



Universidad del Azuay

Facultad de Ciencias de la Administración

Escuela de Ingeniería de Sistemas y Telemática

**PROTOTIPO DE UN MODELO  
ONTOLÓGICO PARA SISTEMAS DE  
INTERNET DE LAS COSAS**

TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN  
DEL GRADO EN INGENIERO EN SISTEMAS Y  
TELEMÁTICA

Autores:

**Avila Gárate Juan Diego**

**Pinos Méndez Christian Sebastián**

Director:

**Ing. Lenin Erazo Garzón MSc.**

**Cuenca – Ecuador  
2022**

## **DEDICATORIA**

Este trabajo de tesis va dedicado a nuestros padres que nos apoyaron con sus consejos y han estado a nuestro lado desde que comenzamos nuestras carreras como estudiantes, y sin su apoyo no podríamos cumplir con esta meta de nuestras vidas.

## **AGRADECIMIENTO**

Queremos brindar un especial agradecimiento a nuestros padres por confiar en nosotros en cada momento de esta carrera universitaria, de igual manera extendemos nuestros agradecimientos a nuestro director de tesis el Ing. Lenin Erazo por ser la persona que confió en nosotros para realizar esta tesis de grado, también agradecer al Magister Nelson Mendez, que gracias a sus enseñanzas hemos cumplido nuestras metas.

# Índice

|   |      |
|---|------|
| DEDICATORIA .....   | I    |
| AGRADECIMIENTO .....  | II   |
| Índice.....   | III  |
| Índice de Figuras .....                                       | VI   |
| Índice de tablas.....   | VII  |
| RESUMEN.....  | VIII |
| Abstract: .....   | IX   |
| 1 INTRODUCCIÓN .....  | 1    |
| 1.1 Motivación de la investigación .....                      | 2    |
| 1.2 Problemática .....  | 3    |
| 1.3 Objetivos .....   | 4    |
| 1.3.1 Objetivo general .....                                  | 4    |
| 1.3.2 Objetivos específicos.....                              | 4    |
| 1.4 Metodología .....   | 4    |
| 2 MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....                       | 6    |
| 2.1 Internet de las cosas .....                               | 6    |
| 2.1.1 ¿Qué es Internet de las Cosas? .....                    | 6    |
| 2.1.2 Modelos de Comunicación del internet de las Cosas ..... | 8    |
| 2.2 Ontologías .....  | 11   |
| 2.2.1 Definición de ontología.....                            | 11   |
| 2.2.2 Clasificación de las ontologías.....                    | 12   |
| 2.2.3 Metodologías para la creación de una ontología.....     | 13   |
| 2.3 Trabajos relacionados .....                               | 14   |
| 2.3.1 Introducción .....                                      | 14   |
| 3 REVISIÓN SISTEMÁTICA.....                                   | 16   |

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 3.1   | Planeación de la revisión .....                                | 16 |
| 3.1.1 | Preguntas de investigación .....                               | 16 |
| 3.1.2 | Estrategia de búsqueda .....                                   | 17 |
| 3.1.3 | Selección de estudios primarios .....                          | 17 |
| 3.1.4 | Evaluación de calidad.....                                     | 18 |
| 3.1.5 | Estrategia de extracción de datos .....                        | 19 |
| 3.1.6 | Métodos de análisis y síntesis .....                           | 20 |
| 3.2   | Ejecución de la revisión .....                                 | 20 |
| 3.2.1 | Selección de estudios primarios .....                          | 20 |
| 3.3   | Resultados y discusiones.....                                  | 21 |
| 3.4   | Conclusiones .....   | 36 |
| 4     | PROCESO DE CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE LA ONTOLOGÍA.....     | 38 |
| 4.1   | Metodología .....  | 38 |
| 4.2   | Especificación de requerimientos de la ontología .....         | 38 |
| 4.3   | Modelado e implementación de la ontología .....                | 40 |
| 4.3.1 | Búsqueda de recursos ontológicos .....                         | 42 |
| 4.3.2 | Comparación y selección de ontologías .....                    | 42 |
| 4.3.3 | Fusión y personalización de las ontologías seleccionadas ..... | 43 |
| 5     | EVALUACIÓN DEL PROTOTIPO DE ONTOLOGÍA .....                    | 45 |
| 5.1   | Escenario IoT para la evaluación.....                          | 45 |
| 5.2   | Ejecución de la evaluación.....                                | 45 |
| 5.3   | Conclusiones de la evaluación.....                             | 53 |
|       | Conclusiones y recomendaciones .....                           | 53 |
|       | Bibliografía .....   | 55 |
|       | Anexos .....   | 59 |

