



**Facultad de Ciencias de la Administración**

**Carrera de Ingeniería en Ciencias de la  
Computación**

Lenguaje Específico de Dominio para modelar reglas  
de autoadaptación de sistemas IoT.

**Trabajo de titulación previo a la obtención del  
grado de Ingeniero en Ciencias de la Computación**

**Autor:**

Richard Hernán Robles Bonilla

**Director:**

Lenin Xavier Erazo Garzón

**Cuenca – Ecuador**

**Año**

2024

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo de graduación a mis padres quienes sacrificaron bastante en mi formación académica, y me apoyaron en todo el transcurso de mi carrera. Además, a mis hermanos y amigos, por creer en mí y por su constante apoyo de motivación e inspiración. Finalmente, a mis profesores, que contribuyeron directa e indirectamente en mi formación académica como personal. Doy gracias a las personas que influyeron en mi formación y de poder ser parte de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo de graduación. A mis padres, por brindarme todo su amor y apoyo los cuales gracias al esfuerzo y perseverancia mutuo fue posible finalizar este trabajo. A mis profesores, por su guía, paciencia y por brindarme sus conocimientos a lo largo de mi desarrollo académico. Finalmente, a mi director de tesis, por su invaluable acompañamiento en el desarrollo del mismo y por su compromiso con mi formación y la finalización del trabajo.

## Índice de Contenidos

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO .....	ii
Índice de Contenidos.....	iii
Índice de figuras y tablas .....	iv
Índice de figuras.....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de Anexos .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	vii
<b>LENGUAJE ESPECÍFICO DE DOMINIO PARA MODELAR REGLAS DE AUTOADAPTACIÓN DE SISTEMAS IOT .....</b>	<b>1</b>
<b>1. Introducción.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Objetivos .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.1 Objetivo general.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1.2 Objetivos específicos .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Marco teórico .....</b>	<b>1</b>
<b>2.1 Internet de las Cosas .....</b>	<b>1</b>
<b>2.2 Sistemas Autoadaptativos.....</b>	<b>2</b>
<b>2.3 Ingeniería Dirigida por Modelos .....</b>	<b>2</b>
<b>2.4 Lenguaje Especifico de Dominio .....</b>	<b>2</b>
<b>3 Estado del Arte.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Materiales y Métodos .....</b>	<b>4</b>
<b>4.1 Herramienta de Desarrollo .....</b>	<b>4</b>
<b>4.1.1 Obeo Designer Comunity.....</b>	<b>4</b>
<b>4.1.2 Sirius.....</b>	<b>4</b>
<b>4.2 Metodología.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Lenguaje Específico de Dominio para modelar reglas de autoadaptación de sistemas IoT (DSL Autoadaptación-IoT) .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1 Metamodelo.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2 Diseñador gráfico del DSL.....</b>	<b>8</b>
<b>6. Evaluación empírica del DSL .....</b>	<b>8</b>
<b>6.1 Escenario Ilustrativo de evaluación.....</b>	<b>8</b>
<b>6.2 Diseño del Cuasi Experimento.....</b>	<b>11</b>
<b>6.3 Adaptación del MEN para la evaluación de la solución .....</b>	<b>12</b>
<b>6.4 Ejecución del Cuasi Experimento.....</b>	<b>13</b>
<b>6.5 Resultados del Cuasi Experimento.....</b>	<b>13</b>
<b>7. Conclusiones y Trabajo Futuro .....</b>	<b>16</b>
<b>8. Referencias .....</b>	<b>17</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>21</b>

## Índice de figuras y tablas

### Índice de figuras

<b>Figura 1</b> Adaptación propia de “A Model for Technology Transfer in Practice” por Tony Gorschek and Claes Wohlin, 2006, 10.1109/MS.2006.147.....	5
<b>Figura 2</b> DSL de Autoadaptación para Sistemas IoT .....	7
<b>Figura 3</b> Diseñador gráfico del DSL de Reglas de Autoadaptación .....	8
<b>Figura 4</b> Escenario Ilustrativo implementando el DSL de Autoadaptación para sistemas IoT.....	9
<b>Figura 5</b> Diagrama de caja y bigote de las variables de percepción. ....	14
<b>Figura 6</b> Resultados de la solución DSL de Reglas de autoadaptación para sistemas IoT utilizando el MEM .....	15

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	Goal Question Metric aplicado al cuasi experimento.....	11
<b>Tabla 2</b>	Preguntas de evaluación del Cuasi Experimento .....	13
<b>Tabla 3</b>	Tabla para medir el nivel de percepción del usuario .....	14
<b>Tabla 4</b>	Resultado de las variables de percepción de los participantes.....	14
<b>Tabla 5</b>	Resultados de las variables de desempeño de los participantes .....	15

## Índice de Anexos

<b>Anexo 1</b> Código QR de ingreso a la página web.....	21
<b>Anexo 2</b> Página principal de la web de ayuda .....	22
<b>Anexo 3</b> Boletín informativo del experimento.....	22
<b>Anexo 4</b> Hoja de trabajo .....	27
<b>Anexo 5</b> Formulario del DSL de evaluación.....	31
<b>Anexo 6</b> Fotos de realización del Cuasi Experimento.....	34

# LENGUAJE ESPECÍFICO DE DOMINIO PARA MODELAR REGLAS DE AUTOADAPTACIÓN DE SISTEMAS IOT.

## RESUMEN

El desarrollo y mantenimiento de software para sistemas IoT es una tarea compleja debido al alto dinamismo e incertidumbre en el que operan estos sistemas. Ante esta situación, surge la evidente necesidad de generar herramientas de desarrollo que permitan la adaptabilidad de los sistemas IoT de forma autónoma, continua y dinámica, con base a reglas o políticas preconcebidas para el sistema. En este trabajo de graduación, se desarrolló un Lenguaje Específico de Dominio (DSL) orientado al modelado de sistemas IoT autoadaptables. Además, se realizó una evaluación empírica del DSL para comprender la efectividad, eficiencia y usabilidad de la misma. Esta evaluación demostró que el DSL de autoadaptación es una solución práctica que mejora la efectividad y eficiencia en el desarrollo de sistemas IoT autoadaptables, permitiendo una gestión escalable, adaptable y optimizada, por lo que los usuarios la consideran fácil de usar, útil y tienen la intención de utilizarla en proyectos futuros.

**Palabras clave:** Autoadaptación, Lenguaje Específico de Dominio (DSL), Metamodelo, Internet de las Cosas (IoT), Ingeniería Dirigida por Modelos, Reglas, Sistemas Inteligentes.

## DOMAIN-SPECIFIC LANGUAGE FOR MODELING SELF-ADAPTATION RULES OF IOT SYSTEMS

### ABSTRACT

Developing and maintaining software for IoT systems is a complex task due to the high dynamism and uncertainty in which these systems operate. Given this situation, there is an evident need to generate development tools that allow the adaptability of IoT systems in an autonomous, continuous, and dynamic way based on preconceived rules or policies in the system. These rules are essential because they allow the IoT system to respond to predefined events or changes autonomously. In this graduation work, a Domain-Specific Language (DSL) was developed to model self-adaptive IoT systems. In addition, an empirical evaluation of the DSL was carried out to understand its effectiveness, efficiency, and usability. This evaluation demonstrated that the self-adaptation DSL is a practical solution that improves the effectiveness and efficiency in developing self-adaptive IoT systems, so users consider the DSL easy to use and useful with intend to use it in future projects.

**Keywords:** Domain-Specific Language (DSL), Internet of Things (IoT), Metamodel, Model-Driven Engineering (MDE), Rules, Self-adaptation, Smart Systems.