

**SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DOMOTICO, BASADO EN HABITOS DE
COMPORTAMIENTO**



**OSCAR JAVIER JIMÉNEZ CASTILLO
RICARDO ANTONIO GALLEGO FERNÁNDEZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2008**

**SISTEMA INTELIGENTE DE CONTROL DOMOTICO, BASADO EN HABITOS DE
COMPORTAMIENTO**

**OSCAR JAVIER JIMÉNEZ CASTILLO
RICARDO ANTONIO GALLEGO FERNÁNDEZ**

**Trabajo de grado presentado para optar al título de
Ingeniero en Automática Industrial**

Director

Ph.D. CESAR ALBERTO COLLAZOS ORDOÑEZ

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
INGENIERÍA EN AUTOMÁTICA INDUSTRIAL
POPAYÁN
2008**

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1 GENERALIDADES SOBRE DOMÓTICA	3
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.....	3
1.2. DEFINICIONES DE DOMÓTICA	4
1.3. APLICACIONES DE LA DOMÓTICA	5
1.4. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA.....	8
2 LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO	9
2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO	10
2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO	12
2.2.1 <i>Base de Conocimientos</i>	12
2.2.2 <i>Base de datos</i>	12
2.2.3 <i>Motor de inferencias</i>	13
2.2.4 <i>Interfaz de usuario</i>	15
2.2.5 <i>Módulo explicativo</i>	16
2.2.6 <i>Módulo de adquisición del conocimiento</i>	16
2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO	16
2.3.1 <i>Según el propósito del sistema</i>	16
2.3.2 <i>Según el estado de la evolución del sistema</i>	19
2.3.3 <i>Según el papel que desempeña el SBC en el entorno</i>	19
2.4 METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SBC.....	20
2.4.1 <i>Generic Tasks</i>	20
2.4.2 <i>MIKE</i>	21
2.4.3 <i>PROTÉGÉ-II</i>	22
2.4.4 <i>CommonKADS</i>	23
2.4.5 <i>RT-UML</i>	25
2.4.6 <i>CommonKADS-RT</i>	26

2.5 APLICACIÓN DE LOS SBC EN EL CONTROL DE AMBIENTES DOMÓTICOS26

3	DESARROLLO DEL MODELO DE SBC PARA EL CONTROL DE AMBIENTES DOMÓTICOS.....	28
3.1	MODELO DE ORGANIZACIÓN	31
3.2	MODELO DE TAREAS	35
3.3	MODELO DE AGENTES.....	41
3.4	MODELO DE CONOCIMIENTO	42
3.4.1	<i>Conocimiento de tareas</i>	42
3.4.2	<i>Conocimiento de dominio</i>	65
3.5	MODELO DE COMUNICACIONES	95
4	DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE VALIDACIÓN.....	102
4.1	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	105
5	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS	107
	BIBLIOGRAFÍA.....	110

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Proceso que debe realizar el sistema para cumplir con el objetivo.....	33
Figura 2 Tareas que debe realizar el sistema	43
Figura 3 Descomposición de la tarea general <i>Registrar usuario</i>	43
Figura 4 Descomposición de la tarea general <i>Gestionar perfiles</i>	48
Figura 5 Descomposición de la tarea general <i>Configurar ambiente</i>	50
Figura 6 Diagrama de conceptos del dominio de Usuario.....	74
Figura 7 Diagrama de conceptos del dominio Físico.....	80
Figura 8 Diagrama de conceptos del dominio de Dispositivos	87
Figura 9 Diagrama de Estado de los Dispositivos	88
Figura 10 Diagrama de conceptos del dominio de Eventos	90
Figura 11 Esquema conceptual del dominio Global	93
Figura 12 Diagrama de relaciones entre los dominios propuestos.....	94

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Formulario 1 OM-3: Identificación problemas y oportunidades del proyecto.....	32
Formulario 2 OM-3: Descripción del proceso en función de las tareas que lo componen y sus principales características.....	35
Formulario 3 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Gestionar Perfiles</i>	36
Formulario 4 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Registrar usuario</i>	37
Formulario 5 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Monitorear dispositivos</i>	38
Formulario 6 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Configurar el ambiente</i>	39
Formulario 7 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Controlar el ambiente</i>	40
Formulario 8 TM-1: Descripción refinada de la tarea general <i>Registrar fallas</i>	40
Formulario 9 AM-1 Especificación de Agente <i>Sistema de Control Domótico</i>	41
Formulario 10 AM-1 Especificación de Agente <i>Usuario del Sistema</i>	42
Formulario 11 CM-1: Descripción transacción Iniciación, Modelo de Comunicación.....	96
Formulario 12 CM-1: Descripción transacción Transferencia de datos.....	96
Formulario 13 CM-1: Descripción transacción Transferencia de datos de Control.....	97
Formulario 14 CM-1: Descripción transacción Monitoreo.....	97
Formulario 15 CM-2: Transacción iniciación.....	98
Formulario 16 CM-2: Transacción transferencia de datos.....	99
Formulario 17 CM-2: Transacción transferencia de datos control.....	99
Formulario 18 CM-2: Transacción monitoreo.....	100

RESUMEN

El objetivo de este trabajo es proponer un modelo de sistema inteligente para el control de ambientes domóticos, basado en el comportamiento de los usuarios y en sus características particulares. Tanto las actividades desarrolladas por el usuario como su perfil particular, permitirán configurar el ambiente domótico de tal forma, que las condiciones que se generen sean las más adecuadas para llevar a cabo dichas actividades. Una de las primeras etapas dentro del desarrollo del proyecto es la conceptualización de generalidades y aspectos básicos sobre la domótica, y el reconocimiento del dominio o dominios específicos que serán tema central del problema.

Posteriormente se levanta el estado del arte de un tipo particular de sistema inteligente conocido como los sistemas basados en conocimiento y su aplicación en los sistemas de control domótico, el propósito es documentar que precedente se tiene del uso o implementación de este tipo de sistemas, que métodos se han propuesto para su desarrollo y que pautas se deben tener en cuenta para ello.

Teniendo el conocimiento teórico previo, se propone un modelo de sistema basado en el conocimiento aplicado al caso puntual de los sistemas de control domótico, en donde además se definen un conjunto de actividades típicas desarrolladas por los usuarios dentro de un ambiente domótico, que sirven como punto de partida para establecer las condiciones que el sistema de control debe proporcionar cada vez que los usuarios lleven a cabo una actividad propia de su comportamiento.

PALABRAS CLAVES: Domótica, Home Automation, Sistemas Basados en el Conocimiento (SBC), Knowledge Based Systems (KBS), Control Basado en el Conocimiento, CommonKADS, Gestión del Conocimiento.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad la implementación de sistemas de control en ambientes domóticos está enfocada a la automatización de tareas rutinarias, relacionadas más con la mecanización de estas, que con las necesidades de los usuarios como tal. La tendencia es implementar sistemas de control que tengan como eje de diseño a las personas que en van a interactuar con el ambiente. No obstante se hace necesario hacer uso de herramientas que permitan obtener un modelo aproximado de lo que puede llegar a ser la interacción entre los espacios físicos habitables, las personas que con el interactúan, y los elementos domóticos con los cuales está equipado el mismo.

Es así como se identifican tres dominios principales que deben ser considerados a la hora de plantear el modelo: el dominio del usuario, el dominio físico y el dominio de los dispositivos domóticos, los cuales serán detallados y delimitados por propósitos prácticos y por el mismo alcance del proyecto. Este será el punto de partida para estructurar un modelo de esquema conceptual, el cual será empleado para representar el conocimiento del dominio y la información necesaria para el sistema de control. Además se establece como debe configurarse el ambiente domótico ante los diferentes hábitos de comportamiento de los usuarios, definiendo hábitos de comportamiento como el conjunto de actividades desarrolladas propias de una persona, esta configuración se logra a través de la definición de las características particulares que debe tener el ambiente domótico para el desarrollo de cada una de las diferentes actividades que realiza el usuario dentro de este tipo de ambientes, ésta configuración no sólo dependerá de la actividad desarrollada, sino también de las características particulares del usuario, las cuales componen el perfil de usuario de cada persona.

El propósito que tiene el desarrollo de este proyecto es proponer la incorporación de técnicas alternativas en el diseño de sistemas de control, especialmente en sistemas de control domótico. Estas hacen referencia a la implementación de sistemas basados en el conocimiento, que en la actualidad se presentan como una alternativa emergente para la

solución de problemas, que difícilmente pueden ser abordados con técnicas clásicas de control. Problemas en los cuales es difícil obtener un modelo matemático del proceso, o no se dispone de los valores de alguno de los parámetros necesarios, o las características de la entrada no se pueden controlar. Es así como se propone el estudio de estas metodologías y la selección de la que más se adecue a este propósito.

En el capítulo 1 se presentan algunos aspectos generales sobre la domótica, incluyendo componentes, definiciones, antecedentes, y las aplicaciones que esta disciplina tiene, dependiendo básicamente de los requerimientos que el usuario final tendrá.

En el capítulo 2 se hace referencia a los sistemas basados en el conocimiento, partiendo de sus generalidades usos y aplicaciones, posteriormente se presentan los elementos que hacen parte de su estructura. Otro componente dentro de este capítulo hace referencia a la clasificación que estos sistemas tienen dependiendo del propósito, estado de evolución y el papel que desempeñan en el entorno. Posteriormente se presenta un conjunto de metodologías empleadas para el desarrollo de estos sistemas. Finalmente se comenta la aplicación de los sistemas basados en el conocimiento en el control de ambientes domóticos.

En el capítulo 3 se realiza el desarrollo del modelo del sistema basado en el conocimiento para el control de un ambiente domótico, basado en el comportamiento de los usuarios, haciendo uso o siguiendo una metodología de diseño específica o muy comúnmente empleada para el desarrollo de este tipo de sistemas, como lo es CommonKADS.

En el capítulo 4 se presentan unos escenarios básicos, que permiten conocer algunas condiciones a las cuales el modelo de sistema propuesto, después de ser implementado debería ser capaz de reaccionar. Posteriormente se presenta una discusión debida al desarrollo alcanzado y un análisis del mismo.

Finalmente en el capítulo 5 se presentan las conclusiones del trabajo, la importancia del desarrollo de este proyecto y los trabajos futuros, de los cuales el presente proyecto sería un buen referente además de ser un buen punto de partida.

1 GENERALIDADES SOBRE DOMÓTICA

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Resulta imposible precisar una fecha concreta para el nacimiento de la Domótica, ya que no se trata de un hecho puntual, sino de todo un proceso evolutivo que comenzó con las redes de control de los edificios inteligentes y se ha ido adaptando a las necesidades propias de la vivienda.

En todo caso, si se ha de destacar una fecha importante en la historia de la Domótica en concreto, esta sería el año 1978 con la salida al mercado del sistema X-10. Siendo este el protocolo de comunicación que utilizan los productos compatibles con este sistema para comunicarse entre ellos y que permite controlar las luces y los electrodomésticos de un hogar, aprovechando para ello la instalación eléctrica existente, y evitando tener que instalar cables [1].

Entre los países pioneros en comenzar a trabajar en la construcción de edificios o inmuebles inteligentes en los 70 se encuentran Estados Unidos y Japón, los cuales realizaron estudios sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad. Con la aparición de las tecnologías en comunicaciones se vieron los primeros avances en el área de los edificios inteligentes [2].

En 1984 se origino en los Estados Unidos la primera aproximación de lo que se conoce hoy en día como Domótica, en ese año se trabajaba en un proyecto conocido como “Smart House” dirigido por la NAHB (Nacional Association of Home Builders) que reunía a constructores de viviendas unifamiliares creadores de una fundación para impulsar el desarrollo de la casa inteligente [2].

La automatización dentro del hogar es hoy en día algo muy común, actualmente los usuarios disfrutan de una mayor comodidad, ahorro de energía y dinero al momento de desarrollar, implementar y utilizar las tecnologías residenciales.

1.2. DEFINICIONES DE DOMÓTICA

Etimológicamente el término domótica hace referencia a la “automatización del hogar”, o su equivalente en inglés “home automation”, el término se origina de la unión de la palabra “Domo” proveniente del latín “Domus” que significa casa y del sufijo “Tica” que se toma de la palabra automática, aunque algunos autores lo dividen en “tic” como tecnologías de la información y “a” de automatización [3].

Por otro lado en Francia se utilizó la unión de “Domo” e “Informatique” para formar la palabra “Domotique”, que se definía como “vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones, etc.”, y que aseguraba el aumento de estas características [4].

De esta forma el término domótica se utiliza para referirse al conjunto de técnicas utilizadas para satisfacer necesidades del hombre y su entorno en cuanto a seguridad, confort y la automatización de la gestión e información de las viviendas [5].

De una manera más técnica la Asociación Española de la Domótica (CEDOM)¹ define la domótica como: “la incorporación al equipamiento en edificios singulares o privilegiados, comprendidos en el mercado terciario e industrial, de una sencilla tecnología que permita gestionar de forma energéticamente eficiente, segura y confortable para el usuario los distintos tipos de aparatos e instalaciones domésticas tradicionales que conforman una vivienda (la calefacción, la lavadora, la iluminación, etc.)”.

A partir de estas definiciones pueden desprenderse otros términos que hacen referencia a otro tipo de entornos: “Inmótica” y “Urbótica” que aunque están relacionados entre sí por los automatismos utilizados, su campo de acción y aplicación son diferentes. La inmótica

¹ Asociación Española de la Domótica, <http://www.cedom.es>

se utiliza al referirse a la automatización de grandes bloques de oficinas, bancos, y edificios industriales mientras que la Urbótica se refiere a la automatización de complejos urbanos como conjuntos residenciales, universidades, centros comerciales, barrios e incluso ciudades completas [6].

Para este trabajo el término domótica hace referencia al conjunto de sistemas o dispositivos capaces de automatizar una vivienda, aportando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación, y que pueden estar integrados por medio de redes interiores y exteriores de comunicación, cableadas o inalámbricas, y cuyo control puede ejercerse desde dentro y fuera del hogar.

1.3. APLICACIONES DE LA DOMÓTICA

Las aplicaciones que pueden dársele a la domótica son muchas dadas las posibilidades que esta ofrece y los requerimientos del usuario final, pero básicamente estas aplicaciones pueden agruparse en cuatro categorías principales:

En el área de la gestión de la energía

Mediante un sistema domótico es posible implementar mecanismos que regulen y optimicen el consumo de energía a través de [7]:

- Climatización programada y zonificada dependiendo de los espacios ocupados y de las características del ambiente.
- Iluminación zonificada por medio de detectores de presencia o teniendo como entrada de control el nivel de luz natural.
- Gestión eléctrica
 - Racionalización de cargas eléctricas a través de la desconexión selectiva de equipos en función del consumo eléctrico en un momento dado.

- Gestión de tarifas a través de la activación de ciertos dispositivos en horario de tarifas reducidas (si los hubiese), o en horas de menos consumo energético.

En el área del nivel de confort

Con una instalación domótica el usuario se libera de invertir tiempo y energía en realizar acciones mecánicas y cotidianas y de preocuparse por aspectos que el sistema podría resolver automáticamente, ejemplo de ellos son [8]:

- Iluminación
 - Encendido y apagado general de todas las luces de la vivienda por medio de detectores de presencia, control inalámbrico o programación.
 - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad del ambiente.
- Automatización centralizada de todos los sistemas y equipos electrónicos presentes en el ambiente.
- Integración de video portero o citofonía con pantallas o equipos audiovisuales.
- Control de los dispositivos a través internet.

En el área de la seguridad

Dentro del ámbito de la seguridad existen dos factores que se deben tener en cuenta para garantizar la seguridad total de una instalación domótica [9].

- La protección personal:
 - Con servicios de teleasistencia y telemedicina para adultos mayores, enfermos o discapacitados.
 - Acceso a servicios de emergencia a través de pulsadores que envían señales a centrales receptoras como hospitales, policía, familiares, etc.

- La protección de bienes
 - Simulación de presencia en los momentos en los que la vivienda se encuentra sola, accionando persianas o elementos de iluminación.
 - Detección de fugas de gas, de agua, posibles focos de incendios, permitiendo el aviso a las centrales de emergencia y ejerciendo control sobre las válvulas de paso de la vivienda.
 - Control de acceso mediante la identificación o el reconocimiento del usuario.
 - Sistemas para la detección de intrusos con detectores de presencia, sensores magnéticos para la detección de daños de puertas o ventanas y la ruptura de cristales.

En el área de las comunicaciones

Mediante un adecuado sistema de comunicaciones integrado en el sistema domótico es posible establecer comunicaciones en el interior de la vivienda, desde el interior hacia el exterior y viceversa, permitiendo realizar [10]:

- Control y supervisión del ambiente domótico de forma remota a través de internet, línea telefónica, mandos inalámbricos, etc.
- Transmisión de alarmas a través de SMS, mensajes de voz, llamadas telefónicas, etc.
- Mantenimiento de los equipos y de las instalaciones domóticas desde fuera de la vivienda.
- Intercomunicación interna de todos los dispositivos y servicios electrónicos del hogar.

1.4. COMPONENTES DE UNA INSTALACIÓN DOMÓTICA

Las instalaciones domóticas pueden variar desde un único dispositivo que realiza una sola acción, hasta sistemas muy completos que controlan prácticamente todos los elementos dentro de la vivienda, los diferentes tipos de elementos que hacen parte de cualquier instalación domótica pueden ser clasificados de forma general de la siguiente manera [2]:

- **Sensores:** El sensor es el dispositivo que monitorea el ambiente capturando la información que transmite al sistema, algunos ejemplos de sensores domóticos pueden ser: sensores de agua, gas, humo, temperatura, viento, humedad, lluvia, iluminación interior y exterior, etc.
- **Actuadores:** El actuador es el dispositivo capaz de ejecutar y/o recibir una orden del controlador y realizar una acción sobre un dispositivo, electrodoméstico o sistema (encendido/apagado, subida/bajada, apertura/cierre, etc.).
- **Controladores:** Los controladores son los dispositivos que gestionan el sistema según la programación y la información que reciben. Puede existir un único controlador dentro de la instalación, o varios controladores distribuidos por todo el sistema.
- **Buses:** El bus es el medio de transmisión que transporta la información entre los distintos dispositivos, ya sea a través de un cableado propio, por la redes de otros sistemas (red eléctrica, red telefónica, red de datos) o de forma inalámbrica.
- **Interface:** La interface hace referencia a los dispositivos (pantallas, móvil, Internet, conectores) y los formatos (binario, audio), en que se muestra la información a los usuarios u otros sistemas y a través de la cual estos pueden interactuar con el sistema.

2 LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

Con el ánimo de proponer un modelo de sistema de control que pueda ser utilizado en la configuración de un ambiente domótico, para ejecutar acciones de control adecuadas de forma inteligente, es necesario la utilización de paradigmas propios de la Inteligencia Artificial. Los cuales permiten desarrollar sistemas que reúnen características y comportamientos asimilables al de la inteligencia humana, ejemplo de estos sistemas son los Sistemas Expertos (SE) y los Sistemas Basados en el conocimiento (SBC); los SE hacen parte de los SBC pero su orientación es funcional y su conocimiento es más especializado, ya que para su desarrollo se analiza la actividad de un experto humano cuando resuelve problemas en un área muy concreta y se intenta imitar su comportamiento, además de tener la capacidad de adquirir experiencia incrementalmente y comunicarse con los usuarios explicando sus líneas de razonamiento, por otro lado la orientación de los SBC es estructural ya que resuelve problemas utilizando una representación simbólica del conocimiento humano, separando el conocimiento codificado (base de conocimientos) y los mecanismos deductivos (motor de inferencias).

A lo largo de este capítulo se presentan conceptos relacionados con los SBC y se introducen términos y definiciones específicas de estos sistemas, ampliando los aspectos relacionados con los componentes de un SBC y de algunas metodologías que facilitan su desarrollo. Este tipo de sistemas fueron tenidos en cuenta para desarrollar el modelo de sistema de control, ya que permiten representar el conocimiento global relacionado con la solución de problemas dentro del dominio del proyecto; además la base de conocimientos puede ser actualizada en cualquier momento, y sí el proyecto lo requiere, nuevo conocimiento puede ser ingresado sin presentar mayores complicaciones.

2.1 GENERALIDADES DE LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

El origen de los SBC se presenta a mediados de los años 60, cuando los métodos y técnicas de búsqueda generales desarrollados anteriormente, resultaban insuficientes para resolver problemas con cierto grado de dificultad. En ese período se creía que bastaban unas pocas leyes de razonamiento junto con potentes computadores para producir resultados brillantes. Fue entonces cuando se decidió cambiar por completo el enfoque del problema restringiendo su ambición a un dominio específico e intentando simular el razonamiento de un experto humano. En vez de dedicarse a almacenar la inteligencia general, se centraron en dominios de conocimiento muy concretos dando lugar así a los sistemas basados en el conocimiento.

Un sistema basado en el conocimiento es un sistema informático que intenta imitar e incluso superar en algunas situaciones a un experto humano en un dominio particular o área de conocimiento. No pretende, en absoluto, reproducir el pensamiento humano sino simplemente la pericia de un especialista humano [11]. Esta característica de los SBC se logra gracias a que en algunos campos los expertos humanos trabajan siguiendo reglas, aunque generalmente no sean conscientes de ello. En aquellos campos en los que no sea necesario aplicar la intuición ni el sentido común, los sistemas basados en el conocimiento han conseguido notables éxitos, consiguiendo en ocasiones ser más regulares y rápidos que los propios expertos [12].

Los sistemas basados en el conocimiento manejan problemas complejos en un dominio y requieren de bastante conocimiento del mismo. Para ello tienen mecanismos que representan el conocimiento y el razonamiento que el experto realiza para la toma de decisiones ante una determinada situación.

Un SBC posee varias características importantes [13]:

- Expresa el conocimiento de un dominio dado, es decir, maneja los hechos, las heurísticas (buscar la solución de un problema mediante métodos no rigurosos) y las relaciones que permiten encontrar soluciones a los problemas de ese dominio.

- Permite acceder fácilmente al conocimiento de ese dominio, ya que el conocimiento expresado en el sistema puede estar disponible en cualquier computador.
- Es permanente es decir, el conocimiento que posee es constante, continuará indefinidamente, lo que no ocurre con los expertos humanos que en cualquier momento se pueden retirar. Además, sirve como base de conocimientos con el objetivo de mantener y hacer que el conocimiento perdure dentro de la organización, logrando inclusive que sirva como herramienta de registro tecnológico.
- Simula el proceso de solución de problemas utilizado por un experto humano.
- Puede servir para evitar situaciones peligrosas, ya que puede ser usado en ambientes peligrosos que pueden presentar riesgos para el ser humano.
- Facilita el acceso a la pericia (experiencia y habilidad) de múltiples expertos: el conocimiento de varios expertos puede estar disponible para trabajar simultánea y continuamente un problema. El nivel de experiencia combinada de varios expertos puede exceder el de un solo experto humano.
- Es capaz de dar explicación de su conocimiento y razonamiento: el SBC puede explicar explícitamente en detalle el razonamiento que permitió obtener una conclusión. Un humano puede estar muy cansado, o no querer hacer esas dos cosas a la vez. Esto incrementa la confianza de la decisión tomada.
- Respuesta rápida: dependiendo del software y del hardware usado, un SBC puede responder rápidamente y tener mayor disponibilidad que la que tiene un experto humano. Algunas situaciones de emergencia pueden requerir una respuesta más rápida que la de un humano y así el SBC responderá a tiempo.
- Ofrece respuestas en una forma uniforme, no emotiva, y completa en cualquier situación. Esto puede ser muy importante en casos de tiempo real y emergencia cuando un experto humano puede no operar en una máxima eficiencia debido al estrés o a la fatiga.
- La forma de razonamiento (Motor de Inferencia) y el conocimiento (Base de Conocimientos) son independientes, lo que implica que los cambios que se realicen en uno de ellos puede que no requieran cambios en el otro.
- Base de datos inteligente: un SBC puede ser usado para acceder a una base de datos de una manera inteligente.

