

Ontología de patrón de comportamiento como controlador Web desde la nube para ahorro de energía en departamentos domotizados

Ontology of behavior pattern as Web controller from the cloud for energy saving in Smart Home

Luis Vladimir Urrelo Huiman¹; Luz Stefany Cacho Aniceto²; Joaquín Osmín Aarón Torres Sáenz²; Martín Taboada Neira^{1,*}

1 Universidad Nacional de Trujillo, Av. Juan Pablo II s/n. Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

2 Universidad Privada Antenor Orrego, Av América Sur 3145, Trujillo, Perú.

* Autor correspondiente: martin.taboada@hotmail.com (M. Taboada).

Fecha de recepción: 13 11 2018. Fecha de aceptación: 10 12 2018.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo aplicar una Ontología de patrón de comportamiento como controlador Web desde la nube que permite anticiparse a las preferencias de los usuarios en el departamento único usado como modelo. Para ello, se desarrolló una Ontología de patrón de comportamiento como controlador Web, identificándose las características que tiene un departamento domotizado, se realizó un análisis de los términos y taxonomía de una Ontología con dispositivos de un departamento domotizado y patrón de comportamiento de personas habitantes en dicho departamento según la metodología Methontology y reutilizando conceptos de ontologías como la de DogOnt y DogPower, definiéndose relaciones binarias de una Ontología, sus atributos, axiomas y reglas de inferencia, e implementándose la Ontología desarrollada utilizando el software Protégé y el razonador Pellet. Luego de la aplicación de la Ontología y las mediciones efectuadas se concluye que la Ontología aplicada logra anticipar las preferencias de los habitantes en un departamento domotizado mediante reglas de inferencia y producen un ahorro del 17,43% de energía.

Palabras clave: ontología; patrón de comportamiento; domótica; DogOn; DogPower.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was to apply an Ontology of behavior pattern as Web controller from the cloud that allows to anticipate the preferences of the users in the single department used as a model. For this, an Ontology behavioral pattern was developed as a Web controller, identifying the characteristics of a domotized department, an analysis of the terms and taxonomy of an Ontology was carried out with devices from a domotized department and behavior pattern of inhabitants in said department according to the Methontology methodology and reusing concepts of ontologies such as DogOnt and DogPower, defining binary relationships of an Ontology, its attributes, axioms and rules of inference, implementing the Ontology developed using the Protégé software and the Pellet reasoner. After the application of the Ontology and the measurements made, it is concluded that the applied Ontology manages to anticipate the preferences of the inhabitants in a domotized department by means of inference rules and produces a 17.43% energy saving.

Key words: ontology; behavior pattern; domotics; DogOn; DogPower.

INTRODUCCIÓN

Si bien el consumo eléctrico ayuda a satisfacer necesidades básicas como la alimentación, vivienda, salud y educación; la generación, transmisión, distribución y el consumo de la energía eléctrica, generan contaminación ambiental por la construcción de centrales eléctricas y sus operaciones, teniendo alcance sobre la fauna, la generación de campos electromagnéticos, además de otros de orden visual, como por ejemplo, el impacto estético de las redes de tensión sobre patrimonios naturales, históricos y culturales (Chamocho, 2013).

De otro lado, se busca construir edificios para viviendas multifamiliares con departamentos domóticos, pero el ahorro de energía está en el rango de un 30% según Schneider Electric; esto hace inviable la justificación económica de la inversión de domotizar un departamento ante el poco ahorro económico generado, por lo que es clave controlar los dispositivos domóticos de manera más "Inteligente" como lo plantea Ray (2016). Entonces, la pregunta es ¿Qué componente de Tecnologías de Información permitirá anticipar las preferencias de los usuarios en un departamento con domótica?

Para ello, se entiende como departamento domotizado, a un domicilio con una serie de técnicas orientadas a automatizar las acciones cotidianas que una persona lleva a cabo en su hogar, tales como: encender las luces, programar artefactos, permitir acceso a diversos ambientes, etc.; que constituyen patrones de comportamiento. En este sentido una casa domotizada es una casa inteligente, gracias a que el sistema llega a tal nivel de madurez que pasa casi desapercibido debido a que la misma interacción entre el usuario y sistema genera una base de funcionalidades que se pueden adaptar a las circunstancias del día (González, 2007; Spoladore et al., 2017; Pardo et al., 2016).

