de datos, de forma que sea posible obtener un completo entendimiento de los requerimientos deseados. Estas técnicas son cuestionarios, entrevistas, grupos focales y talleres, observación naturalista y el estudio de la documentación [19].

Una de las metodologías que combina las técnicas de recolección de datos es Teoría Fundamentada (TF). Esta teoría incluye un grupo de procedimientos y técnicas para recolectar y analizar datos, y se trata de un método de investigación cualitativa que usa un conjunto sistemático de procedimientos para desarrollar inductivamente teoría derivada de un fenómeno, en específico de sus datos. La importancia de esta metodología radica en que proporciona un sentido de visión generando un puente de entendimiento y claridad con la realidad [20].

La metodología que sigue la TF para obtener teoría derivada de los datos requiere considerar lo siguiente: (1) No es necesario contar con una teoría previa del fenómeno o del escenario objetivo; (2) Recolectar datos del fenómeno ya sea mediante entrevistas, observaciones, entrevistas, etc.; (3) Realizar la interpretación y la organización de los datos mediante un análisis de estos y aplicar un procedimiento sistemático de TF. Esto usualmente consiste de conceptualización y reducción de datos. Este proceso se realiza definiendo categorías en términos de sus propiedades y dimensiones. Una vez realizado esto se generan las relaciones que existen entre las propiedades y las dimensiones mediante una serie de sentencias preposicionales; y (4) Generar la teoría, conceptos y relaciones a partir de los datos recolectados [20].

La conceptualización y reducción de datos se refieren a una serie de pasos aplicados a los datos recolectados y son descritos a continuación:

- Micro-análisis: Permite descubrir la cantidad de información contenida en pequeñas secciones de los datos. El micro-análisis muestra que depende de los investigadores el explotar los datos. Ver sección A.2.1. en el apéndice.

- Codificación: El proceso consiste en descomponer los datos en partes discretas, examinando, conceptualizando y reconfigurando los datos en nuevas formas y formatos (ver sección A.2.2.). La codificación es analítica e interpretativa por lo que va más allá de lo descriptivo. Existen tres tipos de codificación:
 - Codificación abierta (Open coding): Es el proceso de descomponer (breaking down), examinar, comparar, conceptualizar, y categorizar datos.
 - Codificación axial (Axial coding): Los datos se vuelven a unir en nuevas formas después de la codificación abierta haciendo conexiones.
 - Codificación selectiva: Es el proceso de selección de categorías base, estableciendo relaciones y validándolas. Fases iniciales de la generación de la teoría (ver sección A.3.).

Con esta recopilación y análisis de datos, la teoría emerge de ellos permitiendo reensamblar la realidad apegada al usuario de forma que queda a un lado la teoría derivada de una serie de conceptos basados en experiencia o simplemente de especulaciones o prejuicios [20]. La recopilación y análisis de datos son indispensables en cualquier diseño y desarrollo de sistemas, para lo cual se presenta en la siguiente sección el trabajo relacionado con actividades en ambientes de cuidado de salud y sus formas de abordar la problemática.

2.4. Trabajo relacionado

En la actualidad el reconocimiento de actividades humanas es una de las áreas más activas en visión computacional. Dentro de las aplicaciones que se han presentado se encuentran trabajos aplicados a vigilancia visual[21][22], sistemas de monitorización de pacientes[23][4], y una variedad de sistemas que involucran interacciones entre personas y dispositivos electrónicos tal como las interfaces humano-computadora[19] [24].

Adicionalmente, otras áreas de investigación tales como la adquisición de contexto de usuario, cómputo penetrante (pervasivo²), inteligencia ambiental, entre otras, se han sumado en el reconocimiento de actividades, gracias a que la tecnología ha permitido realizar la adquisición de información del ambiente utilizando cámaras de vídeo y el uso de

² Que existe en todas partes de un lugar o de alguna cosa [57].

acelerómetros o identificación por radiofrecuencias (RFID) u otro tipo de sensores [25][26][27][28].

El objetivo del reconocimiento de actividades humanas es obtener el análisis de las actividades de una forma automática a partir de diversas fuentes de captura como las cámaras de vídeo u otro tipo de sensores. El reconocimiento continuo de actividades humanas debe ejecutarse mediante la identificación de los tiempos que inician y finalizan todas las actividades que ocurren como por ejemplo de una entrada de vídeo. Existen varios tipos de actividades humanas, tales como los gestos, las acciones, las interacciones y los grupos de actividades. Los gestos corresponden a movimientos elementales de partes del cuerpo de las personas; las acciones son actividades simples que son compuestas de múltiples gestos tales como caminar, correr, etc; las interacciones son actividades humanas que involucran a otra persona y/o artefactos, en este sentido las interacciones con múltiple artefactos son consideradas actividades complejas por el involucramiento de más de un artefacto y por ende de más de un comportamiento en la ejecución de la actividad; y el grupo de actividades está compuesto por el desarrollo de más de una actividad en la cual se involucran más personas o múltiples artefactos [29]. En este sentido, los retos que se describieron en la sección 2.2 están enfocados en las interacciones y los grupos de actividades, en las cuales se involucran más de una persona y/o la manipulación de artefactos.

El reconocimiento de las interacciones y del grupo de actividades requiere el análisis de las interacciones entre el reconocimiento de artefactos y el análisis de la actividad. En este sentido a continuación se muestra una clasificación de trabajos en el reconocimiento de actividades en los que se involucra el reconocimiento de artefactos considerando:

1. Reconocimiento de actividades secuenciales.
2. Reconocimiento de actividades complejas.

2.4.1. Reconocimiento de actividades secuenciales

El reconocimiento de actividades secuenciales se refiere a la interpretación de las actividades desde el punto de vista lineal de captura de datos, es decir la interpretación de una acción seguida de la otra. En ambientes de cuidado de adultos mayores, Philipose et al.,

[30] presentaron uno de los primeros trabajos, utilizando RFID, que muestran un motor de inferencia probabilístico para reconocer las ADLs de adultos mayores. Siendo su principal contribución, el demostrar que era posible inferir las actividades utilizando únicamente la manipulación de artefactos. Dicho trabajo hace uso de la técnica secuencial Monte Carlo para realizar la inferencia probabilística. Otro trabajo es presentado por Mihailidis et al., (2004) [31], en el cual muestran el uso de una técnica de visión computacional en un sistema pervasivo de cuidados de salud. Siendo su principal contribución el involucramiento de técnicas de visión en ambientes pervasivos y el diseño de un agente de recopilación automático de información para un ambiente inteligente, con un enfoque de ayuda a los adultos mayores con demencia durante el desarrollo de sus ADLs.

Otros trabajos más recientes en el reconocimiento de actividades se han presentado en [25][26][27] [32][33][34]. Estos trabajos utilizan técnicas de visión, acelerómetros o RFID. Primeramente, estas tecnologías deben considerar previamente un modelo que represente las actividades, un lenguaje de modelado y herramientas formales de análisis, así como un proceso de especificaciones que incluya requerimientos, restricciones y representaciones de la información con el objetivo de validar las actividades que son realizadas [27].

Por ejemplo, la monitorización de pacientes puede lograrse mediante un estimador de posiciones basado en las características del movimiento obtenidas por un acelerómetro colocado en la parte alta del cuerpo. Este estimador fusiona un modelo bio-mecánico en la parte alta del cuerpo adquiriendo los valores de inercia del acelerómetro para estimar la posición del torso y los brazos, de esta forma se realiza la monitorización de una persona en su caminar [25]. Sin embargo, es necesario analizar los diversos estilos de vida y comportamientos que van teniendo las personas conforme su deterioro avanza. Para esto, las tecnologías pervasivas, tales como los acelerómetros vestibles (wearable), permiten proporcionar una monitorización continua sin afectar los patrones normales de actividad de los pacientes. Es necesario conocer las posiciones ideales en las cuales se pueden colocar los sensores, para dar seguimiento al deterioro o evolución de salud de las personas [26]. Aunado a los comportamientos de las personas, es de suma importancia considerar también los signos vitales, para esto existen bio-sensores cuyo objetivo es estar monitorizando los signos fisiológicos tales como la frecuencia cardiaca, los niveles de oxígeno en la sangre,

presión sanguínea, temperatura entre otros. Los bio-sensores se comunican con un puerto de entrada de datos (Gateway) que a su vez se envía por una red a un servidor que almacena la información monitorizada del paciente. Este servidor tiene como objetivo canalizar la información a la persona indicada que puede ser un médico, un fisioterapeuta o un familiar [34].

Una vez que se cuenta con los comportamientos de las personas y los signos vitales, éstos son incluidos en los perfiles biométricos de las personas con los cuales es posible detectar y prevenir eventos físicos, mentales y psicológicos adversos [33]. Con toda esta información es posible que un adulto mayor tenga vida asistida basada en información obtenida de sus ADLs y de su estado de salud.

Una de las principales características de los trabajos antes mencionados es el proceso que se usa para la interpretación de una acción que se refiere a un simple patrón de movimiento usualmente ejecutado por una persona y típicamente por un corto periodo de tiempo [32], independientemente del tipo de tecnología utilizada.

2.4.2. Reconocimiento de actividades complejas

El reconocimiento de las actividades complejas se refiere a la interpretación conjunta de acciones ejecutadas por varias personas quienes podrían estar interactuando entre ellos o bien con uno o varios artefactos [32]. Este reconocimiento está relacionado con enfrentar los retos planteados en la sección 2.2. Actualmente, la mayoría de las propuestas existentes en el reconocimiento de actividades no toman en cuenta las relaciones de la múltiple recolección de información en el tiempo causada por objetos y personas para la interpretación de múltiples actividades como lo mencionan en [35]. Esto se debe a que los diseñadores y programadores hacen suposiciones simplificadas enfocadas sólo en actividades mutuamente exclusivas. Es decir, sólo consideran la ejecución de actividades en forma secuencial, sin embargo, las actividades en la vida real también son desarrolladas en formas entrelazadas o concurrentes.

Típicamente, el reconocimiento de actividades es visto como un problema de clasificación donde muchas técnicas han sido aplicadas, tales como el uso del campo aleatorio condicional (CRF por sus siglas en inglés: Conditional Random Field), el modelo oculto de Markov (HMM por sus siglas en inglés: Hidden Markov Model), patrones

emergentes (EP por sus siglas en inglés: Emerging Pattern), entre otras. Los modelos basados en probabilidad son populares debido a la habilidad de manejar ruido e incertidumbre en la lectura de diversos sensores.

La técnica CRF se utiliza para obtener la inferencia y el aprendizaje de patrones de múltiples actividades, implementando una estructura de estados distribuida para evitar el problema de la complejidad exponencial. De esta manera se construye un modelo único para considerar las actividades de forma individual [35].

El modelo oculto de Markov es un modelo probabilístico cuyo objetivo es determinar la secuencia de estados ocultos a partir de los datos observados. Por ejemplo, las actividades que realizan los trabajadores en un hospital. En este tipo de ambientes es necesario entrenar los datos de entrada para mapear la información de contexto de las diversas actividades que realizan los trabajadores. Esta información de contexto incluye el uso de artefactos así como la asociación con las actividades. Siendo las entradas del modelo las variables de contexto dentro de una matriz de transiciones, así como un vector de prioridades. Las actividades a ser inferidas son los estados ocultos. La inferencia de esta información implica conocer el modelo que describe el tiempo que se utiliza por los trabajadores durante sus actividades por día y por evento [36].

Sin embargo, el uso de estas técnicas (CRF, HMM y sus variantes) requiere instancias predictivas que consideren la gran variedad de formas en que una actividad puede realizarse. Es decir, se requiere de una gran cantidad de datos para el entrenamiento con el objetivo de considerar todas las formas posibles que se pueden presentar en el desarrollo de las actividades. Otros de los inconvenientes es la dificultad para modelar y representar las variantes para considerar las actividades entrelazadas y concurrentes. En este sentido algunos investigadores han enfrentado estos retos con otras técnicas tales como el uso de patrones emergentes [7][37]. Sin embargo, aún se presentan limitaciones en la interpretación de las actividades entrelazadas y concurrentes por extraer los patrones de una captura secuencial de datos de todos los dispositivos empotrados en el ambiente.

Una de las características de los trabajos antes mencionados, son las distintas fuentes de entrada de datos que se deben considerar para la inferencia de una actividad en donde las actividades son divididas en acciones y operaciones [17] como se describe en la sección 2.1. Aunado a esto las actividades tienen naturaleza no determinística en la cual los

pasos puede realizarse en cualquier orden. En este sentido, el trabajo presentado por Aggarwal y Ryoo [29] muestra algunas metodologías utilizadas en el análisis de actividades humanas, usando técnicas de visión, discutiendo trabajos enfocados en el reconocimiento de actividades secuenciales y complejas. En forma similar, Turaga et al., [32] presentan una discusión de la complejidad entre acciones y actividades.

2.5. Estructura en el reconocimiento de actividades

Una de las características que se presenta en los sistemas mostrados en la sección de trabajo relacionado es la estructura que considera cada uno de ellos para realizar la estimación de actividades. Esta estructura se toma en cuenta desde la captura de datos hasta la estimación de actividades. Típicamente los sistemas para el reconocimiento de actividades siguen una jerarquía de tres niveles [32].

En los niveles bajos se presentan los módulos que consideran la entrada de datos ya sea por cámaras o por otro tipo de sensores tales como acelerómetros o RFID. En estos módulos se realiza la detección de los artefactos independientemente de los métodos para el reconocimiento de artefactos y de las actividades que se estén realizando. Para el caso del uso de técnicas de visión se obtiene una representación del artefacto ya sea por su forma o por su apariencia [38]. Para el caso de sensores se obtienen los datos crudos del reconocimiento de artefactos.

En los niveles intermedios se presentan los módulos de reconocimiento-acción, es decir la descripción de las acciones de las características de los niveles bajos, o en otras palabras, el análisis de las características del comportamiento de cada uno de los artefactos. Esto producirá el agrupamiento de los comportamientos de los artefactos en las actividades permitiendo lograr los retos en el reconocimiento de actividades [32].

En los niveles altos, se presentan los motores de razonamiento que codifican la semántica de la actividad basados en las primitivas de acción de los niveles bajos [32], es decir se realiza la inferencia de la actividad con base en reglas o criterios lógicos que describen el sentido común con base en estrategias que consideran condiciones y excepciones de las acciones realizadas que permiten presentar los resultados del razonamiento de alto nivel en una forma visual.

Por consiguiente, esta estructura deberá considerarse en el desarrollo de cualquier sistema o técnica que se proponga para el reconocimiento de actividades tomando en cuenta las implicaciones que éstas conllevan.

2.6. Resumen del capítulo

En este capítulo se proporciona una descripción de los principales conceptos teóricos involucrados con el análisis de actividades usando artefactos físicos. Como parte de los resultados del análisis de la literatura se obtuvo lo siguiente:

- Se describieron las actividades mostrando que son mediadas por uno o más artefactos. La mediación es esencial para lograr entender la forma en que son utilizados dentro de la actividad.
- Se describieron los retos en el reconocimiento de actividades así como las propiedades de sus comportamientos.
- Se presentó una metodología que permite recolectar y analizar datos para poder describir cualquier escenario y así diseñar y desarrollar una técnica para la estimación de actividades basada en hechos reales.
- Se presentan trabajos relacionados que consideran el reconocimiento de actividades secuenciales y el reconocimiento de actividades complejas mostrando algunas técnicas e inconvenientes que se han presentado.
- Basados en el trabajo relacionado, se describió una estructura para el reconocimiento de actividades que se divide en tres niveles. Esta estructura es parte fundamental en el diseño y desarrollo de sistemas para la recuperación de contexto de un ambiente específico de una forma automática.

En el siguiente capítulo se presenta la propuesta para la estimación de actividades con base en un caso de estudio tomando en cuenta los retos y características de comportamiento de los artefactos abordados en este capítulo.

Capítulo 3

3. Roaming Beat: una técnica para la estimación de actividades

En esta sección se presenta el concepto de Roaming Beat (RB), el cual se basa en la manipulación de artefactos y su metodología puede considerarse una técnica de gran utilidad para modelar, estimar actividades y recuperar información de las actividades que realizan personas en un escenario específico, así como para resumir las actividades en una forma gráfica, como lo requiere AmI para la construcción de herramientas que apoyen a las tareas de los usuarios tales como la monitorización de actividades y la recuperación de la información de diversos escenarios[39].

En este capítulo se fundamenta el concepto RB para lo cual se utiliza la hipótesis de que las actividades pueden inferirse mediante la interacción con artefactos como lo presentaron en [30][40]. El concepto presenta una solución para la estimación de actividades con base en el análisis del uso de artefacto. Por lo que la estimación de

actividades se basa en dos suposiciones: (1) las actividades pueden estimarse mediante el reconocimiento de los artefactos involucrados en esta y; (2) cada artefacto tiene un comportamiento único para el desarrollo de cada actividad. Estas dos suposiciones permitirán el enfoque para obtener los elementos que intervienen en el desarrollo de las actividades en un ambiente real como se presentó en [41] mediante estrategias del sentido común. Por ejemplo, dado un escenario específico (cuidados de salud) se observa que una persona utiliza un baumanómetro (artefacto) como parte de la actividad de toma de la presión sanguínea, la acción de manipular (comportamiento) el artefacto en el escenario y poner el artefacto a otra persona indica que es bastante probable que se vaya a desarrollar esa actividad, entonces utilizando las estrategias del sentido común se puede afirmar que cuando se reconozca el artefacto y siga un comportamiento (criterios o condiciones) se está desarrollando la actividad de toma de la presión sanguínea. Estos criterios permiten validar el comportamiento de los artefactos en el desarrollo de la actividad los cuales se mencionarán posteriormente en este capítulo.

3.1. Origen del concepto Roaming Beat

El concepto de Roaming Beat se obtuvo de los resultados de un caso de estudio. Este se realizó con el objetivo de (1) entender el proceso de cuidado que realizan los cuidadores/enfermeras a AMMR; (2) caracterizar las actividades de cuidado realizadas en una residencia de cuidados; e (3) identificar el propósito de los artefactos en el desarrollo de las actividades.

El caso de estudio se realizó por un período de cuatro meses, tiempo en el que se observó el proceso de cuidado que se ejecutó a dos AMMR. Se obtuvieron cerca de 400 horas de vídeo. Adicionalmente se realizaron cuestionarios y entrevistas al personal encargado del cuidado de los adultos mayores.

Para analizar los datos recolectados se utilizó la metodología de Teoría Fundamentada (sección 2.3). Esta técnica permitió crear un esquema de codificación para identificar los artefactos involucrados, las personas involucradas y las actividades realizadas en el proceso de cuidado de AMMR. Unos de los resultados de este análisis es el

concepto de Roaming Beat al observar la manipulación de artefactos. Para mayor detalle de los resultados del caso de estudio véase el apéndice A.

Otro de los resultados en el análisis es la identificación de las actividades factibles de estimar mediante el reconocimiento de artefactos. Es decir, la factibilidad se basa en la observación de la manipulación de artefactos lo suficientemente grandes para ser identificados mediante algún tipo de reconocimiento de artefactos como se aborda en el capítulo 4. Entre las actividades identificadas se encuentran: la alimentación, la presión sanguínea, la medición de la glucosa en la sangre, la medicación y la higiene. Todas ellas realizadas por los cuidadores a los AMMR. Los artefactos involucrados con estas actividades corresponden a: la charola de alimentos; el dispositivo para medir la presión sanguínea; el kit para medir la glucosa en la sangre; el pastillero; y el papel higiénico, la solución fisiológica y la crema o loción para cuerpo respectivamente. Por lo que de aquí en adelante se hace referencia a estas actividades con sus artefactos relacionados.

3.2. Definición del Roaming Beat

Una de las técnicas utilizadas para entender los problemas para la inferencia de las actividades fue Teoría de la Actividad (TA), la cual nos condujo a estudiar las relaciones entre personas y artefactos en este tipo de ambientes de cuidados de salud. TA indica que las actividades humanas son usualmente mediadas por uno o varios artefactos y son dirigidos hacia lograr ciertos objetivos [17] como se mencionó en la sección 2.1.

La propuesta del modelado de actividades se compone de tres elementos: los artefactos utilizados en la actividad; las interacciones (artefacto-actor); y la duración de las interacciones de los artefactos en la actividad. Determinar los artefactos que se utilizan en una actividad es un proceso simple. Sin embargo, para describir el comportamiento de los artefactos se necesita especificar una representación que pueda proporcionar el momento en que ocurre una interacción así como determinar la duración de la actividad.

Con base en lo anterior, se propone: 1) registrar las interacciones de un artefacto como RB y; 2) modelar aquellas actividades donde se involucran artefactos mediante su RB. Por lo que un RB es definido como:

La habilidad de un artefacto para dar una marca de tiempo (hora y fecha) para cambiar de un estado sin movimiento a uno con movimiento, de una localización base a otra posición errante [42].

Se definió una representación gráfica del RB, que es similar a un tren de pulsos donde la amplitud de cada pulso y los ciclos son variables como lo muestra la figura 3.1. El tiempo en el cual el artefacto permanece inmóvil se determina por la amplitud de cada pulso (cuando el pulso es 1) y el tiempo en el cual el usuario manipula el artefacto se determina por la separación de cada pulso (cuando el pulso es 0).

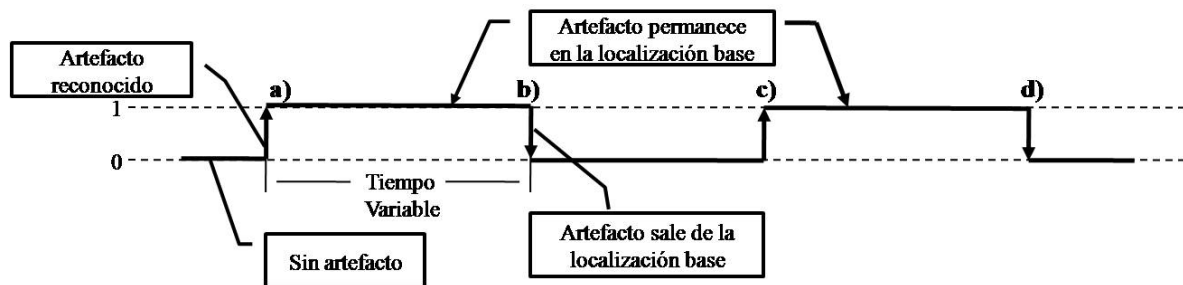


Figura 3.1. Representación del comportamiento de un artefacto a través del RB

Para clarificar el concepto y la imagen de la figura 3.1 a continuación se describe el análisis del comportamiento del artefacto en la ejecución de una actividad:

- Un artefacto es colocado en la localización base donde éste es reconocido (Figura 3.1 a).
- El artefacto permanece en la localización base por un tiempo variable (Figura 3.1 de a hasta b).
- El artefacto sale de la localización base (Figura 3.1.a), en ese momento comienza a ser utilizado en el desarrollo de la actividad por un tiempo variable (Figura 3.1.b hasta c).
- El artefacto vuelve a aparecer en la localización base (Figura 3.1.c) y permanece por un tiempo variable (Figura 3.1.c hasta d).
- El artefacto sale de la localización base y no vuelve a aparecer (Figura 3.1.d.)