2.2 COMPONENTES DE UN SISTEMA BASADO EN EL CONOCIMIENTO

No existe una estructura de un SBC común. Sin embargo, la mayoría de los sistemas basados en el conocimiento tienen estos componentes básicos: la base de conocimientos, el motor de inferencia, la base de datos y la interfaz de usuario.

2.2.1 Base de Conocimientos

La base de conocimientos contiene el conocimiento del experto humano convenientemente formalizado y estructurado. Es decir, contiene conocimiento general sobre el dominio en el que se trabaja. Dentro de la Inteligencia Artificial el conocimiento se clasifica en hechos, heurísticas y relaciones (reglas). La base de hechos hace referencia a los datos dados, probados y que tiene asociado un valor, la heurística es generada a través de la experiencia de un experto y las relaciones son establecidas a partir de los hechos o las heurísticas del dominio.

El conocimiento se puede obtener de las fuentes de conocimiento, las cuales se encuentran clasificadas de la siguiente forma [13]:

- Fuentes de conocimiento dinámicas – fuentes primarias: estas fuentes reflejan características del conocimiento tales como la variabilidad, que muestran que el conocimiento puede ser cambiante e inexacto. Dentro de estas fuentes se encuentra el hombre, en particular el experto humano.
- Fuentes de conocimiento estáticas – fuentes secundarias: en estas fuentes el conocimiento no se puede variar, ejemplo de ellas son: revistas, libros, artículos, etc.

2.2.2 Base de datos

Esta almacena los datos, los hechos y las heurísticas del dominio, que generalmente son obtenidos de las fuentes estáticas de conocimiento pero siempre con la supervisión del experto en el dominio. Se trata de una memoria temporal que almacena los datos del

usuario, datos iniciales del problema, y los resultados intermedios obtenidos a lo largo del proceso de resolución. Cuando se memoriza todos los resultados intermedios, se conserva el rastro de los razonamientos efectuados; por lo tanto, se puede utilizar para explicar las deducciones y el comportamiento del sistema [12].

2.2.3 Motor de inferencias

Es el programa general para aplicar el conocimiento independientemente de la aplicación. Este genera nuevos hechos ciertos al combinar los que se utilizan como variable de entrada (provenientes de la base de hechos) con el contenido de las reglas, de acuerdo con los mecanismos de razonamiento que lo definen. Lo que hacen los hechos ciertos es activar determinados segmentos de conocimiento implícito haciéndolo explícito, y produciendo así nuevos hechos.

Las funciones que desempeña el motor de inferencia son: la búsqueda del conocimiento y su control.

- La búsqueda del conocimiento en la base de conocimientos se realiza a través de la definición de algoritmos que, de acuerdo con la estructura del conocimiento, permiten hacer la exploración en la forma más apropiada.
- La estrategia de control del conocimiento se realiza a través de la definición de métodos, que permiten determinar qué conocimiento aplicar en un momento dado. Entre estos métodos de resolución se encuentran:
 - Encadenamiento hacia delante: determina el conocimiento a partir de los hechos que el usuario le proporciona, llegando a obtener una conclusión a partir de las relaciones y los hechos inferidos. Esta forma de razonar se denomina razonamiento guiado o conducido por los datos. Es el proceso habitual del Razonamiento Deductivo (Modus Ponens) pero aplicado varias veces para encadenar reglas entre sí. Normalmente, el sistema sigue los siguientes pasos [14]:

- Evaluar las condiciones de todas las reglas respecto a la base de datos, identificando el conjunto de reglas que se pueden aplicar (aquellas que satisfacen su parte condición)
 - Si no se puede aplicar ninguna regla, se termina sin éxito; en caso contrario se elige cualquiera de las reglas aplicables y se ejecuta su parte acción (esto último genera nuevos hechos que se añaden a la base de datos)
 - Si se llega al objetivo, se ha resuelto el problema; en caso contrario, se vuelve al primer paso
- Encadenamiento hacia atrás: también conocido como Razonamiento Inductivo (Modus Tollens). Este razonamiento parte de un objetivo o conclusión para llegar a obtener los hechos que permiten su validación. Esto se produce directamente o a través de conclusiones intermedias o subobjetivos. Lo que se intenta es probar una hipótesis a partir de los hechos contenidos en la base de datos y de los obtenidos en el proceso de inferencia. Este enfoque tiene la ventaja de que el sistema va a considerar únicamente las reglas que interesan al problema en cuestión. Para ello se pueden seguir los siguientes pasos:
- Obtener las reglas relevantes, buscando la expresión a validar en la parte acción de la regla
 - Si no se encuentran reglas para aplicar, entonces no se tienen datos suficientes para resolver el problema; se termina sin éxito o se piden al usuario más datos
 - Si hay reglas para aplicar, se elige una y se verifica la condición de la regla con respecto a la base de datos
 - Si la condición es verdadera en la base de datos, se establece la veracidad de la expresión y se resuelve el problema
 - Si la condición es falsa, se descarta la regla en curso y se selecciona otra regla

- Si la condición es desconocida en la base de datos (es decir, no es verdadera ni falsa), se le considera como subobjetivo y se vuelve al primer paso
- También es posible tener un razonamiento híbrido que es una combinación de los dos enfoques anteriores. La decisión de cuál método aplicar depende de la forma de como el experto enfrente el problema y como razone para resolverlo.
- La dirección del encadenamiento no tiene nada que ver con la dirección en que se acciona una regla; estas siempre se ejecutan hacia adelante, es decir, ejecutando el consecuente cuando se confirma el antecedente. Cuando se habla de encadenamiento hacia atrás solamente se hace referencia a un proceso de búsqueda y selección de reglas.

2.2.4 Interfaz de usuario

Este elemento permite entablar comunicación en lenguaje natural entre el usuario y el sistema permitiéndole acceder a los servicios del SBC. La interfaz debe facilitar intuitivamente el manejo del SBC y debe evitar en lo posible la entrada de datos erróneos, debe estar de acuerdo con las necesidades del usuario, el conocimiento que él tiene sobre dominio y las características del problema y de su solución.

El tipo de interfaz tiene una fuerte influencia en como un usuario ve y entiende la funcionalidad del sistema [15] ya que la comunicación entre el usuario y el sistema permite relacionar los detalles de las tareas con el objetivo del sistema informático.

Además de estos componentes existen otros que el sistema puede tener y que permiten mejorar su funcionamiento, estos son: el módulo explicativo y el módulo de adquisición del conocimiento.

2.2.5 Módulo explicativo

Este componente se construye con la intención de justificar la solución que el sistema ha encontrado, indica el proceso, las reglas, los hechos, las heurísticas empleadas y, el por qué de las conclusiones expresadas. Si el usuario pregunta al sistema cómo ha alcanzado una conclusión, éste le presentará la secuencia completa de reglas usada. Esta posibilidad de explicación es especialmente valiosa cuando se tiene la necesidad de tomar decisiones importantes amparándose en el consejo del SBC. Además, de esta forma, y con el tiempo suficiente, los usuarios pueden convertirse en especialistas en la materia, al asimilar el proceso de razonamiento seguido por el sistema [16].

2.2.6 Módulo de adquisición del conocimiento

Este componente le permite al ingeniero de conocimiento o al experto del dominio construir inicialmente el sistema o actualizar el conocimiento de la base de conocimientos, ingresar los hechos y las reglas del sistema, probar y depurar los cambios realizados y desarrollar actividades relacionadas con la configuración del sistema, específicamente la configuración del motor de inferencia, de acuerdo con las necesidades del usuario [16].

2.3 CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS BASADOS EN EL CONOCIMIENTO

Los SBC pueden clasificarse según su propósito, de acuerdo a su estado de evolución, por el papel que desempeña en el entorno, y por la ayuda que le ofrece al usuario con el conocimiento del dominio que posee.

2.3.1 Según el propósito del sistema

Dependiendo de la función que realiza o el propósito para el cual fue desarrollado los SBC se pueden clasificar de la siguiente forma [17]:

Interpretación y Análisis: Sirven para tratar grandes volúmenes de información, interpretarla, dar un informe explicativo y sugerir las acciones a tomar. Ejemplo de ellos

pueden ser los sistemas de evaluación de resistencia de estructuras frente a terremotos o sistemas de supervisión de procesos industriales.

- PROSPECTOR: Interpreta datos de muestras de material mineral para detectar yacimientos.
- REACTOR: Interpreta los datos en tiempo real, de reactores nucleares.
- CRYNALIS: Interpreta los datos de un mapa de densidad de electrones para inferir la estructura tridimensional de una proteína.

Predicción: Sistemas que infieren las probables consecuencias de una situación, utilizando modelos de simulación.

- PLANT: Estima los daños potenciales de plagas sobre plantíos.
- I&W: Predice los posibles lugares de conflictos armados.
- PTRANS: Estima los requerimientos de manufactura de algún producto.

Descubrimiento: sistemas que generan nuevos conceptos a partir de reglas y principios consistentes y permiten encontrar nuevas relaciones entre los datos. Algunos ejemplos de estos SBC son:

- META-DENDRAL: Para el descubrimiento de reglas sobre la conducta de algunos compuestos en el espectrómetro de masas.
- PROSPECTOR: Para el descubrimiento de yacimientos de molibdeno (elemento químico).

Diagnóstico: Se trata de sistemas que a partir de unos "síntomas" determinan las causas que lo producen. Ejemplo de ellos son los sistemas basados en el conocimiento de diagnóstico de enfermedades o de averías, entre ellos se encuentran.

- MYCIN: Diagnostica las causas de enfermedades infecciosas en un paciente.
- REACTOR: Encuentra las fallas en los sistemas de enfriado de reactores nucleares.
- ACE: Localiza las causas de fallas en redes telefónicas.

Diseño: Son aquellos que efectúan la planificación o trazado de un objeto o sistema en base a los requisitos especificados. Suelen ser capaces de dar diferentes soluciones de forma que el usuario pueda elegir aquella que le convenga. Ejemplo de este tipo son los sistemas de ayuda al diseño de puentes, presas, microcircuitos electrónicos, etc.

- XCON: Configura sistemas computarizados.
- SECS: Genera complejos compuestos químicos.
- PALLADIO: Diseña y prueba nuevos circuitos de tipo VLSI.

Monitorización: En algunas situaciones se considera un caso particular de sistemas de interpretación y análisis, pero debido a su frecuente uso se suelen considerar aparte. Estos sistemas suelen encargarse de monitorizar procesos suministrando una salida de control como respuesta. Existen muchos ejemplos de monitorización de procesos en factorías, plantas químicas, centrales nucleares, etc. Son sistemas que deben funcionar en tiempo real.

- YES/MVS: Controla y hace la monitorización de las funciones de un sistema operativo.
- VM: Hace la monitorización del estado de un paciente en una sala de cuidado intensivo.
- REACTOR: Hace la monitorización de los procesos de un reactor nuclear.

Planificación: Son sistemas que establecen las etapas y recursos necesarios para alcanzar un determinado objetivo. Ejemplo de ellos podría ser un sistema basado en el conocimiento de planificación de trabajos en una empresa.

- THE UNDERWRITING ADVISOR: Ayuda al asesor de seguros en la determinación de si otorgar o no una póliza y en qué condiciones.
- PLANNER: Hace la planeación estratégica de una organización.
- KNOBS: Asiste en la planeación táctica de ataques aéreos.

Control: Un sistema de control participa en la realización de las tareas de interpretación, diagnóstico y reparación de forma secuencial. Con ello se consigue conducir o guiar un

proceso o sistema. Los sistemas de control son complejos debido al número de funciones que deben manejar y el gran número de factores que deben considerar; esta complejidad creciente es otra de las razones que apuntan al uso del conocimiento, y por tanto de los SBC. Cabe aclarar que los sistemas de control pueden ser en lazo abierto, si en el mismo la realimentación o el paso de un proceso a otro lo realiza el operador, o en lazo cerrado si no tiene que intervenir el operador en ninguna parte del mismo.

2.3.2 Según el estado de la evolución del sistema

Los SBC también pueden clasificarse de acuerdo al grado de evolución que el sistema ha tenido. Es decir, dependiendo del propósito, cubrimiento y del conocimiento que maneja, el sistema puede encontrarse en uno de estos estados [18].

- Prototipo de demostración: el sistema es capaz de solucionar una parte del problema, sugiriendo que el enfoque es viable y el desarrollo del sistema es alcanzable. Es pequeño y se utiliza como estrategia de convencimiento de la utilidad del SBC.
- Prototipo de investigación: El sistema presenta un desempeño aceptable al enfrentarse al problema pero puede ser frágil debido a que no se ha probado y revisado completamente.
- Prototipo de campo: el sistema muestra buen desempeño y ha sido revisado en el entorno del usuario.
- Modelo de producción: el sistema refleja muy buen desempeño, calidad, rapidez, y una ejecución eficiente en el entorno del usuario. Son programas grandes implementados en lenguajes eficientes.
- Sistema comercial: el sistema es un modelo de producción que está siendo usado regularmente en una organización.

2.3.3 Según el papel que desempeña el SBC en el entorno

En esta clasificación se tiene en cuenta la forma en cómo el SBC interactúa con el usuario en términos de compartir tareas y responsabilidades [19]:

- Sistema de soporte: este tipo de SBC ofrece un soporte experto al usuario, pueden actuar de diferentes formas, como asistentes, críticos, asesores, consultores, tutores, etc. Brindan conocimientos pero no toman decisiones ni ofrecen soluciones, lo que hacen es actuar como ayudantes sin la intención de reemplazar al experto.
- Sistema prescriptivo: este tipo de SBC pueden restringir, guiar y controlar la actividad de un usuario cuando realiza la ejecución de una tarea compleja, mejorando la calidad y el tiempo de respuesta. Estos sistemas tienen la capacidad de mejorar los objetivos, restricciones, soluciones o decisiones.
- Sistema autónomo: no interactúa con ningún usuario ya que se utiliza para que reemplace a un humano en un trabajo específico.

Existe otra clasificación de acuerdo al nivel de conocimiento que posee el sistema, en comparación con un experto humano, así pues un SBC puede ser un Sistema Novato, cuando el conocimiento está basado más en libros, artículos y revistas que en un experto humano y requiere de su supervisión. Sistema Ayuda, cuando el nivel del conocimiento que posee el sistema es similar al de un experto humano. Sistema Experto, que maneja todo el conocimiento de un dominio, razonando de forma similar que un experto humano, y en algunos casos almacenando el conocimiento de varios expertos humanos [20].

2.4 METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE SBC

Algunas de las metodologías más referenciadas que dan soporte al proceso de desarrollo de sistemas basados en conocimiento son Generic Tasks [21] [22], PROTÉGÉ [23], PROTÉGÉ-II [24] [25], KADS [26], CommonKADS [27] y MASCommonKADS [28], a continuación se presenta una breve descripción de algunas de ellas.

2.4.1 Generic Tasks

Esta metodología propuesta por [21] [22], está orientada a las tareas, busca resolver un problema dado mediante el análisis y representación de una estructura de tareas común y especificando los requisitos del dominio asociados con las tareas de dicha estructura. Las tareas están descritas por los métodos que las resuelven y por las condiciones en las que

se aplica cada método. Los métodos se describen identificando el uso que hace del conocimiento y la división en subtarear necesarias para resolver una tarea. Las tareas se descomponen de forma recursiva hasta que uno de los métodos sea capaz de resolver una tarea sin descomponerla. Esta metodología se basa en una biblioteca de tareas y métodos genéricos.

2.4.2 MIKE

MIKE (Model-based and Incremental Knowledge Engineering) [29] [30]. Esta metodología define un marco de trabajo para extraer, interpretar e implementar conocimiento para construir sistemas basados en el conocimiento, cubriendo todos los pasos desde la extracción hasta el diseño e implementación del sistema. Su objetivo fundamental es el desarrollo de un modelo detallado de procesos para soportar el proceso de ingeniería del conocimiento, el proceso de desarrollo en MIKE consiste de 4 fases que se realizan en forma cíclica de acuerdo con el modelo de espiral: adquisición del conocimiento, diseño, implementación y evaluación. Cada una de éstas tiene una serie de actividades que pueden ser también realizadas siguiendo el mismo modelo de espiral, haciendo un procesamiento incremental.

La adquisición del conocimiento empieza con la actividad de extracción del conocimiento a través de entrevistas estructuradas con los expertos, luego sigue con la interpretación del conocimiento para obtener un modelo informal de los aspectos funcionales y no funcionales del dominio, y por último se pasa a la actividad de formalización para construir el modelo formal.

La siguiente fase es la de diseño, en la cual, además de lo anterior se consideran los requerimientos no funcionales y se construyen los algoritmos y las estructuras de datos. Posteriormente, se pasa a la fase de implementación. En ésta se tiene el hardware y el software necesario para la construcción del sistema y se traducen los modelos definidos con anterioridad a estas plataformas. Por último, se tiene la fase de evaluación en la que se revisan los objetivos iniciales y los productos finales.

La importancia de MIKE radica en la transición tan simple que propone para pasar de las actividades de extracción del conocimiento hasta la fase de evaluación del sistema final. Pero, hasta el momento sólo se centra en la construcción del modelo de conocimientos para describir los requerimientos funcionales del sistema basado en conocimiento, es así, como esta metodología se fundamenta más en la integración de prototipos y el desarrollo incremental que en la construcción de diferentes perspectivas del problema y del sistema basado en conocimiento.

2.4.3 PROTÉGÉ-II

La metodología PROTÉGÉ-II [24] [25] está diseñada para soportar una Ingeniería del Conocimiento orientada a tareas generales. PROTÉGÉ-II proporciona un entorno para desarrollar sistemas basados en conocimiento que se basa en seleccionar y modificar métodos de resolución de problemas y ontologías² reutilizables; el desarrollador puede especificar tareas, y puede seleccionar métodos de resolución de una librería de métodos. Dentro de esta metodología se distinguen los siguientes elementos:

- **Tareas:** es un problema en el mundo real, localizado dentro de una organización (tarea aplicación), o una especificación abstracta de objetivos independientes del dominio que tienen que ser alcanzados (clases de tareas, o tarea). La descripción de una tarea es una especificación abstracta del problema que tiene que ser resuelto por el método. Debe incluir definiciones abstractas de los datos disponibles (entradas) y de la solución (salida) y las relaciones que se deben mantener entre ellos. Si bien en la especificación de una tarea no se indica cómo se resuelve, esta condiciona la selección del método para su resolución.
- **Método:** un método es un modelo independiente del dominio, que indica cómo se resuelve el problema especificado por la tarea. Además de la especificación de la entrada y la salida de la tarea, el método posee una definición abstracta de los roles que juega el conocimiento del dominio en la resolución del problema. La selección de un método depende de factores que van más allá de la especificación

² El término ontología hace referencia a una especificación formal y explícita de conceptos dentro de un dominio de interés, en el capítulo 3 se hace una descripción más completa de lo que es una ontología

de la tarea, como la disponibilidad del conocimiento, requisitos de espacio y tiempo de computación, y la compatibilidad con el resto de métodos que cooperan en la resolución del problema. Los métodos pueden delegar problemas a subtareas que, a su vez, pueden ser resueltas por otros métodos, formando un árbol de tareas-métodos-subtareas.

- **Mecanismos:** hacen referencia a métodos primitivos que no pueden ser descompuestos en otras subtareas. Por lo tanto, pueden ser considerados como cajas negras que no admiten descomposición.

Además de estos elementos relacionados con la estructura de tareas-métodos, en PROTÉGÉ-II se distinguen distintos tipos de ontologías. Estas se definen como jerarquías de clases y se dividen en ontologías del dominio, de métodos y de aplicación. Las ontologías del dominio se encargan de modelar los conceptos y las relaciones del dominio, las ontologías de métodos modelan conceptos relacionados con los métodos de resolución, incluyendo los requisitos de entrada y salida. Para asegurar la reutilización de estas jerarquías de clases, las ontologías de métodos deben ser independientes del dominio de aplicación. Por último, las ontologías de aplicación combinan el dominio y los métodos para configurar una aplicación.

2.4.4 CommonKADS

CommonKADS [27] es una metodología completa para el desarrollo de sistemas basados en conocimiento (SBC) que surge como evolución de la metodología KADS [26]. En sus inicios, KADS se centraba en el problema de la adquisición de conocimiento, para posteriormente convertirse en una metodología completa para el desarrollo de SBC. En la actualidad, CommonKADS, cubre la gestión del proyecto, el análisis organizacional y los aspectos relativos a la Ingeniería de Software y Conocimiento, relacionados con el desarrollo de SBC, utiliza seis modelos para describir los diferentes aspectos de un problema dado, estos modelos son: modelo de organización, tareas, agentes, comunicación, conocimiento y diseño. Estos modelos se encuentran relacionados entre sí y pueden ser configurados gracias a unas plantillas que la metodología ofrece para su construcción.

Los modelos de organización, tareas y agentes describen el contexto en el que se va a desenvolver el SBC. El modelo de conocimiento describe el conocimiento necesario y que es relevante para la consecución de una determinada tarea, este modelo a su vez se divide en tres modelos de conocimiento: el modelo de dominio, el modelo de tareas y el modelo de inferencias.

- El conocimiento del dominio: este conocimiento se estructura en forma de ontologías que especifican los hechos que necesita el proceso de razonamiento para llevar a cabo su labor. El conocimiento del dominio puede ser estructurado en una serie de modelos del dominio que proporcionen una visión coherente de las distintas partes del dominio de la aplicación, de esta forma el conocimiento del dominio puede estructurarse en varios modelos del dominio.
- El conocimiento de tareas: describe de una forma recursiva la descomposición de una tarea de alto nivel en varias subtareas. El conocimiento sobre una tarea se divide en dos partes: por un lado la tarea, que define su objetivo en términos de sus entradas y de salidas; por otro lado, está el método de la tarea, que define como se lleva a cabo dicha tarea, indicando en que subtareas se descompone y en qué orden deben de ser procesadas (control).
- El conocimiento de inferencias: especifica los pasos primitivos de razonamiento en una aplicación, así como el tipo de conocimiento del dominio que es usado por las inferencias. Hay que tener en cuenta que las inferencias son consideradas primitivas respecto a un modelo de conocimiento determinado, ya que en otros modelos de conocimiento la misma inferencia puede ser una tarea descomponible.

La división del conocimiento en el conocimiento del dominio por un lado y del conocimiento de tareas e inferencias por otro, posibilita la definición de componentes reutilizables, de esta forma el conocimiento del dominio puede ser reutilizado por otro conjunto de tareas definidas sobre el mismo dominio y el conocimiento de inferencias puede ser reutilizado en otros procesos de resolución de problemas.

2.4.5 RT-UML

RT-UML (Real Time - Unified Modeling Language) utiliza el lenguaje UML ampliado para realizar el análisis y el diseño orientado a objetos para sistemas de tiempo real y modelar tareas de tiempo real, incluyendo los requisitos temporales que ellas pueden involucrar [31].

Características de RT-UML

Esta metodología utiliza UML para desarrollar diferentes tipos de modelos: el modelo de requerimientos, el modelo estructural y el modelo de comportamiento, cada uno con sus propios elementos semánticos y visuales.

El modelo de requerimientos se desarrolla utilizando casos de uso, que son una colección de posibles secuencias de interacciones entre el sistema y sus actores externos, relacionados con un objetivo en particular.

Para el modelo estructural, la metodología propone hacer una división de dos aspectos diferentes:

- Primero la estructura lógica del sistema, que refleja las relaciones inherentes entre los elementos semánticos que UML modela como asociaciones entre clases.
- Segundo la estructura física, que define las piezas físicas del sistema y la forma como ellas se relacionan con los elementos lógicos.