Investigaciones como la de Moreno (2014), sobre la interfaz para el control de un entorno doméstico mediante la voz, demuestran la factibilidad para conectar diversos dispositivos en un entorno domotizado a través de una Ontología. Sin embargo, en cuanto a los tiempos de respuesta de los razonadores semánticos, tanto para dispositivos Android y ordenadores personales, existe una gran

desventaja para los primeros, llegando a demorar desde medio segundo para las consultas simples, hasta un máximo de 26 segundos. De otro lado, Ramos (2014) hace "*Uma proposta de Ontologia para residências inteligentes buscando a integração de dispositivos*", donde desarrolla un modelo Ontológico para una residencia en particular, con la finalidad de integrar los dispositivos heterogéneos, además de tener la capacidad de adquirir y aplicar conocimiento sobre el ambiente y automáticamente adaptarlo a sus habitantes. También (Sioutis et al., 2015) presentan una investigación que permite una visión general de cómo la relación espacio-temporal cualitativa gestiona apropiadamente ambientes y presenta algunos escenarios de calidad para habitantes de un hogar con sensores. Otros han planteado la necesidad de hacer un estudio y desarrollo de nuevas técnicas y herramientas para complementar la construcción de edificios domóticos con el fin de reducir el consumo de energía eléctrica (Gil et al., 2015; Aguilar et al., 2017; Hasan y Kumari, 2017; Bistarelli et al., 2017; Kenaza y Aish, 2016; Martins y McCann, 2015; Alirezaie et al., 2017).

Dado que existe escasa información sobre el desarrollo y aplicación de una Ontología de patrón de comportamiento como controlador de dispositivos de luminaria en departamentos domotizados y se desconoce el ahorro de energía eléctrica por la aplicación de una Ontología de patrón de comportamiento; se planteó determinar el ahorro eléctrico que se generaría mediante la aplicación de una Ontología de patrón de comportamiento como controlador Web desde la nube, en un departamento domotizado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se estudió el consumo de energía de un único caso al interconectar la Ontología de patrón de comportamiento, con controlador de dispositivos, del departamento domótico 201 del proyecto Residencial Los Jazmines del Grupo Algol Ingenieros Contratistas y Constructores S.A.C., en la ciudad de Trujillo, Perú.

Para desarrollar la Ontología se hizo un análisis de los términos y taxonomía de conceptos (Koutsomitropoulos y Kalou,

2017), de una Ontología con dispositivos de un departamento domotizado y patrón de comportamiento de personas habitantes en dicho departamento según la metodología Methontology y reutilizando conceptos de las ontologías DogOnt y DogPower; luego se definieron las relaciones binarias de la Ontología; luego se definieron los atributos, axiomas y reglas de inferencia de la Ontología (Ray, 2016; Nakhla y Noura, 2017); implementándose la Ontología utilizando el software Protégé que permitió ejecutarla mediante el razonador Pellet. Por último, se interconectó mediante un servidor Web a una placa Raspberry Pi del departamento. Las técnicas e instrumentos de recolección de datos utilizadas fueron: simulación, observación, reportes y encuestas y las técnicas de procesamiento y análisis de datos fueron los cálculos estadísticos descriptivos como el promedio de las diferencias y la desviación estándar de las diferencias,

aplicándose la prueba de Wilcoxon para datos emparejados de consumo de energía del departamento domotizado en el aplicativo luminaria con y sin la Ontología.

El procedimiento seguido, de acuerdo con Methontology (Ochs et al., 2017), para el desarrollo de una Ontología, es necesario la identificación de los conceptos y relaciones; para reutilizando conceptos de DogOnt, DogPower y detección de video de (Mohammad et al., 2015), estos conceptos y relaciones se muestran en el diagrama RDF (figura 1).

Luego se desarrolló la taxonomía de conceptos que representan las jerarquías de las clases concretas para conceptos con instancias y las clases abstractas para conceptos sin instancias, tal y como se muestra en la figura 2.

Luego se identificaron las relaciones binarias de una Ontología, así como sus características, tal y como se muestra en el glosario de la Figura 3.