3.3. Elementos del Roaming Beat

La caracterización del comportamiento de un artefacto se realizó mediante el análisis de dos estados: estado inmóvil (en descanso) y móvil (en uso). El estado inmóvil es cuando un artefacto se reconoce en una localización base y éste permanece en descanso. Cuando el artefacto permanece en este estado, los usuarios utilizan este tiempo para desarrollar alguna actividad preliminar o suplementaria relacionada con la actividad objetivo tal como preparar otros artefactos o registrar la actividad. El estado móvil sucede cuando el artefacto sale de la localización base, y se supone que el artefacto se utiliza en la ejecución de la actividad objetivo, lo cual se verifica mediante los criterios de estimación de la actividad. Los cambios de estado pueden ocurrir en varias ocasiones, esto depende de la actividad en ejecución. Cada cambio de estado corresponde a un beat en la representación del RB, y cada beat actúa como un marcador de movimiento determinando el estado del artefacto. Se observó que un artefacto puede estar en tres estados:

- Inicializado, cuando un artefacto se coloca en la localización base por primera vez (p.e. el artefacto entra por primera vez a la mesa de herramientas, a) en la figura 3.1).
- Activado, cuando el beat de un artefacto cambia (p.e. de un estado inmóvil a un estado móvil, incisos b y c en la figura 3.1.) o permanece en el mismo estado.
- Suspendido, cuando el artefacto permanece sin movimiento o desaparece entonces éste se suspende (inciso d en la figura 3.1.).

Se estableció una representación del RB basados en la definición antes mencionada, donde el comportamiento de un artefacto dentro de la ejecución de la actividad se representa como un tren de pulsos en un lapso de tiempo. El tiempo en que un beat aparece y otro aparece y es variable, por lo que el tiempo de ejecución de la actividad debe establecerse dependiendo de cada actividad en ejecución. En este sentido, los beats deben interpretarse dentro de la ejecución de la actividad.

Con relación a los tres estados del artefacto, se observó en el caso de estudio que la manipulación de artefactos puede iniciar en tres formas: a) si un usuario coloca el artefacto en la localización base (transición de 0 a 1, incisos a en la figura 3.1); b) si el artefacto

permanece en la localización base por un largo tiempo hasta su transición o no existe algún artefacto en esta; c) si el artefacto sale de la localización base (transición de 1 a 0, inciso *b* en la figura 3.1).

El estado activado ocurre cuando varios beats aparecen en un lapso de tiempo. Este estado se compone por los elementos y comportamientos del artefacto.

3.4. Inferencia de actividades mediante el RB

Como se mencionó anteriormente, el modelo de actividad que se propone en esta tesis se compone por tres elementos: los artefactos, el comportamiento de artefactos y la duración de las interacciones en la actividad. El caso de estudio permitió definir las relaciones entre estos elementos. Un ejemplo de estas relaciones es mostrado en la figura 3.2. La actividad 1³ está relacionada a un artefacto y esta tiene su propio comportamiento y una duración. Otro ejemplo en esta figura, es la actividad 4 que está relacionada con tres artefactos. Cada artefacto sigue un comportamiento diferente, pero estos deben cumplirse y limitarse por la duración de la actividad, ya que ésta es un lapso de tiempo en el cual se desarrolla la actividad. Una vez logrado los tres comportamientos dentro de este lapso la actividad se puede estimar.

Cuando una actividad está relacionada con dos o más artefactos, se necesita analizar el comportamiento de cada artefacto en forma concurrente. Es decir, por cada artefacto debe existir un proceso que analice su comportamiento de forma independiente. Por lo anterior debe haber una coordinación entre los procesos en forma síncrona. En esta coordinación, cada proceso debe informar a los demás procesos (artefactos) los cambios de estado que produce cada artefacto en la ejecución de la actividad. De esta manera se consigue la estimación de las actividades en forma concurrente y entrelazada.

En algunos casos, cuando las actividades están relacionadas con más de dos artefactos, es necesario un análisis estricto (caso restrictivo) del comportamiento de cada uno de los artefactos involucrados para lograr inferir la actividad. Otros casos son más flexibles (≥ 3 artefactos), en los cuales es suficiente obtener el análisis de al menos 2

³ La actividad 1 y la actividad 4 corresponden a las actividades de alimentación y de higiene, estas actividades se obtuvieron como resultado del caso de estudio cuya información se muestra en el apéndice A.

artefactos para obtener la inferencia (caso flexible). Finalmente, un artefacto puede aparecer en varias actividades, sin embargo el comportamiento de los artefactos cambia dependiendo de cada actividad. Ésto podrá obtenerse y corroborarse con los resultados de la caracterización de actividades en un escenario real.

Después de considerar los requerimientos anteriores, para obtener la estimación de actividad se necesita tomar en cuenta cuatro criterios de validación del comportamiento de los artefactos que se describen a continuación:

1. Reconocimiento de artefactos por actividad
2. Análisis del RB por artefacto, mediante la cuenta de al menos el número mínimo de beats relacionado a la actividad específica.
3. Comparar el lapso de tiempo en el cual las actividades son ejecutadas. (tiempo mínimo y máximo).
4. Comparar un período de tiempo, llamado quantum, a partir del último beat producido para inferir la actividad. El quantum de tiempo se obtiene del número mínimo de tiempo de la duración de la actividad.

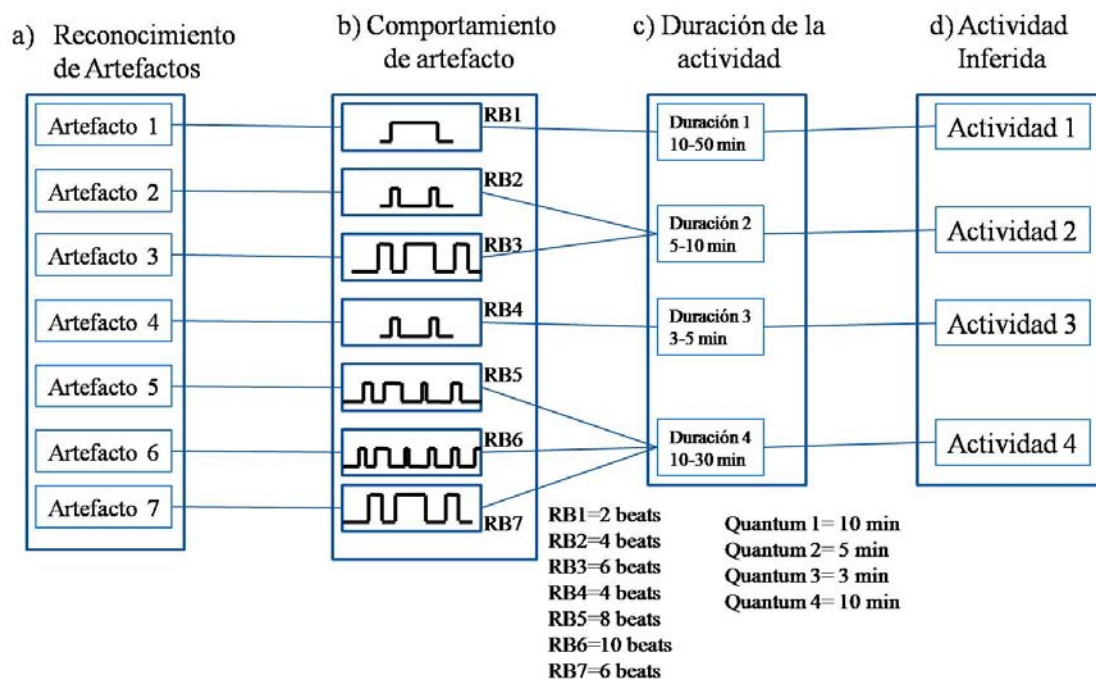


Figura 3.2. Relación entre artefactos y actividades definidos para la estimación de actividades.

Adicionalmente a estos criterios es necesario establecer las excepciones, es decir tomar en cuenta aquellas situaciones en que las actividades pueden comenzar y no cumplir con los criterios esperados. Para los casos de las actividades simples el requisito es el cumplir los criterios del número de los RB en el lapso de tiempo, si el comportamiento no se concluye en este lapso de tiempo, la actividad no se infiere. Para el caso de las actividades complejas los requisitos que se deben cumplir son con base en los casos estrictos y flexibles mencionados anteriormente. Es decir, para estos dos casos se debe cumplir el comportamiento de los n artefactos involucrados en la actividad mediante lograr el número de beats esperados (en la figura 3.2 la actividad 4 se deben cumplir al menos los 8, 10 y 6 beats de los artefactos), de lo contrario no se infiere la actividad. Siendo estos los falsos positivos dejando registro de los beats en la base de datos como una actividad no inferida.

Los elementos del RB y los criterios de validación del comportamiento de artefactos forman parte de las características de comportamiento (mencionados en la sección 2.2) los cuales deben identificarse en todo momento. De la misma manera, corresponden a los niveles intermedios en donde se realiza la descripción de las acciones de cada uno de los artefactos (sección 2.5). Es decir, el establecimiento de las reglas para realizar la inferencia.

3.5. Ejemplos de inferencia de actividades

Para clarificar los criterios antes mencionados, considérese la actividad 3 en la figura 3.2. Esta actividad tiene sólo (1) un artefacto relacionado, (2) el número definido de beats de 3-4, (3) la duración se encuentra entre 3 y 5 minutos, y (4) el quantum definido es de 3 minutos. Estos son los cuatro criterios que deben cumplirse para poder inferir esta actividad.

Otro ejemplo que se presenta en la figura 3.2 es la actividad 4, (1) la cual tiene tres artefactos relacionados, (2) cada artefacto tiene un comportamiento distinto (8,10 y 6 beats respectivamente). (3) La duración de la actividad se encuentra en un intervalo entre 10 y 30 minutos y (4) el quantum asociado para cada artefacto es de 10 minutos. Para el caso de las actividades restrictivas, en este ejemplo deben reconocerse y obtenerse el comportamiento de los tres artefactos para estimar la actividad. Para el caso de las actividades no restrictivas

con reconocer y obtener el análisis de al menos dos artefactos es suficiente para realizar la estimación.

3.6. Algoritmo para la estimación de actividades

Los ejemplos mostrados en la sección anterior muestran los parámetros que deben considerarse para obtener la estimación de la actividad. Sin embargo, antes de realizar el proceso completo es necesario considerar una estructura que coordine los datos, para lo cual se describe a continuación la implementación de un algoritmo:

```

01  Waiting for beats mode (1) //first change of state when the artifact starts to be handled
02  If a beat is received then
03      Record the first beat in the database
04      Waiting for beats mode (2) //changes of state for behavior analysis
05          If a change of state is produced then
06              Notify to the other artifacts involved in the activity that a new beat has been
07                  recorded
08              If current_time > time_of_previous_beat + waiting_interval and
09                  number_of_beats_produced < number_of_beats_established then
10                  Activity no inferred
11                  Return to (1)
12              If current_time < time_of_previous_beat + waiting_interval then
13                  Number_of_beats is increased
14                  If number_of_beats >= number_of_beats_established then
15                  Change the flag related to the artifact to True
16                  Notify other artifacts related to the activity the state
17                      of flag
18                  Artifacts Flags validation
19                  If all flags are true
20                      Waiting_interval is quantum
21                      Update time_of_previous_beat with current_time
22                      The beat is recorded in the database
23                      Return to (2)
24          Else
25              If current_time > time_of_previous_beat + waiting_interval and
26                  number_of_beats_produced < number_of_beats_established then
27                  No activity inferred
28                  Return to (1)
29              If current_time > time_of_previous_beat + waiting_interval and
30                  number_of_beats_produced >= number_of_beats_established and Flag is
31                  true then
32                  Artifacts Flags validation
33                  If all flags are true then
34                      Activity is inferred
35                      Activity data is recorded in the database
36                      Return to (1)
37                  Else
38                      No activity inferred
39                      Return to (1)

```

Figura 3.3. Algoritmo para el análisis del comportamiento de artefactos.

Debe crearse un proceso padre el cual se encargue de habilitar uno o varios procesos hijos. Es decir, el proceso padre representa a una actividad y los procesos hijos representan a los artefactos involucrados en la actividad. Cada proceso hijo tiene asociada una bandera que valida el cumplimiento del comportamiento esperado (criterio 2). El proceso padre administra las banderas de los artefactos y debe existir comunicación y coordinación entre los procesos hijos.

El parámetro de entrada del algoritmo es la señal producida por el reconocimiento de artefactos. Por lo que es indispensable crear un proceso por cada artefacto (proceso hijo) involucrado en la actividad y cada proceso debe ser implementado en forma concurrente. Cada proceso hijo debe cargar las especificaciones basadas en los cuatro criterios antes mencionados. Es decir, el número de artefactos involucrados en la actividad, el número de beats establecidos, el intervalo de espera y el quantum. La bandera de cada artefacto se actualiza una vez que el número de beats establecido se obtiene, de acuerdo al criterio 2.

En el algoritmo mostrado en la figura 3.3 existen dos ciclos etiquetados como waiting for beats mode (línea 01 y 04). El primer ciclo (línea 01) es el proceso de espera para el inicio de una actividad, por lo que se verifica el beat de cualquier artefacto relacionado a la actividad. Por consiguiente, ocurre el primer cambio de estado y se avanza hasta la línea 04 que corresponde al segundo ciclo. En éste, se cubre desde la línea 05 hasta la 33. Este ciclo se encarga de esperar los beats de entrada y validar los cambios de estado mediante el condicional de la línea 05. Si no se recibe ningún beat (línea 22), entonces el tiempo actual se compara con el tiempo relacionado con el último beat ocurrido más el intervalo de espera. Es decir, la actividad tiene un intervalo de ejecución, el cual se obtiene de la observación de la ejecución de la actividad (un tiempo mínimo y uno máximo en el que se desarrolla la actividad). Si el condicional en la línea 22 es verdadero, entonces la actividad no se realizó de forma completa y se puede deducir que el artefacto sólo se colocó en la localización base en una sola ocasión y éste permaneció inmóvil, siendo entonces éste hecho un falso positivo.

El siguiente paso sucede cuando el artefacto se utiliza nuevamente, entonces el cambio de estado es de 1 a 0. Prosiguiendo con el algoritmo, existe otro condicional en la línea 25 cuyo propósito es inferir la actividad. Este condicional es verdadero cuando el comportamiento del artefacto se logra, es decir, cuando se obtiene el número de beats

esperados y el artefacto permanece en la localización base o desaparece de ésta. Una vez que se logra el número de beats, el algoritmo entra en un proceso de espera con el valor del quantum hasta que éste finaliza (cargado en la línea 17). Adicionalmente, este condicional tiene que validar tres hechos: (1) que el tiempo actual sea mayor que el valor del quantum; (2) que el número de beats del artefacto se haya logrado; y (3) que todas las banderas de los artefactos relacionados con la actividad sean verdaderas de lo contrario se produce un falso positivo. Todo esto deben considerar los casos de las actividades tales como estricto o flexible, ya que corresponde al comportamiento del análisis del uso del artefacto. Cuando los tres hechos son verdaderos, es posible realizar la estimación y registrar la actividad y los beats en la base de datos. Es importante mencionar que el último artefacto de la actividad que produjo el beat final es el encargado de confirmar la estimación de la actividad sí y sólo si las tres condiciones son verdaderas (línea 25). Así cualquier artefacto puede estimar la actividad. La salida producida por este algoritmo es el registro de los beats y de la actividad en la base de datos.

El propósito del segundo ciclo es capturar el comportamiento del artefacto. Sí se produce un cambio de estado, se consideran dos condicionales (líneas 07 y 10). El primer condicional en la línea 07 valida el tiempo entre el beat entrante y el previo, así como el número de beats que se reconocen. Por lo que, si el tiempo actual es mayor que el tiempo del beat previo más el intervalo de espera y el número de beats no ha sido logrado, entonces la actividad no se estima, siendo este hecho otro falso positivo. En este caso, como la actividad ya ha iniciado, el intervalo de espera, se carga con el tiempo mayor relacionado con la actividad. Este caso ocurre cuando el artefacto es removido de la localización base y es nuevamente colocado en ésta, por lo que la actividad no se desarrolla en forma completa. En este caso, el número de beats fue menor que el número de beats establecido.

El segundo condicional en la línea 10, valida el comportamiento del artefacto cuando la actividad se desarrolló en forma completa, por ello los beats se reconocen dentro del intervalo de espera. En este condicional, los beats se cuentan, el tiempo del beat previo se actualiza con el tiempo actual y cada uno de los beats se registra en la base de datos. En este condicional se compara el número de beats con el número establecido por artefacto. Si el número de beats es mayor o igual, entonces la bandera del artefacto se actualiza con verdadero y debe notificarse este evento al resto de los procesos hijos involucrados.

Cuando esto sucede, el valor del quantum es igual al tiempo menor relacionado al intervalo de la actividad y el tiempo de espera es igual al quantum (línea 17).

Cuando dos o más actividades comparten un artefacto, el número de beats y la asociación entre actividades y artefactos marcan la diferencia entre ellas. Esto es, cada artefacto sigue un comportamiento diferente dependiendo de la actividad en ejecución, y el artefacto es agrupado a otros artefactos para inferir la actividad real.

El reconocimiento de artefactos es una parte importante, esto se debe a que cada artefacto produce su propio comportamiento basado en la actividad. Cada comportamiento se valida de acuerdo a los criterios de inferencia. Por consiguiente, cada comportamiento debe capturarse y analizarse en un proceso. Además, cada proceso se debe coordinar con los demás procesos, así que si la actividad está relacionada con dos o más artefactos debe existir una coordinación entre ellos y la actividad. Con esta estructura de procesos (padre e hijos), fue posible lograr el reconocimiento de actividades en forma simple, entrelazada y concurrente, dando así una solución a los retos planteado en la sección 2.2.

3.7. Resumen del capítulo

En esta sección se mostró el concepto Roaming Beat cuya metodología puede considerarse una técnica para la estimación de actividad. La estimación de actividades se basa en dos suposiciones que son: las actividades pueden ser inferidas mediante el reconocimiento de artefactos y que los artefactos tienen un comportamiento único en el desarrollo de cada actividad. El concepto RB y su metodología es útil para modelar, inferir y representar actividades con base en el comportamiento de artefactos como lo requiere el paradigma AmI. El concepto RB requiere que se realice el reconocimiento de artefactos en una localización base. Se presentan los elementos del RB así como la forma para realizar la inferencia de actividades mediante el análisis de algunos criterios que se proponen, los cuales se basan en el concepto. Finalmente se presenta el algoritmo basado en una estructura que permite dar solución en los retos en el reconocimiento de actividades. De esta forma se contribuye

Capítulo 4

4. Representación de una actividad basada en el reconocimiento de artefactos.

Los artefactos juegan un rol importante en el desarrollo de actividades humanas, por lo que en esta tesis es importante el reconocimiento de artefactos con el objetivo de obtener la estimación de actividades. Adicionalmente los artefactos son de gran importancia en el paradigma de AmI por considerar la integración de la información de diversos sensores adaptados a los artefactos de uso diario con el propósito de ser sensible al ambiente y capaz de anticipar las necesidades y comportamientos de los usuarios[39].

En este capítulo se aborda el reconocimiento de artefactos así como la forma de obtener el RB a partir de este reconocimiento utilizando diversas técnicas. Entre ellas se

destaca el uso de técnicas de visión computacional y el uso de otros tipos de tecnologías tales como acelerómetros y RFID que permiten realizar un reconocimiento de artefactos.

Se finaliza el capítulo presentando dos evaluaciones, la primera se enfoca en el reconocimiento de artefactos y la segunda muestra los resultados de evaluar los criterios para la estimación de actividades presentados en el capítulo anterior.

4.1. Reconocimiento de artefactos.

El reconocimiento de artefactos o reconocimiento de patrones, es la disciplina científica cuyo objetivo es la clasificación en un número determinado de categorías o clases. Dependiendo de la aplicación esos artefactos u objetos pueden ser imágenes, formas de ondas de señales o cualquier tipo de medidas que necesitan ser clasificadas [43].

Históricamente los principales enfoques en el reconocimiento de artefactos han sido el estadístico y el sintáctico. El enfoque estadístico utiliza patrones de los que se extraen propiedades de naturaleza cuantitativa, mientras que el enfoque sintáctico se fundamenta en las relaciones geométricas asociadas a la forma de los artefactos [44].

El reconocimiento de artefactos es una parte importante de muchos sistemas inteligentes. Principalmente porque representa la entrada de datos a cualquier sistema, es decir, los niveles bajos en la estructura del reconocimiento de las actividades mencionada en la sección 2.5. Por lo que los niveles subsecuentes dependen fuertemente de un buen reconocimiento de artefactos para poder proporcionar información correcta y oportuna.

En la actualidad, otros métodos para el reconocimiento de artefacto se utilizan, tales como el uso de dispositivos electrónicos como identificación por radio frecuencia (RFID por sus siglas en inglés: Radio Frequency IDentification) o el uso de acelerómetros entre otros. Este tipo de tecnología se incrusta en artefactos o personas permitiendo su identificación y localización en un escenario.

Por consiguiente, es posible establecer dos grupos con los cuales se puede realizar el reconocimiento de artefactos, el primero mediante el uso de algún tipo de sensores y el segundo mediante el uso de técnicas de visión computacional lo cual se describe en la siguiente sección.

4.2. Obtención del Roaming Beat mediante varias tecnologías

El objetivo de esta sección es mostrar el reconocimiento de artefactos mediante dos formas. Primeramente se realiza el reconocimiento de artefactos mediante el uso de sensores, específicamente con RFID y acelerómetros, esto se debe a que estas dos tecnologías han mostrado buenos resultados para el reconocimiento de artefactos. Posteriormente se presenta el reconocimiento de artefactos describiendo algunas técnicas de visión computacional que han sido utilizadas en la literatura. Adicionalmente, con cada una de las tecnologías se presenta la forma de obtener el RB.

Cada una de las tecnologías tiene sus ventajas y desventajas, sin embargo, el objetivo en esta sección no es discutir las, sino únicamente mostrar las tecnologías desde el punto de vista del reconocimiento de artefactos y de la obtención del RB.

4.2.1. Reconocimiento de artefactos mediante el uso de sensores

Para mostrar la forma en que estas tecnologías funcionan y realizan el reconocimiento de artefactos se consideró un escenario, el cual se describe a continuación: En el laboratorio de usabilidad de la UABC, se emuló la ejecución de la actividad mostrada en la sección 3.2, en la cual se utiliza un artefacto. La actividad corresponde a la toma de presión sanguínea la cual está relacionada con el dispositivo para medir la presión sanguínea (artefacto). En el laboratorio se instaló una mesa de herramientas como localización base en donde se realiza el reconocimiento de artefactos de acuerdo al concepto del RB. Para los casos del uso de RFID y acelerómetros, se instaló una antena en la localización base como se muestra en la figura 4.1(a, b). Para el caso del uso de las técnicas de visión, se instaló una cámara cercana a la localización base con una distancia aproximada de dos metros entre ellas (Figura 4.1 c1). En los tres casos se instaló una cámara en el cielo de la habitación, cuya vista permitía la observación de la habitación completa como lo muestra figura 4.1(d).