RT-UML tiene aspectos importantes que deben ser considerados, uno de ellos es el planteamiento en la parte del diseño, de una arquitectura del sistema, tanto física como lógica, que permite modelar tareas concurrentes, hilos de ejecución, plantear patrones y mostrar su reutilización. Considera diferentes técnicas para modelar el sistema de tiempo real, por ejemplo, ofrece los casos de uso y escenarios para modelar la comunicación entre los diferentes agentes del sistema; los diagramas de estado para modelar el comportamiento de los objetos; los diagramas de secuencia para modelar las restricciones temporales en el envío de mensajes, la representación de las tareas y su

sincronización; los modelos de la topología física del sistema y los modelos de organización del código fuente.

2.4.6 CommonKADS-RT

Un sistema basado en el conocimiento de tiempo real es un sistema que debe razonar basado en una serie de conocimientos específicos de un dominio y debe manejar bien sea el razonamiento o el conocimiento con restricciones temporales, para este tipo de sistemas se debe seguir un proceso de desarrollo que permita llevar a cabo su construcción en un forma ordenada y fiable, por lo que se requiere tener unas guías metodológicas, que incluyan las etapas o fases que identifican lo que tiene que realizarse para construir el sistema, es aquí donde CommonKADS-RT desempeña su función [20].

CommonKADS-RT está basada en las metodologías CommonKADS y RT-UML, presentadas anteriormente, presenta una serie de formularios basados en los modelos de la metodología CommonKADS que deben ser diligenciados para el desarrollo del sistema pero definiendo un modelo adicional para las características temporales, permitiendo tratar en forma más detallada las tareas de tiempo real y agregando los métodos que permiten especificar estos comportamientos temporales.

2.5 APLICACIÓN DE LOS SBC EN EL CONTROL DE AMBIENTES DOMÓTICOS

Actualmente las instalaciones ya sean domóticas, inmóticas o urbóticas, tienen como objetivo facilitar el control de todos los dispositivos presentes dentro del espacio habitable, a través de la utilización de mandos a distancias, controles centrales y programación de acciones, aumentado la comodidad del usuario, el ahorro energético y la seguridad del ambiente; pero en la mayoría de ocasiones, estas acciones de control son originadas a partir de configuraciones o requerimientos establecidos por el usuario o por el integrador del sistema, y no pueden ser fácilmente modificadas, si no se tiene un conocimiento sobre la técnica de programación o control utilizada, ya que no existen aplicaciones conocidas que se encarguen de programar o controlar estos dispositivos de una forma inteligente, ni mucho menos que almacenen todo el conocimiento necesario, para dar solución a problemas que se puedan presentar dentro de este tipo de ambientes; es así como se

propone la utilización de los SBC para el control de ambientes domóticos, en donde se pueda ejercer un control del ambiente, a partir de las condiciones establecidas por el comportamiento variable de las personas que lo ocupan, y se almacene el conocimiento de una manera formal para ser reutilizado en la solución de tareas y problemas de control de ambientes con instalaciones domóticas.

3 DESARROLLO DEL MODELO DE SBC PARA EL CONTROL DE AMBIENTES DOMÓTICOS

Uno de los principales propósitos dentro de este proyecto, es el desarrollo de un modelo de sistema basado en el conocimiento, aplicado al control de un ambiente domótico y en donde se consideran los hábitos de comportamiento o el conjunto de actividades desarrolladas propias de una persona, como el punto de partida para establecer las acciones de control; para iniciar con esta etapa se han estudiado algunas de las metodologías propias del diseño de sistemas basados en el conocimiento mostradas en el sección 2.4 y se ha considerado la utilización de CommonKADS como metodología de soporte para el desarrollo de este modelo.

En principio se presentará el procedimiento de cómo se realiza el modelado del dominio³, y que solución se adoptó para el problema específico. Posteriormente se desarrollará una descripción de las actividades que los usuarios realizan usualmente dentro del ambiente domótico, esto con el fin de caracterizar el mismo, y delimitar el alcance del modelo y de las actividades que se realizan en cada una de las localidades específicas del ambiente domótico (entiéndase localidad, como cada una de las zonas del edificio, como lo pueden ser dormitorios, cuartos de baño, cocina, etc.).

El conocimiento que debe ser representado está relacionado con tres dominios específicos que son el dominio de usuario, dominio de dispositivo y dominio físico, los cuales se hacen necesarios para dar solución al problema puntual. Por otra parte al contar con el conocimiento necesario para la solución de problemas, se puede delegar al sistema de control domótico varias de las tareas que el usuario realizaría rutinariamente, teniendo en cuenta su perfil de usuario.

³ La palabra dominio se usa para enfatizar que el conocimiento pertenece a un problema específico

Un sistema basado en el conocimiento es una ayuda potencial para dar solución al problema de toma de decisiones en un ambiente domótico teniendo como base el comportamiento de los usuarios, dado que es una forma viable de representar el conocimiento necesario para gestionar las tareas que usualmente se realizarían en un ambiente domótico. El conocimiento representado en este, estará relacionado tanto con las personas que en el ambiente interactúan como con los dispositivos domóticos y el ambiente como tal.

Existen varias metodologías que se proponen a la hora de abordar la implementación de un modelo de sistema basado en el conocimiento, pero para dar soporte al desarrollo de este proyecto se hizo uso de la metodología de diseño CommonKADS. Esta metodología de diseño se presenta como la mejor alternativa a la hora de abordar este problema dado que esta presenta un conjunto de modelos ya definidos, así que cada uno de ellos se enfoca en un aspecto determinado del proyecto, pero que en conjunto brindan un enfoque global del mismo que comprende el sistema por completo.

A continuación se presenta una breve descripción de los modelos que la metodología propone para el desarrollo de este tipo de proyectos.

Modelo de Organización: El objetivo principal de este modelo es el de recopilar la información debida a las características de la organización que afectan de alguna manera el desarrollo del sistema basado en el conocimiento.

Modelo de Tareas: Aquí se presenta un modelo detallado y centrado de las partes más relevantes del proceso, relacionadas con el desarrollo del sistema basado en el conocimiento. Una tarea es un conjunto de actividades que se realizan de forma coherente para alcanzar determinado objetivo en un dominio específico.

Modelo de Agentes: Este modelo se centra en el modelado de los distintos agentes que se encuentran en la organización. Describe los agentes quienes son los entes encargados de realizar las tareas. Pueden ser tanto una persona, como un sistema informático. Este modelo describe sus características, competencias, autoridad y restricciones, así como los enlaces de comunicación entre agentes para realizar una tarea.

Modelo del Conocimiento: Este modelo brinda una explicación sobre los tipos y las estructuras de conocimiento empleados, o necesarios para la realización de determinada tarea, especificando que requerimientos son necesarios para el razonamiento del sistema.

A continuación se presentan las partes que componen este modelo, denominadas categorías del conocimiento.

En primer lugar se tiene el *conocimiento del dominio*, el cual hace referencia al conocimiento y al tipo de información que será empleado en la aplicación. Este podrá estar constituido tanto como por esquemas de dominio, como por una base de conocimiento. Para el desarrollo de este modelo se propone la utilización de ontologías, realizando un estudio de las metodologías existentes para el desarrollo de estas y planteando la metodología a seguir, ya que en las metodologías estudiadas para la construcción de SBC no se hace una buena descripción de cómo debe representarse y formalizarse el conocimiento del dominio, una descripción de las metodologías estudiadas puede encontrarse en los anexos de este documento.

La *base de conocimiento* representa la incorporación de las instancias al esquema conceptual. Un componente adicional es el *conocimiento de inferencia* que presenta el nivel más bajo en la descomposición funcional del sistema. Las inferencias permiten validar o establecer determinada acción partiendo de una o más entradas.

El *conocimiento de tarea* hace una descripción de los objetivos y las posibles aplicaciones; así como también la descomposición de las mismas en subtareas, o su expresión básica en inferencias.

Ahora bien, teniendo como punto de partida los modelos propuestos por la metodología CommonKADS, se presentará a continuación el desarrollo de un modelo de sistema basado en la representación del conocimiento, orientado al control de ambientes domóticos; este conocimiento hace referencia al conocimiento de los dominios propuestos y al conocimiento de las condiciones que deben presentarse y de las acciones que deben realizarse para ejercer un control sobre el ambiente domótico.

3.1 MODELO DE ORGANIZACIÓN

Directamente, se presentarán los resultados obtenidos al estudiar y aplicar cada uno de los formularios planteados en CommonKADS [32].

Condiciones iniciales

La estructura residencial (ambiente domótico) se encuentra equipada con dispositivos domóticos que se comunican y se controlan a través del protocolo de comunicación X10 muy utilizado en instalaciones domóticas [1], el cual utiliza la red eléctrica (120V AC, 60 Hz) presente en la estructura residencial para transmitir su señal de control. Estos dispositivos les permiten a usuarios humanos presentes en el ambiente, controlar características de este desde un control central, dichas características pueden ser clasificadas en cuatro áreas en donde la domótica ejerce su función: confort y comodidad, ahorro energético, seguridad y comunicaciones [6]. La simulación de escenarios; automatización y programación del riego; regulación de temperatura; atención particularizada por persona o control remoto y a distancia son una pequeña muestra de las numerosas posibilidades con las que la domótica mejora la comodidad de las personas.

Para este trabajo, se consideran en principio algunas características de comodidad tales como: comodidad visual mediante el control de la iluminación natural y artificial dentro de la residencia y comodidad térmica mediante el control de la temperatura del ambiente y del agua.

Objetivo

Dado un ambiente domótico en donde están presentes usuarios humanos se busca desarrollar un sistema que controle características del ambiente teniendo como base el perfil de los usuarios y las actividades desarrolladas por ellos, dichas actividades serán determinadas a través del monitoreo de las acciones ejercidas sobre los dispositivos domóticos. A continuación se hace uso de la plantilla de diseño OM-1 que propone la

metodología de diseño CommonKADS para la identificación de problemas y oportunidades del proyecto.

Modelo organizacional	Problemas y oportunidades
Problemas y oportunidades	<ul style="list-style-type: none"> • El software empleado para controlar el funcionamiento de los sistemas de automatización de edificaciones (casas y edificios), no tiene en cuenta los perfiles de usuario, es decir sirve como control central desde donde se accionan los dispositivos domóticos. • Los habitantes de un ambiente domótico no están dispuestos a dedicar tiempo a programar su hábitat y, menos aún, a convertirse en especialistas sobre el tema. • Se tiene la necesidad entonces de desarrollar un sistema de control domótico que permita la programación de estas tareas.
Contexto Organizacional	Programación del ambiente dependiendo el perfil de usuario.
Soluciones	<ul style="list-style-type: none"> • Implementación de un sistema de control domótico.

Formulario 1 OM-3: Identificación problemas y oportunidades del proyecto

Proceso

Para alcanzar este objetivo se deben realizar ciertos procesos que pueden dividirse en:

- Iniciar sistema, configurando perfiles por defecto del o los usuarios administradores del sistema.
- Registrar el usuario actual presente en el ambiente domótico, identificando de quien se trata y asignándole un perfil.
- Monitorear las acciones ejercidas sobre los dispositivos para establecer o modificar configuraciones.
- Determinar las actividades a realizar por el usuario para prestar las mejores condiciones (visuales, térmicas, seguridad, etc.)
- Brindar dichas condiciones mediante el control de los dispositivos domóticos pertinentes.

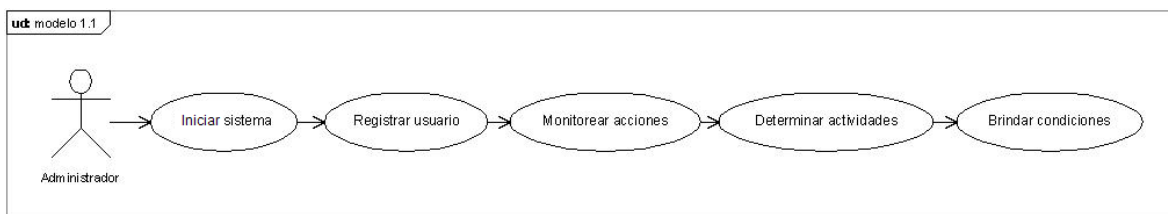


Figura 1 Proceso que debe realizar el sistema para cumplir con el objetivo

Como se puede observar en la Figura 1, en este proceso solo interviene el usuario humano para iniciar el sistema por primera vez o para realizar una configuración a nivel de administrador del sistema, ya que durante el desarrollo de las tareas restantes el sistema actúa por sí solo. Cada una de las tareas anteriores puede ser dividida en otras que permitan estructurar el proceso de una forma más detallada, con el fin de conocer a fondo cuales son las tareas que debe realizar el sistema. Con el formulario OM-3 (Formulario 2: Descripción del proceso en función de las tareas que lo componen y sus principales características), se puede especificar mucho mas el proceso que se ha elegido, por medio de su descomposición en tareas.

Es importante resaltar que para este trabajo, no se ha considerado necesario definir dos aspectos que se proponen en la metodología CommonKADS para el formulario OM-3: estos aspectos son ¿Ejecutada por y en dónde?, debido a que el único agente que interactúa con el sistema es el usuario o administrador que se encarga de configurarlo e iniciarlo por primera vez.

Identificador tarea	Nombre tarea	Objetivo	Conocimiento requerido	¿Es intensiva en conocimiento?	Importancia
Inicio	Iniciar sistema	Establecer perfiles iniciales		No	Es importante pero no requiere de conocimientos
Registro	Registrar usuario	Identificar el usuario y	Conocimiento de usuarios y	Si	es necesario diferenciar los

		asignarle un perfil	perfiles		usuarios y sus perfiles
Monitoreo	Monitorear dispositivos	Establecer o cambiar preferencias	Conocimiento de tipo, función y estado de dispositivo	Si	Es importante saber que dispositivos controlar
Configurar	Configuración del ambiente	Establecer buenas condiciones para desarrollar la actividad	Conocimiento de tareas que realiza el usuario, lugar y condiciones preferidas o estándar	Si	Es fundamental saber qué condiciones prestar para cada usuario y actividad
ConAmb	Controlar ambiente	Controlar los dispositivos del ambiente para generar las condiciones requeridas	Conocimiento de función, estados y ubicación de los dispositivos	Si	Es importante para gestionar el ambiente
GesPer	Gestionar perfiles	Modificar y/o crear perfiles dentro del sistema	Diligenciamiento de formularios desplegados por el sistema	No	Es importante pero no requiere de conocimiento
RegFallas	Registrar fallas	Registrar acciones erróneas corregidas por el usuario o	Almacenamiento de información	Si	Es importante conocer las decisiones tomadas por el usuario y el sistema

		fallos en los dispositivos			
--	--	----------------------------	--	--	--

Formulario 2 OM-3: Descripción del proceso en función de las tareas que lo componen y sus principales características

3.2 MODELO DE TAREAS

Para hacer una descripción refinada de las tareas generales desarrolladas por el sistema dentro del proceso objetivo, utilizamos la plantilla de tareas propuesta por la metodología CommonKADS.

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Gestionar perfiles
Organización.	Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Modificar y/o crear perfiles de usuarios dentro del sistema. Esta tarea es importante porque permite establecer los perfiles iniciales del sistema, en donde cada usuario tendrá su propio perfil y los perfiles por defecto serán puntos de partida para nuevos usuarios cuando el conocimiento que se tiene sobre ellos es mínimo. Luego el sistema adecuara la configuración del ambiente de acuerdo a las características particulares del usuario obtenidas a través de la captura de conocimiento del usuario en el ambiente domótico (monitoreo).
Dependencia y Flujo.	Tareas precedentes: la tarea general Iniciar sistema (Inicio) Tareas siguientes: la tarea general Registrar usuario (Registro) Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)
Objetos Manipulados.	<i>Objetos de entrada:</i> Información de perfil obtenida a través de una interfaz <i>Objetos de salida:</i> nuevos perfiles de usuario, perfiles de usuario actualizados.
Tiempo y Control.	<i>Frecuencia:</i> cada vez que se el usuario administrador desee ingresar

	<p>un perfil nuevo o cada vez que un usuario registrado desee actualizar su perfil</p> <p><i>Duración:</i> el ingreso y procesado de la información puede durar aproximadamente unos 60 segundos</p> <p><i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas, formularios de perfil listos.</p> <p><i>Poscondiciones:</i> perfiles de usuarios completos y listos para ser utilizados.</p>
Agentes.	Usuarios del sistema
Conocimiento y Competencias.	Los expresados en OM-3
Recursos.	Interfaz de usuario, Bases de datos.

Formulario 3 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Gestionar Perfiles (GesPer)*

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Registro
Organización.	Control Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Identificar al usuario presente en el ambiente domótico para asignarle un perfil de usuario. Esta tarea es importante porque permite establecer en un principio las características que debe tener el ambiente de acuerdo a ese perfil.
Dependencia y Flujo.	<p>Tareas precedentes: la tarea general Iniciar sistema (Inicio)</p> <p>Tareas siguientes: la tarea general configurar ambiente (Configurar)</p> <p>Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)</p>
Objetos Manipulados.	<p><i>Objetos de entrada:</i> Información de usuario obtenida a través de una interfaz</p> <p><i>Objetos de salida:</i> Usuario registrado dentro del sistema, Asignación de un perfil predeterminado, Configuración del ambiente según el perfil.</p> <p><i>Objetos internos:</i> diferentes perfiles de usuario, diferentes configuraciones del ambiente.</p>
Tiempo y Control.	<i>Frecuencia:</i> cada vez que se alerte al sistema del ingreso de un

	<p>usuario al ambiente.</p> <p><i>Duración:</i> el procesado de la información puede durar aproximadamente unos 15 segundos</p> <p><i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas, al menos un usuario entrando al ambiente domótico</p> <p><i>Poscondiciones:</i> dispositivos domóticos activados, base de actividades realizadas por usuario.</p>
Agentes.	Sistema de control domótico
Conocimiento y Competencias.	Los expresados en OM-3
Recursos.	Interfaz de usuario, Bases de datos.

Formulario 4 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Registrar usuario (Registro)*

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Monitoreo
Organización.	Control Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Monitorear las acciones ejercidas sobre los dispositivos para establecer o refinar características de usuario. Esta tarea es importante porque permite conocer las acciones realizadas sobre los dispositivos y a partir de la información del dispositivo manipulado poder identificar características particulares del usuario.
Dependencia y Flujo.	<p>Tareas precedentes: la tarea general Registrar Usuario (Registro)</p> <p>Tareas siguientes: la tarea general configurar ambiente (Configurar)</p> <p>Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)</p>
Objetos Manipulados.	<p><i>Objetos de entrada:</i> cambio de estado en los dispositivos domóticos</p> <p><i>Objetos de salida:</i> información del dispositivo afectado tal como función, ubicación, estado, hora del evento, etc.</p> <p><i>Objetos internos:</i> estados que puede tomar el dispositivo</p>
Tiempo y Control.	<p><i>Frecuencia:</i> cada vez que se presente un evento el ambiente.</p> <p><i>Duración:</i> esta tarea puede realizarse todo el tiempo desde el momento en que se lanza el sistema.</p> <p><i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas,</p>

	dispositivos activados y en correcto funcionamiento. <i>Poscondiciones:</i> servicios informáticos para almacenar datos, base de actividades realizadas por usuario.
Agentes.	Sistema de control domótico
Conocimiento y Competencias.	Los expresados en OM-3
Recursos.	Bases de datos, dispositivos domóticos

Formulario 5 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Monitorear dispositivos (Monitoreo)*

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Configurar ambiente
Organización.	Control Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Establecer buenas condiciones para desarrollar la actividad. Esta tarea es importante porque permite establecer la mejor configuración del ambiente para que el usuario desarrolle la actividad.
Dependencia y Flujo.	Tareas precedentes: la tarea general Registrar usuario (Registro) Tareas siguientes: la tarea general Controlar ambiente (ConAmb) Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)
Objetos Manipulados.	<i>Objetos de entrada:</i> datos de usuario, datos de eventos domóticos. <i>Objetos de salida:</i> actividades a realizar por el usuario, condiciones del ambiente según la actividad a desarrollar <i>Objetos internos:</i> Información de usuario, información de actividades, información de dispositivos, estudios de comodidad sensorial (visual, térmica)
Tiempo y Control.	<i>Frecuencia:</i> cada vez que se presenta un evento dentro del ambiente domótico. <i>Duración:</i> el procesado de la información puede durar aproximadamente unos 15 segundos <i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas, eventos identificados, usuario identificado.

	<i>Poscondiciones:</i> dispositivos domóticos activos.
Agentes.	Sistema de control domótico
Conocimiento y Competencias.	Los expresados en OM-3
Recursos.	Bases de datos, dispositivos domóticos, software de desarrollo propio y comercial

Formulario 6 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Configurar el ambiente*
(*Configuración*)

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Controlar ambiente
Organización.	Control Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Controlar los dispositivos del ambiente para generar las condiciones requeridas. Esta tarea es importante porque se controlan los dispositivos del ambiente domótico para generar las mejores condiciones para el usuario.
Dependencia y Flujo.	Tareas precedentes: la tarea general Configurar ambiente (Configurar) Tareas siguientes: Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)
Objetos Manipulados.	<i>Objetos de entrada:</i> condiciones del ambiente. <i>Objetos de salida:</i> estados de los dispositivos <i>Objetos internos:</i> información de dispositivos.
Tiempo y Control.	<i>Frecuencia:</i> cada vez que se presenta un evento dentro del ambiente domótico. <i>Duración:</i> el control de los dispositivos es inmediato <i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas, eventos identificados, usuario identificado, condiciones del ambiente determinadas <i>Poscondiciones:</i> respuesta del usuario
Agentes.	Sistema de control domótico
Conocimiento y	Los expresados en OM-3

Competencias.	
Recursos.	Bases de datos, dispositivos domóticos, software de desarrollo propio y comercial

Formulario 7 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Controlar el ambiente*
(ConAmb)

Modelo de Tarea.	Análisis de Tarea.
Tarea general	Registrar fallas
Organización.	Control Ambiente domótico
Objetivo y Valor.	Registrar acciones erróneas corregidas por el usuario o fallos en los dispositivos. Esta tarea es importante porque se almacena un historial de las acciones tomadas por el sistema que fueron corregidas por el usuario actual.
Dependencia y Flujo.	Tareas precedentes: la tarea general controlar ambiente (ConAmb) Tareas siguientes: Tareas concurrentes: la tarea general Monitoreo de dispositivos (Monitoreo)
Objetos Manipulados.	<i>Objetos de entrada:</i> acciones de control. <i>Objetos de salida:</i> <i>Objetos internos:</i>
Tiempo y Control.	<i>Frecuencia:</i> cada vez que se presenta una corrección de la acción tomada por el sistema <i>Duración:</i> <i>Precondiciones:</i> Sistema de control activado, bases de datos listas, eventos identificados, usuario identificado, condiciones del ambiente determinadas <i>Poscondiciones:</i> respuesta del usuario
Agentes.	Sistema de control domótico
Conocimiento y Competencias.	Los expresados en OM-3
Recursos.	Bases de datos

Formulario 8 TM-1: Descripción refinada de la tarea general *Registrar fallas* (*RegFallas*)

En los anexos se presentan una descripción de las tareas desarrolladas por el usuario dentro del ambiente domótico tenidas en cuenta para el desarrollo de este modelo y catalogadas por la zona o localidad en donde se desarrollan, además serán soportadas en la plantilla de tareas TM-1 que sugiere la metodología CommonKADS.

3.3 MODELO DE AGENTES

Este modelo hace una descripción sobre las características de los agentes que, como se menciono anteriormente pueden ser tanto humanos, programas o dispositivos. A cada Agente se le especifica el tipo, las responsabilidades a cargo y sus respectivas tareas, las restricciones, y el grado de autonomía del mismo para interactuar con el entorno.