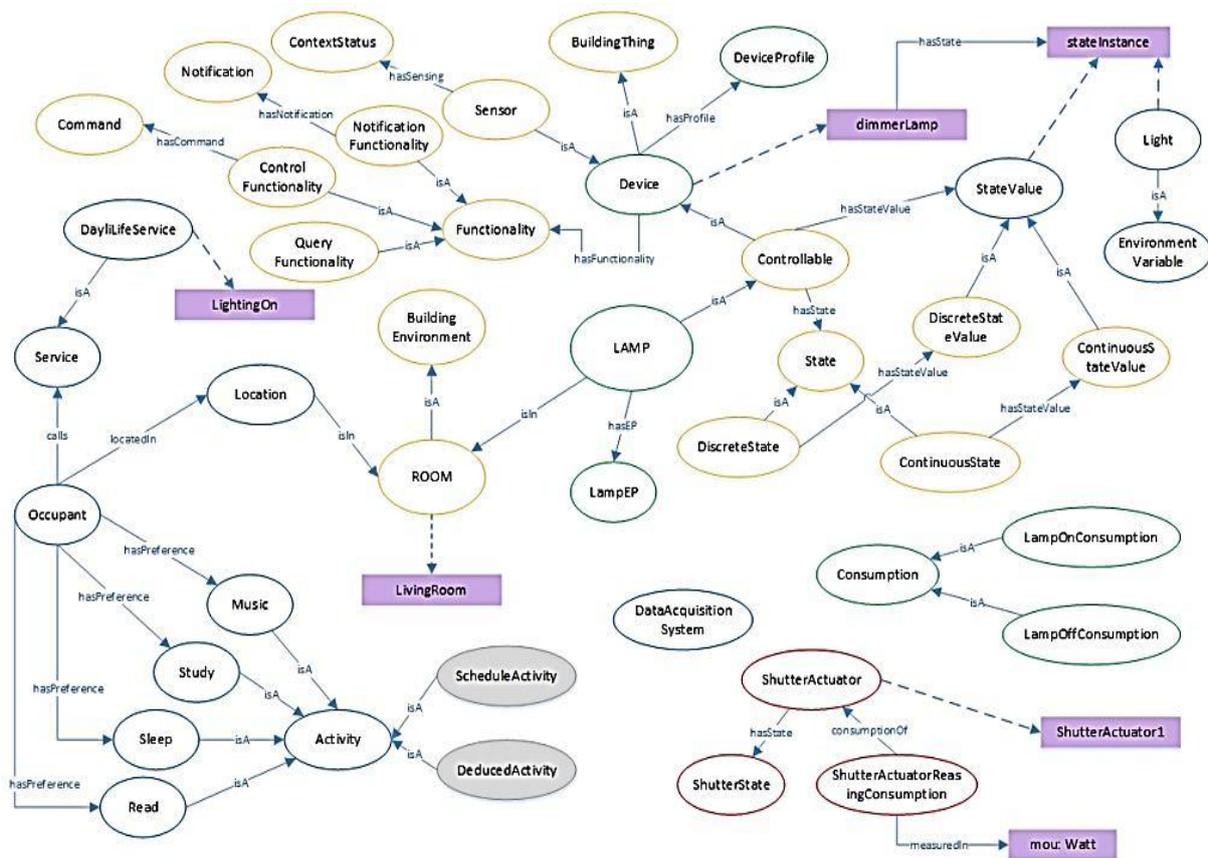


Figura 1. Diagrama RDF.