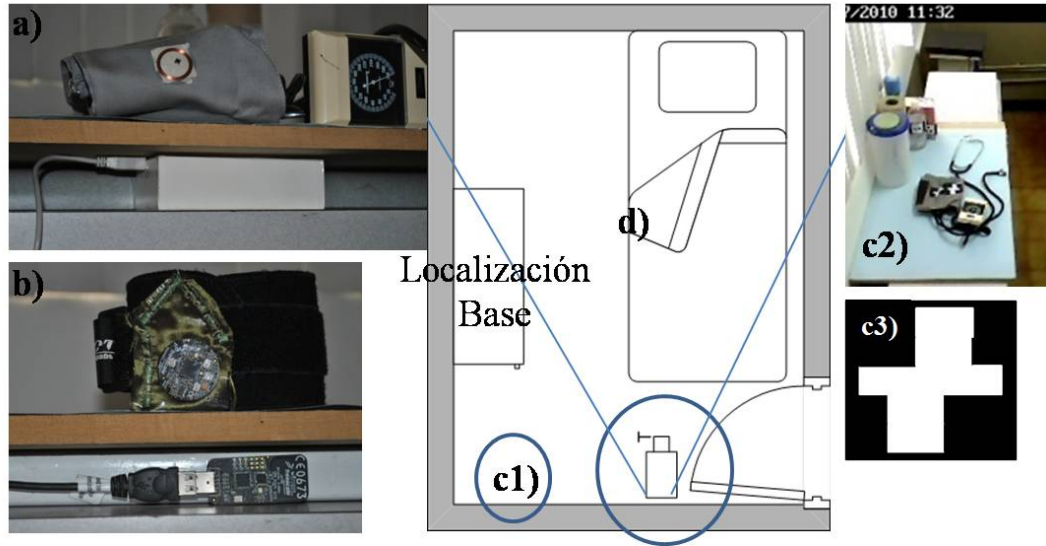


Figure 4.1. (a)RFID y su antena; (b) Acelerómetro y su antena; (c) Cámaras instaladas y etiquetas asociadas al artefacto;(d) Vista del laboratorio.

4.2.1.1. Tecnología: RFID

Actualmente la tecnología RFID ha ganado mucha atención debido a su bajo costo, disponibilidad en el mercado, y su fácil reconocimiento de etiquetas. Su funcionalidad muestra buenos resultados en el reconocimiento de artefactos y de personas.

La técnica de identificación mediante radiofrecuencias se basa en el uso de un microchip, llamado transponder o etiqueta (tag), que se instala sobre o dentro del artefacto que se necesita identificar. A diferencia de los códigos de barras que dependen de una visibilidad óptica, los transponders se pueden ocultar detrás o en un artefacto. Los transponders se leen gracias a un micro lector con antena o con una computadora portátil, equipada con un módulo de lectura para confirmar y almacenar la identificación de la etiqueta. La técnica de Identificación por Radiofrecuencias supone que personas y objetos se pueden identificar sin visibilidad óptica o contacto físico con la unidad de recepción.

Adicionalmente, la tecnología RFID utiliza dos clases para realizar el reconocimiento llamadas TagGain y TagLoss. La primera se utiliza cuando la etiqueta se encuentra dentro de rango de alcance de la antena, por lo que ésta se reconoce sin dificultad. La segunda clase se activa cuando la etiqueta se encuentra fuera del alcance de la antena. Por consiguiente, es posible interpretar los valores de las clases como booleanos,

siendo 1 cuando se reconoce la etiqueta y 0 cuando no. Considerando esta interpretación de datos, en el desarrollo de la actividad se pudo obtener la representación mostrada en la figura 4.2, que es similar a la representación del RB presentada en la sección 3.2

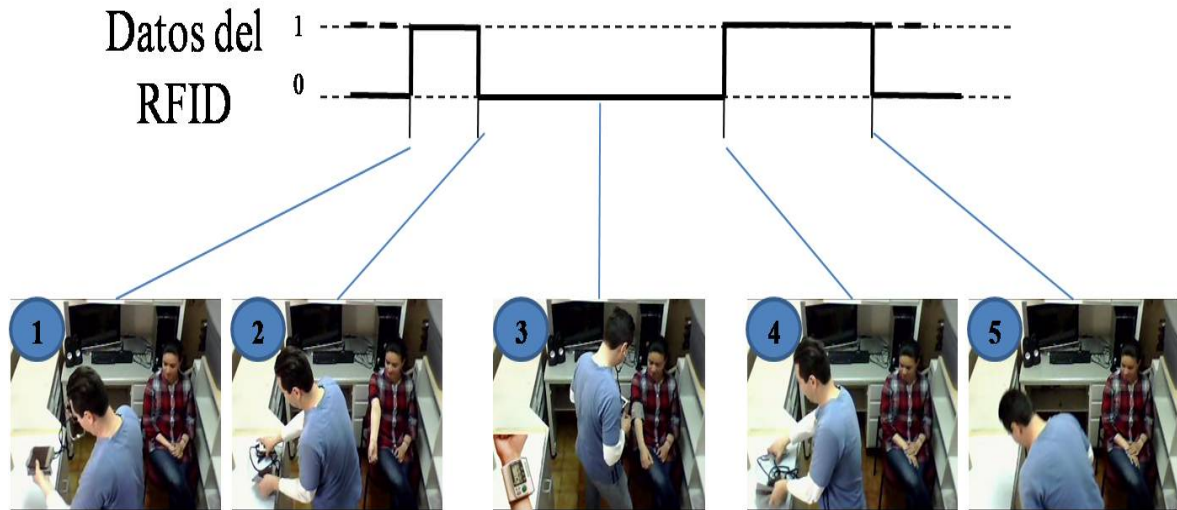


Figura 4.2. Resultados de la tecnología RFID.

En este ejemplo se utilizó el modelo 1023 Phidget de RFID, cuyas etiquetas son pasivas, por lo que operan directamente con la señal de radiofrecuencia que emite la antena lectora. La distancia de lectura entre la antena y la etiqueta es de aproximadamente entre 10 o 15 centímetros. En el caso de las pruebas de laboratorio, el uso de una antena con esta distancia es adecuada para realizar el reconocimiento de la etiqueta, sin embargo es posible involucrar antenas adicionales para tener una mayor área de cobertura en la localización base así como para el reconocimiento de múltiples artefactos.

La figura 4.2 presenta una secuencia de imágenes obtenidas de la cámara instalada en el cielo de la habitación, en la cual se muestran los pasos de la ejecución de la actividad. En la imagen 1 de la figura 4.2, se muestra el momento en el cual la etiqueta con el RFID se encuentra cerca de la localización base y la antena, por lo que fácilmente se reconoce el artefacto. Es decir, un cuidador coloca el artefacto en la localización base. La imagen 2 muestra el momento en el cual el cuidador toma el artefacto, por lo que este se encuentra fuera del alcance de la antena. La imagen 3 fue recuperada del tiempo promedio de la ejecución de la actividad entre el primero y último beat. Nótese que esta imagen no se recupera a partir de un cambio de estado, sin embargo, se muestra con la intención de observar el momento en que el cuidador se encuentra ejecutando de la actividad. La imagen

4 muestra el instante en el cual el cuidador vuelve a colocar el artefacto en la localización base y el lector lo reconoce. Finalmente, la imagen 5 muestra el momento en el cual el cuidador toma el artefacto y ya no vuelve a aparecer, por lo que se encuentra fuera del alcance de la antena.

Este es un ejemplo de la tecnología RFID ligado a un artefacto. Sin embargo, esta tecnología tiene otras funcionalidades demostradas como se presenta en [27]. En esta referencia se realiza el reconocimiento de la identificación y localización de una persona. Otro ejemplo como el que se muestra en [30] hace uso de un brazalete que es portado por personas. El brazalete es la antena y las etiquetas están pegadas a los artefactos. Los datos del reconocimiento de artefactos son para hacer la estimación de actividades en forma secuencial.

En este trabajo de tesis la antena de RFID fue colocada en la localización base, debido a que si un cuidador portara un brazalete, puede llegar a dañar la piel de los AMMR ya que su piel es delicada. Hay que tomar en cuenta que entre las actividades que realiza un cuidador están: el levantar, rotar, mover o limpiar al adulto mayor, dándose mucho contacto con la piel del adulto por parte del cuidador.

4.2.1.2. Tecnología: Acelerómetros

Otra de las tecnologías que ha mostrados resultados aceptables es el uso de acelerómetros. Actualmente este tipo de tecnología está siendo utilizada como sensores vestibles (wearable) para la identificación del comportamiento de personas enfocado en caminar, detectar caídas, entre otras.

Una ventaja del uso de acelerómetros es que tienen ligada una etiqueta con la cual es posible relacionarla con algún artefacto en específico. De esta forma es posible conocer el comportamiento de los artefactos cuando una actividad se realiza. Adicionalmente, esta tecnología permite un rango muy amplio para el reconocimiento de las etiquetas en cualquier escenario y en cualquier momento. Por consiguiente, en este trabajo se aprovechan estas ventajas para obtener la representación de la actividad.

Las especificaciones técnicas del acelerómetro utilizado en este trabajo fueron las siguientes: El modelo es D3172MMA7456L de la marca registrada Freescale y posee alta

sensibilidad (64 LSB/g en 2g y 64 LSB/g en 8g en modo de 10-bit); además tiene un filtro pasa bajas de 1-polo; el receptor (una antena en forma de USB) soporta la lectura de hasta 16 sensores permitiendo identificar múltiples artefactos al mismo tiempo; y la operación de voltaje es baja (2.2 V – 3.6 V). En esta prueba se utilizó la configuración por defecto para implementar esta tecnología.

La información que produce el acelerómetro corresponde a las medidas de aceleración y están relacionadas a tres ejes coordenados (x, y, z). Adicionalmente, es posible utilizar el concentrado de los tres ejes expresado en un valor absoluto en términos de fuerza de gravedad. En este trabajo se utilizó este valor absoluto para mostrar la manipulación de artefactos como se muestra en la figura 4.3 con los valores de la línea azul.

Este tipo de tecnología es muy sensible al movimiento. Por lo que las variaciones comienzan a registrarse cuando el acelerómetro comienza a moverse. Un detalle importante es el rango de alcance que tiene la antena para el reconocimiento de los acelerómetros, de manera que una antena es suficiente para el reconocimiento de varios artefactos en un escenario. Dado que esta tecnología es muy sensible es necesario establecer un umbral para interpretar la señal. Con un umbral, incluso si la señal es muy variable, es posible inferir si el acelerómetro está utilizándose en una actividad completa o en un evento aislado, o bien detectar si el acelerómetro permanece inmóvil. De esta forma si la señal de entrada del acelerómetro es mayor que el umbral, se produce un cambio de estado (de 1 a 0) y cuando la señal de entrada se estabiliza dentro del umbral, se produce otro cambio de estado (de 0 a 1) como se muestra en la figura 4.3.

La figura 4.3 muestra varias imágenes obtenidas de la cámara instalada en el cielo de la habitación, en las cuales se puede apreciar cada uno de los pasos en el desarrollo de la actividad basado en la manipulación de artefactos. La imagen 1 se refiere al instante en el cual el artefacto se toma por primera vez en el escenario. En ese instante, el artefacto lo trasladan y colocan en la localización base. La imagen 2 muestra el instante en que sucede un cambio de estado y el artefacto permanece inmóvil en la localización base. La imagen 3 muestra el instante en que el cuidador vuelve a tomar el artefacto y se dirige hacia la posición del paciente, en ese momento el artefacto continúa enviando señal de movimiento hasta que se estabiliza cuando se coloca en el brazo del paciente como lo muestra la imagen 4. En ese momento la señal del acelerómetro se encuentra dentro del rango del umbral por

lo que no se detecta movimiento de éste. La imagen 5 muestra el momento en que el artefacto se quita del brazo del paciente y el cuidador se desplaza hacia la localización base como se muestra en la imagen 6. En ese momento el cuidador comienza a realizar algunas actividades complementarias de la actividad objetivo, todo esto sin utilizar el artefacto. Finalmente, el cuidador vuelve a tomar el artefacto y lo guarda en la parte baja de la localización base como se muestra en la figura 4.3. La imagen 8 se refiere al instante en que el cuidador sale de la habitación. Es importante notar que el número de beats es mayor que el presentado en la figura 3.1. Por lo que, con el uso de esta tecnología el número de beats debe incrementarse y hacer ésta consideración en los criterios de validación debido a la sensibilidad que tienen los acelerómetros.

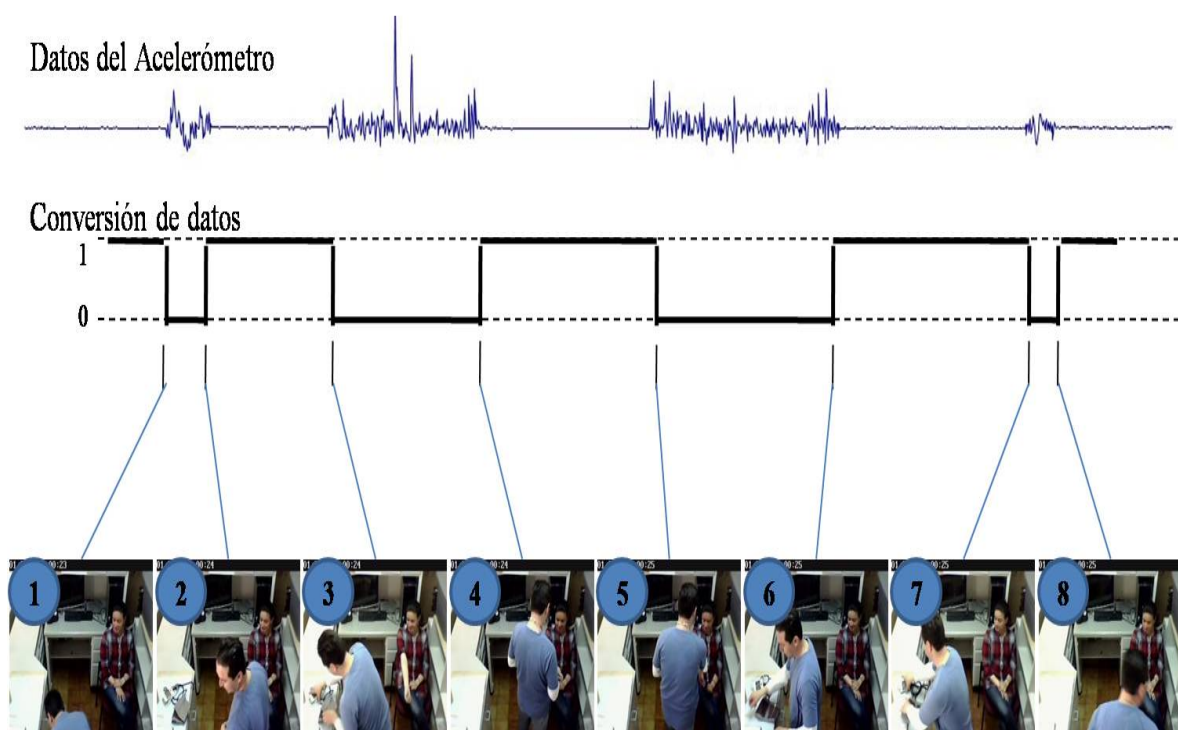


Figure 4.3. Resultados del acelerómetro.

Este tipo de tecnologías se utiliza para obtener la rapidez y orientación de los movimientos de las personas, específicamente determinar si una persona está sentada, parada o caminando como se presenta en [45]. Otro estudio como el presentado en [46], muestran resultados en la inferencia de actividades mediante el uso de dos tecnologías tales como RFID y acelerómetros. Sin embargo, los autores hacen uso de un brazalete, que de

acuerdo a lo mencionado en la subsección anterior, los brazaletes no son apropiados para el cuidado de adultos mayores con movilidad restringida como se menciona en la sección 4.3.

4.2.2. Reconocimiento de artefactos mediante el uso de técnicas de visión computacional.

Una tercera tecnología que ha mostrado resultados aceptables son las cámaras de vídeo a partir de la cual se produce una señal continua de vídeo, es decir, una secuencia de imágenes que muestran el escenario deseado. Por lo que, cuando una imagen se analiza es posible de forma implícita, y determinar la identidad de una persona; identificar su posición en el escenario; determinar si la persona está sentada, parada o descansando e incluso inferir su actividad.

Con el propósito de obtener el reconocimiento de artefactos en una secuencia de vídeo, es necesario desarrollar una serie de métodos matemáticos o estadísticos que pueden dar como resultado información comprensible. En ese sentido, el objetivo de visión computacional es proporcionar la capacidad a una computadora de ver el mundo que nos rodea para deducir la estructura y las propiedades del mundo tridimensional a partir de una o más imágenes bidimensionales [44]. Por lo que visión computacional está fuertemente relacionada con el reconocimiento de patrones.

Un esquema tradicional en el reconocimiento de patrones incluye tres etapas. Primeramente la imagen de entrada es pre-procesada. Esto incluye la reducción del ruido, la mejora del contraste, la mejora de los bordes entre otros procesos. La segunda etapa corresponde a la extracción de características cuyo objetivo es reducir el número de descriptores para capturar la esencia de la imagen. Por último, con base en las características obtenidas se realiza la clasificación [43], es decir el reconocimiento del artefacto.

Típicamente para el desarrollo de sistemas de vigilancia visual, el reconocimiento de artefactos se aplica a cada una de las imágenes de la secuencia de vídeo. Los resultados de este reconocimiento son concatenados y utilizados para dar una descripción del movimiento del artefacto en la secuencia de vídeo[38]. En este sentido, tres de las técnicas

más conocidas para la segmentación de movimiento corresponden a la substracción de fondo, diferenciación temporal y el flujo óptico [47].

La substracción de fondo es un método popular para la segmentación de movimiento, especialmente bajo situaciones con fondos estáticos. Esta técnica detecta regiones de movimiento en una imagen mediante el cálculo de la diferencia entre una imagen de fondo con la imagen entrante de la secuencia de vídeo. Este proceso es realizado obteniendo las diferencias de píxel⁴ a píxel. El proceso es simple, sin embargo es muy sensible a los cambios en escenas dinámicas causados por la luz o eventos extraños como las sombras.

La diferenciación temporal es un método que toma las diferencias de los píxeles entre dos o tres imágenes consecutivas de la secuencia de vídeo, con el objetivo de extraer las regiones en movimiento. Este método es muy adaptativo a ambientes dinámicos, sin embargo la extracción de todos los píxeles relevantes es un trabajo pobre. Una vez que se realiza la diferencia entre la imagen actual y las previas, una función que define un umbral se utiliza para determinar los cambios en las imágenes. Con un análisis de componentes conectados se obtienen las secciones de movimiento y se agrupan en regiones de movimiento.

El flujo óptico se basa en la segmentación de movimiento, utiliza características de vectores de flujo de artefactos de movimiento sobre el tiempo para detectar regiones de movimiento en una secuencia de imágenes. Los métodos basados en el flujo óptico pueden detectar movimiento de artefactos incluso en la presencia de cámaras en movimiento. El método que utiliza este trabajo para realizar el reconocimiento de artefactos se basa en el flujo óptico llamado filtros de correlación compuestos. Gracias a este método, no es necesario realizar una segmentación de imágenes como lo realizan los dos métodos antes mencionados. Además es posible localizar múltiples artefactos en una imagen.

Actualmente, los métodos de correlación se está utilizando dado su buen desempeño en presencia de diferentes tipos de ruido, y se ha demostrado también que los filtros no-lineales tienen tolerancia a algunas deformaciones de los artefactos [48][49].

El reconocimiento de artefactos basados en métodos de correlación, computan un nivel de similitud entre dos imágenes: (i) Una imagen de referencia y (ii) una imagen de

⁴ Superficie homogénea más pequeña de las que componen una imagen, que se define por su brillo y color [58].

prueba o una imagen capturada del escenario por alguna secuencia de vídeo. La imagen del espacio de trabajo de la escena se usa para probar el filtro en tiempo real y ésta se compara con la imagen de referencia previamente guardada y usada para entrenar el filtro. Como resultado de los filtros de correlación se obtiene un plano que contiene todos los valores de correlación entre las dos imágenes, en este plano, el valor más alto representa las coordenadas (x, y) en donde se supone que se localiza el artefacto en la imagen de prueba. Para reconocer los artefactos utilizando los resultados de correlación, es necesario establecer un umbral que permita discriminar aquellos valores no deseados, por ejemplo un artefacto diferente al de las imágenes de referencia [50].

En este trabajo, un filtro se asocia a un artefacto en específico para su reconocimiento. En este ejemplo se diseñaron etiquetas de referencia para ser reconocidas por métodos basados en visión como se muestra en la figura 4.1. (c3). Sin embargo, es posible realizar el reconocimiento de artefactos basados en las características intrínsecas de los artefactos tales como su forma o su apariencia.

El procedimiento realizado en este trabajo para el reconocimiento de artefactos usando correlación es el siguiente: Se instaló una cámara de vídeo cerca a la localización base con una distancia aproximada de 2 metros. La marca de la cámara utilizada fue Linksys modelo wvc53gca. El formato utilizado fue MPGe-4 considerando una resolución de 320 x 240 píxeles capturando 2.4 imágenes por segundo. El procesamiento y almacenaje se realizó en una estación de trabajo marca Dell Precision modelo T3500. El procesamiento se realizó únicamente a las imágenes obtenidas por esta cámara.

Se diseñó un filtro por cada artefacto a reconocer en la localización base. Por lo que cada filtro tenía relacionado un umbral de aceptación/rechazo, un ejemplo de esto se muestra en la figura 4.4 (a) con la línea azul punteada. La figura 4.4 representa los resultados de la correlación del filtro de presión sanguínea (etiqueta relacionada con un artefacto y una actividad) con cada una de las imágenes de la secuencia de vídeo. Por lo que si el valor de correlación de una imagen es mayor o igual que el umbral, éste es aceptado como el reconocimiento del artefacto. En este momento el valor de correlación se convierte a 1. Los valores que se encuentren abajo del umbral se les asignan un 0. Cuando un cambio de estado se detecta, la imagen actual se asocia con un índice de la secuencia de vídeo y se registra en la base de datos como un beat.

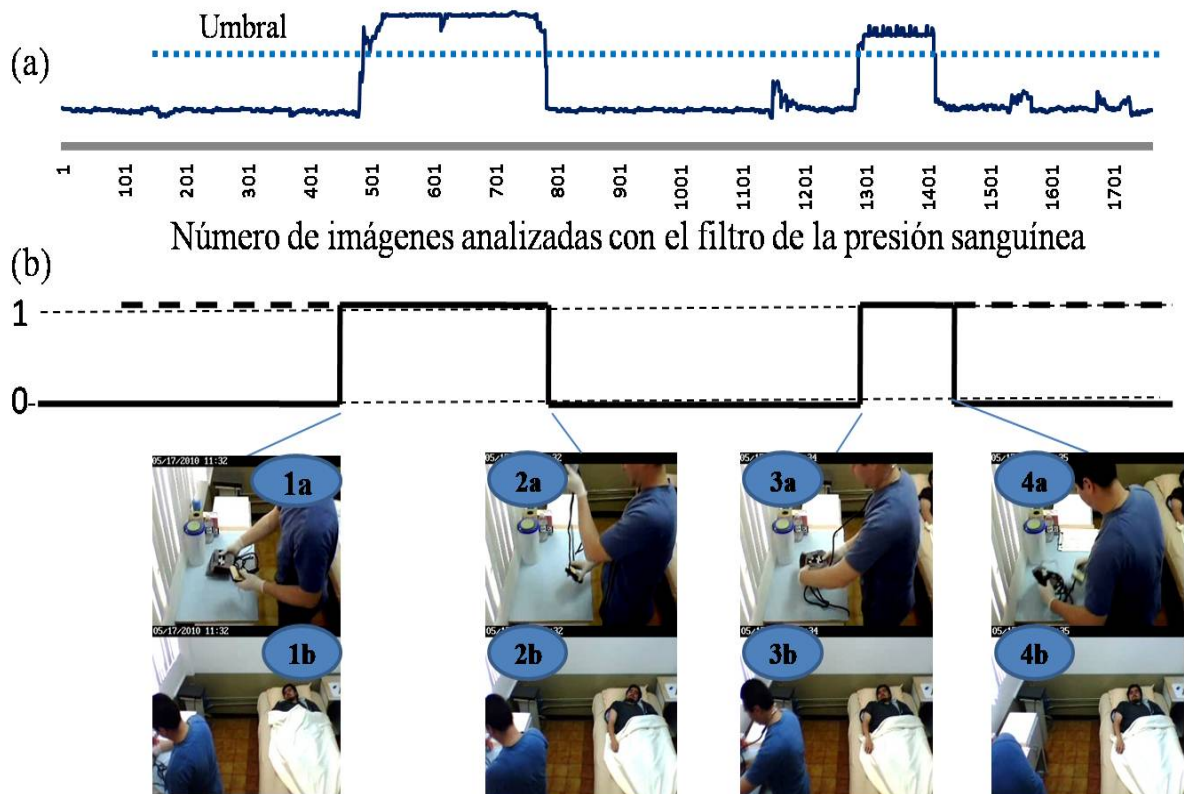


Figura 4.4. Resultados de la correlación en imágenes usando el filtro de la presión sanguínea (a) Datos reales de los valores de correlación obtenidos de analizar una secuencia de vídeo; (b) Conversión de datos en forma de RB.