En este caso se ha identificado un agente principal, quien será, o tendrá a cargo la gestión de la mayoría de las tareas relacionadas con la configuración de las características del ambiente domótico; este es el sistema de control basado en el conocimiento. No obstante el usuario también será identificado como agente del sistema, ya que de igual forma este interactúa con el ambiente domótico, pero su prioridad no será la configuración del ambiente como sí lo es para el sistema de control.

Para especificar las características, se hará uso de la plantilla AM-1 la cual se propone para soportar este modelo, dentro de la metodología de diseño CommonKADS.

Modelo de Agentes	Hoja de trabajo AM-1
Nombre.	Sistema de Control Domótico.
Organización.	Ambiente domótico.
Implicado en.	Configuración del ambiente domótico.
Se comunica con.	Usuario del sistema, elementos domóticos.
Conocimiento.	Perfiles de usuario, conocimiento de dispositivos.
Otras competencias.	
Responsabilidades y restricciones.	Ajustar el ambiente domótico dependiendo de los perfiles de usuario

Formulario 9 AM-1 Especificación de Agente *Sistema de Control Domótico*

Modelo de Agentes	Hoja de trabajo AM-1
Nombre.	Usuario del sistema.
Organización.	Ambiente domótico.
Implicado en.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programación inicial del sistema de gestión. ▪ Interacción con los elementos domóticos del edificio,
Se comunica con.	Sistema de gestión, elementos domóticos.
Conocimiento.	Requerimientos propios necesarios para realizar las actividades de usuario, útil para validar el desempeño del sistema de control domótico.
Otras competencias.	
Responsabilidades y restricciones.	Ajustar el ambiente domótico dependiendo de los perfiles de usuario

Formulario 10 AM-1 Especificación de Agente *Usuario del Sistema*

3.4 MODELO DE CONOCIMIENTO

3.4.1 Conocimiento de tareas

De acuerdo a [26] el conocimiento de tarea describe como un objetivo dado es llevado a cabo. Está directamente relacionado con cómo las inferencias pueden ser aplicadas para solucionar un problema objetivo. Una tarea puede ser considerada como un cascaron que encapsula una o más inferencias.

En la Figura 2 se presenta un árbol de tareas en donde se propone una descomposición del problema global hasta llegar a problemas más específicos de fácil solución. Cada una de estas tareas sólo quedará resuelta en su totalidad cuando todas sus subtareas hayan sido procesadas y evaluadas. Hay tres formas en las cuales una tarea puede ser llevada a cabo; a través de la aplicación de inferencias, a través de la división en subtareas, o a través de la transferencia de su ejecución a actores externos (usuarios, otros sistemas).

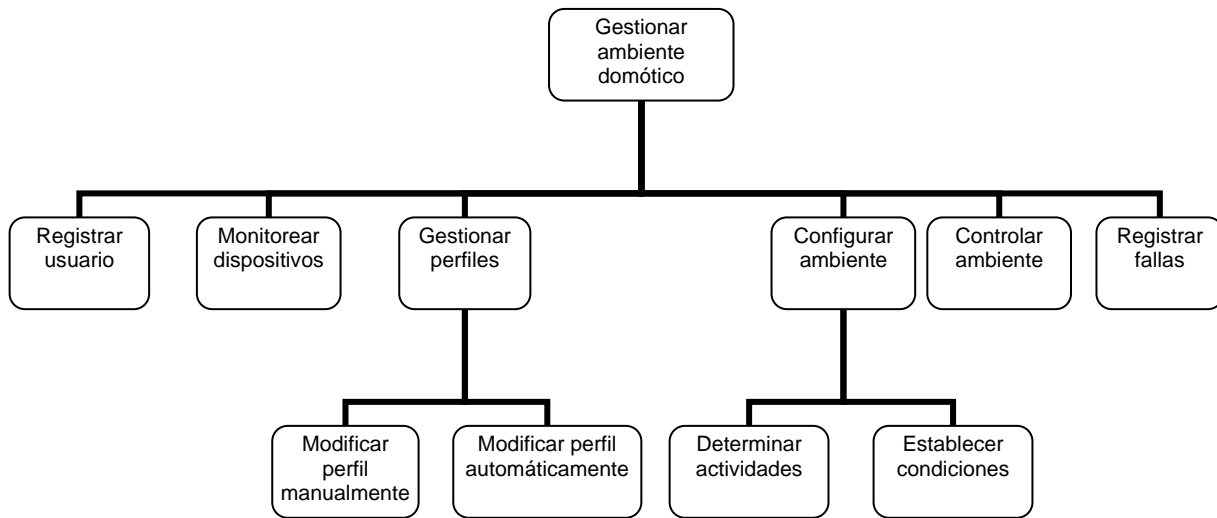


Figura 2 Tareas que debe realizar el sistema

A continuación se hace un análisis y descomposición de cada una de las tareas propuestas en la Figura 2.

En la Figura 3 se realiza la descomposición de la tarea general *Registrar usuario* y posteriormente se muestra el método de cómo esta puede ser llevada a cabo.

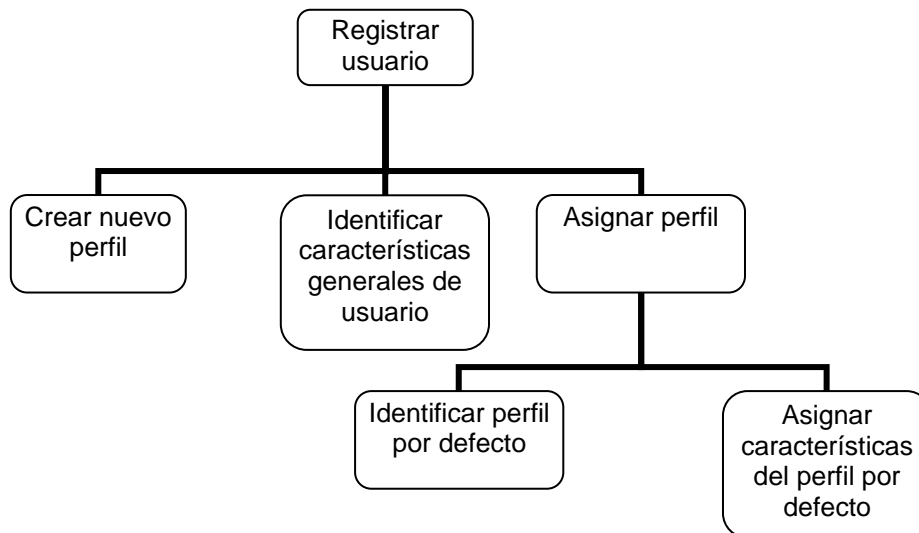


Figura 3 Descomposición de la tarea general *Registrar usuario*

Tarea de nivel superior: Registra usuario

Tarea: Crear perfil

Agentes: sistema de control

Objetos: usuario, perfil

Objetivo: desplegar el formulario de nuevo perfil a través de una interfaz de usuario, creando un archivo con el nombre del usuario en donde se encuentra almacenada toda la información de este.

Tarea de nivel superior: Registra usuario

Tarea: Identificar características generales de usuario

Agentes: sistema de control

Objetos: perfil

Objetivo: capturar la información de interés para la asignación de perfiles por defecto, puede ser información relacionada con la edad, sexo, ocupación, etc., que proporcione una caracterización básica del usuario.

Tarea de nivel superior: Asignar perfil

Tarea: Identificar perfil por defecto

Agentes: sistema de control

Objetos: usuario, perfil

Objetivo: establecer un tipo de perfil inicial para cada usuario.

Precondiciones: usuario identificado

I/O:

Entradas:

Nombre	Descripción	Valor	Id
Sexo	Condición orgánica, masculina o femenina de las personas	Masculino Femenino	MA FE
Edad	Determina la época de la vida en la que se encuentra el usuario	Niño Joven Adulto	NI JO AD

		Adulto mayor	AM
Ocupación	Hace referencia al oficio de un usuario	Estudiante	EST
		Ama de casa	EMP
		Empleado	ADC
		Otro	OTR

Salidas:

Nombre	Descripción	Valor	Id
Tipo perfil	Hace referencia al tipo de perfil al cual pertenece el usuario	Hombre-adulto-empleado	HAEM
		Hombre-adulto-estudiante	HAES
		Hombre-adulto-otro	HAO
		Mujer-adulto-empleado	MAEM
		Mujer-adulto-ama de casa	MAAC
		Mujer-adulto-estudiante	MAES
		Mujer-adulto-otro	MAO
		Hombre-joven-empleado	HJEM
		Hombre-joven-estudiante	HJES
		Hombre-joven-otro	HJO
		Mujer-joven-empleado	MJEM
		Mujer-joven-ama de casa	MJAC
		Mujer-joven-estudiante	MJES
		Mujer-joven-otro	MJO
		Hombre-niño-estudiante	HNES
		Mujer-niño-estudiante	MNES
		Hombre-adulto mayor	HAM
Mujer-adulto mayor	MAM		

Poscondiciones: tipo de perfil definido

Método de tarea: Inferencias

Control: En las inferencias

Este es un ejemplo de cómo se le puede dar solución a la tarea de asignación de perfiles por defecto, los perfiles por defecto definido anteriormente pueden variar de acuerdo al grado de caracterización que se le quiera dar a los usuarios del sistema.

- Seudoreglas

Nombre de la regla	Texto de la regla
R1	SI Edad > {1,2,..., 100} Y Edad < {1,2,..., 100} ENTONCES Tipo Edad = {niño, joven, adulto, anciano}
R2	SI Día = {lunes, martes, miércoles, jueves, viernes} ENTONCES Periodo semana = {Entre semana}
R3	SI Tipo de Edad = {niño, joven, adulto, anciano} Y Sexo = {Masculino, Femenino} Y Ocupación = {Estudiante, Empleado, ...} Y Periodo semana = {Fin de semana, Entre semana} ENTONCES Tipo perfil = {HAEM, HAES, HAO, MAEM, ...}

Descripción de variables

Edad

Niño: 5 – 13 años

Joven: 14 – 17 años

Adulto : 18 – 55

Adulto mayor: 56 en adelante

Tarea de nivel superior: Asignar perfil

Tarea: Asignar características del perfil por defecto

Agentes: sistema de control

Objetos: perfil, perfil ambiental

Objetivo: establecer una configuración inicial de los dispositivos domóticos activándolos o desactivándolos de acuerdo al perfil inicial establecido y a las características propias del ambiente.

Precondiciones: usuario identificado, perfil definido

I/O:

Entradas:

Atributo	Descripción	Valor	Id
Tipo perfil	Perfil por defecto al cual corresponde el nuevo usuario	Hombre-adulto-empleado	HAEM
		Hombre-adulto-estudiante	HAES
		Mujer-adulto-empleado	MAEM
		Mujer-adulto-ama de casa	MAAC
	
	

Salidas:

Concepto	Atributo	Descripción	Valor	Id
Perfil ambiental	Iluminación	representa los diferentes parámetros ambientales tales como iluminación, temperatura, humedad, presión, etc.	Alta	
	Temperatura		Media	
	Humedad ...		Baja	
Dispositivo	Estado		On Off	

Poscondiciones:

Método de tarea: Inferencias

Control: En las inferencias

- Seudoreglas

Nombre de la regla	Texto de la regla
R1	SI $x < \text{Temperatura} < y$

	<p>ENTONCES</p> <p>Temperatura = {alta, media, baja}</p> <p>...</p>
R2	<p>SI Temperatura = {Alta, Media, Baja}</p> <p>Y Humedad = {Alta, Media, Baja}</p> <p>Y Jornada = (mañana, tarde, noche)</p> <p>ENTONCES</p> <p>Perfil ambiental = {día caluroso, tarde húmeda...}</p>
R3	<p>SI Tipo perfil = hombre joven</p> <p>Y Perfil ambiental = tarde calurosa</p> <p>ENTONCES</p> <p>Estado aire acondicionado = encendido</p> <p>Temperatura aire acondicionado = 18°</p>

Los rangos de las variables *alta*, *media* y *baja* pueden ser definidos dependiendo de la ubicación y del programador y pueden ser implementadas utilizando reglas de producción o lógica fuzzy. En la tabla anterior se muestra un ejemplo en donde se define la variable *temperatura* utilizando reglas de producción.

En la Figura 4 se muestra la descomposición de la tarea general *Gestionar perfiles* y a continuación se realiza su análisis y planteamiento del método de solución:

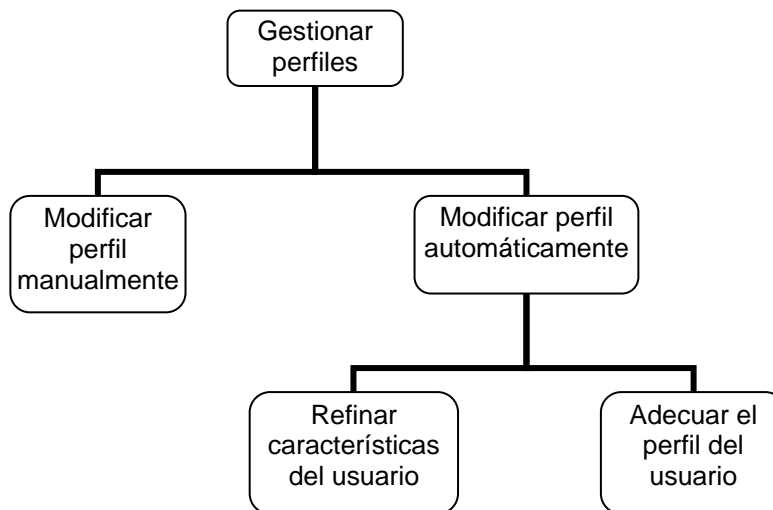


Figura 4 Descomposición de la tarea general *Gestionar perfiles*

Tarea de nivel superior: Gestionar perfiles

Tarea: Modificar perfil manualmente

Agentes: sistema de control

Objetos: perfil

Objetivo: desplegar el formulario del perfil actual a través de una interfaz de usuario, para realizar modificaciones en la información de usuario.

Tarea de nivel superior: Modificar perfil automáticamente

Tarea: Refinar características del usuario

Agentes: sistema de control

Objetos: usuario, perfil

Objetivo: Refinamiento de las características del usuario a través de la captura de conocimiento del usuario dentro del ambiente domótico, puede ser a través del monitoreo de acciones ejercidas sobre los dispositivos, pero también puede ser sobre otros aspectos, puede ser de manera permanente o hasta que el perfil se estabilice.

Precondiciones: Características generales de usuario identificadas, características de perfil por defecto asignadas

Poscondiciones: refinación del perfil recurrente

Tarea de nivel superior: Modificar perfil automáticamente

Tarea: Adecuar el perfil del usuario

Agentes: sistema de control

Objetos: usuario, perfil

Objetivo: Aplicación de reglas para la adecuación del nuevo perfil a las características particulares del usuario.

Precondiciones: Características particulares de usuario identificadas

Poscondiciones: refinación del perfil recurrente

En la Figura 5 se muestra la descomposición de la tarea general *Configurar ambiente* propuesta anteriormente, posteriormente se establece su método de solución.

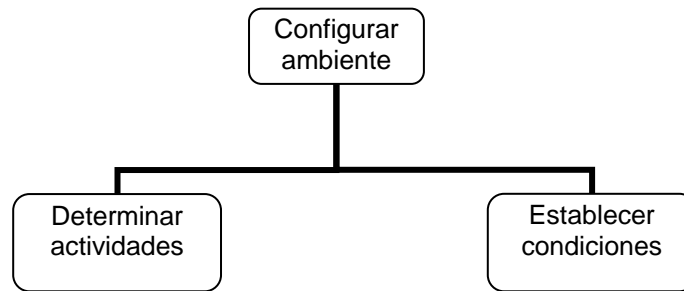


Figura 5 Descomposición de la tarea general *Configurar ambiente*

Para determinar las actividades que se pueden llegar a realizar dentro del ambiente domótico, se hace necesario tener como punto de partida un evento domótico, que permita iniciar una secuencia de los mismos, que van a ser el medio por el cual se va a inferir las actividades que posiblemente llegaran a realizarse dentro de determinada localidad.

Tarea de nivel superior: Configurar ambiente

Tarea: Determinar actividades

Agentes: sistema de control

Objetos: perfil, usuario, actividades

Objetivo: Determinar las actividades que está realizando el usuario

Precondiciones: usuario identificado

Entradas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
ID dispositivo sensor de presencia e ID dispositivo adicional.	Identificador único de dispositivo.	String	E1.
Hora del sistema.	Permite conocer a qué hora se realiza el registro.	String	E2.

Cuando se cita el “ID de dispositivo adicional”, quiere decir que se hace necesario conocer que otro dispositivo, está siendo objeto de uso.

Salidas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
Actividad identificada.	Es la actividad que se va a realizar dentro de la localidad.	String	S1.

A continuación se presenta un ejemplo de cómo las actividades pueden llegar a ser determinadas haciendo uso de inferencias a partir de los datos de entrada. Cabe señalar que las actividades han sido caracterizadas dependiendo de la hora en que usualmente se realizan.

Nombre de la regla	Texto de la regla
R1	<p>SI ID dispositivo = Sp3. Y Hora del sistema = 7:30 a.m. ENTONCES Actividad identificada = Despertando</p>
R2	<p>SI ID dispositivo = (Sp2 o Sp3.) & T1. Y Hora del sistema = 8:40 p.m. ENTONCES Actividad identificada = ver televisión.</p>

Las actividades desarrolladas por el usuario dentro del ambiente domótico pueden llegar a ser infinitas, pero para el desarrollo de este trabajo se han tenido en cuenta sólo algunas de ellas (ver anexos), sin embargo esto no limita el establecimiento de condiciones para todas las actividades que se tengan en cuenta a la hora de implementar este modelo, sólo que para fines prácticos mostramos como sería el proceso para las actividades definidas.

Se ha determinado que las tareas a realizarse dentro del ambiente domótico tendrán en común elementos de entrada como de salida, lo cual permitirá emplear una plantilla estándar para modelar el conjunto de tareas que se muestran a continuación.

Tarea de nivel superior: Configurar ambiente

Tarea: Establecer condiciones

Agentes: sistema de control

Objetos: perfil, dispositivos

Objetivo: establecer buenas condiciones para el desarrollo de las actividades de usuario

Precondiciones: usuario identificado

I/O:

Entradas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
ID dispositivo activado.	Identificador único del dispositivo. Permite conocer que dispositivo ha sido activado.	String	E1.
Jornada	Conocer a qué hora se realiza usualmente esta actividad	String.	E2.
Actividad.	Actividad a realizarse.	String	E3.
Perfil.	Perfil de usuario cargado.	String	E4

Salidas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
Elemento domótico manipulado.	Elemento que será controlado con el fin de brindar las condiciones necesarias.	String.	S1.
Estado elementos de salida.	Estado del elemento domótico.	String (encendido, apagado).	S2.
Nivel.	Nivel de los elementos domóticos del sistema.	String.(alto, medio, bajo)	S3.

Nombre de la actividad: *Socializando*

Objetivo: Brindar las condiciones necesarias para que el usuario se encuentre a gusto con las condiciones de iluminación.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar las condiciones para que el usuario se encuentre a gusto.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp1.	Mañana.	Socializando.	Perfil	Di1.	Apagado.	-
				Dp1.	Encendido.	-
Sp1.	Tarde.	Socializando.	Perfil	Di1.	Encendido.	Medio.
				Dp1.	Encendido.	-
Sp1.	Noche.	Socializando.	Perfil	Di1.	Encendido.	Alto.
				Dp1.	Apagado.	-

Nombre de la actividad: *Despertando*

Objetivo: Brindar las condiciones necesarias para que el usuario tenga un ameno despertar.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar las condiciones preferidas para el usuario para que este tenga un ameno despertar.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
(Sp2 o Sp3).	Mañana.	Despertando	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-
				Dp2, Dp3.	Encendido.	-

- Dependiendo de las preferencias de usuario, tanto el estado, como los niveles de los dispositivos Dp2 y Dp3 podrán variar.

Nombre de la actividad: *Descansando*

Objetivo: Tomar un descanso a mitad del día con el fin de reponer energía.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar buenas condiciones para el usuario.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
(Sp2 o Sp3).	Tarde.	Descansando	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-
				Dp2, Dp3.	Encendido.	-

Nombre: *Durmiendo*

Objetivo: Descansar después de un día de trabajo, estudio, o actividades diarias.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar buenas condiciones para el usuario.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
(Sp2 o Sp3).	Noche	Dormir.	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-
				Dp2, Dp3.	Apagado.	-

Nombre: *Ver Televisión*

Objetivo: Hacer uso del televisor, como medio de entretenimiento o información.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar buenas condiciones de iluminación (por ejemplo), para el usuario.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
(Sp2 o Sp3.) & T1.	Mañana.	Ver Televisión.	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-

				Dp2, Dp3.	Apagado.	-
(Sp2 o Sp3.) & T1.	Tarde.	Ver Televisión.	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-
				Dp2, Dp3.	Apagado.	-
(Sp2 o Sp3.) & T1.	Noche.	Ver Televisión.	Perfil	Di2, Di3.	Apagado.	-
				Dp2, Dp3.	Apagado.	-

Nombre: *Aseo Diario*

Objetivo: Realizar las actividades relacionadas con el aseo diario.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar las condiciones de temperatura del agua preferidas para el usuario.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp4.	Mañana.	Aseo Diario.	Perfil	Di4.	Encendido.	Medio.
				Tc1.	Encendido.	-

Nombre: *Ducharse*

Objetivo: Tomar una ducha al final de una jornada laboral, escolar, etc.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar las condiciones de temperatura del agua preferidas para el usuario.

Inferencias						
Entradas.				Salidas.		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp4.	Tarde.	Ducha.	Perfil	Di4.	Encendido.	Medio.
				Tc1.	Apagado.	-

Sp4.	Noche.	Ducha.	Perfil	Di4.	Encendido.	Alto.
				Tc1.	Encendido.	-

Nombre: *Uso*

Objetivo: Hacer uso de esta localidad.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán los elementos domóticos con el fin de proporcionar las condiciones de iluminación para hacer uso del espacio.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp4.	Mañana.	Uso.	Perfil	Di4.	Encendido.	Medio.
				Tc1.	Apagado.	-
Sp4.	Tarde.	Uso.	Perfil	Di4.	Encendido.	Alto.
				Tc1.	Apagado.	-
Sp4.	Noche.	Uso.	Perfil	Di4.	Encendido.	Alto.
				Tc1.	Apagado.	-

Nombre: *Desayunando*

Objetivo: Preparar alimentos en horas de la mañana.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, además los relacionados con la preparación de alimentos, especialmente en horas de la mañana.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.