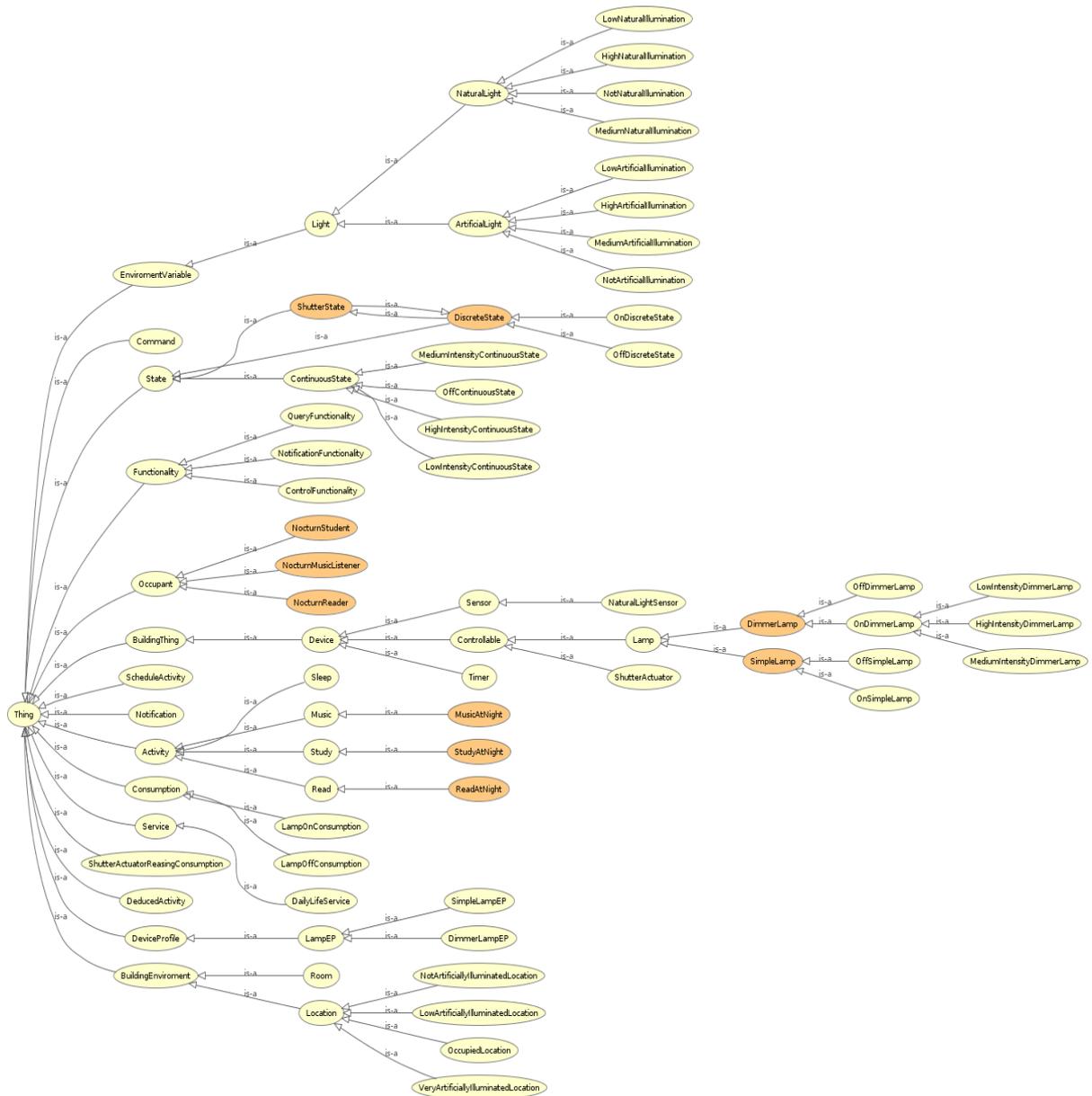


Figura 2. Desarrollo de la taxonomía de conceptos.

isIlluminatedByMediumArtificialIllumination	Relación entre una locación (Location) y el nivel de intensificación de la luz artificial (MediumArtificialIllumination), es asimétrica e irreflexiva.
isIlluminatedByNoArtificialIllumination	Relación entre una locación (Location) y el nivel de intensificación de la luz artificial (NotArtificialIllumination), es asimétrica e irreflexiva.
noArtificialIlluminationIlluminates	Relación entre el nivel de intensificación de la luz artificial (NotArtificialIllumination) y una locación (Location), es asimétrica e irreflexiva.
isIlluminatedByHighArtificialIllumination	Relación entre una locación (Location) y el nivel de intensificación de la luz artificial (HighArtificialIllumination), es asimétrica e irreflexiva.
mediumArtificialIlluminationIlluminates	Relación entre el nivel de intensificación de la luz artificial (MediumArtificialIllumination) y una locación (Location), es asimétrica e irreflexiva.
highArtificialIlluminationIlluminates	Relación entre el nivel de intensificación de la luz artificial (HighArtificialIllumination) y una locación (Location), es asimétrica e irreflexiva.
Calls	Relación entre un ocupante (Occupant) y los servicios (Service) que solicita, es asimétrica e irreflexiva.
isCalledBy	Relación entre un servicio (Service) y el ocupante (Occupant) que solicita dicho servicio, es asimétrica e irreflexiva.
consumptionOf	Relación entre el consumo (Consumption) y un dispositivo (Device), no funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasConsumption	Relación entre un dispositivo (Device) y su consumo (Consumption), no inversa, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasCommand	Relación entre la funcionalidad de control y sus comandos (Command), no

hasEP	inversa, no funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva. Relación entre la lámpara (Lamp) y su perfil de consumo de energía, funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasSimpleLampEP	Relación entre una lámpara simple y su perfil de consumo de energía específico, funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasDimmerLampEP	Relación entre una lámpara regulable (Dimmer) y su perfil de consumo de energía específico, funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasFunctionality	Relación entre el dispositivo (Device) y su funcionalidad (Functionality), no inversa, asimétrica e irreflexiva.
hasLamps	Relación entre una ubicación y las lámparas que en ella se encuentran, la cantidad de las lámparas, su tipo y su estado determinan la iluminación artificial de dicha ubicación, no inversa, no funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
hasLight	Relación entre una actividad (Activity) y el nivel de luz artificial que necesita para ser llevada a cabo sin contratiempo. Funcional, no transitiva, asimétrica e irreflexiva.
necessaryLamps	Relación entre la luz artificial y las lámparas (Lamp) necesarias para generarla, las cuales según la regulación de su intensidad determinan el nivel de luz artificial. Es asimétrica e irreflexiva.
hasNaturalLightCondition	Relación entre la luz artificial y la luz natural, ya que la primera depende de la intensidad de la segunda. Es funcional, asimétrica e irreflexiva.
sensingNaturalLight	Indica la relación entre el sensor de luz natural y la luz natural del ambiente. Es asimétrica e irreflexiva.
hasNotification	Relación entre la funcionalidad de notificación y la notificación generada, es asimétrica e irreflexiva.
hasOccupant	Indica la ubicación y el ocupante que se encuentra en dicha ubicación, es asimétrica e irreflexiva.
hasPreference	Relación entre el ocupante y las actividades de su preferencia, es asimétrica e irreflexiva.
hasState	Relación entre el dispositivo controlable y su estado, es asimétrica e irreflexiva.
isIn	Relación que indica una ubicación en una habitación, es asimétrica e irreflexiva.
locatedIn	Relación entre el ocupante y la ubicación donde se encuentra, es asimétrica e irreflexiva.