La figura 4.4 muestra varias imágenes obtenidas de la cámara instalada en el cielo de la habitación (1b, 2b, 3b y 4b) a las cuales no se les aplicó ningún procesamiento. Las imágenes (1a, 2a, 3a y 4a) se obtuvieron de la cámara instalada cercana a la localización base. En las imágenes de la figura 4.4 se puede apreciar cada uno de los pasos relacionados al desarrollo de la actividad en los momentos en que fue tomado y liberado el artefacto. Estas imágenes fueron recuperadas del vídeo utilizando los índices asociados a los beats. Las imágenes 1a y 1b muestran el instante en que el artefacto se coloca en la localización base. Las imágenes 2a y 2b muestran el momento en que el cuidador remueve el artefacto de la localización base con el propósito de realizar la actividad. En las imágenes 3a y 3b se puede observar el instante en que el cuidador nuevamente coloca el artefacto en la localización base por lo que el filtro reconoce los artefactos en ese instante. Finalmente, las imágenes 4a y 4b muestran el momento en que el cuidador recoge el artefacto de la localización base y ya no vuelve a reconocerse por el filtro.

El uso de técnicas de visión es esencial para sistemas AmI. Esto da la posibilidad de realizar una monitorización de un ambiente y reportar la información en forma visual. Esta es una de las formas más sencillas y humana posible para describir un evento, una persona, un objeto, interacciones y acciones para lograr una solidez en la interpretación de una escena [1] como se presenta en esta tesis. Sin embargo, el reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación presenta algunas desventajas relacionadas con la oclusión o dificultades para reconocer artefactos muy pequeños. Por lo que se sugiere utilizar tecnologías adicionales para relacionar a los artefactos con las actividades, como se ha discutido, permitiendo dominar este tipo de inconvenientes.

No obstante, las técnicas de visión son una buena herramienta para el reconocimiento de artefactos, esto se debe a que es posible recuperar información de diversos tipos de escenarios. Por ejemplo, en un escenario de cuidados de adultos mayores con movilidad restringida es pertinente que los cuidadores no usen ningún tipo de dispositivos, ya que es necesario que ellos realicen interacciones directas con la piel delicada de este tipo de pacientes.

Hasta este punto, se han descrito tres tecnologías para el reconocimiento de artefactos. Los ejemplo aquí presentados permitieron mostrar la similitud entre ellos para representar una actividad y la obtención de una representación obtenida por el RB por cada tecnología, como se mostró en la figuras 4.2.-4.4. Cada imagen mostrada en las figuras referidas fue recuperada gracias a la asociación que existió del beat producido por el reconocimiento de artefactos y un índice de la secuencia de vídeo (de la cámara instalada en el cielo de la habitación). Por lo que es posible involucrar varios tipos de sensores para reconocer lugares, personas, artefactos y toda la información que podría mejorar el proceso de estimación de actividades.

4.3. Evaluación aplicada al reconocimiento de artefactos

El concepto Roaming Beat emerge del caso de estudio como se menciona anteriormente. Este concepto se basa en la manipulación de artefactos por lo que esta sección tiene por objetivo mostrar la evaluación de la efectividad del reconocimiento de artefactos.

Dentro de la recopilación de datos del caso de estudio se obtuvieron varios requerimientos necesarios que comentó un informante⁵ mencionando lo siguiente:

“...es extremadamente importante contar con evidencia visual de las actividades ejecutadas por los cuidadores [y pacientes], debido [un error] a que podría existir algún un impacto negativo en el estado de salud de los adultos...”

Otro de los comentarios fue:

“...los viejitos son muy sensibles de la piel y los cuidadores tiene mucho contacto con ella por lo que un brazalete podría lastimar su piel [la del paciente]...”

Basados en estos dos comentarios realizados por el informante, se decidió realizar el reconocimiento de artefactos utilizando técnicas de visión.

Con el propósito de evaluar el reconocimiento de artefactos, se realizaron diversos experimentos en el laboratorio de usabilidad en la UABC Campus Ensenada. Se hicieron varias simulaciones de las actividades con base en los comportamientos obtenidos en el caso de estudio sobre cómo los cuidadores realizan sus actividades. Se instalaron dos cámaras tal como lo muestra la figura 4.1. (d). La posición de las cámaras fue exactamente en las mismas condiciones que en la residencia de cuidados. En el laboratorio, las condiciones de luz fueron controladas por lo que fue la única diferencia con el escenario de la residencia de cuidados de salud [42].

Para la realización de la evaluación se realizó un guión basado en las actividades que utilizaban artefactos suficientemente grandes para colocarles una etiqueta. Este guión permitió replicar la manipulación de los artefactos utilizados en las actividades. Se consideraron los tiempos de inicio y de finalización de la actividad así como el comportamiento que tuvieron los artefactos en el caso de estudio.

El guión indicaba el tiempo en el cual el artefacto debería introducirse en la escena y el número de veces en que debería removerse y colocarse nuevamente. Este proceso de simulación fue muy importante debido a que no hubo necesidad de trasladarnos a la residencia de cuidados. Prácticamente, las actividades fueron replicadas bajo las mismas circunstancias y condiciones de la manipulación de los artefactos sin la necesidad de afectar las actividades de los cuidadores o adultos mayores con movilidad restringida.

⁵ Persona encargada de la residencia de cuidados de salud.

Tabla 4.1. Actividades realizadas en un día normal

No	Actividad	Horario	Artefactos involucrados
1	Presión Sanguínea	7:00-7:05	Dispositivo de medición de presión sanguínea
2	Niveles de glucosa	7:30-7:35	Dispositivo de medición de niveles de glucosa
3	Higiene	8:00-8:30	Papel Higiénico, Crema/Loción de cuerpo, Solución fisiológica
4	Alimentos	8:45-9:30	Charola
5	Higiene	11:45-12:15	Papel Higiénico, Crema/Loción de cuerpo, Solución fisiológica
6	Alimentos	13:00-13:45	Charola
7	Presión Sanguínea	16:00-16:05	Dispositivo de medición de presión sanguínea
8	Niveles de glucosa	16:30-16:35	Dispositivo de medición de niveles de glucosa
9	Higiene	17:00-17:30	Papel Higiénico, Crema/Loción de cuerpo, Solución fisiológica
10	Alimentos	18:00-18:15	Charola
11	Higiene	20:30-21:00	Papel Higiénico, Crema/Loción de cuerpo, Solución fisiológica

El sistema se evaluó por un periodo de 5 días en el laboratorio de usabilidad. Se desarrollaron 11 actividades por día, de acuerdo al guión. Estas actividades correspondieron a 4 actividades de higiene, 3 actividades de alimentación, 2 actividades de la toma de la presión sanguínea y la toma de 2 muestra de la glucosa (dextrosis) como se muestran en la Tabla 4.1. Estas actividades se realizaron en diversos horarios durante un día completo. Se realizaron 55 actividades en total que se grabaron y procesaron. El sistema fue capaz de reconocer 51 actividades y cuya proporción de efectividad fue del 92.72% como se muestra en la Tabla 4.2. Las actividades restantes que no fueron inferidas, se debió a que los valores de los filtros de correlación no alcanzaban los umbrales establecidos. Las probables causas de este inconveniente se debieron a los cambios de iluminación causados por sombras o por oclusión de artefactos. Otra de las posibles causas se debió a la falta de un mayor número de imágenes de referencia para los filtros, las cuales tomaran en cuenta otro tipo de distorsiones en diferentes posiciones en el escenario.

Tabla 4.2. Actividades realizadas en la evaluación del reconocimiento de artefactos

Actividad	Realizada	Reconocida
Presión sanguínea	10	9
Niveles de glucosa	10	10
Alimentos	15	13
Higiene	20	19
Total	55	51

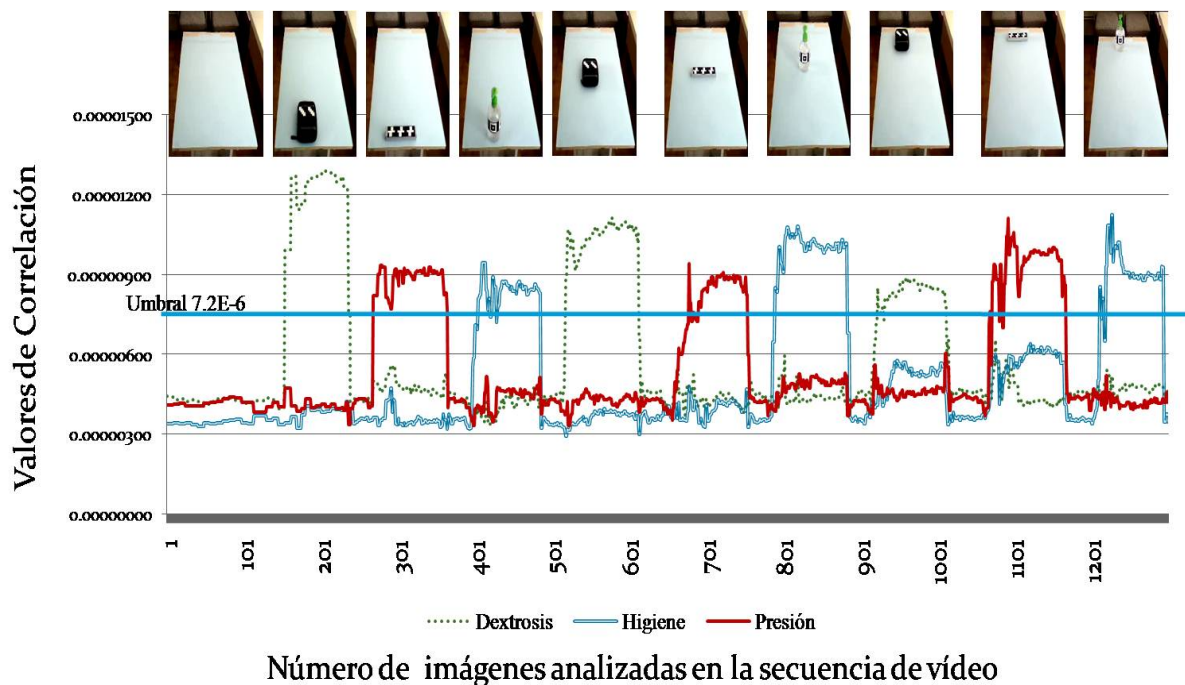


Figura 4.5. Resultados del reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación

En la figura 4.5 puede apreciarse el reconocimiento de tres etiquetas relacionadas a artefactos de tres distintas actividades. Los artefactos se colocaron en tres distintas posiciones (inferior, medio y superior de la localización base). Los tres filtros fueron ejecutados al mismo tiempo y se observa cómo cada filtro realiza sólo el reconocimiento del artefacto de referencia. Adicionalmente se estableció un umbral como se muestra en la figura. En esta figura el reconocimiento de los tres artefactos estuvo por encima del umbral, sin embargo cada artefacto tenía un diferente umbral establecido. Para mayor información sobre la elaboración de los filtros de correlación compuestos consultar el apéndice B.

4.4. Evaluación aplicada a los criterios de comportamiento de uso de artefactos para la estimación de actividades

Como parte final de esta tesis, se desarrolló un sistema que incluye una arquitectura la cual se presentó en [51]. La arquitectura incluye tres módulos: (i) módulo de reconocimiento de artefactos; (ii) módulo de inferencia de actividades; y (iii) módulo de representación de la actividad. Para mayor detalle de la arquitectura ver el apéndice C.

El objetivo del sistema fue: (1) conjuntar los tres niveles que en esta tesis se mencionan en la sección 2.5.; (2) probar los criterios establecidos en la sección 3.4.; y (3) aplicar el sistema en un escenario real.

El sistema se llamó Bitácora de Adquisición de Contexto (CALog Context Acquisition Log). El sistema se evaluó en una residencia privada de cuidados de salud por un periodo de 10 días durante 12 horas continuas por día. Se instalaron dos cámaras de vídeo en una habitación ocupada por un adulto mayor con movilidad restringida. Una cámara se instaló en el cielo de la habitación y la otra en una posición cerca a la localización base (2 metros aproximadamente). Las especificaciones de la cámara se mencionan en la sección 4.2.2.

El sistema se configuró para inferir cuatro actividades: alimentación, presión sanguínea, higiene aplicada al adulto mayor y la actividad de medicación. Todos los artefactos fueron reconocidos mediante la implementación de la técnica de visión computacional del uso de filtros de correlación compuestos. La tabla 4.3 muestra los criterios para la inferencia de actividades y relaciones entre artefactos y actividades que se obtuvieron en el caso de estudio realizado.

Los cuatro criterios se encapsularon en un proceso, permitiendo la inferencia de actividades de forma entrelazada o concurrente. El sistema se configuró de tal forma que cada proceso obtiene los índices de la secuencia de vídeo. El índice es recuperado cada vez que un artefacto produce un cambio de estado. El beat y el índice se registraron en la base de datos

Tabla 4.3. Criterios por artefacto con su actividad relacionada

		Actividades					
		Alimentos	Presión sanguínea	Higiene			Medicamentos
Características	Artefactos	Charola	Dispositivo para medir la presión sanguínea	Solución Fisiológica	Crema/Loción de cuerpo	Papel Higiénico	Caja de pastillas
	ΔT (minutos)	5–50	5–10	10–30			3–5
	# beats establecidos	2	3–4	≥ 3	≥ 3	≥ 6	≥ 2
	Quantum (min)	5	5	10	10	10	3

4.4.1. Resultados de la Estimación de actividades

Como resultado de la estimación de actividades, el sistema fue capaz de registrar 81 actividades de las cuales 74 fueron estimadas correctamente. Las 74 actividades siguieron y lograron los cuatro criterios mostrados en la Tabla 4.3. La Tabla 4.4 muestra los detalles relacionados a las 74 actividades e incluye los beats producidos por cada artefacto. La proporción de efectividad para la estimación de actividades fue del 91.35% (74 de 81 fueron actividades correctas). Las actividades restantes (7) no fueron estimadas debido a no haber logrado los criterios dentro del lapso de tiempo de la actividad.

Un aspecto importante en la actividad de higiene es que esta actividad no necesita que los tres artefactos se manipulen en el lapso de tiempo de la actividad, por lo que es una actividad no restrictiva (ver sección 3.4 caso flexible). La Tabla 4.4 muestra los resultados de la actividad de higiene, la cual se infirió en 21 ocasiones de las cuales 14 fueron realizadas utilizando dos artefactos y siete con el uso de los tres artefactos. El número de cambios de estado producidos por el papel higiénico es mucho mayor a los otros dos artefactos. Esto fue debido a que el papel higiénico en este tipo de ambientes es usado para realizar limpieza en varias formas dentro de la actividad. La tabla 4.3 muestra la

configuración del papel higiénico el cual necesita al menos 6 cambios de estado para relacionarlo con la actividad. Sin embargo al menos dos artefactos deben cumplir los criterios establecidos en la tabla para estimar la actividad.

Tabla 4.4. Actividades estimadas y el número de beats que se obtuvieron en la evaluación de los criterios para la estimación de la actividad.

Actividad	Estimada	Número de Beats
Higiene	21	279
1. Papel Higiénico (PH) y solución fisiológica (Sol)	14	
2. PH, (Sol) y Crema (Cre)	7	
Presión sanguínea	14	56
Alimentación	23	52
Medicamentos	16	52
Total	74	439

Cada comportamiento de artefacto se procesó independientemente, permitiendo estimar las actividades en forma entrelazada o concurrente. La forma entrelazada fue relevante debido a que fue posible inferir dos actividades que corresponden a las actividades de alimentos y medicamentos. En este tipo de ambientes de cuidados de salud, los medicamentos son suministrados al paciente cuando se realiza la actividad de alimentación. En este caso se le proporcionaban al adulto mayor en el desayuno y la cena. El proceso observado fue que, la charola de alimentos era el primer artefacto en ser colocado en la localización base. Posteriormente el cuidador tomaba el pastillero ubicado debajo de la localización base y lo colocaba encima de esta. La actividad de medicamentos es de corta duración por lo que esta actividad se estimaba antes de que la actividad de alimentos finalizara.

La tabla 4.3 muestra los criterios de configuración para la actividad de alimentos, en la cual se define el número de cambios de estado que es igual a dos. Esto se debe a que la

charola entra en la localización base y se retira hasta que la actividad termina, por lo que sólo se le establecen dos cambios de estado. Uno cuando entra y otro cuando es removida. En el tiempo en el cual la charola permanece inmóvil en la localización base, el cuidador se mueve de la localización base hacia la posición del paciente en repetidas ocasiones, tomando y dejando varios artefactos (tales como el plato, la taza, etc.) en la charola [52]. La configuración del artefacto de la actividad de medicamentos fue definido como mayor o igual a dos debido a que el comportamiento, en algunas ocasiones, era similar al de la charola y en otras ocasiones el número de cambios de estado era incrementado en uno o dos ocasiones adicionales. Este proceso era realizado cuando la actividad de alimentos se ejecutaba.

Finalmente, dentro de la evaluación del sistema, la actividad de presión sanguínea siempre se realizó en forma independiente. No existieron actividades que iniciaron al mismo tiempo o en forma entrelazada con la actividad de la presión sanguínea. El número de cambios de estado establecido para esta actividad fue de ≥ 3 . Esto se debió a que algunas veces el artefacto permanece en la localización base una vez que la actividad ha concluido. De esta forma el criterio de tiempo máximo de espera entre beats, conocido como quantum, se valida. Es decir, cuando el último cambio de estado se produce por el artefacto (después de lograr los beats establecidos), el quantum comienza a contar el tiempo para estimar la actividad.

Con estos resultados, se presentaron dos evaluaciones. La primera evaluación enfocada en el reconocimiento de artefactos, desarrollada en el laboratorio de usabilidad. En ésta se obtuvo una efectividad del 92.72%. Se sabe que esta efectividad puede mejorarse considerando más imágenes que tomen en cuenta otro tipo de distorsiones en el escenario. Por otro lado, se evaluaron los criterios del comportamiento de cada artefacto en la ejecución de las actividades en un escenario real, del cual se obtuvo una efectividad del 91.35%. Por lo que la consideración de estas dos evaluaciones reflejan la efectividad de la metodología para la estimación de las actividades que es del 84.69% tomando en cuenta actividades sencillas, entrelazadas y complejas. Este resultado se considera aceptable comparado con los resultados presentados en [53] que fueron del 66.13% en actividades sencillas, entrelazadas y concurrentes, siendo las actividades complejas similares a las concurrentes y en condiciones similares a las presentadas en nuestra evaluación.

4.5. Resumen del capítulo

En este capítulo se presenta la representación del RB utilizando tres diferentes tipos de tecnologías, como lo sugiere el paradigma AmI mediante la integración de diversos sensores adaptados a los artefactos de uso diario. Las pruebas de estas tecnologías se realizaron en el laboratorio de usabilidad de la UABC, desarrollando una misma actividad para las tres tecnologías. Se pudo observar en las representaciones obtenidas por cada tecnología que existe una similitud en la interpretación de la manipulación de los artefactos dentro de la ejecución de la actividad.

Se presenta la justificación de haber seleccionado técnicas de visión para el reconocimiento de artefactos en un ambiente de cuidados de salud. Además se muestran dos evaluaciones: la primera realizada en el laboratorio de usabilidad enfocada en la evaluación de los filtros de correlación obteniendo un 92.72% de efectividad en el reconocimiento. La segunda evaluación fue realizada en una residencia privada de cuidados de salud, es decir, en sitio. Se evaluaron los criterios para la estimación de la actividad mostrando una efectividad de 91.35%. Teniendo una efectividad de la metodología del 84.69% considerando la inferencia de actividades sencillas, entrelazadas y complejas.

Este tipo de resultados dan pauta para definir las principales conclusiones, aportaciones y trabajo futuro derivados de la presente tesis.

Capítulo 5

5. Recuperación de información mediante la representación del RB

En la recuperación de información de un escenario, es necesario conocer que información es realmente relevante para la automatización de procesos relacionados al reconocimiento de actividades humanas. Por lo que la definición de este tipo de información debe ser explícita en el análisis de requerimientos para el desarrollo de algoritmos específicos. Es decir, considerar aquella información a capturar basada en las actividades del usuario. En este sentido, la representación del RB es un modelado de comportamiento de artefactos dentro de la ejecución de la actividad. Cada beat obtenido por el reconocimiento de artefactos representa un disparador de algún evento generado por el usuario, y el conjunto de beats con un comportamiento establecido genera la interpretación

de actividades. De esta manera los usuarios pueden obtener respuesta a los eventos generados por ellos como lo propone AmI. Por lo que en este capítulo se presenta la recuperación de información con base en el modelado del RB.

La recuperación de información se ubica en los niveles altos en donde los motores del razonamiento se centran en describir la información de forma que pueda ser interpretada para presentar los resultados en una forma visual acorde a las necesidades y requerimientos de los usuarios.

5.1. Unión de dos tecnologías para la estimación de actividad

Antes de presentar la forma en que se realiza la recuperación de información mediante el RB, se mostrará un ejemplo en el cual dos tecnologías se concatenan considerando que cada una de ellas produce sus propios RBs. Esto con el objetivo de ver la integración de tecnologías que se puede realizar y a partir de lo cual es posible describir el involucramiento y comportamiento de artefactos en una actividad, con el propósito de mostrar una representación visual utilizando el reconocimiento de alguna etiqueta y la manipulación de artefactos.

La forma en que las tecnologías generan y presentan su información equivale a proporcionar cambios de estado en la manipulación de artefactos, permitiendo incorporar su información en una representación como la presentada en esta tesis (figura 3.1). El poder representar los resultados de reconocimiento y análisis de esta manera; marcan la pauta para la utilización de diversas tecnologías que permitan complementarse en la obtención de información de un escenario.

Para observar cómo la adquisición de datos obtenida por diferentes tipos de tecnologías se pueden complementar, se presenta la figura 5.1 en la cual se muestra el desarrollo de una actividad utilizando dos tipos de tecnologías correspondientes al uso de RFID como identificador de personas y el uso de cámaras de vídeo como reconocedor de artefactos.