Sp8. & Tc2.	Mañana.	Desayunando	Perfil	Di8.	Encendido.	Medio.
				Dp6.	Encendido.	-

Nombre: *Almorzando*

Objetivo: Preparar alimentos a medio día.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, además los relacionados con la preparación de alimentos, especialmente en horas de la mañana.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp8.	Tarde.	Almorzando	Perfil	Di8.	Apagado.	-
				Dp6.	Encendido.	-

Nombre: *Cenando*

Objetivo: Preparar alimentos a medio día.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, además los relacionados con la preparación de alimentos.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp8.	Noche.	Cenando	Perfil	Di8.	Encendido.	Alto.
				Dp5.	Encendido.	-

Nombre: *Usando Dispositivo de Video*

Objetivo: Emplear los dispositivos de video como elementos de distracción.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, para crear las condiciones de iluminación necesarias para poder hacer uso de la mejor forma de los dispositivos de video.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp6 & Tc3.	Mañana.	Usando dispositivo de video.	Perfil	Di6.	Encendido.	Bajo.
				Dp5.	Apagado.	-
Sp6 & Tc3.	Tarde.	Usando dispositivo de video.	Perfil	Di6.	Encendido.	Bajo.
				Dp5.	Apagado.	-
Sp6 & Tc3.	Noche.	Usando dispositivo de video.	Perfil	Di6.	Encendido.	Bajo.
				Dp5.	Apagado.	-

Nombre: *Reunirse*

Objetivo: Hacer uso de esta localidad como centro de reuniones.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, para crear las condiciones de iluminación necesarias para poder tener un espacio de reuniones agradable.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp6.	Mañana.	Reunirse	Perfil	Di6.	Apagado.	-
				Dp5.	Encendido.	-
Sp6.	Tarde.	Reunirse	Perfil	Di6.	Encendido.	Bajo.
				Dp5.	Encendido.	-
Sp6.	Noche.	Reunirse	Perfil	Di6.	Encendido.	Alto.
				Dp5.	Encendido.	-

Nombre: *Tomar alimentos.*

Objetivo: Hacer uso de esta localidad como espacio para tomar los alimentos, ya sea el desayuno, el almuerzo o la cena.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: se manipularán elementos domóticos tales como luces y persianas, relacionados con la iluminación.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp9.	Mañana.	Tomar alimentos.	Perfil	Di9.	Apagado	-
				Dp7.	Encendido.	-
Sp9.	Tarde.	Tomar alimentos.	Perfil	Di9.	Encendido.	Medio.
				Dp7.	Encendido.	-
Sp9.	Noche.	Tomar alimentos.	Perfil	Di9.	Encendido.	Alto.
				Dp7.	Apagado.	-

Nombre: *Estudiando*

Objetivo: adecuar esta zona para realizar actividades relacionadas con el estudio.

Entrada: Sensores, elementos domóticos, hora del sistema.

Salida: condiciones ambientales idóneas.

Especificación: Esta actividad está enfocada al uso primordial de esta zona, para realizar actividades relacionadas con el desarrollo de trabajo mental, lectura, etc.

Inferencias						
Entradas				Salidas		
E1.	E2.	E3.	E4.	S1.	S2.	S3.
Sp5.	Mañana.	Estudiando	Perfil	Di5.	Encendido.	Medio.
				Dp4.	Apagado.	-
Sp5.	Tarde.	Estudiando	Perfil	Di5.	Encendido.	Alto.
				Dp4.	Apagado.	-

Sp5.	Noche.	Estudiando	Perfil	Di5.	Encendido.	Alto.
				Dp4.	Apagado.	-

Las salidas que aquí se presentan se estimaron como salidas por defecto, independientemente de cualquier perfil. A partir de que el sistema de gestión tenga cargado algún perfil debido a cualquier usuario registrado dentro del sistema, las salidas que se obtendrán, estarán directamente relacionadas con las preferencias del usuario que se encuentre en ese momento interactuando con el sistema de gestión domótico.

Tarea de nivel superior: Gestionar ambiente domótico

Tarea: Registrar fallas

Agentes: sistema de control

Objetos: dispositivos

Objetivo: El registro de fallas está enfocado a la detección de mal funcionamiento del sistema. Este registro va desde la detección de un estado de fallo en cualquier dispositivo domótico dentro del ambiente, hasta fallos del mismo sistema de gestión. La idea de esta tarea es encontrar errores del sistema para desarrollar una posterior depuración del mismo.

Precondiciones:

I/O:

Entradas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
ID dispositivo.	Identificador único del dispositivo.	String	E1.
Hora del sistema.	Permite conocer a qué hora se realiza el registro de falla.	String.	E2.
Estado dispositivo del sistema.	Conocimiento del estado del mismo.	String	E3.

Salidas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
Evento Domótico	Presenta un estado de alarma debido al malfuncionamiento de alguno de los elementos	String.	S1.

Alarma.	domóticos.		
---------	------------	--	--

Un ejemplo de reglas, en el cual se presenta tanto un posible caso de fallo en un determinado dispositivo, como lo que implica un funcionamiento normal en el mismo se muestra a continuación:

Nombre de la regla	Texto de la regla
R1	<p>SI ID dispositivo = Di1. Y Hora del sistema = 8:30 a.m. Y Estado dispositivo del sistema = On_line.Falla</p> <p>ENTONCES Evento_Domótico.Alarma = True.</p>
R2	<p>SI ID dispositivo = Di1. Y Hora del sistema = 6:50 p.m. Y Estado dispositivo del sistema = On_line.ON.Total</p> <p>ENTONCES Evento_Domótico.Alarma = False.</p>

Como se mencionaba en principio, la hora del sistema nos permite conocer un dato temporal que será registrado con el ánimo de verificar el tiempo en el cual el fallo se presente.

Tarea de nivel superior: Gestionar ambiente domótico

Tarea: Controlar ambiente

Agentes: sistema de control

Objetos: dispositivos

Objetivo: Esta tarea tiene como propósito el de controlar los dispositivos del ambiente para generar las condiciones requeridas por el usuario, o requeridas por un perfil inicial. Los objetos manipulados serán los elementos domóticos, a quienes se les cambiará sus estados de salida, para así alcanzar tal fin. Esta tarea tomará información proveniente de otras tareas para ejercer su labor.

Precondiciones: usuario identifica, condiciones establecidas

I/O:

Entradas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
Elemento domótico manipulado.	Elemento que será controlado con el fin de brindar las condiciones necesarias.	String.	E1.
Estado elementos de salida.	Estado del elemento domótico.	String (encendido, apagado).	E2.
Nivel.	Nivel de los elementos domóticos del sistema.	String.(alto, medio, bajo)	E3.

Salidas:

Nombre	Descripción	Tipo	Identificador
Activar elementos.	Permite la activación de los dispositivos finales de control del entorno domótico	Bolean (on, off).	S1, S2, S3.

Para ver la salida que representan o implican este conjunto de entradas, a continuación presentaremos un conjunto de reglas de salida.

Nombre de la regla	Texto de la regla
R1	<p>SI Elemento domótico manipulado = Di1. Y Estado elementos de salida = Encendido. Y Nivel = Medio.</p> <p>ENTONCES</p> <p>Activar Elementos = D1.1 = On. D1.2 = On. D1.3 = Off.</p>
R2	<p>SI Elemento domótico manipulado = Di8. Y Estado elementos de salida = Encendido. Y Nivel = Alto.</p> <p>ENTONCES</p> <p>Activar Elementos = D8.1 = On. D8.2 = Off.</p>

	D8.3 = Off.
--	-------------

A continuación se presenta un listado de cómo se puede identificar los dispositivos domóticos que serán empleados tanto como elementos de entrada como de salida, estos identificadores serán posteriormente empleados en el modelo de tareas, que permitirán establecer las condiciones del ambiente domótico teniendo en cuenta el perfil de usuario.

Descripción	Localidad	Identificador
Sensor de presencia.	Sala.	Sp1.
Sensor de presencia.	Alcoba niño.	Sp2.
Sensor de presencia.	Alcoba.	Sp3.
Sensor de presencia.	Cuarto de Baño.	Sp4.
Sensor de presencia.	Estudio.	Sp5.
Sensor de presencia.	Sala de video.	Sp6.
Sensor de presencia.	Cuarto de Ropas.	Sp7.
Sensor de presencia.	Cocina.	Sp8.
Sensor de presencia.	Comedor.	Sp9.
Sensor de presencia.	Puerta de ingreso.	Sp10.
Dispositivos de Iluminación.	Sala.	Di1.
Dispositivos de Iluminación.	Alcoba niño.	Di2.
Dispositivos de Iluminación.	Alcoba.	Di3.
Dispositivos de Iluminación.	Cuarto de Baño.	Di4.
Dispositivos de Iluminación.	Estudio.	Di5.
Dispositivos de Iluminación.	Sala de video.	Di6.
Dispositivos de Iluminación.	Cuarto de Ropas.	Di7.
Dispositivos de Iluminación.	Cocina.	Di8.
Dispositivos de Iluminación.	Comedor.	Di9.
Persianas.	Sala.	Dp1.
Persianas.	Alcoba niño.	Dp2.
Persianas.	Alcoba.	Dp3.
Persianas.	Estudio.	Dp4.
Persianas.	Sala de video.	Dp5.

Persianas.	Cocina.	Dp6.
Persianas.	Comedor.	Dp7.
Calefacción.		Dc1.
Cerradura.	Puerta de Ingreso.	C1.
Toma Televisor.	Alcoba.	T1.
Toma Calentador.	Cuarto de Baño.	Tc1.
Toma Cafetera.	Cocina.	Tc2.
Toma elementos de video	Sala de video.	Tc3.
Panel identificación.	Puerta de ingreso.	Pi1.

Tabla 1 Descripción de los elementos domóticos.

Ahora presentamos una descripción más detallada de cómo los dispositivos domóticos presentados en la tabla 1 están caracterizados.

Dispositivos de iluminación: considerando que el protocolo de comunicación utilizado dentro de la instalación domótica es el Protocolo X10, que permite hacer un control ON-OFF en sus elementos finales de control; para obtener los niveles ALTO, MEDIO Y BAJO que se presentan en la tabla, se hace necesario tener un arreglo de lámparas que permitan alcanzar tal fin. Para efectos prácticos y en el caso de iluminación el problema de los niveles puede resolverse de la siguiente manera:

Las localidades del ambiente domótico estarán dotadas con un arreglo de 3 lámparas que permitirán de forma práctica alcanzar los niveles requeridos.

Estas lámparas además tendrán un identificador heredado por la localidad en la que se encuentren. A continuación presentamos cada elemento final de iluminación con su respectivo identificador.

Nivel de Iluminación	Lámpara 1	Lámpara 2	Lámpara 3
Nivel Alto.	On.	On.	On.
Nivel Medio.	On.	On.	Off.
Nivel Bajo	On.	Off.	Off.
Apagado.	Off.	Off.	Off.

Por ejemplo, los elementos de iluminación localizados en la localidad “sala” pueden tener la siguiente identificación:

	Lámpara 1	Lámpara 2	Lámpara 3
ID Dispositivo	Di1.1.	Di1.2.	Di1.3.

Sensores de Presencia: estos elementos domóticos han sido diseñados para detectar la presencia de un usuario dentro de cualquier localidad en el ambiente domótico.

Estos elementos son los que permitirán iniciar las secuencias de control del ambiente, dado que la ejecución de estas está en función de la presencia del usuario dentro del ambiente. No obstante podrán existir secuencias de control que se ejecutarán cuando la presencia del usuario sea nula (ejemplos podrían ser secuencias de seguridad, en la que se hayan programado simulación de presencia).

Persianas: los elementos encargados de manipular las persianas son motores domóticos. Estos permitirán de manera automática abrir o cerrar estas, dependiendo de las preferencias de usuario. El sistema de gestión tendrá a cargo el envío de señales de control para así ejecutar las rutinas de control.

3.4.2 Conocimiento de dominio

Las principales metodologías que dan soporte al proceso de desarrollo de sistemas basados en conocimiento comparten la característica principal de promover la reutilización de conocimiento proporcionando y utilizando bibliotecas de componentes. En la literatura consultada se presenta que en estas metodologías, los candidatos principales para ser reutilizados son los PSM (Problem Solving Methods) y las Ontologías, siendo estas últimas las de principal interés dentro de este trabajo.

Los Problem Solving Methods hacen referencia a un modelo independiente del dominio y del método de formalización, que indica el proceso de razonamiento para resolver un problema concreto, como por ejemplo clasificación, diseño, diagnóstico, valoración de hipótesis, proponer-revisar, emparejamiento heurístico. Los Problem Solving Methods son

definidos sin pensar en el método de formalización, frente a los clásicos motores de inferencia de los Sistemas Expertos tradicionales que se basan en un tipo de representación del conocimiento específica [43].

Una de las primeras definiciones de *Ontología* conocida dentro del campo de la Inteligencia Artificial corresponde a Neches:

“Una ontología define los términos y relaciones básicos que comprenden el vocabulario de un área de interés, además de las reglas de combinación de términos y relaciones para extender dicho vocabulario” [34].

Actualmente, una de las definiciones más famosas y más referenciadas en la literatura es la de Gruber:

“Una ontología es una especificación formal y explícita de una conceptualización compartida. “Conceptualización” se refiere a un modelo abstracto del fenómeno en el mundo, mediante la identificación de conceptos relevantes de ese fenómeno. “Explícito” significa que el tipo de conceptos usados, y las restricciones en su uso están explícitamente definidos. “Formal” se refiere al hecho de que la ontología debe ser legible por la máquina.”Compartida” refleja que la ontología debe capturar conocimiento consensuado y aceptado por las comunidades” [35].

La definición empleada en el desarrollo de este trabajo es que una ontología es una base de conocimiento reutilizable, y una base de conocimiento es una representación explícita del conocimiento acerca de un dominio, expresada en un lenguaje formal, que usualmente se concibe como un conjunto de clases o conceptos, propiedades de cada concepto que describen sus características, atributos y restricciones, así como las relaciones existentes entre ellos.

Gruber propuso utilizar técnicas de Inteligencia Artificial, frames y lógicas de primer orden, para modelar ontologías, identificando 5 componentes básicos que se detallan a continuación:

- Conceptos: son las ideas a formalizar y representan los conceptos en el sentido más amplio. Los conceptos pueden representar conceptos abstractos (creencias, sentimientos, etc.) o conceptos específicos (persona, máquina, mesa, etc.)
- Relaciones: representan las interacciones entre los conceptos del dominio. Suelen formar la taxonomía del dominio, ejemplo de relaciones pueden ser subclase-de, parte-de, conectado-a, etc.
- Funciones: son tipos especiales de relaciones en donde se identifican elementos mediante el cálculo de una función que considera varios elementos de la ontología. Ejemplos de funciones pueden ser categorizar-clase, asignar-fecha, etc.
- Instancias: se utilizan para representar elementos o individuos determinados en una ontología.
- Axiomas: son teoremas que sirven para modelar sentencias que son siempre ciertas.

Como se ha visto la construcción de un modelo de dominio u ontología, es un paso importante en el desarrollo de sistemas basados en el conocimiento dadas las facilidades que proporcionan para compartir y reutilizar el conocimiento, así como para su recopilación, verificación y mantenimiento. No obstante, el proceso de construcción de dichos modelos es aún más un arte que un proceso de ingeniería [36].

Es conveniente tener en cuenta los siguientes principios para el diseño de la ontología: [35]

- Claridad y Objetividad: La ontología debe proporcionar al usuario el significado de los términos de forma objetiva y en lenguaje natural para facilitar su comprensión.
- Completitud: Las definiciones de conceptos deben expresarse en términos necesarios y suficientes.
- Coherencia: Se debe permitir hacer inferencias que sean consistentes con las definiciones.
- Extensibilidad: Las especializaciones o generalizaciones se deben poder incluir en la ontología sin necesidad de revisar las definiciones ya existentes.
- Principio de distinción ontológica: Las clases de una ontología deben ser disjuntas.

- Diversificación: Se han de diversificar las jerarquías incluidas para aumentar la potencia de los mecanismos de herencia múltiple.
- Estandarización: Usar un vocabulario universal siempre que sea posible.
- La distancia semántica entre conceptos emparentados debe ser mínima: los conceptos similares estarán agrupados y representados utilizando las mismas primitivas.
- Mínimo compromiso ontológico. Se debe hacer la menor cantidad posible de suposiciones acerca del mundo modelado.

En general las metodologías estudiadas para el diseño de ontologías, (presentadas en los anexos), proporcionan un conjunto de lineamientos que indican cómo hay que desarrollar una ontología identificando dos etapas generales; en la primera de ellas, se genera una descripción informal de la ontología; en la segunda etapa se formaliza la descripción mediante la implementación de un lenguaje formal.

Construcción del esquema del dominio

Partiendo del previo estudio que se realizó en torno a las metodologías de desarrollo de ontologías, se presenta a continuación el desarrollo del esquema del dominio. Cabe resaltar que la metodología que se sigue a continuación recopila los elementos más relevantes de las metodologías estudiadas. Una descripción de los pasos por los cuales está compuesta esta metodología se presenta en los anexos de este documento.

Identificación del propósito y del alcance:

El dominio de la ontología es la representación de un ambiente domótico en donde están presentes usuarios humanos que interaccionan con los diferentes dispositivos que en este ambiente se encuentran. Esta ontología se pretende usar en aplicaciones en donde sea necesario configurar el ambiente domótico teniendo como base las actividades de los usuarios.

Aquellos conceptos que describirán los diferentes tipos de dispositivos domóticos, el lugar en donde se encuentran y los actores que los manipulan formarán parte de esta ontología, probablemente no se tendrán en cuenta todos los dispositivos y características que

actualmente se encuentran dentro del campo de la domótica, como tampoco aquellas características complejas que describan a los usuarios de un ambiente domótico y que pueden resultar difíciles de medir (estados de ánimo, niveles de satisfacción, personalidad, etc.), pero se tratará de cubrir todas aquellas que sean relevantes para el desarrollo de este trabajo.

Teniendo como objetivo el de representar todos los aspectos necesarios que permiten cubrir las necesidades desarrollo del proyecto, se ha considerado dividir el dominio global en los subdominios que se presentan a continuación. Estos constituirán la ontología del dominio de interés.

- Dominio de Usuario: este dominio representa información que describe individuos en el hogar. El dominio del contexto de usuario puede incluir las características físicas de una persona, información personal, información relacionada con aplicaciones (Ej. Recepción de email, sitios Web visitados), preferencias, actividades, estados biológicos/sicológicos, personalidad, etc. Esta información facilitará la provisión de servicios personalizados para cada individuo en el hogar tales como la descarga de sus juegos favoritos o la selección de música apropiada para cierta ocasión o la adaptación de la interface de usuario correcta, de forma que sea conveniente y atractiva para habitantes específicos del hogar como niños, adultos, invitados.
- Dominio Físico: las clases de este dominio aspiran a representar los parámetros físicos de el ambiente domótico. Estos parámetros incluyen propiedades ambientales, espaciales y temporales, y han sido introducidos con el propósito de cubrir la abundancia de información del contexto físico. Tal modelo de parámetros incluye, entre otros, la localización física del usuario y el dispositivo, su escenario temporal, y el ambiente en el que ellos están situados. Como un ejemplo, usando la información, el sistema (como un portero) puede enviar la foto del invitado a la pantalla más cercana.
- Dominio de Dispositivos: las propiedades de los diferentes dispositivos que operan dentro del ambiente en los dominios de la automatización del hogar y de los dispositivos electrónicos, jugaran el papel de contexto en el proceso de

descubrimiento y selección de servicios para satisfacer las necesidades de usuario.

- **Dominio de Evento:** Este modelo representa los eventos o hechos imprevistos que ocurren dentro de un ambiente domótico y que son generados por un usuario en particular, mostrando las acciones que el sistema debe ejecutar para responder a estos eventos dependiendo del usuario que los genera.

A continuación se hace la construcción de la ontología para cada uno de los dominios que fueron propuestos anteriormente, que se presentan como los necesarios para cubrir el problema de la configuración del ambiente domótico partiendo de los perfiles de usuario, y las tareas que se desarrollan dentro del ambiente domótico.

MODELO DEL DOMINIO DE USUARIO

Identificación del propósito y del alcance

Este dominio representa información que describe individuos en el hogar. El dominio del contexto de usuario puede incluir las características físicas de una persona, información personal, información relacionada con aplicaciones, preferencias, actividades, etc. Esta información facilitará la provisión de servicios personalizados para cada individuo en el hogar tales como la selección de música apropiada o la adaptación del ambiente, de forma que sea conveniente y atractivo para habitantes específicos del hogar como niños, adultos, invitados.

A. Requerimientos

Este modelo debe servir para representar todos los parámetros que describen al usuario de un ambiente domótico, permitiendo así identificar los diferentes usuarios y sus perfiles, determinar cuál es el usuario actual presente en el ambiente y establecer la configuración del sistema más adecuada para este.

Este modelo puede ser utilizado por otras aplicaciones en donde se necesite establecer un perfil y unas preferencias de usuario, para determinar un patrón de comportamiento y ofrecer los servicios más adecuados.

B. Problemas y Oportunidades

En el proceso de construcción de este modelo pueden surgir dificultades relacionadas con la recopilación y representación de toda la información relevante y necesaria para la obtención de un modelo que represente adecuadamente los usuarios presentes dentro de un ambiente domótico.

También pueden surgir problemas en la delimitación de las preferencias y de las actividades desarrolladas por un usuario dentro de un ambiente domótico, debido a que el usuario puede realizar cualquier cantidad de actividades dentro del hogar, como dentro de cada una de las zonas que lo componen.

C. Restricciones

La especificación debe permitir la definición de restricciones que permitan controlar por ejemplo que existan dos usuarios con el mismo nombre, perfiles de comportamiento idénticos, iguales preferencias etc.

D. Alcance

- ***Principales Componentes***
 - Usuarios humanos de ambientes domóticos

- ***Ítems Dentro del Alcance del Diseño***
 - Preferencias relacionadas específicamente con el confort dentro de un ambiente domótico, el cual incluye niveles de iluminación, niveles de temperatura, manipulación de dispositivos.
 - Perfiles de comportamiento relacionados con actividades desarrolladas dentro del ambiente domótico en donde se hace uso de los dispositivos presentes en el.

- **Ítems Fuera del Alcance del Diseño**

- Estados de ánimo.
- Estructura del ser humano.
- Personalidad del usuario.
- Relaciones interpersonales.

Conceptualización

Esta aproximación inicial tiene como propósito suministrar una completa ontología para el dominio de usuario, haciendo uso de la metodología propuesta la cual es presentada en los anexos de este documento. Cabe anotar que esta ha sido delimitada por propósitos prácticos y por los mismos requerimientos del proyecto.

A. Declaración de términos importantes

Dentro del dominio de usuario se puede identificar los siguientes términos:

Usuario, acciones, comportamiento, usuario nuevo, usuario registrado, agenda, realizar actividades, manipula dispositivos, ocupa un espacio, lista de actividades, nombre, genero, edad, genera eventos, patrón de comportamiento, tiene preferencias.

Las clases identificadas en la ontología del dominio del usuario propuesta son las siguientes:

- **Usuario:** la clase Usuario es la clase central de este dominio. Esta representa humanos y mantiene relaciones con todas las clases principales de la ontología del dominio del usuario. La clase Usuario esta también relacionada a clases identificadas en otros dominios (físico, dispositivos) tales como la localización física, dispositivo usado, etc. La siguiente es la jerarquía de clases para los términos identificados:
- **Agenda:** la clase Agenda captura toda la información relacionada al itinerario del usuario. Esta es una colección de Actividades programadas que son definidas por

tipo y participantes usando también parámetros temporales y espaciales. Hay una relación uno a uno entre las instancias de Agenda y de Usuario. Una posible jerarquía de clases se presenta a continuación:

- **Actividad:** la clase Actividad describe la actividad realizada por el usuario en un tiempo dado en el pasado, presente o futuro dentro de un ambiente domótico generando eventos, los cuales involucran unas acciones que debe realizar el sistema. El atributo de esta clase es una propiedad tipo carácter que describe la naturaleza de la actividad de usuario. Ejemplos de valores para esta propiedad son: Caminando, Corriendo, Sentado, Durmiendo, etc. Como ya se ha dicho, la clase Actividad está relacionada a la agenda de usuario. Esta clase está también relacionada a la clase Intervalo y a la clase Espacio del dominio Físico, en el concepto de que cada actividad de usuario es realizada en una área bien definida y tiene una duración específica. La clase Usuario y la clase Actividad están relacionadas con dos propiedades de objeto distintas: la propiedad “realizaActividad” (Usuario-dominio, Actividad-rango) y la propiedad “involucraUsuario” (Actividad-dominio, Usuario-rango). Hay que tener en cuenta que las actividades que puede desarrollar una persona dentro de un ambiente domótico son casi que infinitas; por eso se tendrán en cuenta sólo algunas de ellas, que permitan tener un punto de partida para modelarlas, con el objetivo de que a futuro esta ontología sea extendida a cualquier actividad.
- **Eventos:** la clase Evento describe los hechos imprevistos o que pueden suceder dentro de un ambiente domótico los cuales son detectados por los dispositivos domóticos y que son generados por un usuario en particular. Ejemplo de estos eventos son el cambio de estado de un sensor de presencia, encender o apagar una lámpara, etc.
- **Acciones:** la clase Acción describe la respuesta del sistema ante eventos generados por un usuario dentro de un ambiente domótico, esta respuesta puede ser la activación de un dispositivo, despliegue o captura de información, inferencia de acciones, etc.