Figura 3. Relaciones binarias de una Ontología y sus características.

También se identificaron los atributos, axiomas y reglas de inferencia de la Ontología que se implementaron utilizando el software Protégé y el razonador Jena 2.1 en un entorno Web, como por ejemplo el axioma del concepto DimmerLamp mostrado en la Figura 4.

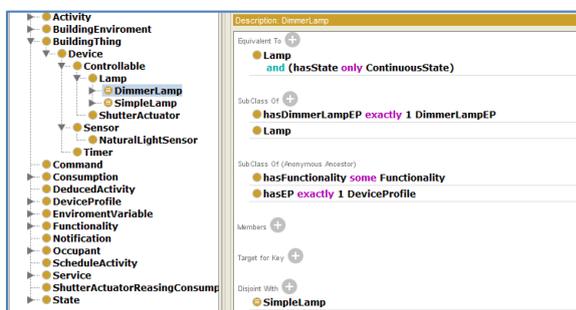


Figura 4. Axioma DimmerLamp

Para ejecutar la Ontología se enlazó el archivo con el razonador Jena 2.1 en un entorno Web, luego de conectarse el servidor de Jena se procedió a ingresar a través del navegador con el localhost: 3030. Se ejecutó una consulta para llamar a todas las acciones IsCalledBy Pepe según lo mostrado en la figura 5.

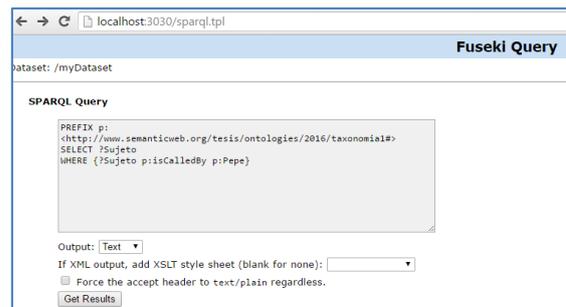


Figura 5. Query para llamar a todas las acciones.

Generando un resultado de todas las acciones, que se muestran en la figura 6, donde podemos observar el resultado inferido y automático, que son todas las acciones que el sujeto puede ejecutar.

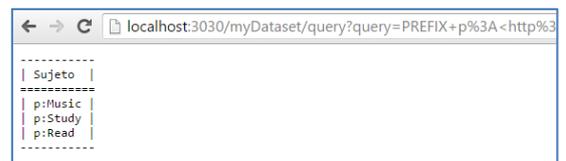


Figura 6. Resultado Query de todas las acciones.

Esta Ontología se conectó a un controlador en el departamento 201 del Residencial los Jazmines, según la

arquitectura del sistema que se muestra en la figura 7.

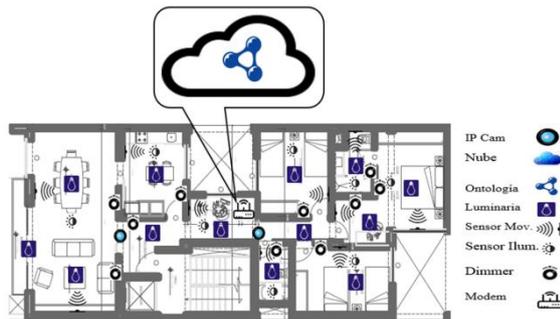


Figura 7. Arquitectura del Sistema de Departamento Domótico con el Aplicativo Luminaria Basado en Ontología de Web Semántica.

La Ontología generó las inferencias, anticipándose en el encendido y apagado de luz de sus habitantes, cuyo resultado de razonamiento se basó en las reglas de inferencia siguientes:

R1: Si Occupant is MusicAtNight Entonces Light MediumArtificialIllumination.

