



# **Universidad Nacional de San Luis**

Facultad de Ciencias Físico Matemáticas y Naturales

---

## **Tesis**

Para optar a la titulación de postgrado correspondiente a la

## **Maestría en Ingeniería de Software**

**ONTOLOGÍA PARA LA INTEROPERABILIDAD DE MODELOS DE SIMULACIÓN  
EN EL DOMINIO HIDROLÓGICO**

Lic. Mónica del Carmen Gil

Directores:

Dr. Ing. German Montejano

Dr. Mario Marcelo Berón

---

San Luis

- 2015 -



*“Si todos compartimos nuestro conocimiento, ponemos un granito de arena, estaremos aportando a construir sistemas con estructuras fuertes y consistentes, contribuyendo así a una Argentina más grande”.*



## *Agradecimientos*

*Al Dr. Ing. Germán Montejano, por su dirección y colaboración en el desarrollo de esta investigación.*

*Al Dr. Mario Berón, por su dedicación, sugerencias en las distintas devoluciones y puntos de situación. Cómo así también por alentarme permanentemente y valorar mi esfuerzo.*

*De los dos estaré siempre agradecida. Son un ejemplo a seguir.*

*Al Lic. Norberto Hauría y al grupo de expertos, en especial al Ing. Javier Genovés, que colaboraron con las encuestas para validar los conceptos de la ontología.*

*En memoria de mi Querida Mami, a quién agradezco por todos los momentos vividos.*

*A mis hijas, Ana Belén y Yanina por comprender mis momentos de ausencia.*

*A una persona muy especial para mí, por haberme dado el aliento y apoyo necesario en el último tramo de este trabajo.*

*Gracias a todos*

*Mónica*



## Prefacio

---

Este trabajo de maestría fue desarrollado en el marco de la Carrera de Maestría en Ingeniería de Software, dictada en la Universidad Nacional de San Luis, bajo el soporte académico del Proyecto de investigación: *Ingeniería de Software: Aspectos de Alta Sensibilidad en el Ejercicio de la Profesión de Ingeniero de Software* (Código: 22/F222 – F.C.F.M.yN., U.N.S.L).

Los modelos de simulación son un importante medio para aumentar la eficiencia de la investigación y toma de decisiones. Esto se debe a que pueden auxiliar a los investigadores en la asimilación del conocimiento adquirido mediante la experimentación.

El mejoramiento de las condiciones de intercambio de información puede buscarse desde ahora, en cada organización, para evitar que se sigan desarrollando soluciones informáticas aisladas ignorando las lecciones del pasado. Así, cuando se vayan sumando modelos y soluciones interoperables, se podrán reutilizar las especificaciones semánticas anteriores ampliándolas sólo cuando por particularidades específicas se requiera. Se evitará así la duplicación de esfuerzos y se ampliará el alcance de la interoperabilidad.

Por lo expresado anteriormente es importante la definición de una ontología que condense el vocabulario común y las relaciones existentes entre todos los modelos de simulación de un dominio. Para llevar a cabo esta tarea se necesita adoptar un Modelo de Interoperabilidad a Nivel Conceptual que dé rigor ingenieril a las diferentes etapas por las que pasará la definición de la Ontología, evitando la elaboración de soluciones ad hoc. Su finalidad es poder extraer un vocabulario común y las relaciones existentes entre los términos para poder, cumpliendo con las etapas del modelo de Interoperabilidad, dar soporte a las mismas de una forma integrada, consistente y flexible.

El resultado de todo el proceso mencionado en el párrafo precedente es una Ontología que permita la interoperabilidad de los diferentes modelos de simulación.