- **Preferencias:** la clase Preferencias es una clase abstracta que representa las preferencias que un usuario del sistema pueda tener. Esta es extendida por otras clases (ej. preferencias de comida, preferencias sonido etc.). Un usuario puede tener uno o más perfiles de preferencia para cada subclase, mientras su selección puede depender de las condiciones actuales y de otra información del contexto de usuario.

En la Figura 6 se muestra la jerarquía de conceptos propuestos para este dominio.

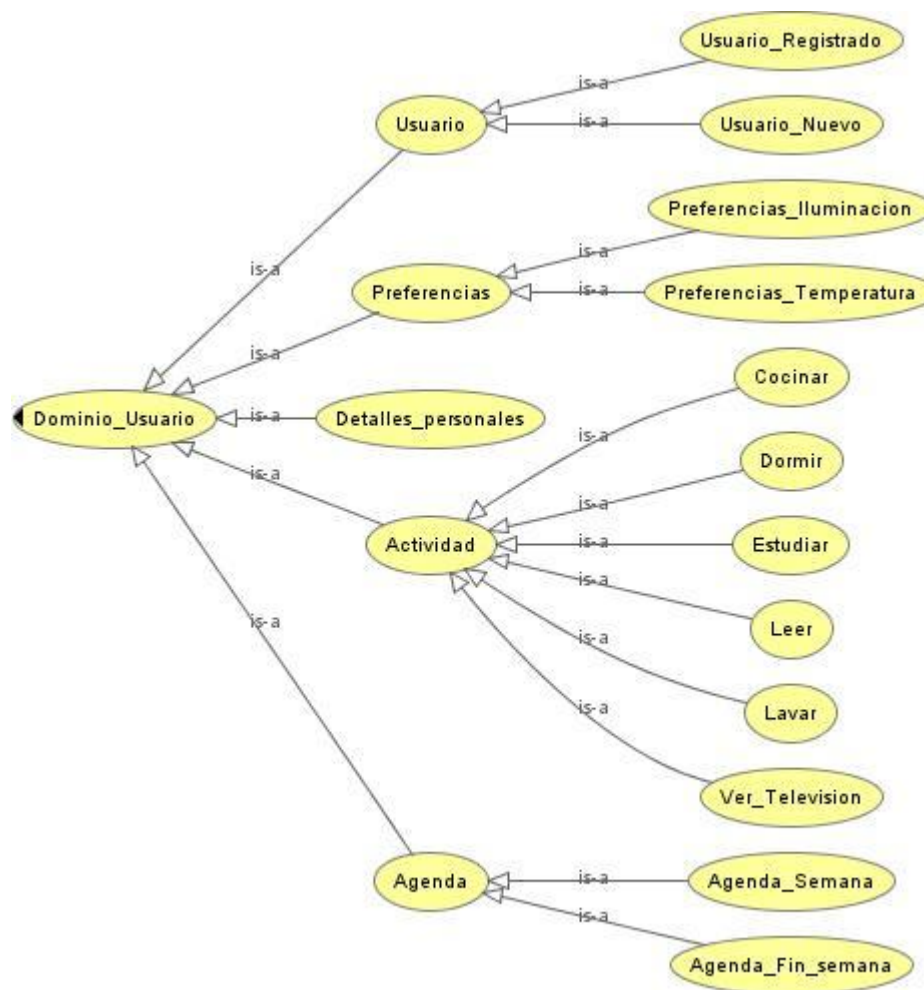


Figura 6 Diagrama de conceptos del dominio de Usuario, elaborado en el editor de ontologías Protégé

MODELO DEL DOMINIO FÍSICO

Identificación del propósito y del alcance:

Este modelo aspira representar los parámetros físicos del ambiente domótico. Estos parámetros incluyen propiedades ambientales, espaciales y temporales, y han sido introducidos con el propósito de cubrir la abundancia de información del dominio físico. Tal modelo de parámetros incluye, entre otros, la localización física del usuario y del dispositivo.

A. Requerimientos

El modelo definirá un conjunto de conceptos, atributos y restricciones para la descripción de un ambiente habitable típico, partiendo del concepto más global de localidad y especializándolo para una vivienda del tipo casa, la cual está dotada con dispositivos domóticos interconectados a través del protocolo de comunicación X10 [1], uno de los protocolos domóticos más difundidos que utiliza la señal de la red eléctrica como portadora para enviar la señal de control desde un dispositivo de control centralizado [39].

El modelo de este dominio aspira representar los parámetros físicos del ambiente domótico. Estos parámetros incluyen propiedades ambientales, espaciales y temporales, y han sido introducidos con el propósito de cubrir la abundancia de información del contexto físico. Tal modelo de parámetros incluye, entre otros, la localización física del usuario y el dispositivo, su escenario temporal, y el ambiente en el que ellos están situados.

Este modelo debe incluir la descripción de cada componente o división que hacen parte de la vivienda para poder diferenciar entre un dormitorio, un baño, una cocina, etc., presentando características relevantes de cada zona de la vivienda para que el sistema de gestión sea capaz de diferenciarlas, compararlas y/o asemejarlas con otras zonas, no describirá en ningún momento los dispositivos domóticos o componentes físicos que se encuentran dentro de ella.

El modelo debe servir para representar las relaciones temporales más comunes como por ejemplo hora, minuto, segundo, día, etc., permitiendo establecer el instante en el tiempo en el cual se realizan las acciones y el intervalo de tiempo transcurrido entre ellas, para poder ser reproducidas o ejecutadas de una forma programada.

B. Problemas y Oportunidades

Pueden presentarse problemas en la definición de un ambiente domótico típico general para la delimitación del modelo.

C. Restricciones

La especificación debe permitir la definición de restricciones que permitan, controlar por ejemplo el número de usuarios dentro de la vivienda y sus habitaciones, que la vivienda tenga demasiados componentes utilizadas para una misma función que podrían considerarse innecesarias, por ejemplo dos o más zonas para cocinar; o que a su vez esta carezca de zonas importantes, como baños, dormitorios etc. dentro de la vivienda.

La especificación debe permitir la definición de restricciones que permitan controlar que existan datos de tiempo fuera de los rangos conocidos (24 horas), o que los días tengan más de 24 horas, que un minuto tenga más de 60 segundos, o que por ejemplo las 8:00 p.m. sea tomado como una tiempo en horas de la mañana etc.

D. Alcance

- ***Principales Componentes***
 - Estructuras habitadas o por habitar, utilizadas para vivienda de personas, en las cuales se realizan actividades cotidianas propias de un ambiente habitable.
 - Zonas o áreas que componen o hacen parte de una vivienda típica.
 - Relaciones de tiempo

- **Ítems Dentro del Alcance del Diseño**
 - Viviendas y unidades habitables
 - Parámetros temporales tales como Hora, Minuto, Segundo, Día, Mes, Año, etc.

- **Ítems Fuera del Alcance del Diseño**
 - Diseño y construcción de viviendas
 - Planos de redes eléctricas y de aguas presentes en la vivienda
 - Diseño de la acometida eléctrica de la vivienda
 - Descripción de tipos de cable y de tubería

Conceptualización

Las viviendas son lugares cerrados y cubiertos contruidos para ser habitados por personas en los cuales se desarrollan todo tipo de actividades constituyéndose en un espacio físico importante para el desarrollo físico, social y cultural de sus habitantes, es por esto que se encuentran diversos tipos de viviendas con diversas formas y distribuciones los cuales muchas veces dependen de la creatividad de los diseñadores de la vivienda, es por eso que este modelo busca incorporar los parámetros genéricos que se relacionan a los elementos de un ambiente físico, este consiste de tres sub-modelos independientes que son: modelo del dominio espacial, modelo del dominio temporal y el modelo del dominio ambiental.

Modelo del Dominio Espacial

A. Declaración de términos importantes

Los conceptos principales que se han identificado para este modelo son: espacio, área, edificio, habitación, pasaje, casa, apartamento, piso, gradas, balcón, antejardín, baño, dormitorio, cocina, comedor, sala, patio.

Las clases principales identificadas para este dominio son:

- **Espacio:** es una clase abstracta que corresponde a cualquier lugar físico.
- **Edificio:** usada para representar un edificio físico. Una clase edificio es la superclase de muchas edificaciones diferentes tales como un edificio corporativo, casa, cine, Gimnasio, etc.
- **Habitación:** corresponde a una habitación localizada dentro de un edificio. Varias subclases de la clase habitación han sido identificadas, tales como dormitorio, cuarto de baño, cocina, sala de estar, oficina, etc., modelando la variedad de las posibles habitaciones del hogar. Cada Habitación contiene la propiedad objeto LocalizadaenEdificio (Habitación – dominio, Edificio – rango).
- **Pasaje:** representa todas las áreas de paso que pueden ser identificadas en algún edificio o área espacial y no pertenecen a alguna de las otras clases modeladas. Tales áreas son las escaleras, los corredores, entradas, salidas, etc., que son introducidas como subclases de la clase Pasaje.

Modelo del Dominio Temporal

A. Declaración de términos importantes

Los conceptos principales en el Dominio Temporal son Tiempo, Intervalo y Época.

- **Tiempo:** la clase Tiempo es una colección de los parámetros temporales que definen un momento específico en el tiempo. Esta contiene atributos tales como, Hora, Minuto, Segundo, Día, Mes, Año, etc. Estos atributos son necesarios para programación y sincronización.
- **Intervalo:** la clase Intervalo representa un periodo específico de tiempo y está relacionada a la clase Tiempo. Cada Intervalo mantiene una propiedad de objeto “Hora de inicio” y una “Hora de finalización”. Cada instancia Intervalo puede

también estar relacionada a otras instancias Intervalo a través de varias propiedades de objeto tales como: antes, después, durante, etc.

- **Época:** La clase Época permite agrupar en periodos de tiempo tanto las actividades laborales como las vacacionales, permitiendo así de esta forma clasificar ciertas actividades.

Modelo del Dominio Ambiental

A. Declaración de términos importantes

Los conceptos principales identificados en el Dominio Ambiental son:

- **Perfil Ambiental:** representa los diferentes parámetros ambientales. El perfil ambiental incorpora varias propiedades de tipo dato tales como: Temperatura, Humedad, Presión, Visibilidad, Ruido, Iluminación, etc.

En la Figura 7 se muestra un diagrama de los conceptos propuestos para el dominio físico.

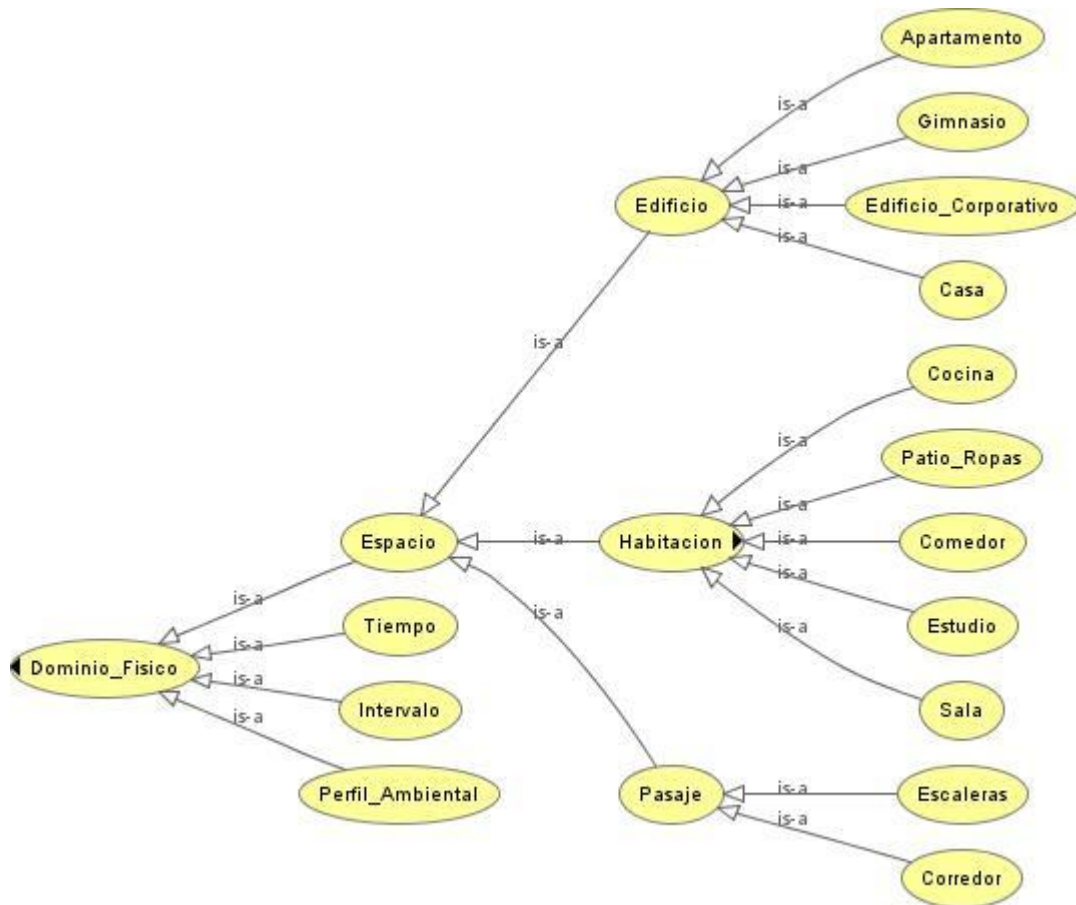


Figura 7 Diagrama de conceptos del dominio Físico elaborado en el editor de ontologías Protégé

MODELO DEL DOMINIO DE DISPOSITIVOS

Identificación del propósito y de alcance

Las propiedades de los diferentes dispositivos que operan dentro del ambiente en el dominio de la automatización del hogar y de los dispositivos electrónicos, jugaran el papel de contexto en el proceso de descubrimiento y selección de servicios para satisfacer las necesidades de usuario.

A. Requerimientos

El modelo deberá describir los componentes de una instalación domótica que permiten alcanzar un cierto grado de automatización del hogar, conectados a través de la utilización de estándares y protocolos domóticos, tales componentes podrían ser un sistema de iluminación, una lavadora, un sensor de gas, etc.

Este modelo debe permitir describir cada componente utilizado en instalaciones domóticas típicas para poder diferenciarlos y debe incluir características relevantes que permitan describir su funcionamiento.

Algunos ejemplos de los requerimientos de sistemas domóticos pueden ser:

- Cuando los efectos de iluminación y sonido son importantes para los videos juegos, el sistema debe adaptar el ambiente casero a los niveles adecuados.
- El sistema debe reconocer personas en las puertas de entrada al hogar y abrir las puertas apropiadas para ellas.
- El sistema puede encargarse de las tareas del cuidado de la casa.
- Iniciar o parar el trabajo de los electrodomésticos a una hora deseada con el ajuste correcto de duración de la sesión, suministro de electricidad, dosis del material de entrada, temperatura, etc.
- El sistema puede detectar la presencia de objetos inapropiados en o cerca de los electrodomésticos.

Con este modelo se pretende describir los sistemas domóticos y su funcionamiento para alcanzar una administración adecuada de los sistemas y lograr gestionar y realizar tareas como las que se describieron anteriormente, este a su vez debe ser fácil de entender y de usar para ser aplicado a la mayoría de sistemas domóticos.

B. Problemas y Oportunidades

Debido a la gran heterogeneidad de dispositivos que pueden encontrarse en el dominio de la domótica, puede no obtenerse una clasificación que cubra completamente el mundo de la automatización del hogar.

C. Restricciones

La especificación debe permitir la definición de restricciones que permitan, controlar por ejemplo que los dispositivos tengan dos estados al mismo tiempo, que se destinen para funciones que no son propias de estos, etc.

D. Alcance

- ***Principales Componentes***

- Dispositivos propios de sistemas domóticos
- Electrodomésticos que brinden cierto grado de automatización al hogar, como aquellos en los cuales se puede ajustar una hora de inicio, de encendido, de apagado, ajustar una temperatura, etc.

- ***Ítems Dentro del Alcance del Diseño***

- Estados y función de los sistemas utilizados para la automatización del hogar
- Estándares domóticos que permitan describir el estado de los diferentes dispositivos domóticos

- ***Ítems Fuera del Alcance del Diseño***

- Diseño y construcción de los dispositivos
- Especificaciones técnicas de los dispositivos ni de las redes utilizadas para su comunicación

Considerar la reutilización de ontologías existentes

En este punto se verifica la disponibilidad de ontologías que puedan ser empleadas en este dominio específico, hay que estudiar en qué forma puede ser empleada, y como el conocimiento incluido en ella puede ser de uso para el proyecto. Debido a la gran heterogeneidad de dispositivos que pueden encontrarse en el dominio de la domótica, no hay una clasificación posible que cubra completamente el mundo de la automatización del hogar. Como punto de inicio, los dispositivos domóticos pueden usar la ontología FIPA device⁴.

Ontología de Dispositivos FIPA

Condiciona que dos dispositivos D1 y D2 tienen una conexión, ellos pueden intercambiar perfiles de dispositivos y adquiere una lista de servicios suministrados por el otro dispositivo. La lista de servicios puede incluir servicios de hardware y software, por ejemplo: un componente software que suministra acceso a un componente hardware de el dispositivo (tales como un micrófono, audífonos o servicio GPS). El perfil necesita soportar la identificación de servicios para varias capacidades de entrada y salida, tales como entradas y salidas de audio.

La ontología Fipa-Device puede ser usada por agentes cuando se comunican con dispositivos. Los agentes comunican los perfiles de dispositivos a cada uno de ellos y lo valida con la ontología Fipa-Device. Los perfiles son útiles por ejemplo en una situación en donde acciones intensivas de memoria o de proceso toman lugar; el agente A1 puede preguntarle al agente A2 si el dispositivo D tiene capacidades suficientes para manejar alguna tarea que A1 tiene en mente.

Conceptualización

A. Declaración de términos importantes en la ontología

Un conjunto de clasificaciones preliminares para el dominio de la domótica pueden ser:

⁴ <http://www.fipa.org/>

- a) Una jerarquía de clases para la plataforma domótica, describiendo un alcance de los dispositivos domóticos y sus capacidades.
 - b) Una jerarquía de clases para los estados domóticos, clasificando los diversos estados que un dispositivo domótico puede tener.
 - c) Una jerarquía de clases para eventos domóticos, describiendo los eventos que pueden ocurrir en un ambiente domótico.
- a) Algunos dispositivos tienen dos propiedades básicas: un identificador, el cual lo hace único, y un estado, el cual describe como está el dispositivo actualmente.

La primera clasificación de los dispositivos domóticos puede ser: sensores, actuadores y electrodomésticos.

- **Sensores:** pueden detectar cualquier cambio del ambiente o medir condiciones ambientales, suministrando información relevante. La primera categoría de sensores puede notificar acerca de tales cambios, mientras la segunda suministra valores específicos.
- **Actuadores:** por el contrario pueden interactuar con el ambiente cambiando algunas condiciones. Hay varios tipos de actuadores. Se identifican interruptores, reguladores, válvulas y motores. Los interruptores pueden cambiar a un estado binario (Ej. on/off, o abierto/cerrado). Algunos ejemplos de interruptores son luces binarias, cerraduras, cristales polarizados, etc. Los reguladores ajustan los parámetros de los dispositivos que forman variables continuas, tal como los niveles de iluminación de una luz configurable. Las válvulas son similares a los interruptores pero no a los dispositivos de control eléctrico. Finalmente, los motores domóticos permiten abrir una puerta o subir las persianas. Algunos actuadores pueden ser programados, estableciendo su hora de inicio y duración o una periodicidad. En el caso de los motores, la duración de cada movimiento (requiere tiempo de arriba abajo para abrir o cerrar una persiana) puede también ser establecida.
- **Electrodomésticos o bienes blancos:** son otro subconjunto de dispositivos domóticos. Algunos de ellos pueden ser programados (establecer una hora de

inicio y de fin, la temperatura del horno de acuerdo a la receta, el programa de la lavadora, etc.)

Una lista más detallada de conceptos incluye:

Dispositivo

- Sensores
 - Detectores
 - Detectores de gas
 - Detectores hidráulicos
 - Detector de presencia
 - Sensores de medida
 - Sensor de temperatura
 - Sensor de luz
 - Sensor de sonido
 - Sensor de humedad
- Actuadores
 - Interruptores
 - Iluminación binaria
 - Riego
 - Traba de la puerta
 - Regulador
 - Regulador de luz
 - Válvula
 - Válvula de agua
 - Válvula de gas
 - Motor
 - Persiana
 - Cortina
 - Puerta
- Electrodoméstico
 - Electrodoméstico programable
 - Horno

- Lavadora
- Lavaplatos
- Refrigerador⁵

b) Hay varios estados que un dispositivo domótico puede tener. La siguiente clasificación muestra los diferentes estados que puede soportar un dispositivo domótico. Algunos dispositivos soportaran únicamente un subconjunto de ellos, mientras que otros dispositivos pueden soportar todos ellos.

Estado

- Off-line
 - Desconectado
 - Error de comunicación
- On-line
 - On
 - Off
 - Alerta
 - Programado
 - Pausado
 - Falla

Un dispositivo domótico puede estar off-line o on-line. El estado off-line no permite controlar el dispositivo y puede ocurrir si el dispositivo esta desconectado o si falla la comunicación. Algunos estados on-line se pueden identificar: el dispositivo puede estar trabajando o parado (una lavadora), puede estar en alerta (el refrigerador esta sobre su temperatura recomendada), programado, pausado o en falla.

c) Probando analizar y clasificar los eventos que pueden ocurrir dentro de una instalación domótica, podemos resumirlos en los siguientes: alarma, falla y cambio de estado:

⁵ La palabra Refrigerador hace referencia al refrigerador domestico o nevera

- Un evento de alarma ocurre cuando un dispositivo identifica un problema: un calcetín rojo es detectado en la lavadora con la ropa blanca o una fuga de agua es descubierta por un detector hidráulico en la cocina.
- Un evento de falla es generado cuando un dispositivo detecta un funcionamiento defectuoso interno: la temperatura del refrigerador no es la adecuada.
- Un dispositivo notifica al equipo apropiado enviando un evento de cambio de estado, cuando esto modifica su propio estado, ej. cuando el programa de la lavadora termina, esta notifica a la unidad de control de la fuente de poder para cambiar de on a off.

En la Figura 8 se muestra los conceptos principales tenidos en cuenta para el desarrollo del modelo de dispositivos y en la Figura 9 se propone una conceptualización del estado que un dispositivo domótico puede tomar.