Rule: hasOccupant(?l, ?o), hasPreference(?o, ?p), hasLight(?p, ?li) -> mediumArtificialIlluminationIlluminates(?li, ?l)

R2: Si Occupant is Sleep Entonces Light NotArtificiallyIlluminatedLocation.

Rule: hasOccupant(?l, ?o), hasPreference(?o, ?p), hasLight(?p, ?li) -> noArtificialIlluminationIlluminates(?li, ?l)

R3: Si Occupant is ReadAtNight Entonces Light HighArtificialIllumination.

Rule: hasOccupant(?l, ?o), hasPreference(?o, ?p), hasLight(?p, ?li) -> highArtificialIlluminationIlluminates(?li, ?l)

R4: Si Occupant is StudyAtNight Entonces Light HighArtificialIllumination.

Rule: hasOccupant(?l, ?o), hasPreference(?o, ?p), hasLight(?p, ?li) -> highArtificialIlluminationIlluminates(?li, ?l)

Implementado en la etiqueta Rules de Protégé, tal y como se muestra en la figura 8.

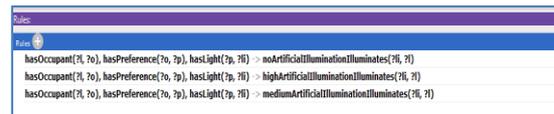


Figura 8. Reglas de Inferencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Ontología de patrón de comportamiento, desarrollado, como controlador Web permite anticiparse a las preferencias de los usuarios en el departamento domotizado 201 del proyecto Residencial Los Jazmines de la empresa Grupo Algol Ingenieros Contratistas y Constructores S.A.C. en Trujillo el año 2017. La medición del consumo de energía en el aplicativo luminaria del departamento en los diversos ambientes se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Registro de consumo energético del departamento real interactuando con la Ontología

Nro. Prueba	Fecha	Hora inicio	Hora fin	Sala	Cocina Comedor	Baño 1	Pasadizo	Habitación 1	Total de KW/hora
1	19/07/2017	19:00	20:00	0,0492	0,0437	0,00487	0,0048	0,1052	0,20777
2	19/07/2017	20:00	21:00	0,045	0,0432	0,00481	0,0043	0,1122	0,20951
3	20/07/2017	15:00	16:00	0,0503	0,0412	0,00491	0,0045	0,1154	0,21631
4	20/07/2017	16:00	17:00	0,0499	0,0403	0,00483	0,0042	0,1089	0,20813
5	20/07/2017	17:00	18:00	0,0497	0,0413	0,00481	0,0044	0,0987	0,19891
6	20/07/2017	18:00	19:00	0,0492	0,0412	0,00492	0,0049	0,0989	0,19912
7	20/07/2017	19:00	20:00	0,0491	0,0402	0,00485	0,0047	0,1135	0,21235
8	20/07/2017	20:00	21:00	0,0435	0,0424	0,00489	0,0045	0,1125	0,20779
9	20/07/2017	21:00	22:00	0,0489	0,0414	0,00481	0,0042	0,1098	0,20911
10	20/07/2017	22:00	23:00	0,0428	0,0421	0,00492	0,0049	0,1164	0,21112
11	20/07/2017	23:00	00:00	0,0468	0,0445	0,00492	0,0042	0,1018	0,20222
12	20/07/2017	00:00	01:00	0,0449	0,0427	0,00488	0,0048	0,0983	0,19558
13	21/07/2017	15:00	16:00	0,0487	0,0429	0,00497	0,0043	0,1011	0,20197
14	21/07/2017	16:00	17:00	0,0491	0,0431	0,00499	0,0042	0,0985	0,19989
15	21/07/2017	17:00	18:00	0,0482	0,0434	0,00489	0,0049	0,1153	0,21669
16	21/07/2017	18:00	19:00	0,0476	0,0432	0,00487	0,0047	0,1101	0,21047
17	21/07/2017	19:00	20:00	0,0488	0,0433	0,00482	0,0042	0,0987	0,19982
18	21/07/2017	20:00	21:00	0,0489	0,0421	0,00481	0,0044	0,1124	0,21261
19	21/07/2017	21:00	22:00	0,0489	0,0423	0,00483	0,0048	0,1157	0,21653
20	21/07/2017	22:00	23:00	0,0487	0,0428	0,00487	0,0047	0,1195	0,22057
21	21/07/2017	23:00	00:00	0,0491	0,0434	0,00488	0,0046	0,1176	0,21958
22	21/07/2017	00:00	01:00	0,0487	0,0434	0,00479	0,0048	0,1193	0,22099
Total									4,59704

La prueba de confiabilidad Alpha de Cronbach aplicada a las 22 mediciones, permitió descartar el registro de medición número 15, debido al bajo nivel de correlación, obteniendo un Alpha de Cronbach de 0,900 con los 21 registros restantes, lo cual indica la calidad de las mediciones.