La configuración que se utilizó en este escenario es como sigue: En la puerta se colocó una antena de RFID, la cual verifica la entrada y salida de los cuidadores a una habitación en la cual se encuentra un adulto mayor con movilidad restringida o

dependiente. Además, se instalaron dos cámaras en la habitación, una en el cielo de la habitación como lo muestra la figura 4.1. (d) y la otra en la posición de la figura 4c1 para realizar el reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación.

La figura 5.1 presenta los comportamientos obtenidos de estas tecnologías, el resultado de la figura 5.1a corresponde a la identificación de la persona con RFID desde el momento en que entra a la habitación hasta que se retira de esta. El resultado de la figura 5.1b corresponde al comportamiento del reconocimiento en la manipulación del artefacto.

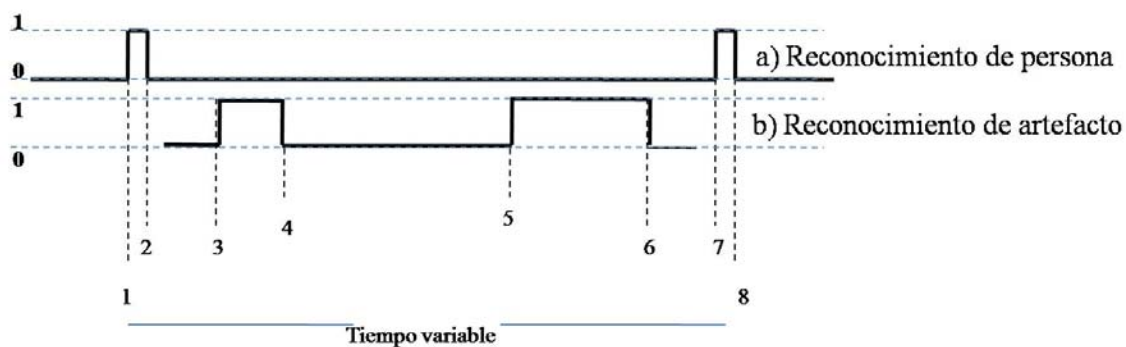


Figura 5.1. (a) Reconocimiento de personas usando la tecnología de RFID (b) Reconocimiento de artefacto mediante el procesamiento de imágenes.

Un detalle importante en este tipo de representación es que cada cambio de estado es una marca de tiempo. Por lo que este escenario, considerando estas tecnologías, produce 8 marcas de tiempo como lo muestra la figura 5.1.

La colocación de una cámara en el cielo de la habitación y la adquisición de datos de varias tecnologías permitió mostrar la información del escenario y de la actividad de una manera visual. Nótese que a la cámara en el cielo de la habitación no se le realiza ningún procesamiento, sólo se obtiene el índice de la secuencia de vídeo cada vez que se produce un cambio de estado. En este sentido cada cambio de estado se relaciona con una imagen de la secuencia de vídeo. Por consiguiente, el RB corresponde a la relación de un conjunto de imágenes en un lapso de tiempo de la ejecución de la actividad basado en el comportamiento que generan las diversas tecnologías, como se mostró.

La obtención de una secuencia de vídeo de toda la escena, permitió que el RB se convirtiera en una representación visual de las actividades basada en el comportamiento de los artefactos y se pudiese obtener una unión de la información de las diversas tecnologías. Además de que es posible proporcionar un significado coherente derivado del

comportamiento en el reconocimiento de artefactos y personas independientemente del tipo de entrada de datos que se tenga. Con lo anterior se permite realizar un sistema AmI en residencias de cuidado, en las cuales es factible la integración de diversos tipos de sensores para el modelado de comportamiento de los artefactos e interpretación de actividades en un ambiente de cuidados de AMMR.

5.2. Recuperación de información usando el RB

Basados en los resultados de las tres tecnologías mostrados en el capítulo 4, es necesario conocer qué tipo de información puede obtenerse a partir de la representación visual del RB presentada en este trabajo. En este sentido, el RB se convierte en la relación de un conjunto de imágenes en un lapso de tiempo creado por el reconocimiento de artefactos los cuales están involucrados en una actividad, que permite obtener información de contexto de una escena tal como la identidad, la ubicación, el tiempo y la actividad como lo proponen Dey y Abowd [54].

The screenshot displays the 'Context Acquisition Log' interface. It includes a sidebar with filters for Sanitation (Hygiene, Blood Pressure), Food (Feeding), Vital Signs (Dextrose, Blood Pressure), and Medication (Medications, All). The main area shows 'Activity Performed Data' for 'Blood Pressure' with start and end times, and an artifact related to 'Baumanometer'. Below this is a table of activities with columns for Activity, Description, Date, Start Time, End Time, and IdÚnica. At the bottom, there are video thumbnails labeled 'Initialized', 'Activated', and 'Suspended', along with a 'User Comments' section.

Activity	Description	Date	Start Time	End Time	IdÚnica
Blood Pressure	Blood pressure activity was performed	2011-03-27	07:41:23.0000000	07:43:40.0000000	00200120110327074123
Feeding	Feeding activity was performed	2011-03-27	08:26:34.0000000	08:58:07.0000000	00100120110327082634
Medications	Medications activity was performed	2011-03-27	08:27:11.0000000	08:28:59.0000000	00300120110327082711
Hygiene	Hygiene activity was performed	2011-03-27	14:07:59.0000000	14:13:46.0000000	00400120110327140759
Blood Pressure	Blood pressure activity was performed	2011-03-28	07:30:27.0000000	07:34:45.0000000	00200120110328073027
Hygiene	Hygiene activity was performed	2011-03-28	07:38:40.0000000	07:59:34.0000000	00400120110328073840

Figura 5.2. Recuperación de contexto mediante el RB.

La identidad se obtiene a partir del reconocimiento de la etiqueta ligado al artefacto o personas, dependiendo lo que se desee reconocer. La ubicación se obtiene a partir del comportamiento que tienen el artefacto o persona. En este sentido, este trabajo de tesis propone los cambios de estado del artefacto en donde 1 es el reconocimiento en una localización base y 0 es cuando el artefacto se encuentra en el espacio con una localización no conocida dentro del tiempo de ejecución de la actividad. El tiempo se obtiene a partir de cada beat, por lo que el primer cambio de estado corresponde a la fecha y hora en que inicia un comportamiento de algún artefacto. Por último, la actividad corresponde al reconocimiento del comportamiento del o los artefactos que están involucrados en ella. Es decir, la actividad se estima hasta que el comportamiento de la manipulación de uno o varios artefactos se reconocen.

Esta información relacionada con estos cuatro tipos de contexto se almacena en una base de datos, lo que genera un historial de eventos de interés para el usuario como se muestra en la figura 5.2 y lo proponen Chen y Kotz [55] . De esta forma se crean las oportunidades de recuperación y visualización de información y con las configuraciones establecidas de cada usuario y la información que se obtiene se pueden tomar decisiones en forma oportuna.

5.2.1. Ejemplos de recuperación de la información

Como ejemplo, considérese la segunda imagen relacionada con el segundo beat de la figura 5.3 (b). En ella es posible, de forma implícita, percatarse de la identidad de la persona que realizó la actividad. De la misma manera, con observar la imagen es posible percatarse de la ubicación y determinar si está parada, acostada o sentada. Además de que el cambio de estado es una marca de tiempo en que ocurrió el evento, por lo que cada beat representa una pieza de información que se utiliza para mostrar las acciones que un usuario está realizando.

En la parte superior de la figura 5.3 se puede observar la representación del RB. En esta representación se muestran cuatro beats producidos por un artefacto en la escena. Cada cambio de estado (transición de 0 a 1 o de 1 a 0) representó un evento en el desarrollo de la actividad y fue posible ligar cada uno de estos beats con una imagen de las secuencias de

vídeo de las cámaras instaladas en la habitación. Por consiguiente la figura 5.3(a) muestra las imágenes obtenidas de la secuencia de vídeo de la cámara colocada cerca de la localización base y la figura 5.3.(b) muestra las imágenes obtenidas de la secuencia de vídeo de la cámara instalada en el cielo de la habitación.

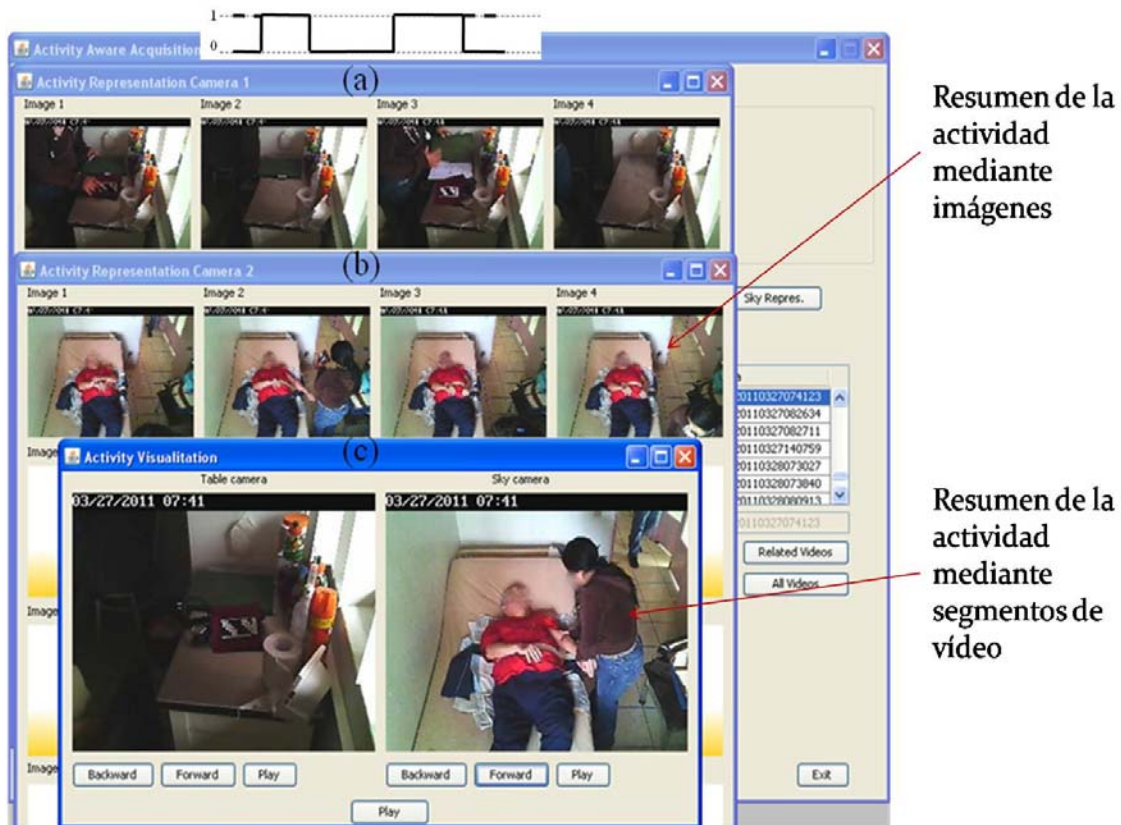


Figura 5.3. Representaciones visuales obtenidas con el RB.

De acuerdo a lo anterior, el RB puede utilizarse como una forma visual de representar las actividades, mostrando imágenes del escenario en la ejecución de la actividad en puntos específicos del tiempo. Estos puntos permiten crear segmentos de vídeo relacionados con las actividades como se muestran en la figura 5.3(c), en la cual es posible visualizar estos segmentos de vídeo sin tener que revisar todo el vídeo que producen las cámaras de vigilancia visual. Con ello se reduce el tiempo de la revisión de grandes cantidades de vídeos, además de proporcionar información contextual, creando señales de la actividad en cada beat. Cada segmento de vídeo permitirá al usuario observar lo que sucede y podrá determinar si las acciones fueron correctas. En caso contrario; tomar las acciones adecuadas para corregir las fallas. Por último, el poder aprovechar las técnicas de

procesamiento de imágenes como base e involucrar otras tecnologías de complemento para representar la información en forma de RB, relacionar hallazgos mediante el reconocimiento de artefactos e identificar detalles para ampliar el significado de la visualización de una escena en puntos específicos del escenario.

Otro ejemplo se basa en el caso de estudio, en el cual se pudo observar que existen actividades que necesitan programarse y desarrollarse en tiempos específicos. Esta programación de actividades permite envío de notificaciones de la omisión y ejecución de ellas. Dependiendo de las necesidades de los usuarios. Un ejemplo de la recuperación de información basado en los beats se ilustra en la figura 5.4., en la que se muestra la obtención de las imágenes relacionadas con cada beat. Además se incluyen dos imágenes adicionales de distintos puntos en la ejecución de la actividad. Estas imágenes se unen y envían en forma de notificación mediante un dispositivo móvil.

Por último, considérese el ejemplo de la sección 5.1, en donde dos tecnologías se utilizan y éstas generan la representación del RB. Primeramente, la identificación de la persona permite determinar el grado de detalle que se puede mostrar mediante algún despliegue público, así como la carga de las preferencias de la persona. Una vez reconocida, el sistema de inteligencia ambiental, reconoce el artefacto que tomó el usuario cuya respuesta inmediata del sistema es la visualización del historial relacionado con el uso de ese artefacto. Como ejemplo, la visualización de una gráfica que muestre el comportamiento de las presiones sanguíneas del último mes. Inclusive, las posibles sugerencias de cómo actuar en caso de que el resultado fuera una presión baja.

Así el sistema reconoce a la persona, al artefacto y su comportamiento, y registra los tiempos de cada uno de los beats que causó la identificación de la persona y la manipulación del artefacto. Con esto se deja evidencia de la interacción del cuidador con el paciente, así como de los artefactos utilizados para el desarrollo de la actividad.

Con estos tres ejemplos se muestran las oportunidades para la recuperación de información mediante la utilización del RB a través del reconocimiento de personas/artefactos. Esta información es útil, debido a que es posible la recuperación de diferentes tipos de contexto de un escenario tales como identidad, localización, tiempo y actividad, los cuales son almacenados y usados como un historial del contexto. Logrando con esto la extracción de contexto de un escenario de cuidados de salud.

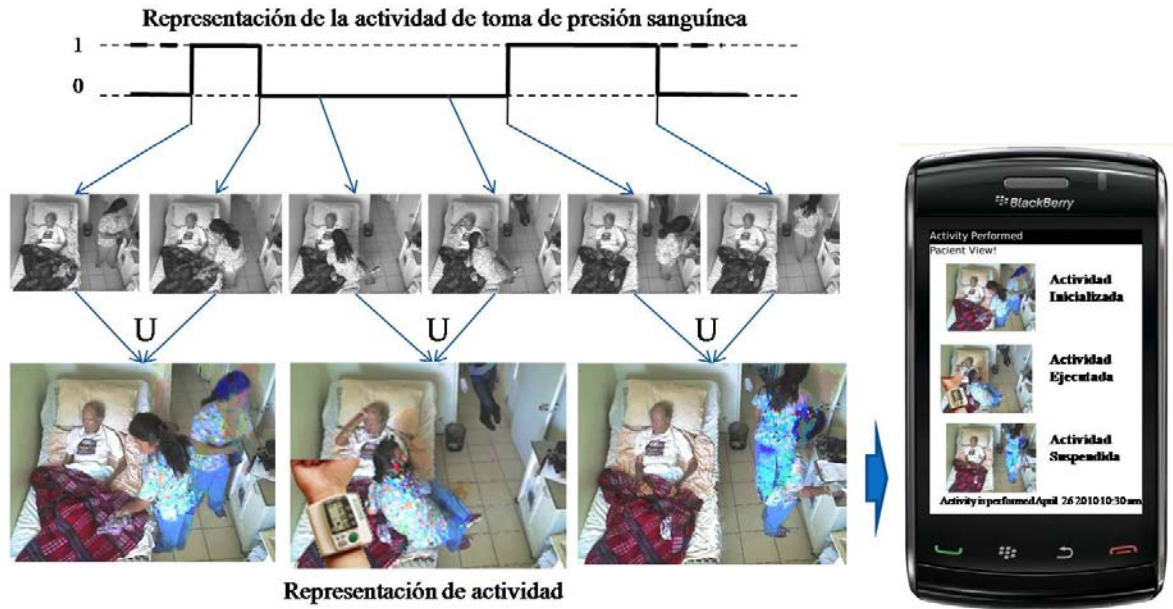


Figura 5.4. Envío de información a un dispositivo móvil basado en la representación del RB.

5.3. Resumen del capítulo

En este capítulo se mostró la recuperación de información de un escenario. Primeramente se muestra un ejemplo en el cual se unen dos tecnologías obteniendo la representación del RB. Posteriormente se muestran dos ejemplos que hacen uso de la representación del RB para recuperar información de la escena capturada. Se mostró como el RB no solo es una representación de la manipulación de los artefactos dentro de una actividad, sino que utilizando esta misma representación es posible dar una representación visual de la actividad basados en cada beat producidos por los artefactos. De esta manera el RB se convierte, en esta etapa, en la relación de un conjunto de imágenes en un lapso de tiempo creado por el reconocimiento de artefactos que están involucrados en una actividad, y permite obtener información de contexto de una escena tal como la identidad, la ubicación, el tiempo y la actividad.

Capítulo 6

6. Discusión, conclusiones, aportaciones y trabajo futuro

En este trabajo de tesis se atiende la problemática de la estimación de actividades basada en el análisis del comportamiento del uso de artefactos. Como ejemplo se presenta un caso de estudio en un ambiente de cuidados de salud. La problemática de la estimación de actividades se aborda mediante el concepto Roaming Beat y la metodología para la estimación de actividades. Por lo que en este capítulo se presenta una discusión, las conclusiones de este trabajo de tesis así como las aportaciones y el trabajo futuro.

6.1. Discusión

Una de las metodologías cuyo centro de estudio son las actividades orientadas a objetivos es la Teoría de la Actividad (TA). Para su discernimiento es necesario un entendimiento de ellas así como el conocimiento de los retos que representa la estimación de actividades. En esta tesis se utilizan los elementos principales de TA para realizar la estimación automática de actividades considerando un entendimiento en un escenario específico y los retos en su reconocimiento. Los elementos de TA corresponden a: el sujeto, los artefactos y el objetivo. Con estos elementos se proporciona una interpretación a las acciones que se realizan en un escenario específico, es decir, el sujeto es un actor y logra sus objetivos mediante la manipulación de uno o varios artefactos. De estos tres elementos, ésta tesis toma como parte fundamental el uso de artefactos en el desarrollo de las actividades, similar a como lo presentan en [30][40] en los cuales mencionan que las actividades pueden inferirse mediante la interacción con artefactos. Esta tesis plantea que las actividades pueden ser estimadas con el reconocimiento de los artefactos involucrados en éstas; y que los artefactos que participan en las actividades siguen un comportamiento único en el desarrollo de cada actividad.

Para obtener un entendimiento de un escenario específico se realizó una caracterización de actividades en la cual se obtuvo una recopilación de datos de un escenario lo que permitió definir el concepto que se propone en esta tesis llamado Roaming Beat y la metodología para la estimación de actividades. Esta metodología tiene como objetivo la estimación de actividades sencillas, entrelazadas y concurrentes. A partir de la caracterización se pudo obtener el rol de cada artefacto en cada una de las actividades identificadas. Permitiendo de esta manera la definición de criterios y restricciones para obtener la estimación de las actividades con base en el uso de artefactos como se sugiere en [41].

El reconocimiento de artefactos que se presenta en esta tesis es mediante la inclusión de varias tecnologías. Este reconocimiento se realiza en una localización base de acuerdo al concepto RB, por lo que si los artefactos no son reconocidos en ésta, los criterios no se cumplen y no se genera la inferencia de actividades. A pesar de este inconveniente, una de las principales aportaciones que presenta esta tesis es la metodología que se sigue

para la estimación de actividades la cual no requiere del conocimiento de todas las formas posibles de realizar la actividad, ya que se rige por los criterios de manipulación de artefactos. De acuerdo al trabajo relacionado que se presenta en esta tesis, dos de las técnicas más populares para modelar actividades son: el modelo oculto de Markov (HMM por sus siglas en inglés: Hidden Markov Model) y el campo condicional aleatorio (CRF por sus siglas en inglés: Conditional Random Field). Estas dos técnicas requieren conocer las distintas formas en que se realizan las actividades como datos de entrada. Y con estos datos se realiza el entrenamiento de las actividades por lo que si alguna de las formas se omite, la actividad no se infiere. Otro de los inconvenientes de estas dos técnicas es la dificultad que presentan para realizar el modelado de actividades entrelazadas y concurrentes como lo presentó [37], por el contrario, la metodología que se propone en esta tesis permite el modelado de este tipo de actividades.

Diseñadores y desarrolladores

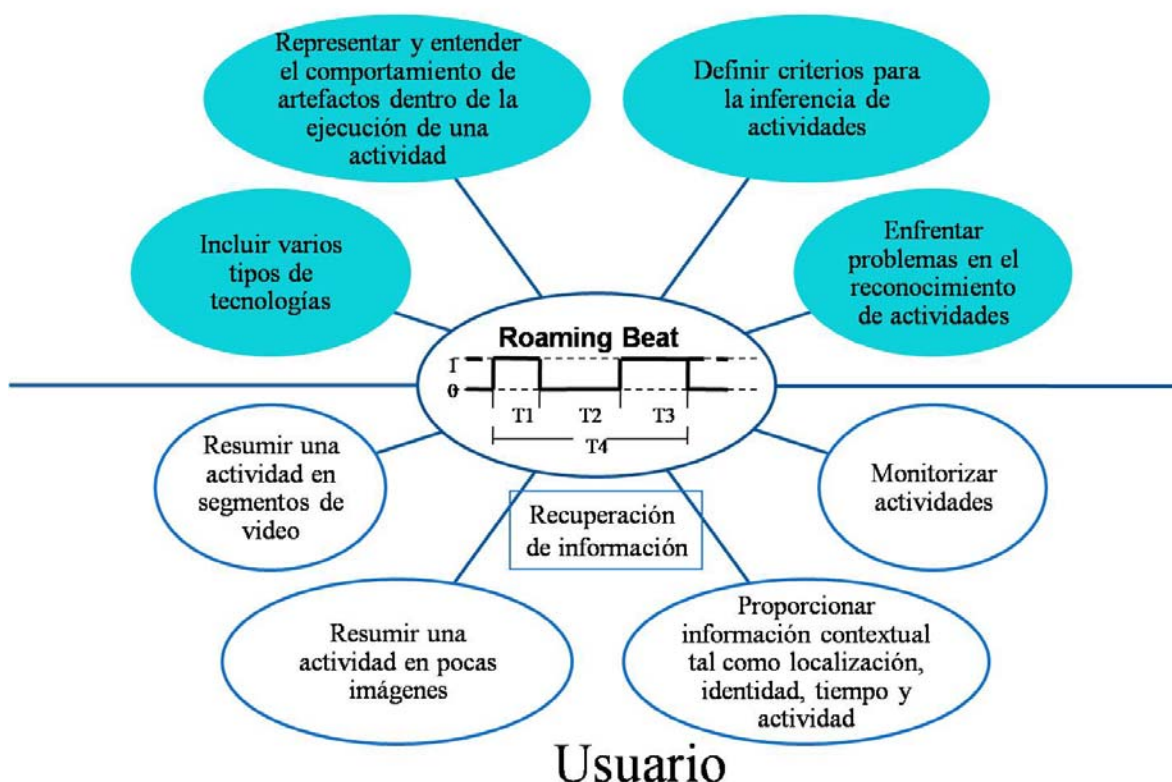


Figura 6.1. Visión del RB enfocado en diseñadores y programadores para proporcionar información al usuario.