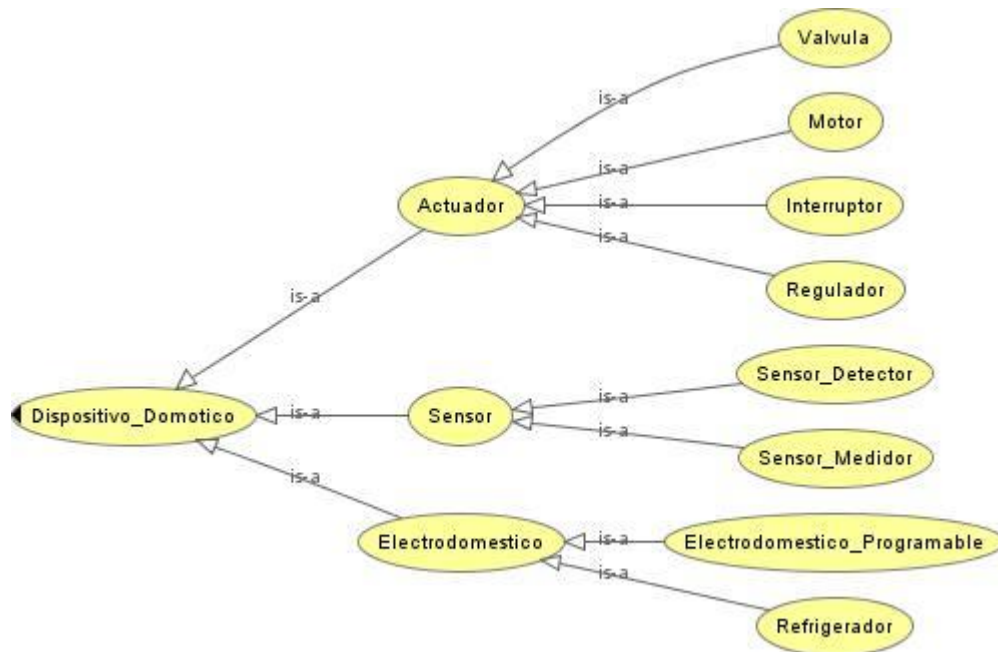


Figura 8 Diagrama de conceptos del dominio de Dispositivos elaborado en el editor de ontologías Protégé

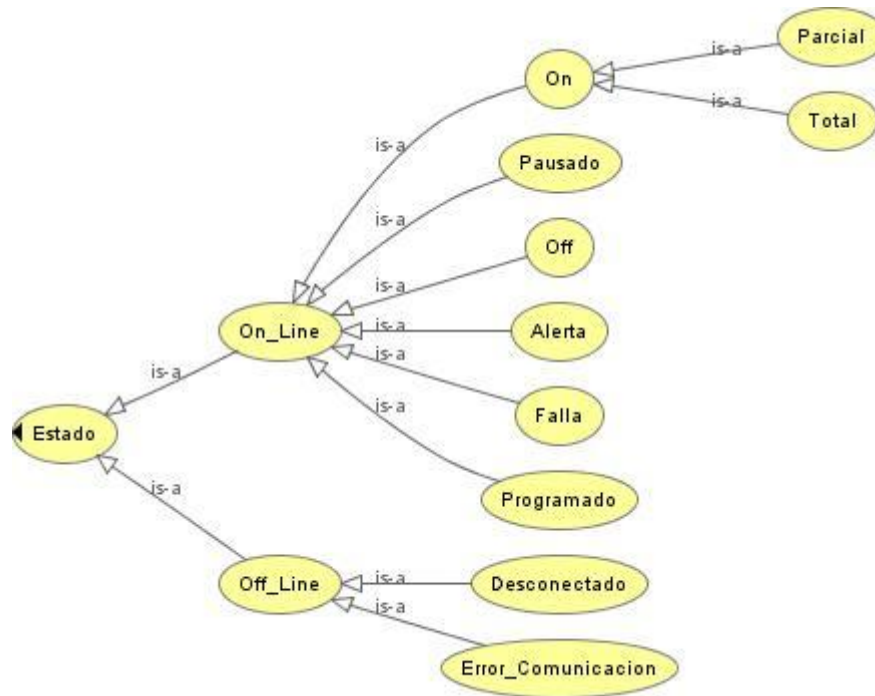


Figura 9 Estado de los Dispositivos, diagrama elaborado en el editor de ontologías Protégé

MODELO DEL DOMINIO DE EVENTO

Identificación del propósito y del alcance

Este modelo representa los eventos o hechos imprevistos que ocurren dentro de un ambiente domótico y que son generados por un usuario en particular, mostrando las acciones que el sistema debe ejecutar para responder a estos eventos dependiendo del usuario que los genera.

A. Requerimientos

Este modelo debe permitir clasificar los eventos o hechos imprevistos que ocurren dentro de un ambiente domótico y que son generados por una usuario en particular, mostrando las acciones que el sistema debe ejecutar para responder a estos eventos dependiendo del usuario que los genera.

En general lo que se busca con este modelo es construir arreglos de la forma evento/acción para cada usuario, los cuales serán ejecutados en el momento en el que el usuario genere un evento propio de un escenario establecido.

El modelo debe servir para relacionar e integrar los eventos generados por los usuarios del ambiente domótico y las acciones ejecutadas por el sistema como respuesta a esos eventos de tal manera que se agrupen en casos o escenarios particulares para ser reproducidos posteriormente.

B. Problemas y Oportunidades

Dentro de un ambiente domótico la cantidad de eventos que se presentan pueden ser demasiados para ser considerados dentro de este trabajo, pero se tratará de tener en cuenta y modelar aquellos que nos permitan obtener una buena respuesta por parte de sistema a desarrollar.

C. Restricciones

En esta primera etapa de desarrollo se crearán tuplas evento/acción de los posibles sucesos que se presenten en el ambiente domótico según los escenarios que se ha planteado; pero teniendo en cuenta que en una aplicación real pueden presentarse mucho más que en esta etapa no se tendrán en cuenta; pero cabe decir que lo que se busca con este prototipo es desarrollar una aplicación base para futuros trabajos en donde este modelo se pueda complementar de forma autónoma.

D. Alcance

- ***Principales Componentes***
 - Posibles eventos que son generados por un usuario dentro de un ambiente domótico y las acciones o respuestas que estos eventos generan.

Conceptualización

Este modelo busca relacionar los eventos generados por el usuario en un ambiente domótico con la respuesta que el usuario desea o busca al generar un evento.

A. Declaración de términos importantes

Los conceptos principales que se han identificado para este modelo son:

- **Evento:** hechos imprevistos o que pueden suceder dentro de un ambiente domótico y que son generados por un usuario en particular.
- **Respuesta:** respuesta del sistema ante eventos generados por un usuario dentro de un ambiente domótico, esta respuesta puede ser la activación de un dispositivo, despliegue o captura de información, inferencia de acciones etc.

En la Figura 10 se presenta los conceptos identificados para el dominio de eventos.



Figura 10 Diagrama de conceptos del dominio de Eventos, elaborado en el editor de ontologías Protégé

MODELO GLOBAL DEL PROYECTO

Identificación del propósito y del alcance

El dominio de la ontología es la representación de un ambiente domótico en donde están presentes usuarios humanos que interactúan con los diferentes dispositivos que en este ambiente se encuentran. Esta ontología se pretende usar en aplicaciones en donde sea necesario configurar el ambiente domótico teniendo como base las preferencias de los usuarios.

A. Requerimientos

Este modelo debe permitirle a un ambiente domótico responder ante determinados perfiles, hábitos o conductas de usuario, accionando los dispositivos domóticos adecuados para satisfacer o cumplir la tarea generada por el usuario, evitando así el problema de reconfiguración del ambiente domótico para cada tipo de habitante; pudiendo así, ser empleado en la gestión de ambientes domóticos (viviendas, bancos, oficinas, con instalaciones domóticas) de forma inteligente y autónoma.

El modelo debe servir para relacionar e integrar los diferentes modelos de dominios específicos necesarios para el desarrollo del proyecto tales como modelos de dispositivos domóticos o electrodomésticos, de espacio o localidad, de relaciones temporales, modelos de usuario y de sus comportamientos, entre otros y así permitir una interacción entre estos.

B. Restricciones

En esta primera etapa de desarrollo la especificación será implementada solamente en la gestión de viviendas con instalaciones domóticas, esperando en trabajos futuros aplicarse a otro tipo de ambientes inteligentes; por tal motivo el modelo debe permitir la definición de restricciones que permitan controlar la definición de conceptos o relaciones que no son propios de un ambiente o vivienda familiar.

C. Alcance

- **Principales Componentes**

- Modelo de localidad, modelo de dispositivos, modelo de agentes, modelo de relaciones temporales, modelo de eventos.
- Descripción del ambiente o edificio en donde se encuentra implementada la instalación domótica y en donde el habitante de esta se desenvuelve.
- Descripción de los dispositivos presentes en el ambiente, como pueden ser los dispositivos domóticos, los electrodomésticos, etc.
- Descripción de los usuarios del ambiente domótico y una representación de su comportamiento.
- Posibles eventos que son generados por un usuario dentro de un ambiente domótico y las acciones o respuestas que estos eventos generan.

Conceptualización

Dentro del desarrollo tecnológico las edificaciones modernas cuentan con instalaciones o dispositivos que buscan elevar la calidad de vida de sus habitantes, ofrecer un mayor nivel de seguridad de bienes y personas, un mayor confort y funcionalidad, un menor consumo de energía, mayores posibilidades de comunicación, entre otros. Este modelo busca relacionar estos dispositivos con los usuarios presentes en el hogar teniendo en cuenta el comportamiento del usuario, el lugar en donde se encuentra, y los eventos que este genera.

A. Declaración de términos importantes

Los conceptos principales que se han identificado para este modelo son:

- **Usuario:** persona o cosa que genera un evento
- **Espacio o Localidad:** espacio o lugar de la vivienda
- **Dispositivos:** mecanismo o artefacto dispuesto para producir una acción
- **Eventos:** hecho imprevisto o que puede suceder

En la Figura 11 se presenta el esquema conceptual propuesto para el dominio del problema y por ultimo en la Figura 12 se muestra las relaciones existentes entre los dominios y los conceptos propuestos.

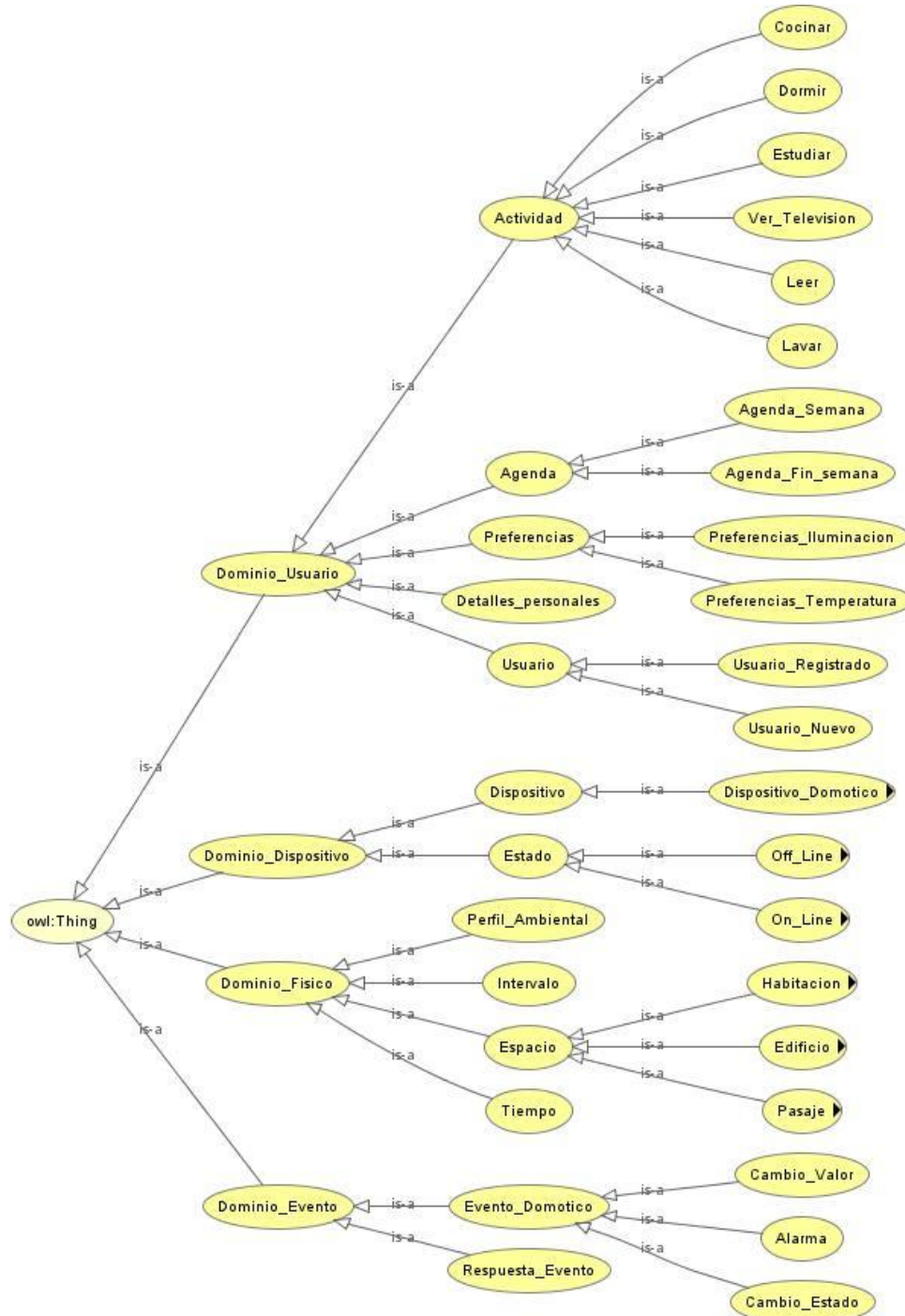


Figura 11 Esquema conceptual del dominio Global elaborado en el editor de ontologías

Protégé

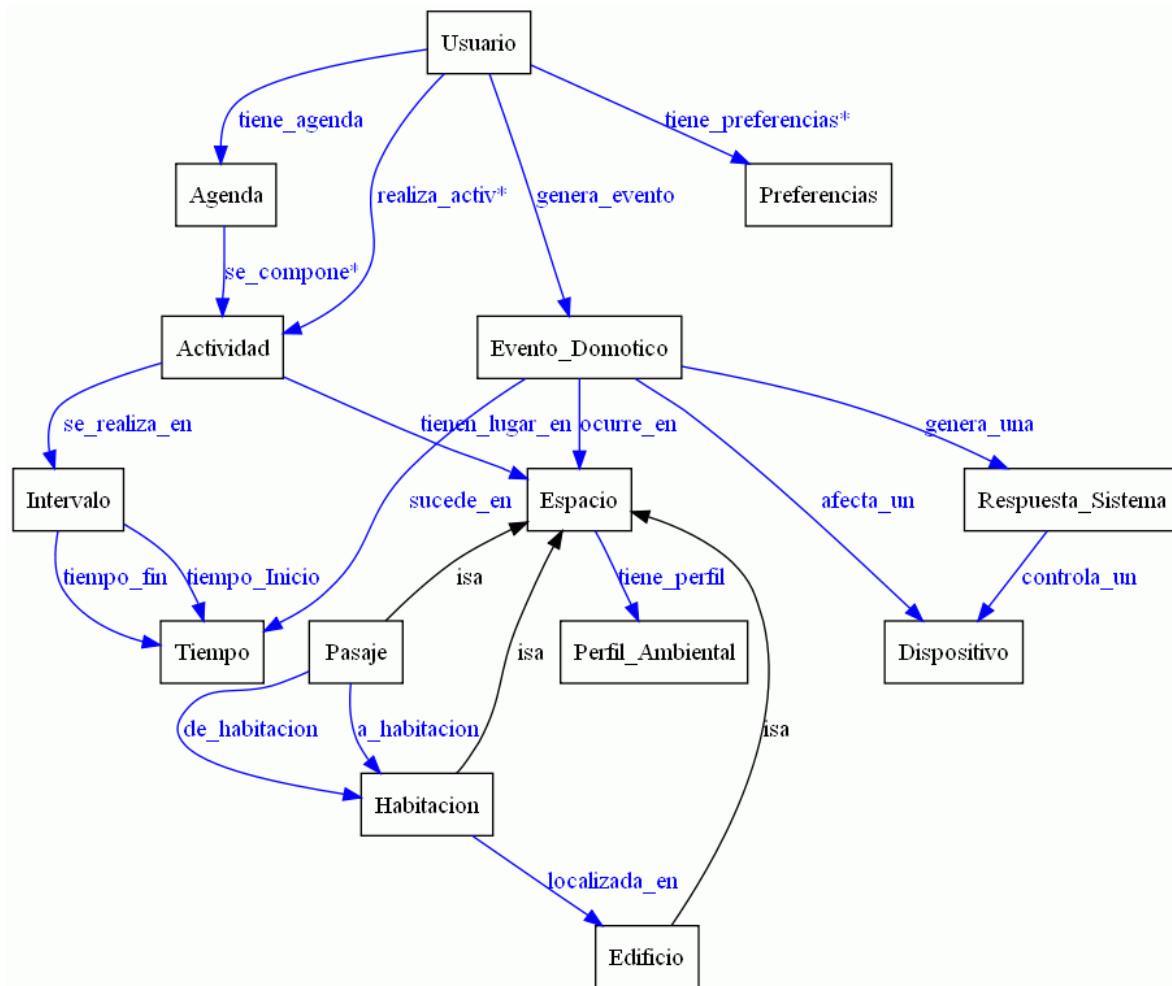


Figura 12 Diagrama de relaciones entre los dominios propuestos elaborado en el editor de ontologías Protégé

Implementación de los modelos

Realizado el estudio de algunas de las herramientas más referenciadas para la implementación de ontologías (ver anexos) se propone la utilización de *Protégé* como entorno de desarrollo para posibles implementaciones, teniendo en cuenta los criterios propuestos para la selección de la herramienta adecuada; entre las características principales de esta herramienta se encuentran:

- Protégé es utilizado para modelar dominios y construir sistemas basados en conocimiento
- Protégé soporta las actividades propuestas para el desarrollo de la ontología
- Protégé posee un editor intuitivo para ontologías y tiene extensiones para la visualización de la ontología, administración de proyectos, ingeniería de software, y otras tareas de modelado
- Protégé soporta clases y jerarquía de clases con herencia múltiple, plantillas y slots, restricciones para los slots tales como valores permitidos, restricciones de cardinalidad, valores por defecto, y slots inversos.
- Las ontologías en Protégé pueden ser exportadas a una gran variedad de formatos como RDF(S), OWL, y XML Schema
- Protégé se instala localmente en un computador
- Existen diferentes plug-ins disponibles para este editor
- Protégé está basado en Java y posee un API abierto para desarrollar diferentes aplicaciones

3.5 MODELO DE COMUNICACIONES

Siguiendo con la metodología de diseño CommonKADS, se presenta a continuación una descripción de las transacciones de información necesarias para desarrollar algunas de las tareas que el sistema de gestión tiene a cargo, y en las cuales se implica una participación del usuario del sistema.

Modelo de comunicación	Hoja CM-1: Descripción de transacción
Identificador/ nombre transacción.	Transacción 1: Iniciación: ingresar al sistema los datos de usuario necesarios para iniciar el proceso de perfilado.
Objeto de información.	Información requerida para desarrollar la tarea gestionar perfiles (formulario 3 plantilla de tareas TM-1)
Agentes implicados.	Usuario del sistema, sistema de control domótico.
Plan de comunicación.	Inicia cuando un usuario nuevo va a ser

	registrado como usuario del sistema.
Restricciones.	Un nuevo usuario podrá ser registrado en cualquier momento.
Especificaciones de intercambio de información.	Para esta especificación se hace uso de la plantilla de trabajo CM-2

Formulario 11 CM-1: Descripción transacción Iniciación, Modelo de Comunicación

Modelo de comunicación.	Hoja CM-1: Descripción de transacción.
Identificador/ nombre transacción.	Transacción 2: Transferencia de datos: proporcionar la información necesaria para ejecutar la tarea configurar ambiente. (formulario 6 plantilla de tareas TM-1)
Objeto de información.	Relación entre tareas Registro y Configurar el Ambiente.
Agentes implicados.	Sistema de control domótico.
Plan de comunicación.	Esta transacción se realizara cuando el sistema ya tenga un usuario registrado
Restricciones.	El usuario registrado deberá contar con un perfil definido.
Especificaciones de intercambio de información.	Para esta especificación se hace uso de la plantilla de trabajo CM-2

Formulario 12 CM-1: Descripción transacción Transferencia de datos, Modelo de comunicación.

Modelo de comunicación	Hoja CM-1: Descripción de transacción
Identificador/ nombre transacción.	Transacción 3: Transferencia datos de control: enviar datos de control a los dispositivos domóticos del ambiente.
Objeto de información.	Relación entre tareas Configurar y controlar ambiente. (Formulario 7 plantilla de tareas TM-1) por parte de la tarea Configurar.
Agentes implicados.	Sistema de control domótico.

Plan de comunicación.	Permitirá fijar las condiciones ambientales del usuario, teniendo en cuenta su perfil.
Restricciones.	El ambiente domótico debe contar con los elementos necesarios o implicados en determinadas tareas de usuario.
Especificaciones de intercambio de información.	Para esta especificación se hace uso de la plantilla de trabajo CM-2

Formulario 13 CM-1: Descripción transacción Transferencia de datos de Control. Modelo de comunicación.

Modelo de comunicación	Hoja CM-1: Descripción de transacción
Identificador/ nombre transacción.	Transacción 4: Monitoreo: tomar datos debidos al estado de los dispositivos domóticos del sistema.
Objeto de información.	Información requerida para desarrollar la tarea gestionar perfiles (formulario 3 plantilla de tareas TM-1)
Agentes implicados.	Sistema de control domótico.
Plan de comunicación.	Recuperar los eventuales cambios de estado de los elementos domóticos.
Restricciones.	Variaciones en el estado de los dispositivos.
Especificaciones de intercambio de información.	Para esta especificación se hace uso de la plantilla de trabajo CM-2

Formulario 14 CM-1: Descripción transacción Monitoreo. Modelo de comunicación.

Modelo de comunicación	Especificación de intercambio de la información Hoja de trabajo CM-2
Transacción.	Iniciación.
Agentes involucrados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisor: usuario del sistema. 2. Receptor: Sistema de control Domótico.

Ítems de información.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rol: información inicial necesaria para el proceso de ingreso de usuarios. 2. Forma: String de datos. 3. Medio: agente-agente mediante una interfaz de usuario.
Especificaciones de mensaje.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de comunicación: solicitar. 2. Contenido: información del usuario, datos personales del mismo. 3. Referencia: dominio de usuario.
Control sobre los mensajes.	SEND transacción a base del conocimiento; WAIT pantalla de confirmación de datos.

Formulario 15 CM-2 Especificación de intercambio de información transacción iniciación.

Modelo de comunicación	Especificación de intercambio de la información Hoja de trabajo CM-2
Transacción.	Transferencia de datos.
Agentes involucrados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisor: sistema de control domótico, elementos domóticos del sistema. 2. Receptor: sistema de control domótico
Ítems de información.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rol: muy importante, información necesaria. 2. Forma: datos, protocolo de comunicaciones x10. 3. Medio: agente-agente.
Especificaciones de mensaje.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de comunicación: reportar. 2. Contenido: estado dispositivos domóticos. 3. Referencia: dominio de dispositivo
Control sobre los mensajes.	SEND transacción a base del conocimiento

Formulario 16 CM-2 Especificación de intercambio de información transacción transferencia de datos.

Modelo de comunicación	Especificación de intercambio de la información Hoja de trabajo CM-2
Transacción.	Transferencia de datos control.
Agentes involucrados.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Emisor: sistema de control domótico. 2. Receptor: sistema de control domótico, elementos domóticos
Ítems de información.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rol: es un objeto central. 2. Forma: datos, protocolo de comunicaciones x10. 3. Medio: agente-agente
Especificaciones de mensaje.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Tipo de comunicación: ordenar. 2. Contenido: datos de control para los elementos domóticos del sistema. 3. Referencia:
Control sobre los mensajes.	RECEIVE transacción a elementos domóticos del sistema.