Apéndice A. Estudios primarios seleccionados. .... 59

## Índice de Figuras

|  |    |
|--|----|
| Figura 1.1 Metodología de la investigación. ....   | 4  |
| Figura 2.1 Ejemplo de un modelo de comunicación dispositivo a dispositivo .....                      | 8  |
| Figura 2.2 Diagrama del modelo de comunicación dispositivo a la nube .....                           | 9  |
| Figura 2.3 Ejemplo del modelo de comunicación de ‘dispositivo a puerta de enlace....                 | 10 |
| Figura 2.4 Diagrama del modelo de intercambio de datos a través del back-end. ....                   | 11 |
| Figura 2.5 Ejemplo de una ontología básica.....  | 12 |
| Figura 3.1 Realización de la revisión sistemática.....   | 21 |
| Figura 3.2 Evaluación de calidad de los estudios .....   | 22 |
| Figura 3.3 Subdominio IoT de los estudios .....  | 23 |
| Figura 3.4 Requisitos no funcionales de los estudios.....  | 24 |
| Figura 3.5 Conceptos representados en la ontología de los estudios.....                              | 26 |
| Figura 3.6 Tipos de aspectos modelados en las ontologías de los estudios.....                        | 28 |
| Figura 3.7 Nivel de modelado de las ontologías de los estudios.....                                  | 29 |
| Figura 3.8 Nivel de modelado ontológico por tipo de aspectos y requerimientos no<br>funcionales..... | 29 |
| Figura 3.9 Lenguajes ontológicos utilizados en los estudios.....                                     | 30 |
| Figura 3.10 Herramientas utilizadas en los estudios .....  | 31 |
| Figura 3.11 Ontologías reutilizadas en los estudios .....  | 32 |
| Figura 3.12 Validaciones realizadas en los estudios .....  | 33 |
| Figura 3.13 Tipo de validación por requisito no funcional. ....                                      | 34 |
| Figura 3.14 Tipo de estudios .....   | 35 |
| Figura 3.15 Alcance del enfoque de los estudios .....  | 36 |
| Figura 4.1 Esquema del prototipo de ontología.....   | 44 |