La estructura para el reconocimiento de actividades que se presenta en este trabajo abarca los tres niveles que se han propuesto en la literatura que corresponden a (1) la entrada de datos mediante el reconocimiento de artefactos, (2) al reconocimiento de las acciones que corresponde al comportamiento que siguen los artefactos para hacer la estimación de actividades y (3) a la presentación del razonamiento basado en la ejecución de las acciones del escenario aplicando criterios y excepciones para lograr la estimación de actividades. Todo esto permite dar una contribución al paradigma de Inteligencia Ambiental con la integración de varias tecnologías con las cuales es posible obtener la representación del RB, generar un modelado para representar y entender el comportamiento de los artefactos dentro de la ejecución de una actividad, definir los criterios y establecer las excepciones con el propósito de inferir las actividades y a su vez enfrentar los problemas en el reconocimiento de ellas. Estas contribuciones son dirigidas a los diseñadores y desarrolladores (ver figura 6.1.) para que se encarguen de generar las herramientas enfocadas en los usuarios como lo determina AmI.

Adicionalmente, la información que se va registrando a partir de la obtención del RB es una oportunidad de investigación para crear herramientas semánticas de consulta que permitan la adaptación de la información según las necesidades que requiera el usuario, como ejemplo la figura 6.1 muestra los casos que se presentan en esta tesis tales como la monitorización de actividades, la recuperación de información contextual y el resumir las actividades en imágenes o en segmentos de vídeo. Sin embargo aún es posible explotar esta parte semántica para la creación de nuevas herramientas las cuales permitan proporcionar respuestas proactivas para interactuar con los usuarios de una forma consciente y oportuna como lo requiere AmI.

6.2. Conclusiones

La inferencia de actividades humanas no es un proceso sencillo debido a las distintas formas que tiene el humano para desarrollarlas, en contraparte, en este trabajo de tesis se presenta una metodología para la inferencia de actividades basada en el concepto RB. El seguimiento de la metodología es un proceso sencillo y fácil de implementar,

además de que esta metodología incorpora varios elementos del paradigma de AmI con la finalidad del diseño y desarrollo de sistemas para la monitorización inteligente.

De las principales características del concepto y de la metodología para la estimación de actividades se derivan las conclusiones de este trabajo de tesis las cuales son con respecto a la implementación del RB en un ambiente y se describen a continuación:

1. La representación del Roaming Beat es obtenida de la adquisición de datos de los sensores empotrados en el ambiente, por lo que es posible involucrar varias tecnologías e implementar la integración de múltiples sensores en una interfaz distribuida.
2. La representación del RB permite modelar y entender el comportamiento de los artefactos para la interpretación de eventos de las personas en un ambiente determinado y así poder llegar a implementar inteligencia en el ambiente.
3. El obtener el RB de cada artefacto permite agrupar el comportamiento de cada uno en actividades y de esta manera definir criterios enfocados en su inferencia creando las oportunidades para el diseño de algoritmos y procesamiento colaborativo.
4. La agrupación de las actividades con sus respectivos RB permite enfrentar los problemas en el reconocimiento de actividades simples, entrelazadas y concurrentes.
5. La representación del RB permite la creación de herramientas que apoyen a los usuarios a la monitorización de actividades de una forma automática.
6. La recuperación del RB de una secuencia de video se convierte en una representación visual mediante imágenes o segmentos de video proporcionando una perspectiva de la actividad al usuario, creando las oportunidades de investigación para la generación de un ambiente digital proactivo y sensible a los usuarios.

Con las características antes mencionadas y con la finalidad de mostrar el uso del concepto y de su metodología, se diseñó e implementó un prototipo con el cual se pudo obtener un eficiencia en la estimación de actividades del 84.69%, siendo un porcentaje bastante aceptable por considerar la estimación de actividades simples, entrelazadas y concurrentes.

Por su sencillez y facilidad de implementación, la metodología para la estimación de actividades y los resultados de las evaluaciones realizadas en este trabajo permiten dar una opción a los diseñadores y programadores para la implementación de sistemas AmI.

6.3. Aportaciones

La principal contribución de este proyecto de investigación se centra en el concepto del Roaming Beat y la metodología para la estimación de actividades (ver capítulo 3). La metodología incluye el enfrentar retos en el reconocimiento de actividades secuenciales, entrelazadas y concurrentes. Así mismo, la representación del RB sirve en la etapa de diseño para modelar el comportamiento del uso de artefactos mediante su reconocimiento (ver capítulo 4) y para modelar la información de las actividades enfocada en el usuario (ver capítulo 5). Otras aportaciones derivadas de este trabajo son la caracterización de las actividades en un ambiente de cuidados de salud enfocada en adultos con movilidad restringida (ver Apéndice A) y la creación de un sistema denominado SCAN (ver apéndice C) que considera en su arquitectura tres módulos: reconocimiento de artefactos, inferencia de actividades y representación de actividades. Otra contribución es el involucramiento de filtros de correlación compuestos como una técnica alternativa para el reconocimiento de artefactos. Ésta, permite realizar la clasificación de artefactos mediante el establecimiento de un umbral, así como el reconocimiento de múltiples artefactos sin la necesidad de segmentar las imágenes (Ver Apéndice B). Se presentan además los resultados de dos evaluaciones enfocadas en el reconocimiento de artefactos y en la evaluación de los criterios de comportamiento de los artefactos. Finalmente, las publicaciones derivadas de este trabajo constituyen una parte muy importante de las contribuciones que esta tesis ha permitido obtener. A continuación se listan las publicaciones desarrolladas con base en el mismo.

6.3.1. Publicación en Revistas

Francisco E. Martínez-Pérez, José A. González-Fraga, Juan C. Cuevas-Tello, Marcela D. Rodríguez, “Activity Inference for Ambient Intelligence Through Handling Artifacts in a Healthcare Environment,” *Sensors*, vol. 12, no. 1, pp. 1072-1099, Jan. 2012, ISSN: 1424-8220

6.3.2. Publicación en congresos internacionales

Francisco E. Martinez-Perez, José A. Gonzalez-Fraga, Mónica Tentori, “Artifacts’ Roaming Beats Recognition for Estimating Care Activities in a Nursing Home,” in 4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2010, 2010.

Francisco E. Martinez-Perez, José A. González-Fraga, Mónica Tentori, “Automatic activity estimation based on object behaviour signature,” in *Proceedings of SPIE*, 2010, vol. 7798, no. 1, p. 77980E.

6.3.3. Publicación en congresos nacionales

Francisco E. Martinez-Perez, José A. González-Fraga, Héctor G. Pérez-González, “Automatic activity estimation through recognizing and handling objects in video sequences,” in *AIAR workshop 2010 Puebla Pue*, 2010, pp. 1-12.

Francisco E. Martínez-Pérez, José A. González-Fraga, José I. Ascencio, “Reconocimiento de actividades humanas mediante el uso de técnicas de visión,” in *CICOMP*, Ensenada, B.C., 2010, pp. 1-4 (Poster).

Francisco E. Martínez-Pérez, José A. González-Fraga, Mónica Tentori, “Extracción de características visuales para la monitorización de adultos mayores con movilidad restringida: El caso de estudio en una residencia,” in *Simposio de Computación Clínica e Informática Médica, ENC09*, 2009.

6.4. Trabajo futuro

Durante la realización de este trabajo de tesis surgieron algunas propuestas o ideas que pueden mejorar algunos aspectos de la tesis, o que a su vez proponen enfoques diferentes a nuestra línea de investigación. No obstante dichas ideas resultaban interesantes para profundizarse aunque no se hayan atendido en este trabajo debido al alcance de esta tesis, pero que a continuación se presentan como trabajo futuro:

1. La inferencia de actividades presentada en esta tesis se basa en la utilización de una localización base para el reconocimiento de artefactos, por lo que en la habitación se instalaron dos cámaras, una en el cielo de la habitación y otra cercana a la localización base. Cabe mencionar que el procesamiento se realizó únicamente en el reconocimiento de artefactos, por lo que se propone agregar el reconocimiento de personas utilizando la información de la cámara de vídeo instalada en el cielo de la habitación. En esta forma es posible realizar el seguimiento de las personas dentro de la habitación y constatar el reconocimiento de los patrones de movilidad del cuidador. Es decir, la identificación de los movimientos del cuidador entre la localización base y la posición del paciente. Con esta información se podrá asegurar la realización de las actividades basado en el comportamiento de los artefactos y el comportamiento de los cuidadores dentro de la habitación. Un ejemplo iniciado de esta propuesta se dio a conocer en [52].
2. El cambio de posición en pacientes con movilidad restringida es una actividad que debe realizarse constantemente por parte de los cuidadores a estos pacientes. Por lo que se propone el reconocimiento de la posición en que se encuentra el paciente con el objetivo de evitar riesgos de la generación de escaras. Las posiciones en que un paciente con estas características puede estar: son frontal, decúbito lateral derecho e izquierdo. Este reconocimiento se vuelve un proceso interesante debido a que las señales significativas del paciente se refieren a las posiciones de la cabeza y parte de los hombros de la persona.
3. Se propone el involucramiento de otras tecnologías o hardware especializado así como se muestra en la sección 5.1., en la cual existan tecnologías para el

reconocimiento de personas y de artefactos, así como el envío de información a dispositivos móviles como se presenta en la figura 5.4.

4. Se propone mejorar la metodología de esta tesis mediante la inclusión del modelo oculto de Markov en cada uno de los procesos concurrentes que se generan por la actividad y sus artefactos involucrados, con el objetivo de insertar un método de aprendizaje para personalizar las necesidades de cada usuario de una forma proactiva. A su vez establecer una estructura de comunicación que permita un análisis semántico de consulta de la información que se obtiene de la inferencia de actividades, esto permitirá la adaptación y la anticipación de la información a las necesidades del usuario sin una mediación consciente.

Referencias

- [1] P. Remagnino, G. L. Foresti, and T. Ellis, *Ambient Intelligence: A Novel Paradigm*. Springer, 2005, p. 240.
- [2] H. Aghajan, J. C. Augusto, and R. L. C. Delgado, *Human-centric interfaces for ambient intelligence*. Academic Press, 2010.
- [3] C. Ramos, J. C. Augusto, and D. Shapiro, “Ambient Intelligence—the Next Step for Artificial Intelligence,” *IEEE Intelligent Systems*, vol. 23, no. 2, pp. 15-18, Mar. 2008.
- [4] J. M. Corchado, J. Bajo, and A. Abraham, “GerAmi: Improving healthcare delivery in geriatric residences,” *IEEE Intelligent Systems*, vol. 23, no. 2, pp. 19–25, Mar. 2008.
- [5] A. G. Hauptmann, J. Gao, R. Yan, Y. Qi, J. Yang, and H. D. Wactlar, “Automated analysis of nursing home observations,” *IEEE Pervasive Computing*, vol. 3, no. 2, pp. 15-21, Apr. 2004.
- [6] M. Alwan, S. Kell, B. Turner, S. Dalai, D. Mack, and R. Felder, “Psychosocial impact of passive health status monitoring on informal caregivers and older adults living in independent senior housing,” en *Information and Communication Technologies, 2006. ICTTA'06. 2nd*, 2006, vol. 1, pp. 808–813.
- [7] T. Gu, Z. Wu, X. Tao, H. Keng Pung, and J. Lu, “epSICAR: An Emerging Patterns based approach to sequential, interleaved and Concurrent Activity Recognition,” en *Pervasive Computing and Communications, 2009. PerCom 2009. IEEE International Conference on*, 2009, pp. 1-9.
- [8] M. Drugge, J. Hallberg, P. Parnes, and K. Synnes, “Wearable systems in nursing home care: prototyping experience,” *IEEE Pervasive Computing*, vol. 5, no. 1, pp. 86–91, Jan. 2006.
- [9] Y. J. Lin, M. J. Su, S. J. Chen, S. C. Wang, C. I. Lin, and H. S. Chen, “A study of ubiquitous monitor with RFID in an elderly nursing home,” in *Multimedia and Ubiquitous Engineering, 2007. MUE'07. International Conference on*, 2007, pp. 336–340.
- [10] P. Dourish, “What we talk about when we talk about context,” *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 8, no. 1, pp. 19-30, Feb. 2004.
- [11] A. Crabtree, S. Benford, P. Tennent, M. Chalmers, and B. Brown, “Supporting Ethnographic Studies of Ubiquitous Computing in the Wild,” in *DIS '06*

- Proceedings of the 6th conference on Designing Interactive systems*, 2006, pp. 60-69.
- [12] K. Jaichandar, M. Rajesh, S. Kumar, and A. Chua, "A semi autonomous control and monitoring system for bed sores prevention," en *Proceedings of the 1st international convention on Rehabilitation engineering*, 2007, pp. 245-248.
- [13] J. Gómez Pavón, *El anciano frágil: Detección, prevención e intervención en situaciones de debilidad y deterioro de su salud*. Nueva imprenta, 2005.
- [14] B. González-Carmona et al., "Guía de práctica clínica para la prevención de caídas en el adulto mayor," vol. 43, no. 5, pp. 425-441, 2005.
- [15] A. Sannino, H. Daniels, and K. D. Gutierrez, *Learning and expanding with activity theory*. Cambridge University Press Cambridge,, England, 2009.
- [16] K. Kuutti, "Activity theory as a potential framework for human-computer interaction research," in *Context and consciousness: Activity Theory and Human-Computer Interaction*, B. A. Nardi, Ed. 1996, pp. 9-22.
- [17] S. Bødker, "Applying Activity Theory to Video Analysis: How to Make Sense of Video Data in Human- Computer Interaction," en *Context and consciousness: activity theory and human-computer interaction*, B. A. Nardi, Ed. 1996, pp. 147-174.
- [18] F. Bremond, M. Thonnat, and M. Zúñiga, "Video-understanding framework for automatic behavior recognition," *Behavior research methods*, vol. 38, no. 3, pp. 416-426, 2006.
- [19] Y. Rogers, H. Sharp, and J. J. Preece, *Interaction design: beyond human-computer interaction*, 1st ed. 2002, p. 519.
- [20] A. Strauss and J. Corbin, *Basics of Qualitative Research: Techniques and procedures for developing grounded theory*. Thousand Oaks, CA, 1998.
- [21] J. Zhu and Y. Lao, "Object Tracking in Structured Environments for Video Surveillance Applications," *Circuits and Systems for Video*, vol. 20, no. 2, pp. 223-235, 2010.
- [22] J. Albusac, D. Vallejo, and J. Castro-Schez, "Monitoring complex environments using a knowledge-driven approach based on intelligent agents," *Intelligent Systems*,, 2010.
- [23] M. Lee, T. M. Gatton, and K.-K. Lee, "A Monitoring and Advisory System for Diabetes Patient Management Using a Rule-Based Method and KNN," *Sensors*, vol. 10, no. 4, pp. 3934-3953, Apr. 2010.

- [24] C. Micheloni, P. Remagnino, and H.-lung Eng, "Intelligent Monitoring of Complex Environments," *IEEE Intelligent Systems*, 2010.
- [25] A. Reiss, G. Hendebly, G. Bleser, and D. Stricker, "Activity recognition using biomechanical model based pose estimation," *Smart Sensing and Context*, pp. 42–55, 2010.
- [26] L. Atallah, B. Lo, and R. King, "Sensor Positioning for Activity Recognition Using Wearable Accelerometers," *IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems*, vol. 5, no. 4, pp. 320-329, 2011.
- [27] A. Coronato and G. De Pietro, "Formal Design of Ambient Intelligence Applications," *Computer*, vol. 43, no. 12, pp. 60–68, 2010.
- [28] G. Varela, A. Paz-Lopez, J. A. Becerra, S. Vazquez-Rodriguez, and R. J. Duro, "UniDA: Uniform Device Access Framework for Human Interaction Environments," *Sensors*, vol. 11, no. 10, pp. 9361-9392, Sep. 2011.
- [29] J. K. Aggarwal and M. S. Ryoo, "Human activity analysis: A Review," *ACM Computing Surveys*, vol. 43, no. 3, pp. 1-43, Apr. 2011.
- [30] M. Philipose et al., "Inferring activities from interactions with objects," *IEEE Pervasive Computing*, vol. 3, pp. 50–57, 2004.
- [31] A. Mihailidis, B. Carmichael, and J. Boger, "The use of computer vision in an intelligent environment to support aging-in-place, safety, and independence in the home," *Information Technology in*, vol. 8, no. 3, pp. 238-247, 2004.
- [32] P. Turaga, R. Chellappa, V. S. Subrahmanian, and O. Udrea, "Machine Recognition of Human Activities: A Survey," *IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 18, no. 11, pp. 1473-1488, Nov. 2008.
- [33] S. Xefteris, V. Andronikou, K. Tserpes, and T. Varvarigou, "Case-based approach using behavioural biometrics aimed at Assisted Living," *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, vol. 2, no. 2, pp. 73-80, Nov. 2010.
- [34] D. Suresh, P. Alli, and P. College, "An Overview of Research Issues in the Modern Healthcare Monitoring System Design using Wireless Body area Network," *American Journal of Applied Sciences*, vol. 9, no. 1, pp. 54-59, 2012.
- [35] T.-yu Wu, C.-chun Lian, and J. Y. Hsu, "Joint recognition of multiple concurrent activities using factorial conditional random fields," en *Proc. 22nd Conf. on Artificial Intelligence (AAAI-2007)*, 2007, pp. 82-87.
- [36] D. Sánchez, M. Tentori, and J. Favela, "Activity recognition for the smart hospital," *Intelligent Systems, IEEE*, vol. 23, pp. 50-57, 2008.

- [37] E. Kim, S. Helal, and D. Cook, "Human activity recognition and pattern discovery," *Pervasive Computing, IEEE*, vol. 9, no. 1, pp. 48–53, 2010.
- [38] A. Yilmaz, O. Javed, and M. Shah, "Object tracking: A survey," *ACM Computing Surveys*, vol. 38, no. 4, p. 13-es, Dec. 2006.
- [39] F. Sadri, "Ambient Intelligence : A Survey," *ACM Computing Surveys*, vol. 43, no. 4, 2011.
- [40] J. Favela, M. Tentori, L. Castro, V. González, and A. I. Martínez, "Estimating Hospital Workers' Activities and its use in Context-Aware Hospital Applications," in *Pervasive Healthcare*, 2006.
- [41] S. Mussi, "A method for putting strategic common sense into expert systems," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, vol. 5, no. 3, pp. 369-385, 1993.
- [42] F. E. Martinez-Perez, J. A. Gonzalez-Fraga, and M. Tentori, "Artifacts' Roaming Beats Recognition for Estimating Care Activities in a Nursing Home," en *4th International Conference on Pervasive Computing Technologies for Healthcare 2010*, 2010.
- [43] S. Theodoridis and K. Koutroumbas, *Pattern Recognition*, Third Edit. Academic Press, 2006.
- [44] G. Pajares and J. M. de la Cruz, *Visión por Computadora: Imágenes digitales y aplicaciones*. Alfaomega, 2002.
- [45] L. Bao and S. S. Intille, "Activity recognition from user-annotated acceleration data," *Pervasive Computing*, vol. 3001, pp. 1–17, 2004.
- [46] S. Wang, W. Pentney, A. Popescu, T. Choudhury, and M. Philipose, "Common sense based joint training of human activity recognizers," en *Proceedings of the 20th International Joint Conference on Artificial Intelligence*, 2007, pp. 2237–2242.
- [47] W. Hu, T. Tan, L. Wang, and S. Maybank, "A survey on visual surveillance of object motion and behaviors," *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews*, vol. 34, no. 3, pp. 334–352, 2004.
- [48] B. Javidi and D. Painchaud, "Distortion-invariant pattern recognition with Fourier-plane nonlinear filter," *Appl. Optics*, vol. 35, no. 2, pp. 318-331, 1996.
- [49] B. Javidi, W. Wang, and G. Zhang, "Composite Fourier-plane nonlinear filter for distortion-invariant pattern recognition," *Optical Engineering*, vol. 36, no. 10, 1997.

- [50] F. E. Martínez-Perez, J. González-Fraga, and M. Tentori, "Automatic activity estimation based on object behaviour signature," en *Proceedings of SPIE*, 2010, vol. 7798, no. 1, p. 77980E.
- [51] 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, no. 1, pp. 1072-1099, Jan. 2012.
- [52] F. E. Martínez-Perez, J. A. Gonzalez-Fraga, H. G. Pérez-González, and M. Tentori, "Automatic activity estimation through recognizing and handling objects in video sequences for image annotation and retrieval," en *AIAR workshop 2010*, 2011, vol. i, pp. 11-23.
- [53] T. Gu, L. Wang, Z. Wu, and X. Tao, "A pattern mining approach to sensor-based human activity recognition," *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, vol. 23, no. 9, pp. 1359-1372, 2011.
- [54] A. K. Dey and G. D. Abowd, "Towards a better understanding of context and context-awareness," en *CHI 2000 workshop on the what, who, where, when, and how of context-awareness*, 2000, vol. 4.
- [55] G. Chen and D. Kotz, "A survey of context-aware mobile computing research. Tech. Rep. TR2000-381," Hanover, NH, 2000.
- [56] C. F. Hester and D. Casasent, "Multivariant technique for multiclass pattern recognition," *Appl. Optics*, vol. 19, no. 11, pp. 1758-1761, 1980.
- [57] S. Wehmeier, C. McIntosh, J. Turnbull, and M. Ashby, Eds., *Oxford Advanced Learner's Dictionary*, Séptima Ed. Oxford University press, 2005.
- [58] "Diccionario de la Lengua Española," *Real Academia Española*. [Online]. Available: <http://rae.es/rae.html>. [Accessed: Mar-2012].

APÉNDICE A

A. Caso de estudio

Se realizó un caso de estudio en la Residencia Lourdes en Ensenada, Baja California. Esta es una institución particular que se dedica al cuidado de adultos mayores que padecen de alzheimer y/o demencia senil, así como otras situaciones que se presentan en adultos mayores como la recuperación de una cirugía u otras enfermedades. Esta residencia tiene una población de 15 adultos mayores de los cuales siete padecen de alzheimer, uno tiene demencia senil, uno es diabético, uno por recuperación de embolia, uno de parkinson y uno por recuperación de fractura de fémur. Además proporciona servicio de guardería para dos personas que padecen de alzheimer y una persona padece de esquizofrenia. De todos, 14 sufren de incontinencia.

El especialista responsable de esta institución cuenta con experiencia y conocimiento en el cuidado y atención de adultos mayores con deterioro cognitivo. La

residencia cuenta con siete cuidadores que cubren un periodo de ocho horas con un día de descanso. Existen tres turnos los cuales son cubiertos por los cuidadores rotando los turnos.

A.1. Obtención de datos

El estudio se desarrolló en dos fases. Se realizó una entrevista semi-estructurada y una observación no participativa de 72 horas. El estudio se apoyó con una cámara de vídeo para capturar las actividades que aplican los cuidadores a un paciente con movilidad restringida.