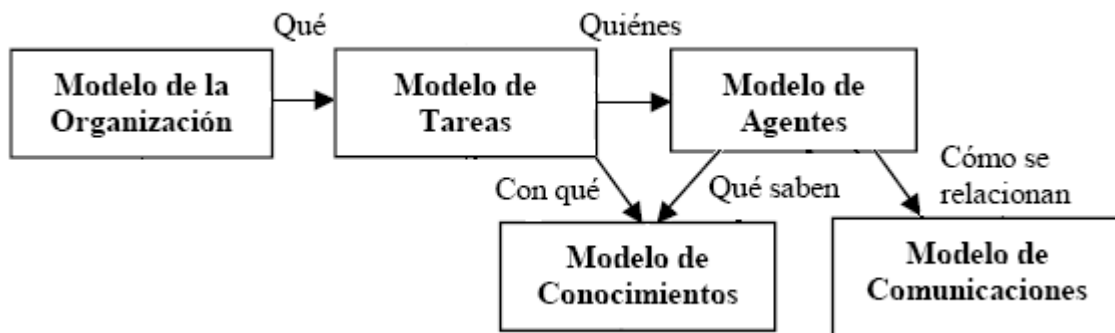
Formulario 17 CM-2 Especificación de intercambio de información transacción transferencia de datos control.

Modelo de comunicación	Especificación de intercambio de la información Hoja de trabajo CM-2
Transacción.	Monitoreo.
Agentes involucrados.	<ol style="list-style-type: none"> 3. Emisor: sistema de control domótico, elementos domóticos 4. Receptor: sistema de control domótico.
Ítems de información.	<ol style="list-style-type: none"> 4. Rol: es un objeto central.

	<p>5. Forma: datos, protocolo de comunicaciones x10.</p> <p>6. Medio: agente-agente</p>
Especificaciones de mensaje.	<p>4. Tipo de comunicación: informar.</p> <p>5. Contenido: datos de estado de los elementos domóticos del sistema.</p> <p>6. Referencia: dominio de dispositivo.</p>
Control sobre los mensajes.	RECEIVE transacción a elementos domóticos del sistema.

Formulario 18 CM-2 Especificación de intercambio de información transacción monitoreo.

Después de desarrollar el trabajo previo, se muestra un diagrama que permite relacionar todos los modelos propuestos anteriormente, con el fin de mostrar las relaciones principales entre modelos de forma más práctica.



A continuación se presenta una descripción de las relaciones entre modelos:

¿Qué? - Hace referencia a como un problema puntual puede ser dividido en tareas descriptivas que permiten abordar de forma más practica un problema global.

¿Quiénes? - Define que actores son los que tienen a cargo la realización de las tareas propuestas en el modelo de Tareas.

¿Con Que? - Presenta el conocimiento que se debe manejar, como se va a estructurar, y que mecanismos se van a emplear para hacer explícito el mismo. Dentro de estos se pueden mencionar mecanismos de inferenciación que permiten evaluar el conocimiento en forma de reglas.

¿Qué Saben? - Es el conocimiento que los agentes del sistema tienen o manejan para abordar o ejecutar las tareas propuestas.

¿Cómo se Relacionan? - Se establecen los medios o mecanismos que permitan realizar transacciones de información relevantes para el proceso.

Es así de esta forma como los modelos planteados en el desarrollo del proyecto se relacionan y permiten dar solución al problema de la configuración de los ambientes domóticos teniendo en cuenta los perfiles de usuario, y las actividades desarrolladas por ellos.

4 DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE VALIDACIÓN

Ahora a través de algunos escenarios se validan los modelos propuestos dentro de la metodología de diseño CommonKADS que fueron desarrollados, y el ciclo de ejecución del sistema.

EJEMPLO DE APLICACIÓN 1

Es un **día de semana** y **John** uno de los habitantes del hogar llega a casa **después del trabajo**, en el momento en el que **John** se para en la **puerta**, se genera un **evento** debido al **cambio de estado** de un **sensor de presencia** localizado en la **entrada**, el sistema detecta ese evento y comienza con la identificación del agente que se encuentra en la entrada porque en ese lugar fue donde se genero el evento, el sistema puede identificar al usuario en primera instancia a través de un **video portero** localizado en la entrada, después de que el sistema compara la imagen del video portero con su **base de datos** sabe que el usuario que está en la entrada es **John**, después de identificar al agente el sistema analiza el evento generado y el lugar donde se genera e infiere que la actividad que desarrolla **John** en esa localización y a esa hora es la de ingreso al hogar que hace parte de un **comportamiento o rutina** conocida como “llega del trabajo” así que activa el **actuador** que quita el seguro de la puerta de la entrada principal y carga las posibles **actividades** que realiza **John** cuando “llega del trabajo” a espera de un próximo evento que le permita establecer qué actividad va a realizar **John**, cuando **John** entra al hogar y se dirige hacia la sala el sistema lo sigue gracias a los sensores de movimiento que están localizados por toda la casa, cuando entra a la sala y se sienta en su sofá el sistema infiere que las posibles actividades desarrolladas por **John** en esa localización después de que llega del trabajo son **descansar** y **ver televisión**, así que el sistema como ya había empezado a cargar las posibles actividades que desarrolla **John** cuando llega del trabajo y las preferencias características de cada actividad ya tiene listo los niveles de audio del televisor, el canal preferido de John, los niveles de iluminación y otras preferencias de la actividad “ver televisión” en un día de trabajo, como no es una actividad

de riesgo el sistema **enciende** el **televisor** y **configura** todo el ambiente con las preferencias de **John**, si las configuraciones adoptadas por el sistema no son del agrado del agente, John generara un evento que el sistema no tenía previsto obligando al sistema a reconsiderar el caso o la actividad que **John** está desarrollando.

Veamos cómo se daría solución a este escenario, teniendo en cuenta el modelo de eventos y el modelo de tareas mostrado anteriormente, cabe indicar que estas inferencias son algunas de las reglas que hacen parte de la base de conocimiento del sistema.

A continuación se presenta un conjunto de secuencias IF-THEN, que permiten evaluar estados de elementos domóticos y condiciones ambientales, para determinar una acción dentro del ambiente domótico. Estas acciones estarán enfocadas en satisfacer los perfiles del usuario y las tareas que en el ambiente se realizan.

.....
PATRÓN ESTÁNDAR
.....

IF sensor_presencia_entrada.condicion = activo AND sensor_iluminacion_natural.rango = bajo THEN lámpara_entrada.estado = total

.....
IDENTIFICAR USUARIO (basado en características estáticas)
.....

IF sensor_presencia_entrada.condicion = activo AND cerradura.valor = 12345 THEN Agente.nombre = John AND seguro_puerta.estado = off

.....
ANALIZAR EVENTO – IDENTIFICAR ACTIVIDAD
.....

IF sensor_presencia_sala.condicion = activo AND Agente.nombre AND televisor.estado = on AND (Tiempo.dia = lunes OR Tiempo.dia = martes OR Tiempo.dia = miércoles OR Tiempo.dia = jueves OR Tiempo.dia = viernes) THEN Actividad.nombre = Ver_television_despues_trabajo

.....
PATRÓN PREFERENCIAL
.....

IF Agente.nombre = John AND Actividad.nombre = Ver_television_despues_trabajo THEN
lámpara_sala.estado = parcial AND televisor.nivel_audio = 60 AND televisor.canal = 42

EJEMPLO DE APLICACIÓN 2

Siendo las 2 de la tarde del día viernes, llega Pablo el niño de la casa, a la entrada de la misma, después de corroborar la identidad y de reconocer al niño como un usuario del sistema, este procede a verificar el calendario en su base de datos e infiere que el niño está en época de estudio, por tal motivo, acondiciona el estudio para que el pequeño, como es costumbre realice sus tareas. Por lo general el horario en el cual el niño ingresa a la zona de estudio es aproximadamente a las 4:00 de la tarde, a partir de este horario la zona estará verificando el estado de la misma con el ánimo de ejecutar las tareas que están envueltas en este perfil. Siendo las 4:30 Pablo ingresa a esta zona, y así de esta forma se ejecutan las siguientes acciones preestablecidas:

- Encender iluminación: para darle las condiciones de iluminación necesarias para que pablo no tenga problemas de visión.
- Cerrar las persianas: se ha determinado que el niño suele retraerse en ocasiones con elementos distractores que se pueden observar a través de la ventana, por tal motivo se ejecuta esta acción con el fin de garantizar un mejor aprendizaje para el niño.
- Encender el dispositivo de audio y seleccionar un disco con música clásica que le ayude en la concentración.

.....
IDENTIFICAR USUARIO (basado en características estáticas)
.....

IF sensor_presencia_entrada.condicion = activo AND cerradura.valor = 12345 THEN
Agente.nombre = Pablo AND seguro_puerta.estado = off

.....
PATRÓN ESTÁNDAR
.....

IF Habitación.epoca.nombre = epoca_estudio and sensor_presencia_estudio.condicion = activo THEN cargar_perfil_estudio_pablo.

Con la representación de determinadas actividades en forma de reglas y su posterior inferenciación, se puede observar que los conceptos incluidos dentro de las ontologías del dominio, y los aspectos que fueron tenidos en cuenta en el desarrollo de los modelos propuestos por la metodología de diseño, fueron los necesarios para abordar determinados escenarios típicos que se presentan dentro de un ambiente domótico, y como se busca que el sistema sea capaz de responder a la mayoría de situaciones que se puedan presentar, partiendo de los modelos previamente propuestos

4.1 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

Uno de los objetivos que busca la incorporación de técnicas de modelado no convencionales en este tipo de proyectos, es tener una opción adicional que permita representar un conocimiento específico que permita resolver una problemática cotidiana, en este caso el conocimiento está relacionado con el dominio de la domótica, el usuario, y el entorno en que estos interactúan.

Ahora bien, se puede afirmar hasta el momento, que los sistemas basados en el conocimiento no han sido empleados en proyectos relacionados con la domótica, ya que a la hora de levantar el estado del arte de estos sistemas, no se encontró referencia alguna de la aplicación de este tipo de sistemas para el control de ambientes domóticos.

La aplicación de este tipo de sistemas permite flexibilizar la parte de modelado de sistemas complejos, en los que usualmente un modelo matemático no sería de gran ayuda; más aún cuando se trata de representar el comportamiento de una persona en una determinada localidad.

Sabemos que el resultado final no permite representar en la totalidad el sistema, dado que se hicieron restricciones y se delimitó el alcance del mismo, esto por fines prácticos y restricciones de tiempo, lo que no implica que el modelo no represente de forma básica los dominios especificados y relacionados con el problema.

El desarrollo de este modelo podrá tenerse en cuenta como punto de partida a la hora de proponer una implementación software de este tipo de sistemas de control domótico. La metodología de diseño CommonKADS presenta como parte de ella, el modelo de diseño, que hace referencia, o cita algunas pautas que se deben tener en cuenta cuando se pretenda concluir con la implementación del prototipo a nivel software.

Cabe resaltar que la importancia de este proyecto radica en la manera que fue abordado el problema como tal, ya que se propone una alternativa viable en la parte de diseño, alternativa que no había sido tomada en cuenta como medio apropiado para iniciar un proyecto enfocado en la interacción usuario ambiente domótico.

El estudio de esta metodología de diseño y su posterior aplicación permite afirmar que es una forma práctica de enfrentar problemas de ingeniería, en especial problemas en los cuales técnicas convencionales de diseño y control no son la mejor opción.

Finalmente este proyecto permitió obtener un modelo básico que a futuro le servirá como punto de partida, como lo mencionamos anteriormente a determinados proyectos que estén enfocados o busquen obtener mejoras en la implementación de sistemas de control en ambientes domóticos.

5 CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Actualmente los sistemas basados en el conocimiento se presentan como una excelente alternativa o herramienta para abordar temas relacionados tanto con el control de procesos industriales, como con tareas más de la vida cotidiana como lo es el caso de la domótica, y la interacción de los usuarios con ella, tema en el cual se centra el desarrollo de este proyecto.

El desarrollo de este proyecto fue el producto de una ardua tarea investigativa, que permitió adaptar una metodología existente a un problema puntual. Este problema consistía en encontrar el medio por el cual se podía configurar un ambiente domótico dependiendo de características particulares de los usuarios y de las actividades que estos desarrollaban. Dado esto se proponen tres dominios del conocimiento (Dominio de Usuario, Dominio de Dispositivo, y Dominio Físico) y se relacionan, de tal forma que permitan desarrollar un modelo de sistema que representa la interacción de un ambiente domótico con el usuario final.

Uno de los principales retos que presento el desarrollo de este proyecto fue la consecución o adquisición del conocimiento relacionado con los dominios anteriormente citados y su posterior formalización. Este era pieza fundamental ya que es el medio por el cual podemos abordar el objetivo del desarrollo de este proyecto, que se centra en la configuración de los ambientes domóticos, partiendo de los perfiles de usuario, y de las actividades que estos desarrollan en un ambiente determinado.

Un logro importante que se obtuvo dentro del desarrollo de este proyecto, fue proponer una metodología para el desarrollo de nuestro modelo del conocimiento del dominio a partir de metodologías ya existentes. El proceso consistió en tomar los elementos más relevantes de estas y adaptarlos a nuestra necesidad, dado que las metodologías que allí se proponían, no eran claras a la hora de establecer los elementos necesarios para la correcta formalización.

La formalización del conocimiento en una Ontología, permitirá que el conocimiento aquí representado, pueda ser reutilizado en cualquier momento, y por cualquier tipo de proyecto que requiera de este para su desarrollo. Adicionalmente esta podría llegar actualizada y optimizada si es requerido.

El desarrollo del proyecto permitió identificar un conjunto de tareas de usuario, las cuales son el punto de partida de la solución propuesta, ya que para satisfacerlas era necesario identificar o establecer el conocimiento requerido para alcanzar tal propósito.

Una de las ventajas que un Sistema Basado en el Conocimiento presenta sobre los sistemas de control que usualmente son empleados, es que los primeros modelan la habilidad o conocimiento que un experto tiene en determinada área, en este caso específico, el conocimiento está definido como preferencias de usuarios, las cuales son presentadas en formas de perfiles que le permitirán al sistema responder a determinadas situaciones. Estos representan el conocimiento en forma de acciones a ejecutar dependiendo de la tarea de usuario pretenda realizar.

El desarrollo del proyecto ha permitido obtener un acercamiento a un modelo que le permitirá a un ambiente domótico responder ante determinados perfiles, hábitos o conductas de usuario, accionando los dispositivos domóticos adecuados para satisfacer o cumplir la tarea generada por el usuario, evitando así el problema de reconfiguración del ambiente domótico para cada tipo de habitante; pudiendo así, ser empleado en la gestión de ambientes domóticos (viviendas, bancos, oficinas, con instalaciones domóticas) de forma inteligente.

Resulta interesante adaptar conceptos y metodologías empleados en otras áreas del conocimiento, a aspectos de nuestra profesión, ya que esto enriquece nuestra perspectiva ingenieril y da un nuevo punto de vista a la hora de abordar un problema. El estudio de los sistemas basados en el conocimiento permitió conocer una gran variedad de soluciones en las cuales se presentaban como la mejor opción en cuanto a resultados esperados.

La importancia de empezar a desarrollar trabajos de investigación enfocados en la búsqueda de nuevas técnicas de control y áreas de aplicación de la automática, por ejemplo, la implementación de automatismos y sistemas de gestión en construcciones

residenciales, nos permite conocer el alcance de y la variedad de posibles aplicaciones que esta puede tener en la vida cotidiana de las personas.

Dado que el desarrollo de proyectos de investigación en el área de entornos inteligentes en Sur América está en una etapa de germinación, este proyecto servirá como punto de partida para el desarrollo de nuevas aplicaciones que estén enfocadas en la implementación de sistemas de gestión en ambientes domóticos.

La siguiente etapa de este proyecto estaría enfocada en la implementación a nivel software de este modelo, que permita una validación general del mismo. Sería interesante contar además con un entorno equipado con los elementos domóticos necesarios, para poder realizar una validación real, y así comprobar su total funcionalidad y posibles errores.

Continuar trabajando en proyectos que estén enfocados en la implementación de tecnologías que busquen el mejoramiento de la calidad de vida y en la utilización optima de los recursos energéticos, además en el desarrollo de interfaces que faciliten la interacción de los usuarios con todos los elementos electrónicos que se puedan encontrar en un hogar.

Los trabajos de investigación debidos a la implementación de interfaces de usuario que faciliten la interacción humano - computador podrían ser integradas a futuro en este proyecto, estas estarían enfocadas al reconocimiento de los usuarios por medio de la voz como de sus imágenes.

Diversificar e implementar en el sistema modelos especiales, pensados en personas con discapacidades físicas, o enfermas. Esto con el fin de que nuestro sistema de gestión sea más flexible y adaptable a cualquier necesidad del usuario

BIBLIOGRAFÍA

- [1] <http://www.x10.com/homepage.htm>
<ftp://ftp.x10.com/pub/manuals/xtddcode.pdf>
<http://es.wikipedia.org/wiki/X10>

- [2] Henao O., "Hardware y software domótico". Trabajo de grado. UPB. Escuela de ingenierías, Medellín, 2006.

- [3] VOX NET-Networking
<http://www.voxnet.it/home.cfm?ID=1013&ID2=n&espani=1013>

- [4] DOMOTICA
<http://www.fortunecity.com/campus/spanish/184/domotica/domotexto.htm>

- [5] Control-Systems.NET
<http://www.control-systems.net/recursos/glosario/d.htm>

- [6] Alzate F., "Domótica e inmótica: módulos instruccionales para la formación profesional". Tesis (Especialista en Automática). UPB. Escuela de ingenierías. Medellín, 2003.

- [7] Wikipedia. "*Definición de Domótica*" [en línea]. Consultado el 11 de Marzo de 2008, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Domotica>

- [8] Domotica.net (19 de Octubre de 2007). "*Que es la domótica*" [en línea]. Consultado el 18 de Enero de 2008 de <http://www.domotica.net/504.html>

- [9] Domoticaviva.com (19 de Noviembre de 2006) “Domótica: la revolución silenciosa” [en línea]. Consultado el 3 de Febrero de 2008 de <http://www.domoticaviva.com/PHP/newsphp.php?id=710>
- [10] Valdivieso C., “El proyecto domótico. Metodología para la elaboración de proyectos y aplicaciones domóticas”. Madrid 2004.
- [11] Pajares G., “Inteligencia Artificial e Ingeniería del Conocimiento”. Alfaomega Grupo Editor. 2006
- [12] Henao M., “Metodología para el Desarrollo de la Tecnología de Sistemas Intermedios”. Tesis de la Maestría en Gestión de Tecnologías, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia. 1997. 238 p.
- [13] Giarretano J., “Expert Systems: Principles and Programming”. Boston: PWS-Kent Publishing Company, 1989. 632 p.
- [14] Samper J., “Introducción a los Sistemas Expertos. Red Científica: Ciencia, Tecnología y Pensamiento”.
<http://www.redcientifica.com/doc/doc199908210001.html>
- [15] Preece J., “A Guide to Usability: Human Factors in Computing”. The United States of America: Addison-Wesley, 1993. 144 p.
- [16] Guzmán J., “Modelo Integrado Hipermedia y Basado en Conocimiento de Apoyo al Desarrollo de Aplicaciones Informáticas”. Tesis de Maestría Ingeniería de Sistemas. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Facultad de Minas. Medellín, 1996.
- [17] Sheel C., “Ingeniería de Sistemas Basados en Conocimientos”. México: Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, 1990.

- [18] Waterman D., "A Guide to Expert Systems". Addison-Wesley Publishing Company. The United States of America. 1986. 419 p.
- [19] Guida G., Tasso C., "Design and Development of Knowledge Based Systems". England: John Wiley & Sons. 1994. 476 p.
- [20] Henao M., "CommonKADS-RT: Una Metodología para el Desarrollo de Sistemas Basados en el Conocimiento de Tiempo Real". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Valencia 2001.
- [21] Chandrasekaran B., "Generic Tasks for knowledge-based reasoning: High-level building blocks for expert system design", IEEE Expert, 1(3), 1986. pp. 23-30.
- [22] Chandrasekaran B., "Towards a functional architecture for intelligence based on generic information processing tasks". Process of the International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI'87), Milan, Italy, pp. 1183-1192.
- [23] Musen M., "Automated Support for building and extending expert models". Machine Learning, 4, 1989. pp. 347-376.
- [24] Puerta A., Egar J., Tu S., Musen M., "A multiple method knowledge acquisition shell for the automatic generation of knowledge acquisition tools", Knowledge Acquisition, 4 (2), 1992. pp. 171- 196.
- [25] Eriksson H., Shahar T., Tu S., Puerta A., Musen M. "Task modeling with reusable problem solving methods". Artificial Intelligence. 1995.
- [26] Wielinga B., Schreiber A., Breuker J. "KADS: A modeling approach to knowledge engineering". Knowledge Acquisition, 4 (1), 1992. pp. 5-53, Special Issue "The KADS approach to knowledge engineering". Reprinted in: Buchana, B and Wilkins, D (Eds.), 1992, Readings in Knowledge Acquisition and Learning, Morgan Kaufmann, pp. 92-116.

- [27] Schreiber Th., Wielinga B., Akkermans J., Van de Velde W., Hoog R., "CommonKADS: A comprehensive methodology for KBS development". IEEE Expert, 9(6), 1994.
- [28] Iglesias C. "Definición de una metodología para el desarrollo de sistemas multiagentes". Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid, España, 1998.
- [29] Angele J., Fensel D., Landes D., et al. "Model-based and Incremental Knowledge Engineering: The MIKE Approach". In J. Cuenca (ED.) Proceedings of the IFIP TC12 Workshop on Artificial Intelligence from the Information Processing Perspective - AIFIPP92, Madrid, Spain, 1992. Elsevier, Science Publisher B.V., Amsterdam, 1993.
- [30] Neubert S. "Model Construction in MIKE". Paper in Lecture Notes of Artificial Intelligence. Knowledge Acquisition for Knowledge-Based Systems, 7th European Workshop, EKAW '93. Springer-Verlag. France, 1993. pp. 200-219.
- [31] Douglass B., Real - Time UML. Addison-Wesley, United States of America. 1998. 365 p.
- [32] Schreiber A., Akkermans J., Anjewierden A., et al. "CommonKADS, Engineering of Knowledge; The CommonKADS Methodology" [versión 0.5]. Amsterdam: Department of Social Science Informatics, University of Amsterdam, 1998. 285 p.
- [33] Uschold, M., Gruninger, M., "Ontologies: Principles, Methods and Applications". *Knowledge Engineering Review* 11(2). 1996.
- [34] Neches, R., Fokes R., Finin T., Gruber, T., Senator T., Swartout W., "Enabling technology for Knowledge sharing". AI Magazine, 12(3), 1991. pp. 36-56.
- [35] Gruber, T., "Toward Principles for the Design of Ontologies Use for Knowledge Sharing". Stanford University, Stanford Knowledge Systems Laboratory, 1993.

- [36] Jones D., Bench-Capon T., Visser P., "Methodologies for Ontology Development". Liverpool University, Department of Computer Science. 1997.
- [37] Noy N., McGuinness D., "Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology". Stanford: University. 2000.
- [38] Gomez A., Fernández M., Corcho O. "Ontological Engineering". Grupo de Ontologías. Laboratorio de Inteligencia Artificial. Facultad de Informática Universidad Politécnica de Madrid. 2004.
- [39] <http://www.superinventos.com/Queesx10.htm>
- [40] Morales E. "Representación del conocimiento". Tecnológica de Monterrey (ITESM), Campus Cuernavaca, Departamento de Computación, División de Ingeniería y Ciencias. México. 1999.
- [41] Gonzales A., Dankel D., "The engineering of knowledge-based systems: theory and practice". 1997.
- [42] Abad M., "Ontologías". Inteligencia Artificial. FIB-UPC. 2003
- [43] García I., "Creación de software para control con técnicas de modelado del Conocimiento", consultado en Febrero de 2008.
www.aurova.ua.es:8080/ja2005/comu/4221-Garcia_JA05.pdf