## Índice de tablas

|   |    |
|---|----|
| Tabla 2.1 Metodologías para la construcción de una ontología .....                      | 13 |
| Tabla 3.1 Cadena de búsqueda automática.....  | 17 |
| Tabla 3.2 Lista de control de calidad.....  | 18 |
| Tabla 3.3 Formulario de extracción de datos .....                                       | 19 |
| Tabla 3.4 Frecuencia de los subdominios IoT.....  | 23 |
| Tabla 3.5 Frecuencia de requisitos no funcionales representados en las ontologías. .... | 24 |
| Tabla 3.6 Frecuencia de conceptos / entidades representadas en las ontologías.....      | 26 |
| Tabla 3.7 Frecuencia de aspectos de los sistemas IoT modelados en las ontologías. ....  | 27 |
| Tabla 3.8 Frecuencia de nivel de modelado de ontología .....                            | 29 |
| Tabla 3.9 Frecuencia de lenguajes ontológicos utilizados .....                          | 30 |
| Tabla 3.10 Frecuencia de las Herramientas de desarrollo de ontologías.....              | 31 |
| Tabla 3.11 Frecuencia de ontologías reutilizadas.....                                   | 32 |
| Tabla 3.12 Frecuencia de los tipos de validaciones.....                                 | 33 |
| Tabla 3.13 Frecuencia de tipos de estudio de la ontología.....                          | 35 |
| Tabla 3.14 Frecuencia del alcance del enfoque de la ontología .....                     | 35 |
| Tabla 4.1 Documento de especificación de requisitos. Secciones 1 a 5.....               | 39 |
| Tabla 4.2 Documento de especificación de requisitos. Sección 6.....                     | 39 |
| Tabla 4.3 Documento de especificación de requisitos. Sección 7.....                     | 40 |
| Tabla 4.4 Descripción de ontologías candidatas .....                                    | 42 |
| Tabla 4.5 Análisis comparativo de ontologías candidatas.....                            | 43 |
| Tabla 5.1 Resultado de la consulta de la pregunta número uno. ....                      | 45 |
| Tabla 5.2 Resultado de la consulta de la pregunta número dos.....                       | 46 |
| Tabla 5.3 Resultado de la consulta de la pregunta número tres .....                     | 47 |
| Tabla 5.4 Resultado de la consulta de la pregunta número cuatro .....                   | 48 |
| Tabla 5.5 Resultado de la consulta de la pregunta número cinco.....                     | 49 |
| Tabla 5.6 Resultado de la consulta de la pregunta número seis .....                     | 50 |
| Tabla 5.7 Resultado de la consulta de la pregunta número siete.....                     | 51 |
| Tabla 5.8 Resultado de la consulta de la pregunta número ocho .....                     | 52 |
| Tabla 5.9 Resultado de la consulta de la pregunta número nueve.....                     | 52 |
| Tabla A.0.1 Estudios primarios seleccionados en la revisión sistemática.....            | 59 |



## **RESUMEN:**

Los desafíos que enfrenta el Internet de las Cosas (IoT) son heredados directamente del Internet de hoy. Sin embargo, se ven directamente amplificadas por las implementaciones anticipadas de dispositivos heterogéneos a gran escala que operan en escenarios altamente dinámicos y cambiantes. Un enfoque apropiado para hacer frente a la complejidad y dinamismo de los sistemas IoT es el uso de ontologías debido a su expresividad, semántica y extensibilidad. El propósito del presente trabajo es en primera instancia recolectar evidencia sobre el uso de los modelos ontológicos en el dominio de IoT mediante la ejecución de una revisión sistemática de la literatura. Luego, se construyó un prototipo de un modelo ontológico formal en OWL para representar entidades físicas y digitales de un sistema IoT, utilizando la metodología NeOn. Finalmente, se realizó la evaluación de la ontología propuesta empleando SPARQL para demostrar que es capaz de contestar las preguntas establecidas en el documento de especificación de requisitos de la ontología.

**Palabras claves:** Internet de las Cosas (IoT), Ontología, OWL, Web Semántica.

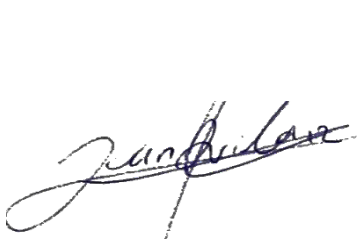
## Abstract:

The challenges that face the Internet of Things (IoT) are inherited directly from today's Internet. However, they are directly amplified by anticipated implementations of large scale of heterogeneous devices operating in highly dynamic and changing scenarios. An appropriate approach to deal with the complexity and dynamism of IoT systems is the use of ontologies due to their expressiveness, semantics, and extensibility. The purpose of this degree work at first instance is to collect evidence on the use of ontological models in the IoT domain by carrying out a systematic review of the literature. Then a prototype of a formal ontological model was built in OWL to represent physical and digital entities of an IoT system, using the NeOn methodology. Finally, the evaluation of the proposed ontology was carried out using SPARQL to demonstrate that it is capable of answering the questions established in the ontology requirements specification document.

**Key Words:** Internet of Things (IoT), Ontology, OWL, Semantic Web.



.....  
ING.LENIN ERAZO GARZÓN.



.....  
JUAN DIEGO AVILA GÁRATE.



.....  
CHRISTIAN SEBASTIÁN PINOS MÉNDEZ.