El consumo de energía en el mismo departamento pero sin el aplicativo luminaria enlazado a la Ontología, para 21 mediciones se muestra en la tabla 2, apareado con las mediciones con ontología de la tabla 1, sin el registro número 15.

Tabla 2. Medición del consumo de energía del departamento sin la Ontología Vs el departamento 201 del Residencial Los Jazmines con la Ontología de patrón de comportamiento

	Departamento sin la Ontología (Kw)	Departamento con Ontología (Kw)
1	0,24253	0,20777
2	0,24195	0,20951
3	0,22856	0,21631
4	0,23342	0,20813
5	0,2352	0,19891
6	0,23988	0,19912
7	0,24481	0,21235
8	0,24227	0,20779
9	0,25126	0,20911
10	0,2486	0,21112
11	0,25768	0,20222
12	0,23033	0,19558
13	0,2391	0,20197
14	0,24176	0,19989
15	0,25053	0,21047
16	0,25261	0,19982
17	0,25001	0,21261
+18	0,26149	0,21653
19	0,24213	0,22057
20	0,2516	0,21958
21	0,25811	0,22099
Total	5,14383	4,38035

La prueba de normalidad de Shapiro-Wilk para los 21 registros, con $\alpha = ,05$ para mediciones con Ontología determina $p = ,333$ y para mediciones sin ontología $p = ,792$; lo que significa que los datos cumplen con el principio de normalidad de las mediciones.

Bajo el supuesto de normalidad confirmado, la prueba *T Student* para dos muestras relacionadas, con mediciones en el departamento con Ontología y sin Ontología, con 21 mediciones cada una, la prueba estadística con $\alpha = ,05$ y 20 g.l. determina un $p = ,000$; lo que quiere decir que la disminución del consumo de energía en el departamento domotizado conectado a la Ontología de patrón de

comportamiento es significativa; raduciéndose el consumo de energía eléctrica de 5,14383 Kw. a 4,38035 Kw generando una diferencia a favor del 17,43 %.

Los valores del consumo de energía con la aplicación de la Ontología de patrón de comportamiento que se muestran en la tabla 1, comparados con los valores del consumo de energía del departamento sin la Ontología mostrados en la tabla 2; determinan un ahorro del 17,43 %, demostrando que el uso de la Ontología de patrón de comportamiento influye significativamente en la disminución del consumo de energía en departamentos domotizados. Estos resultados verifican las propuestas de González, 2007; Spoladore et al., 2017; Pardo et al., 2016; quienes afirman que es posible identificar el comportamiento de las personas mediante la interacción con técnicas e instrumentos para domotizar las viviendas de las personas.

De otro lado, se confirma la propuesta de Ramos (2014) quien propone que el desarrollo de alguna Ontología de comportamiento integrada a dispositivos heterogéneos, permite automatizar ambientes domésticos, como el logrado en esta investigación. También, los resultados demuestran que el haber aplicado el procedimiento propuesto por Methontology (Ochs et al., 2017) ha dado resultados positivos y que, la reutilización de conceptos de DogOnt, DogPower para la identificación de conceptos y relaciones (figura 1) en la Ontología desarrollada, ha permitido lograr los resultados obtenidos siendo muy útil en el control del comportamiento web en la detección de video propuesto por Mohammad et al. (2015).

Al comparar la arquitectura propuesta con la del Sistema de (Sioutis et al., 2015), notamos que ambas requieren conexión a internet permanente mediante el modem y el mismo número de sensores y actuadores pero la arquitectura propuesta no está supeditada a una aplicación móvil.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se colige que el uso de una Ontología de patrón de comportamiento como controlador web de dispositivos disminuye el consumo de energía en departamentos domotizados; habiéndose logrado el objetivo planteado en esta investigación.

CONCLUSIONES

En el análisis de glosario de términos y taxonomía de conceptos, se identificaron un total de 76 conceptos, reutilizando algunos de Ontologías tales como: DogOnt y DogPower y se elaboró el diagrama de la taxonomía.

En la definición de relaciones binarias, se identificaron 28 relaciones binarias de la Ontología, así como sus características más relevantes.

Se determinaron 18 atributos, 4 axiomas y 4 reglas de inferencia de la Ontología, condiciones necesarias de algunas clases de la Ontología, condiciones suficientes de algunas clases de la Ontología y la descripción de las reglas de inferencia.