A.1.1. Entrevista semi-estructurada

Se realizó una entrevista semi-estructurada al responsable de la institución de 30:31 minutos, con el objeto de “entender e identificar las características de la monitorización que los cuidadores realizan a los adultos mayores que se encuentran inmóviles”. Los temas tratados fueron los siguientes:

- Identificar los lugares adecuados para colocar una cámara
- Conocer el proceso de una terapia
- Identificar la periodicidad de las terapias
- Identificar a los actores involucrados en las terapias
- Conocer los artefactos que se utilizan para realizar una terapia
- Conocer el proceso con que se verifica que se realizó una terapia

Es importante mencionar que al inicio de la entrevista el investigador tenía algunos prejuicios que en su momento limitan el entendimiento del caso de estudio y que a continuación se mencionan:

- ¿Los cuidadores cambian de posición a los pacientes?
- ¿Los cuidadores proporcionan los alimentos a los pacientes?
- ¿Existe personal que hace la limpieza en las habitaciones?
- ¿Los cuidadores toman los signos vitales de los pacientes?
- ¿Los cuidadores realizan limpieza a los pacientes?

El día de la entrevista, se comenzó mostrando al supervisor de la residencia un sistema para la detección de movimiento, el cual utiliza vídeo en tiempo real. Este sistema captura imágenes cada determinado tiempo (10 o 30 segundos) y se almacenan en disco duro. También, se mostraron las imágenes capturadas durante la fase de prueba del sistema. Este sistema permitió al informante tener una idea de las capacidades de lo que pudiese obtener a partir de un sistema de monitorización visual.

Con la entrevista se establecieron las necesidades de la monitorización visual de los pacientes, sobre todo, de aquéllos que tienen altos riesgos en su enfermedad o deterioro, y que permanecen periodos largos en reposo, como lo menciona el informante de este entrevista, *“es sumamente importante contar con evidencia visual de las actividades que los cuidadores realizan a los pacientes con pie diabético u otras tipo de deterioro, ya que puede haber un cambio negativo en su estado de salud por un descuido del cuidador”*. Otros temas importantes relacionados con el cuidado y rehabilitación del paciente también se mencionaron, como por ejemplo los periodos para aplicar las terapias.

De esta entrevista, el informante resalta tres riesgos del adulto mayor inmóvil o con dependencia funcional que deben vigilarse de una manera visual, los cuales son:

1. La falta de higiene del paciente
2. La omisión de terapias
3. La rotación constante del paciente.

A.1.2. Observación no participativa

Se realizó una observación no participativa mediante la colocación de una cámara de vídeo. El tiempo total de captura fue de 72 horas. El propósito fue observar las actividades que realizan los cuidadores para el bienestar del paciente y realizar la caracterización de estas actividades. Además se identificaron las oportunidades de implementación de algoritmos para la extracción de información de la escena.

Se presentaron algunas dificultades en la observación. Una de ellas fue la ubicación de la cámara, debido a que se colocó en una esquina dirigida hacia el paciente. Debajo de la ubicación de la cámara se encontraba un mueble sobre el que se colocaban utensilios de vestir para el paciente, además de una televisión, que en el momento de la instalación no era impedimento. Una vez comenzado el estudio, la televisión y los utensilios del paciente

obstaculizaron un 30% de la visibilidad de la escena en varias ocasiones. Esta situación se solucionó removiendo los utensilios y moviendo la televisión hacia el lado izquierdo de la línea de visión de la cámara de forma que fuera poca la obstrucción (17%) de la escena, además se sugirió a los cuidadores que no colocaran los aditamentos en ese espacio. La televisión no pudo cambiarse del lugar debido a que era el dispositivo de distracción del paciente. Esta obstaculización de visión fue irrelevante debido a que la captura de vídeo sólo se utilizó para identificar las actividades de atención y cuidados que se realizaban en la habitación.

Otra de las dificultades presentadas fue la captura de la señal de vídeo, debido a que se utilizó conectividad inalámbrica, lo que ocasionaba pérdida de las escenas de hasta 10 segundos de captura. Esta pérdida de información puede ser relevante, debido a que, en estos lapsos de tiempo pueden ocurrir eventos de gran importancia, como por ejemplo no capturarse información de la toma de algún medicamento, lo cual repercutiría en los eventos detectados para sistemas de monitorización visual automáticos y el registro de las actividades correspondientes. Por lo anterior se sugiere utilizar una conectividad alámbrica y evitar correr los riesgos de pérdida de información. Para este estudio la pérdida de datos fue irrelevante ya que fue fácil interpretar y deducir la actividad que estaba realizando el cuidador cuando sucedió este problema.

A.2. Análisis de datos

Una vez analizada la entrevista semi-estructurada y las 72 horas de vídeo, se comenzó con la extracción de datos de la escena mediante un análisis cualitativo aplicando técnicas de teoría fundamentada originalmente propuesta por Strauss y Corbin [20] . Posteriormente se realizó un análisis cuantitativo mediante un análisis simple de la información obteniendo promedios y desviaciones estándar, esto con el propósito de extraer las características de las actividades que aplican los cuidadores a los adultos mayores inmóviles. Además, se hizo con el objetivo de encontrar las oportunidades de implementar de algoritmos de reconocimiento y extracción de información para realizar una monitorización visual automática.

A.2.1. Análisis cualitativo

El primer paso realizado fue analizar la entrevista semi-estructurada mediante la codificación abierta realizando un micro análisis línea por línea, etiquetando y fragmentando los detalles de relevancia.

Se prosiguió con el análisis considerando párrafos completos, en donde se identifican los diversos casos planteados por el informante. Estos casos establecieron diversos escenarios. Uno de los más destacados fue donde se menciona la atención de un paciente con alto grado de deterioro en su enfermedad, refiriéndose a un pie diabético y con alta probabilidad de generación de escaras. Los periodos de monitorización aplicados al paciente fueron constantes, realizándose de 7 am a 10 pm, por lo anterior es evidente que un cambio negativo reflejado en el paciente, repercutiría con complicaciones y por ello se requiere una monitorización más estricta. El informante hace énfasis en la relevancia del problema al mencionar “sumamente importante” refiriéndose a la monitorización del paciente. De la misma manera enfatiza la falta de evidencia visual del registro de la monitorización, refiriéndose a que no tenía forma de comprobar si se habían realizado las atenciones necesarias al paciente por parte de los cuidadores como se muestra en la figura A.1.

	Etiqueta
<p>[Informante]: sabes que es sumamente importante [relevancia de la monitorización] porque mira actualmente ahorita estamos pasamos un proceso de una trombosis [tipo de deterioro] de una pierna del lado izquierdo ¶</p> <p>[Entrevistador]: mmmm ¶</p>	Problema
<p>[Informante]: y este pues casi prácticamente de 7 de la mañana a 10 de la noche aquí me la pasaba [periodo de monitorización] no... porque es muy delicado un pie diabético [importancia de enfermedad] ya y todo muy bien muy bien muy bien y de un día... (ya vinieron por ti contestaron afuera si...ok)... de un día para otro hubo un cambio negativo [consecuencia de cuidado] ¶</p> <p>[Entrevistador]: aha ¶</p>	Periodo de monitorización y consecuencias
<p>[Informante]: y entonces heee... nosotros nos quedamos a ver a ver... tenemos tres días bien y de un día para otro fue un cambio que dimos un revés [análisis de cuidado] ¶</p> <p>[Entrevistador]: aha ¶</p>	Análisis de situación con base en registros
<p>[Informante]: y casualmente en la noche no se le rotó [acción no realizada] a la persona no sé, se le dejó en una sola posición y eso le generó un hematoma [consecuencia de cuidado] y eso nos genera una complicación [incremento de cuidados] y la persona te argumenta que la cambió hasta cinco veces en la noche [frecuencia de monitorización]... y entonces como no hay manera de evidenciarlo [registro de acciones] no no hay... lo que si es real y hay una evidencia [registro real negativo] de que ahí está el hematoma [tipo de enfermedad] y fue después de de las 10 de la noche que la entregué [cambio de turno] por ejemplo digamos que la ví yo a las 7 de la mañana que la volví a recibir recibí [entrega persona] ví ese cambio entonces es bien importante [relevancia de la monitorización] ¶</p>	Falta de evidencia visual de situación

Figura A.1. Análisis por párrafo que corresponde a un escenario relacionado con la fragmentación de datos.

Posteriormente se realizó el análisis de la observación no participativa mediante codificación abierta, observando el vídeo para interpretar las actividades que los cuidadores y/o familiares realizaron al paciente. Para este análisis se generó un listado de todas las actividades con una breve descripción de lo que ocurría en la escena

Una vez obtenida la codificación abierta se procedió a establecer las relaciones que existían entre la entrevista y la observación, y así comenzar a listar la codificación obtenida en esta fase para así clasificar adecuadamente al fenómeno estudiado.

A.2.2. Análisis cuantitativo

El proceso de identificación y contabilización de actividades se realizó en dos etapas. En la primera etapa se consideró de forma general, es decir, se consideraron marcas de tiempo por actividad realizada, independientemente si ésta se ejecutaba por una o dos personas. Se generaron 313 marcas de tiempo, y se identificaron 40 actividades que corresponden a rutina y 7 que corresponden a terapia. Se contabilizó el número total de actividades por categoría y se obtuvieron los tiempos de realización por actividad. De esta información se obtuvo los promedios y desviaciones estándar por actividad.

En la segunda etapa se separó la información considerando marcas de tiempo por cuidador y se consideró a la familia como un solo grupo. Se obtuvieron 336 marcas de tiempo. El número de actividades fueron las identificadas en la primera etapa. Esta separación permitió visualizar el comportamiento de los cuidadores y los familiares. Se contabilizaron las actividades y se obtuvieron los tiempos para realizar una actividad por cuidador y grupo de familia. Se generaron así los promedios y desviaciones estándar de las actividades.

A.3. Interpretación de los datos

La descomposición de la información permitió generar categorías y mediante su manipulación se establecieron las relaciones y encontraron los significados adecuados de las categorías.

A.3.1. Conceptualización de los datos

Se generaron 8 categorías, del total de actividades identificadas. Se consideraron las primeras 5 de mayor relevancia, debido a que forman parte de los elementos mínimos necesarios que se deben considerar para la generación de un sistema de monitorización visual automática. A continuación se muestran los conceptos de las categorías con su descripción:

1. **Actividades de Terapia:** Son las actividades de estimulación realizadas por un cuidador, durante un periodo determinado y que se aplican en diversas partes del cuerpo de un paciente para la prevención o mejoramiento del estado de salud del mismo.
2. **Actividades de Rutina:** Son las actividades que se deben realizar en torno al paciente, son de carácter rutinario, para preservar y, para garantizar el bienestar y calidad de vida del paciente.
3. **Artefactos:** Son las herramientas que se utilizan para realizar las actividades de terapia, así como su clasificación en las diversas áreas.
4. **Utensilios:** Son las herramientas que se utilizan para realizar las actividades de rutina, así como su clasificación en las diversas áreas.
5. **Actores:** Son las personas que participan en una escena con distintos roles, entre los que destacan los pacientes, los cuidadores y los familiares.
6. **Monitorización:** Es el hecho de observar y estar a la expectativa de que las actividades de rutina y/o terapia se lleven a cabo.
7. **Ubicación:** Se refiere a la localización de alguna persona o dispositivo tecnológico.
8. **Consecuencias de cuidado:** Se refiere a los tipos de consecuencias que podrían ocurrir si no se realizan las actividades de terapia/rutina conforme a un comportamiento de atención así como su aseguramiento mediante la monitorización.

Estas categorías, con sus propiedades y dimensiones, permitieron observar los datos a detalle, y comenzar a realizar una manipulación de ellos para la generación de un modelo. Las relaciones entre las categorías mostraron una perspectiva completa del problema considerando todos los elementos identificados. Una de las perspectivas creada fue la siguiente:

Los cuidadores realizan las actividades de rutina y/o terapia a un paciente inmóvil, el cual tiene una ubicación específica. Para realizar las actividades, los cuidadores se auxilian de diversos instrumentos (utensilios o artefactos) según la actividad. Las actividades (de rutina o terapia) pueden o no ser monitorizadas dependiendo del grado de deterioro del paciente, sin embargo, estas se deben realizar y debe existir evidencia escrita y/o visual de las mismas. El paciente reflejará las consecuencias de cuidado de acuerdo a la atención que se le ha brindado. La familia puede estar o no a la expectativa del comportamiento o evolución del paciente, así como interesada en corroborar las actividades que se le realizan al paciente desde la comodidad de su hogar o bien, con la participación de algunas actividades que se realizan al paciente en tiempos cortos, y tener la confianza de que está bien atendido y que se le brinda una buena calidad de vida.

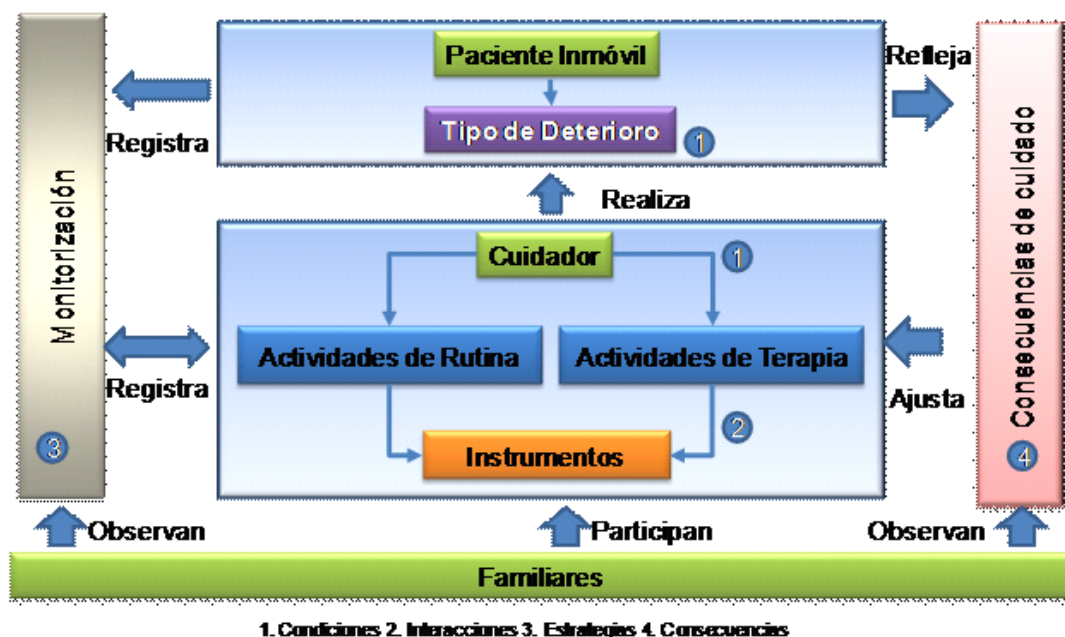


Figura A.2. Integración de las categorías en un modelo conceptual.

Esta perspectiva permitió generar una abstracción de los datos más completa, lo que facilita la generación de un modelo conceptual abarcando todos los detalles obtenidos en el estudio.

A.3.2. Modelo obtenido

La conceptualización y las relaciones de las categorías son parte fundamental en la generación de modelos. Para esto las técnicas de teoría fundamenta[20] plantean la

inclusión de condiciones, interacciones, estrategias y consecuencias en la generación de un nuevo modelo. Este estudio propone un modelo conceptual que incluye estas cuatro características, como lo muestra la figura A.2.

La interpretación de este modelo es la siguiente: Los cuidadores deben realizar las actividades correspondientes de atención considerando el tipo de deterioro del paciente (condiciones). Los cuidadores realizarán las actividades de rutina y terapia al paciente inmóvil con la ayuda de los instrumentos correspondientes en los horarios establecidos o requeridos (interacciones). Estas actividades podrán ser corroboradas mediante registros escritos o visuales para el aseguramiento de la atención (estrategias), pues la falta de alguna actividad puede ocasionar cambios y complicaciones en el estado de salud del paciente lo que implicaría un mayor esfuerzo para la recuperación del paciente (consecuencias).

Una situación que hay que destacar en el modelo son las atenciones proporcionadas, que deben realizarse continuamente e incrementarse de acuerdo al deterioro del paciente. Las evidencias que se generen de estas atenciones tienen que garantizar el bienestar del paciente así como una calidad de vida ya que este tipo de personas dependen de los cuidadores para su mejoría. Con base en lo anterior se propone el concepto:

Actividades de Atención Continua (AAC) son aquellas rutinarias y/o terapia realizadas continuamente por los cuidadores para prevenir, preservar y garantizar el bienestar y calidad de vida del paciente inmóvil.

Con la ejecución correcta de las AAC pueden evitarse riesgos como los antes mencionados, así como brindar un bienestar y mejor calidad de vida para los adultos mayores con dependencias funcionales o con movilidad restringida, además de proporcionar tranquilidad a los familiares en el sentido de que tiene una atención constante.

A.3.3. Características de captura

Las características de la escena de captura, son parte fundamental en la observación para la obtención correcta de la información. De esto dependerá la correcta interpretación y extracción de datos de la escena. Para lo anterior, se deberán tomar en cuenta requerimientos necesarios en la escena y consideraciones por parte de los trabajadores. Estas consideraciones aminorarán la complejidad del reconocimiento de las actividades y uso de artefactos en la escena.

Primeramente, se deberá considerar una habitación con buena iluminación y colocarse una cámara de vídeo fija teniendo una perspectiva completa del paciente. Es decir, colocar la cámara en el cielo de la habitación apuntando hacia el paciente y asegurarse que no existan objetos que puedan ocluir la visión. La comunicación que se establezca entre la cámara y la computadora deberá ser alámbrica para evitar pérdida de datos como sucede con la comunicación inalámbrica.

Los cuidadores deberán portar uniformes y un identificador en el pecho. Esto permitirá distinguir entre cuidadores y familiares. Para realizar las actividades, los guantes y los artefactos utilizados para terapias deberán ser de un solo color. Para esto hay que hacer esta solicitud al responsable de la residencia de cuidados.

Se deberá colocar al paciente en una ubicación específica dentro de la habitación, establecerse un espacio que abarque al paciente y a su cama y considerar un rango de movilidad del espacio completo del paciente.

Se considera que estos requerimientos son factibles y pertinentes para la adecuación de un sistema de monitorización visual automática.

A.4. Resultados

Se identificaron los elementos contextuales que deben considerarse para estimar las AAC que corresponden a los actores (cuidadores, paciente y familiares) las actividades de rutina y de terapia y los instrumentos que utilizan los cuidadores para realizar las AAC.

Se identificaron un total de 47 actividades, de las cuales 40 corresponden a actividades de rutina y siete a actividades de terapia. Estas actividades se agruparon en doce categorías de las cuales ocho corresponden a actividades de rutina y cuatro de terapia. Las actividades de rutina corresponden a:

1. Aseguramiento de cuidado que corresponde al registro y seguimiento de la actividad.
2. De cama corresponden al acomodo a) del paciente en su espacio, b) de almohadas y c) de respaldo, así como cubrir y quitar sabanas o cobertores.
3. Distracción que corresponde a encender y apagar televisión, y cambiar de canal.
4. De salud que corresponden a tomar signos vitales, dar medicamentos, dar alimentos, realizar curaciones y consultas médicas.

5. Limpieza de cuarto que corresponden a barrer, trapear, limpiar y recoger basura en la habitación del paciente continuamente.
6. Higiene del paciente que corresponden a la limpieza de cara, cuello, espalda, boca, afeitarse, cambio de pañal, drenaje de orina, verificación de sonda, poner y quitar ropa.
7. Preparación que corresponden a aproximar, acomodar y buscar objetos, colocarse aditamentos especiales para realizar la actividad, ubicarse a los lados del paciente, montar y desmontar grúa y, mover la cama del paciente.
8. De visita que corresponden a la realización de visita de ronda por parte del cuidador y la visita esporádica de los familiares así como platicar con el paciente.

Las actividades de terapia corresponden a:

1. Estimulación corporal que corresponde a realizar un leve masaje, cambio de posiciones y la estimulación de la piel con objetos.
2. Estimulación motora que corresponde al hecho de ayudarlo al paciente a realizar ejercicio.
3. Estimulación de sensibilidad que corresponde a poner música, aroma terapia, humectar al paciente con aceites y dar caricias.
4. Tipo de terapia que corresponde a la selección de terapia a aplicar y puede ser manual o verbal.

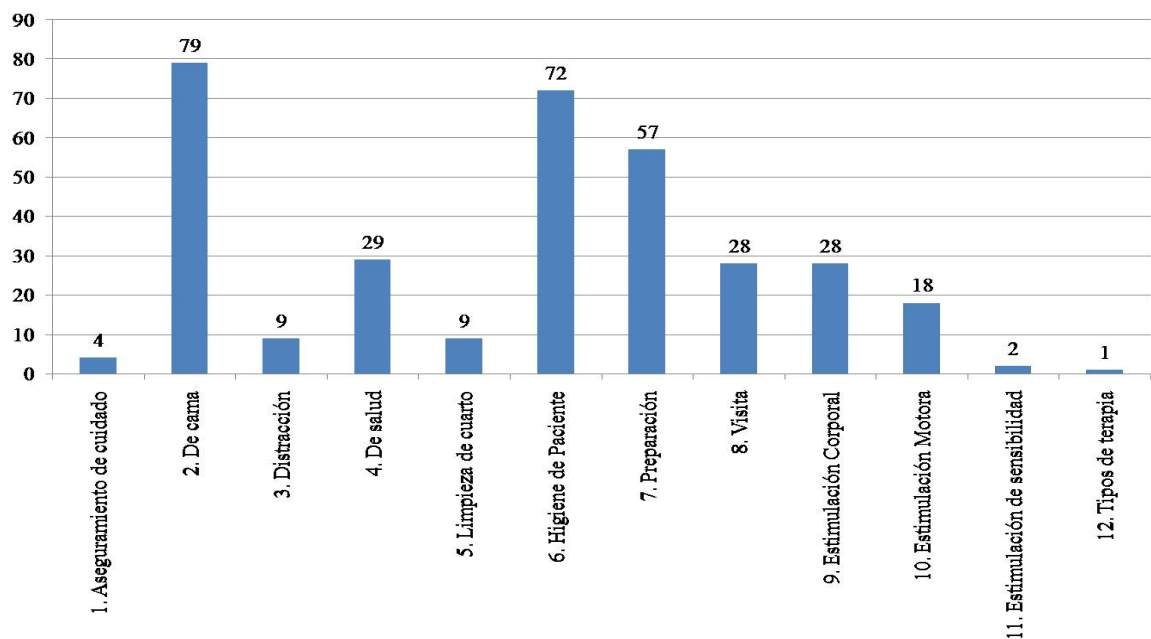


Figura A.3. Número de actividades por cuidador y familiares

De las actividades mencionadas se pone especial interés en aquellas que son específicamente ejecutadas para el cuidado de personas con movilidad restringida que corresponden a salud, higiene del paciente y las correspondientes a estimulación corporal, motora y de sensibilidad. El número de actividades identificadas por tipo se muestran en la figura A.3.

A.4.1. Escenario de ejecución de actividades

Para ilustrar la realización de estas actividades se considera un escenario obtenido de la entrevista hecha al supervisor de la residencia:

“La señora Aurora es un adulto mayor que padece diabetes y sobrepeso. Una ocasión sufrió una caída que la llevó a permanecer en reposo absoluto. Los familiares, preocupados por su salud decidieron internar a la Sra. Aurora en una residencia de cuidados, donde le proporcionan atención las 24 horas por personal capacitado. Después de 3 semanas de atención continua, el estado de salud de la señora ha sido positivo. Casualmente una noche el cuidador en turno no realizó una terapia de cambio de posición, y permaneció por más de 5 horas en la misma posición, lo que ocasionó que por el peso y la misma posición de la señora se generara un hematoma, y al ser diabética se presentaron complicaciones graves que reflejaron un cambio negativo en el estado de salud. El cuidador en turno argumentaba que si había rotado varias veces a la señora, sin embargo, la evidencia negativa ya existía. Por lo anterior se intensificaron las actividades de atención a la señora para evitar complicaciones lamentables. El supervisor de cuidadores realizó un análisis del comportamiento de la señora y todo apuntaba a esa noche. Con las estrategias implementadas de intensificación de actividades se logró recuperar”.

En este escenario se pueden destacar las atenciones proporcionadas por los cuidadores a los pacientes refiriéndose a las actividades de rutina y las de terapia que se realizan continuamente e incrementan de acuerdo al deterioro del paciente. Las evidencias que se generan de estas atenciones tienen que garantizar el bienestar del paciente.

A.4.2. Tiempos de ejecución de actividades

Se obtuvo un total de 12:22:07 horas de atención. El tiempo corresponden a las actividades de rutina y de terapia realizadas por cuidadores y familiares.

Se puede observar en la tabla A.1. que la mayor parte del tiempo se dedica a la higiene del paciente. El siguiente valor corresponde a la preparación de las actividades y le sigue el correspondiente a la salud. Un valor importante es la visita, que representa el 14% del total del tiempo. Este indicativo muestra que los familiares están a la expectativa de la evolución del paciente.

Tabla A.1. Tiempos y porcentajes de las actividades

Actividad	Tiempo	Porcentaje	Tiempo Medio
Actividades de Rutina	11:28:42	92.80%	
1. Aseguramiento de cuidado	0:03:00	0.40%	0:00:22
2. De cama	1:03:52	8.61%	0:07:59
3. Distracción	0:05:45	0.77%	0:00:43
4. De salud	1:55:03	15.50%	0:14:23
5. Limpieza de cuarto	0:17:39	2.38%	0:02:12
6. Higiene de Paciente	3:23:50	27.47%	0:25:29
7. Preparación	2:55:28	23.64%	0:21:56
8. Visita	1:44:05	14.03%	0:13:01
Actividades de Terapia	0:53:25	7.20%	
9. Estimulación Corporal	0:08:15	1.11%	0:01:02
10. Estimulación Motora	0:35:10	4.74%	0:04:24
11. Estimulación de sensibilidad	0:04:40	0.63%	0:00:35
12. Otras terapia	0:05:20	0.72%	0:00:40
Total	12:22:07	100.00%	

A.4.3. Interacciones de los cuidadores

En las actividades realizadas se observa que existe una diferencia significativa, en tiempos, entre los cuidadores como se muestra en la figura A.4.

En donde CX corresponden a las actividades de los cuidadores y F1 a las actividades de un grupo de familiares que estuvieron a la expectativa del paciente.

El comportamiento de la figura 5 se debió a que los cuidadores C1, C3 y C6 eran las personas responsables del cuidado del paciente correspondientes a los 3 turnos. Los cuidadores C2, C4 y C7 auxiliaban a los responsables directos del paciente. Y el cuidador C5 correspondía al personal de limpieza de la habitación. C1 se auxiliaba de C2 en el turno

vespertino. C3 se auxiliaba de C4 y C7 en el turno matutino y C5 era el único cuidador para el turno nocturno.

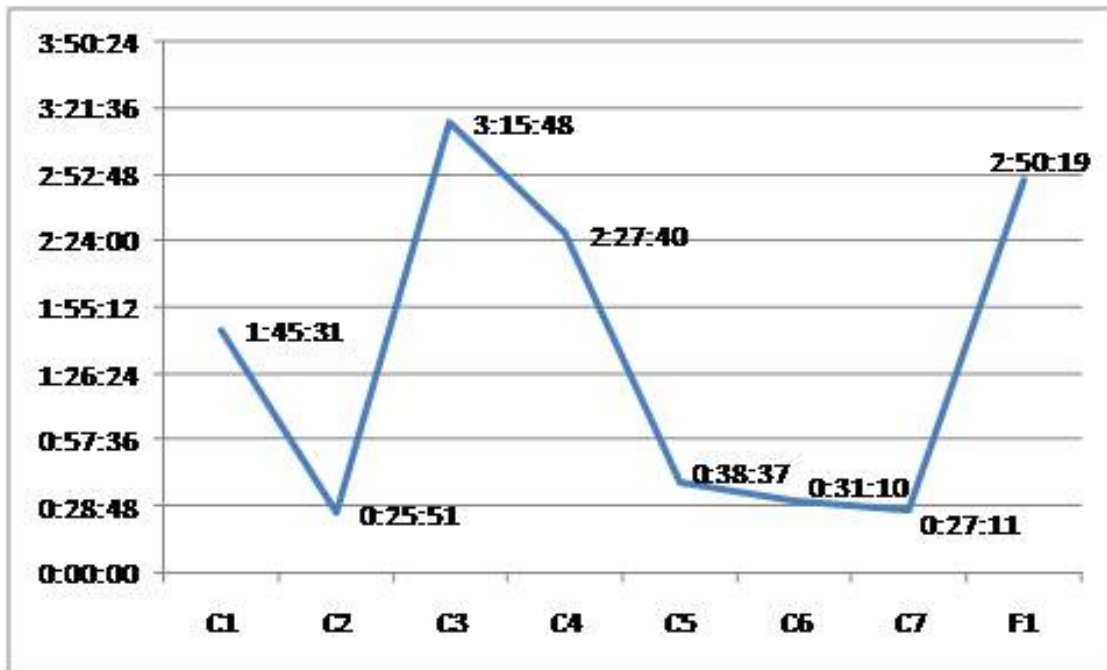


Figura A.4. Tiempos de las actividades de cuidadores y familiares

A.4.4. Manejo de instrumentos

Existen diversas actividades que se realizan con el uso de instrumentos. El 37% de las actividades se realizaban sin instrumentos como se muestra en la tabla A.2. en las columnas con la leyenda “Ninguno”.

Posteriormente se muestra las columnas con la leyenda MG que corresponden a las actividades realizadas con las manos utilizando guantes de un solo color y otros artefactos tales como papel higiénico, toallas húmedas, pañal, pañuelo entre otros.

Las columnas con la leyenda SA corresponden a instrumentos grandes como son sábanas, cobertores, respaldo y almohadas. Por último se visualizan las columnas con la leyenda Faltantes. Estos artefactos fueron observados menos del 1.5% y su identificación fue confusa. Este tipo de actividades también se realizaron con las manos.

Si se suman los porcentajes de MG, SA y Faltantes se tiene un 63% de las actividades realizadas con las manos.

El tiempo considerado en la tabla A.2 se tomó de forma global, es decir, no hubo separación de las actividades de los cuidadores.

Tabla A.2. Manejo de artefactos por actividad

Actividades	Artefactos								Total
	Ninguno		MG		SA		Faltantes		
	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo	%	Tiempo
1. Aseguramiento de cuidado	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:03:00	100.00%	0:03:00
2. De cama	0:00:00	0.00%	0:22:50	47.44%	0:25:18	52.56%	0:00:00	0.00%	0:48:08
3. Distracción	0:05:22	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:05:22
4. De salud	0:00:00	0.00%	0:03:31	3.21%	0:00:00	0.00%	1:46:06	96.79%	1:49:37
5. Limpieza de cuarto	0:00:43	4.06%	0:00:02	0.19%	0:00:00	0.00%	0:16:54	95.75%	0:17:39
6. Higiene de Paciente	0:00:50	0.87%	1:19:59	83.39%	0:00:00	0.00%	0:15:06	15.74%	1:35:55
7. Preparación	1:45:32	82.30%	0:11:32	8.99%	0:00:00	0.00%	0:11:10	8.71%	2:08:14
8. Visita	1:29:57	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	1:29:57
Total de Actividades de Rutina	3:22:24	40.65%	1:57:54	23.68%	0:25:18	5.08%	2:32:16	30.58%	8:17:52
9. Estimulación Corporal	0:00:00	0.00%	0:05:04	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:05:04
10. Estimulación Motora	0:00:00	0.00%	0:45:20	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:45:20
11. Estimulación de sensibilidad	0:00:00	0.00%	0:03:15	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:03:15
12. Tipos de terapia	0:05:20	100.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:05:20
Total de Actividades de Terapia	0:05:20	9.04%	0:53:39	90.96%	0:00:00	0.00%	0:00:00	0.00%	0:58:59
Total	3:27:44	37.31%	2:51:33	30.81%	0:25:18	4.54%	2:32:16	27.34%	9:16:51

APÉNDICE B

B. Filtros de correlación compuestos

Los filtros de correlación compuestos se implementaron mediante la función discriminante sintética llamada ley-k. Esto se debió a que esta ley ha mostrado que los filtros no lineales tienen tolerancia a la deformación de artefactos y un buen desempeño en la presencia de diferentes tipos de ruido [48][49].

Se considerará que $s_1(x, y)$, $s_2(x, y)$, ..., $s_n(x, y)$ representan a N imágenes de entrenamiento y P es el número total de píxeles que contiene cada imagen. En lugar de representar una imagen en forma de matriz, se representa una notación vectorial para un significado de orden lexicográfico de manera que un vector con una columna de P -elementos se obtiene por cada imagen. Es decir, este proceso se realiza mediante la

reagrupación de los renglones de la matriz de una imagen en una columna. Esta operación se realiza de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo. Posteriormente se construye una imagen de datos de entrenamiento denominada matriz \mathbf{S} de tamaño $P \times N$, donde \mathbf{S} tiene el vector s_i como su i -ésima columna. El orden lexicográfico del filtro compuesto $h(x, y)$ corresponde al pico de correlación de la función discriminante sintética que puede expresarse como se muestra a continuación [56]:

$$\mathbf{h} = \mathbf{S}(\mathbf{S}^+\mathbf{S})^{-1}\mathbf{c}^* \quad (1)$$

Siendo \mathbf{S}^+ es la transpuesta del complejo conjugado de \mathbf{S} y $()^{-1}$ denota la matriz inversa. El vector \mathbf{c} contiene el valor del pico de la correlación cruzada deseada para cada imagen de entrenamiento y \mathbf{c}^* es el complejo conjugado de \mathbf{c} . La ecuación (1) puede reescribirse en el dominio de la frecuencia como:

$$\hat{\mathbf{h}} = \hat{\mathbf{S}}(\hat{\mathbf{S}}^+\hat{\mathbf{S}})^{-1}\mathbf{c}^* \quad (2)$$

Donde el sombrero $\hat{}$ denota la transformada de Fourier. El filtro compuesto no lineal de la ley k es obtenido reemplazando $\hat{\mathbf{S}}$ en (2) por $\hat{\mathbf{S}}^k$ donde la no-linealidad se aplica a cada elemento de la matriz. El operador no-lineal para cada elemento del renglón r y la columna l de $\hat{\mathbf{S}}^k$ se define por:

$$|\mathbf{S}_{rl}|^k \exp(j\varphi \mathbf{S}_{rl}). \quad (3)$$

Y el correspondiente filtro compuesto con la ley k es [48][49]

$$\hat{\mathbf{h}}^k = \hat{\mathbf{S}}^k((\hat{\mathbf{S}}^k)^+\hat{\mathbf{S}}^k)^{-1}\mathbf{c}^*. \quad (4)$$

Para realizar la operación de correlación, se debe reordenar el vector \mathbf{h} en forma de 2-D, y finalmente se obtiene el filtro $H(u, v)$. La operación de correlación mostrada en la figura B.1 puede definirse en términos de la transformada de Fourier por:

$$c(x, y) = TF^{-1}(G(u, v)H^*(u, v)), \quad (5)$$

En donde $H^*(u, v)$ es el complejo conjugado del filtro con la ley k , $G(u, v)$ es la escena de prueba preprocesada con el factor de la no-linealidad de la ley k , TF^{-1} es la inversa de la transformada de Fourier y $c(x, y)$ es la salida de correlación.

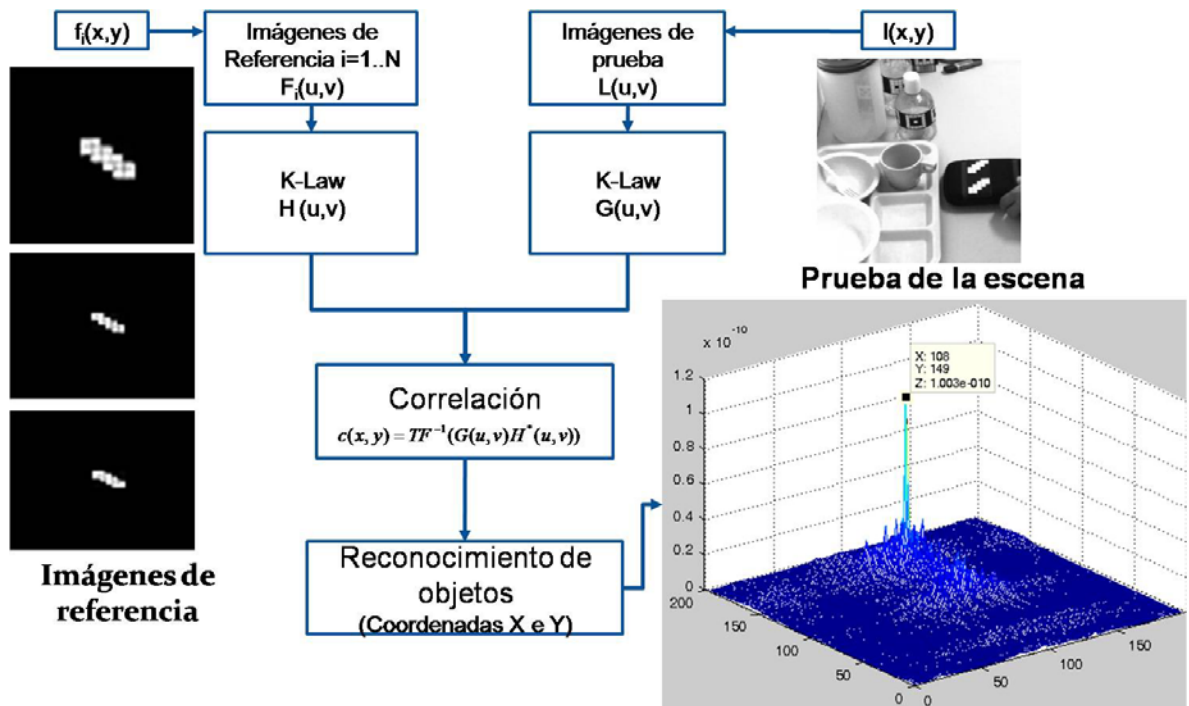


Figura B.1. Reconocimiento de artefactos mediante filtros de correlación

APÉNDICE C

C. Estructura interna de sistema para la estimación de actividades

En este apéndice se muestra la estructura interna del sistema desarrollado para la estimación de actividades. La estructura se nombrpo Estimación de Actividades basada en el análisis del comportamiento de artefactos (SCAN por sus siglas en inglés: eStimating aCtivities based on Artifact's behavior aNalysis). Esta estructura emplea el concepto RB para realizar el análisis del comportamiento de artefactos con el objetivo de obtener la inferencia de actividades. Esta estructura puede utilizarse como una solución comprensible en el proceso completo de inferencia de actividades mediante el uso de varias tecnologías.

La estructura que se propone se basa en la idea de que es posible clasificar las actividades a través del reconocimiento de artefactos utilizados en las actividades, así como que cada artefacto sigue un comportamiento único dentro de la ejecución de la actividad.

La figura C.1 muestra la arquitectura del sistema la cual hace uso del concepto RB para la inferencia de actividades basadas en el análisis del comportamiento de artefactos. La estructura SCAN generaliza el concepto del RB mediante la obtención de la representación del comportamiento de los artefactos a través de varias tecnologías para la inferencia de actividades.

Como se menciona en la sección 2.1, los artefactos juegan un papel importante para la estimación de las actividades, esto se debe a que los artefactos son un disparador dentro de un evento en alguna escena. Así, el RB es un concepto para analizar el rol de los artefactos dentro de una actividad, con base en esto, la arquitectura se divide en tres módulos: (1) reconocimiento de artefactos; (2) inferencia de actividades obtenida mediante el análisis del comportamiento de artefactos, usando el concepto RB; y (3) representación de actividades como se muestra en la figura C.1.

C.1. Módulo de reconocimiento de artefactos

El propósito de este módulo es la adquisición de datos, es decir, mediante la captura del reconocimiento de artefactos es posible conocer el comportamiento de éste y realizar una conversión de datos (discretización) para proporcionar una interpretación sencilla. La intención de esta arquitectura es únicamente reconocer los artefactos utilizados y el registro del tiempo en que los eventos ocurren en algún lugar específico. La conversión de la información que se realiza, proporciona suficiente información para el análisis del comportamiento de artefactos, por lo que la exactitud del reconocimiento no afecta el proceso de inferencia.

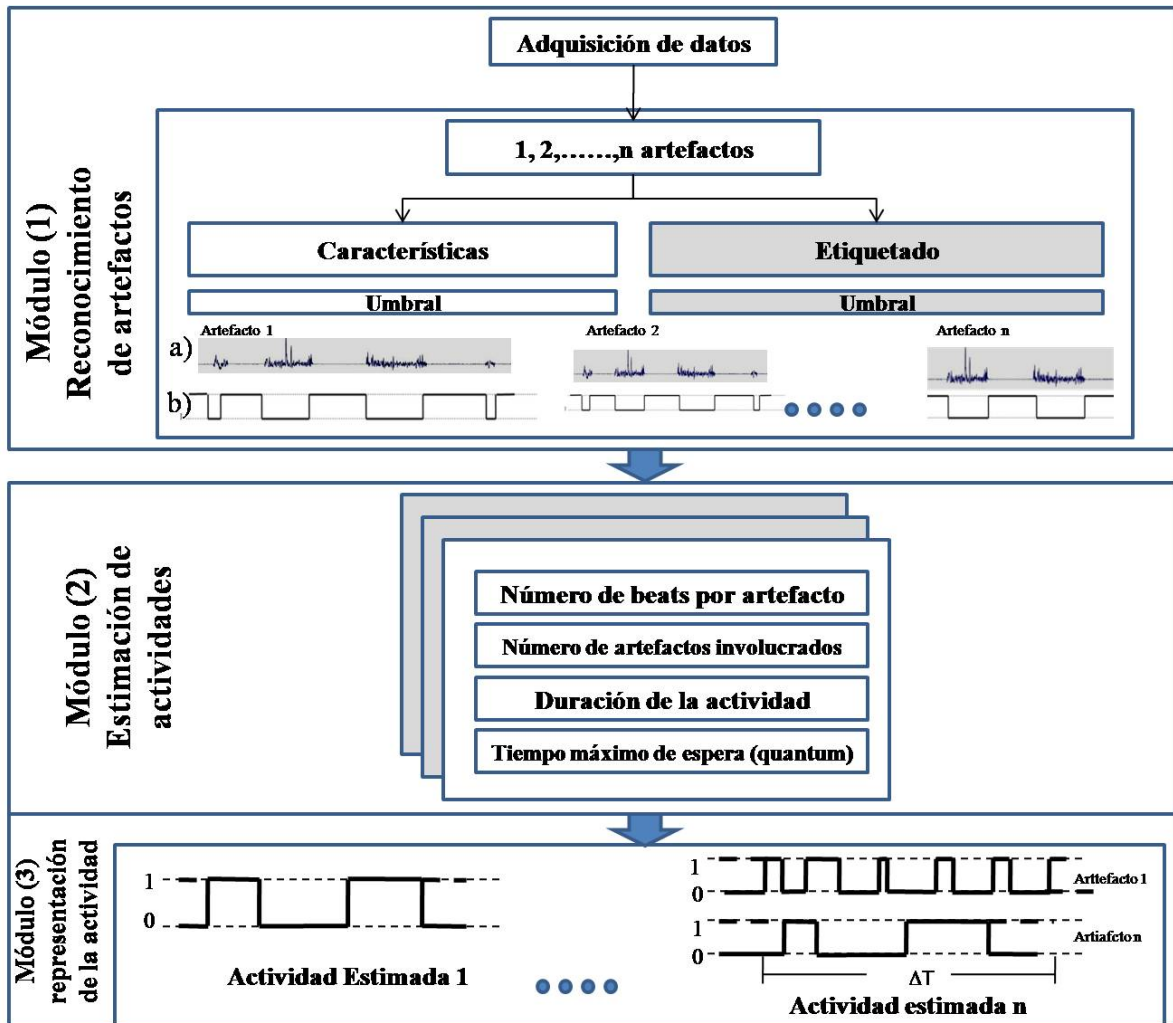


Figura C.1. Estructura interna del sistema SCAN

Como se menciona en la sección 4.2, en esta tesis se utilizaron tres tipos de tecnologías para el reconocimiento de artefactos (RFID, acelerómetros y cámaras de vídeo) aunque es posible involucrar otro tipo de tecnología. La salida del módulo de reconocimiento de artefactos se convierte en un tren de pulsos para facilitar el entendimiento y el análisis cuando se utilizan los artefactos dentro de la ejecución de una actividad. El proceso de discretización se realiza mediante la discriminación de los resultados del reconocimiento de artefactos utilizando un umbral. La discretización se interpreta de la siguiente manera: cuando se reconoce un artefacto, en la localización base y permanece en ella, se representa el resultado mediante un valor de 1; cuando no se reconoce algún artefacto en la localización base el resultado se representa mediante el valor de 0, por

lo que con este resultado se intuye que el artefacto se está manipulando. En esta forma, se modela el comportamiento del artefacto basado en un significado concreto de manipulación utilizando las tecnologías antes mencionadas.

El proceso de discretización se muestra en la figura C.1(a, b), cuyos valores corresponden a la captura de datos de un acelerómetro. Este caso corresponde al reconocimiento del identificador del acelerómetro, sin embargo es posible reconocer los artefactos mediante sus características intrínsecas. La figura C.1(a) corresponde a los datos reales del acelerómetro y la figura C.1(b) son los valores discretizados, por lo que cuando un artefacto permanece inmóvil en un lugar específico, su estado es de 1; y 0 cuando el artefacto está manipulándose en la escena. La adquisición de datos se obtiene en una forma concurrente y el tren de pulsos se utiliza como entrada en el módulo de inferencia de actividades.

Decidir el tipo de tecnología para la adquisición de datos que debe usar una aplicación, depende de los requerimientos del usuario y del tipo de contexto que se desee extraer de la escena deseada.

C.2. Módulo de inferencia de actividades

El propósito de este módulo es la interpretación de eventos, los cuales son producidos por los resultados del reconocimiento de artefactos con el objetivo de obtener la inferencia de actividades basada en la manipulación de artefactos.

Básicamente este módulo recibe los datos del módulo de reconocimiento de artefactos y aplica los criterios mencionados en la sección 3.4 por cada artefacto. Para realizar la inferencia de actividades este módulo agrupa los artefactos en un proceso padre. El comportamiento de los artefactos se analiza individualmente con los criterios y se registran las actividades en una base de datos si se han cumplido los criterios.

C.3. Módulo de representación de actividades

El propósito de este módulo es recuperar la información de la inferencia de actividades para recuperación de contexto de un escenario. Este proceso se logra mediante

la recuperación de los índices de la secuencia de vídeo producidos por los beats cuando se desarrolla una actividad. Es decir, en este módulo se realiza una representación de la actividad con base en los beats producidos como se menciona en el capítulo 4, mostrando cuatro tipos de contexto tales como identidad, localización, tiempo y actividad relacionados con los artefactos en uso.