Se implementó la Ontología en el software Protégé y razonador Pellet generando inferencia en 4 de las reglas, debido a que al considerar una actividad que se repite con frecuencia (leer, escuchar música, dormir) se enciende la luminaria en el nivel requerido si no hay iluminación natural, demostrando que la Ontología puede anticiparse a las preferencias de los usuarios para la configuración de la iluminación en un departamento domotizado. La Ontología de patrón de comportamiento como controlador web de dispositivos ahorra el consumo de energía en departamentos domotizados. Para el caso de estudio se logró una reducción del 17,43%, siendo un ahorro de energía eléctrica significativo a las pruebas estadísticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, J.; Jerez, M.; Rodríguez, T. 2017. CAMEnto: Context awareness meta ontology modeling. *Applied Computing and Informatics*, 202–213.
- Alirezaie, M.; Renoux, J.; Köckemann, J.; Kristoffersson, U.; Karlsson, A. 2017. An Ontology-based Context-aware System for Smart Homes. Sweden: Orebro University.
- Bistarelli, S.; Di Noia, T.; Mongiello, M.; Nocera, F. 2017. ProOnto: an Ontology Driven Business Process Mining Tool. *Procedia Computer Science* 112: 306–315.
- Chamochumbi, D.D. 2013. Diagnóstico, Análisis y Propuesta de Mejora al Proceso de Gestión de Interrupciones imprevistas en el Suministro Eléctrico de Baja Tensión. Obtenido de http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/123456789/4791/SALAS_CHAMOCHUMBL_DANIEL_DIAGNOSTICO_ELECTRICIDAD.pdf?sequence=1
- Gil, R.; Virgili-Gomá, J.; García, R.; Mason, C. 2015. Emotions ontology for collaborative modelling and learning of emotional responses. *Computers in Human Behavior* 51: 610–617.
- González, M.S. 2007. Patrones de comportamiento. Miami. Disponible en : <http://www.elcampamentodedios.com/28sep10b.pdf>
- Hasan, S.; Kumari, V. 2017. Generic-distributed framework for cloud services marketplace based on unified ontology. *Journal of Advanced Research* 8(6): 569–576.
- Kenaza, T.; Alish, M. 2016. Toward an Efficient Ontology-based Event Correlation in SIEM. *Procedia Computer Science* 83: 139 – 146.
- Koutsomitropoulos, D.A.; Kalou, A.K. 2017. A standards-based ontology and support for Big Data Analytics in the insurance industry. *ICT Express* 3(2): 57–61.
- Martins, P.M.; McCann, J.A. 2015. The Programmable City. *Procedia Computer Science* 52: 334 – 341.
- Mohammad, M.A.; Kaloskamps, I.; Hicks, Y.; Setchi, R. 2015. Ontology-based framework for risk assessment in road scenes using videos. *Procedia Computer Science* 60: 1532 – 1541.
- Moreno, S. 2014. Interfaz para el Control de un Entorno Doméstico Mediante Voz. Universidad Pontificia de Comillas, Madrid, España.
- Nakhla, Z.; Noura, K. 2017. Automatic approach to enrich databases using ontology: Application in medical domain. *Procedia Computer Science* 112: 387–396.
- Ochs, C.; Perl, Y.; Geller, J.; Arabandi, S.; Tudorache, T.; Musen, M.A. 2017. An empirical analysis of ontology reuse in BioPortal. *Journal of Biomedical Informatics*: 165–177.
- Pardo, E.; Espes, D.; Le-Parc, P. 2016. A Framework for Anomaly Diagnosis in Smart Homes Based on Ontology. *Procedia Computer Science* 83: 545 – 552.
- Ramos, L. 2014. Uma Proposta de Ontologia para Residências. Tesis para obtener grado de maestría, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brasil.
- Ray, P. 2016. A survey on Internet of Things architectures. *Journal of King Saud University – Computer and Information Sciences* 30(3): 291–319.
- Sioutis, M.; Alirezaie, M.; Renoux, J.; Louffi, A. 2015. Towards a Synergy of Qualitative Spatio-Temporal Reasoning and Smart Environments for Assisting the Elderly at Home. Sweden: Orebro University. Disponible en: <https://pdfs.semanticscholar.org/f10e/77110f58b9669dc88722f4463cc19cb84196.pdf>
- Spoladore, D.; Arlati, S.; Sacco, M. 2017. Semantic and Virtual Reality-Enhanced Configuration of Domestic Environments: The Smart Home Simulator. *Hindawi - Mobile Information Systems*. Disponible en : <https://www.hindawi.com/journals/misy/2017/3185481/>