# Índice de Contenidos

---

<b>Capítulo I - INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
I.1. Planeamiento y Justificación del Trabajo	1
I.2. Problema	3
I.3. La Solución Propuesta del Problema	5
I.4. La Tesis	6
I.4.1. Hipótesis	6
I.4.2. Objetivos de la Tesis	7
I.4.3. Antecedentes	7
I.5. Estructura General de la Tesis	10
<b>Capítulo II – MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>11</b>
II.1. Modelos y Simulación	11
II.1.1 Sistemas	11
II.1.2 Modelos	14
II.1.3 Simulación	17
II.1.3.1 Modelado de un Sistema	17
II.1.3.2 Proceso de Modelado	20
II. 2 Ontología	23
II.2.1 Definiciones de Ontologías	24
II.2.1.1 Concepciones de Ontologías según Gruber y Guarino	26
II.2.1.2 Definición de Ontología como Especificación del Conocimiento	31
II.2.2 Problemas a Nivel de Ontologías	32
II.2.3 Importancia de la Calidad de los Datos	37
II.2.4 Sistemas de Información Basados en Ontologías	38
II.2.5 Proceso de Desarrollo de Ontologías	42
II.2.5.1 Metodología Methontology	44
II.2.5.2 Metodología On-To-Knowledge	49

<b><u>Capítulo III – ESTADO DEL ARTE.....</u></b>	<b>53</b>
III.1 Interoperabilidad	53
III.1.1 Introducción	53
III.1.2 Tipos de Interoperabilidad	54
III.2 Modelos de Interoperabilidad	55
III.2.1 Modelos para la Interoperabilidad Técnica	59
III.2.1.1 LISI (Levels of Information Systems Interoperability)	59
III.2.1.1.1 Paradigma PAID	62
III.2.1.1.2 Niveles de Interoperabilidad Técnica	62
III.2.1.2 NATO C3 Technical Architecture Reference Model for Interoperability (NMI)	67
III. 2.2 Modelo para la Interoperabilidad Conceptual (LCIM)	70
III. 2.2.1 Implicancias para el Modelo Conceptual	75
<b><u>Capítulo IV – DEFINICIÓN DE LA ONTOLOGÍA A NIVEL CONCEPTUAL PARA EL DOMINIO HIDROGEOLOGÍCO CON METHONTOLOGY.....</u></b>	<b>77</b>
IV.1. Introducción	77
IV.2 Metodología Methontology para la Definición de la Ontología	78
IV.2.1. Aplicación de la Metodología Propuesta	78
IV.2.1.a. Especificación	79
IV.2.1.b. Conceptualización	80
IV.2.1.c. Formalización	117
<b><u>Capítulo V – VALIDACIÓN.....</u></b>	<b>135</b>
V.1. Introducción	135
V.2. Estructura del Set de Encuestas	135
V.3. Análisis de los Resultados	141

<b>Capítulo VI – CONCLUSIONES .....</b>	<b>149</b>
<b>Capítulo VII – FUTURAS EXTENSIONES .....</b>	<b>153</b>
<b>Anexo I – ENCUESTA.....</b>	<b>155</b>
1. Encuesta para Validar una Ontología en el Dominio Hidrológico	159
1.1. Diagrama I – Conceptos y Relaciones	160
1.2. Relaciones entre Conceptos	161
1.3. Tablas de Validación de Conceptos con sus Atributos	162
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>187</b>

## Índice de Figuras

---

Figura II.1. Sistema y Subsistemas	11
Figura II.2. Diagrama Básico del Proceso de Llenar un Vaso de Agua (a) Con un Grafo Orientado; (b) Con un Grafo Signado	17
Figura II.3. Modelo No Simulable	19
Figura II.4. Modelo Simulable	19
Figura II.5. Fases en la Construcción de un Modelo	20
Figura II.6. En el Estudio del Comportamiento Problemático de un Sistema se le Debe Asociar una Estructura que lo Genere	21
Figura II.7. Una Vez Construida la Estructura se Puede Estudiar por Simulación los Comportamientos que Genera	21
Figura II.8. Tipos de Ontologías de Acuerdo a su Nivel de Dependencia para una Tarea en Particular	30
Figura II.9. Problema de los Sinónimos	35
Figura II.10. Reglas de Inferencia	36
Figura II.11. Ciclo de Vida de Methontology	44
Figura II.12. Tareas de la Actividad de Conceptualización según Methontology	46

Figura II.13. Fases de On-To-Knowledge	52
Figura III.1. Bases del Modelo de Interoperabilidad Semántica de LISI	60
Figura III.2. LISI Reference Model	61
Figura III.3. Niveles de Interoperabilidad LISI	63
Figure III.4. LCIM Levels of Conceptual Interoperability Model	71
Figura IV.1. Curvas de Nivel	83
Figura IV.2. Propiedades de la Curva de Nivel	84
Figura IV.3. Relaciones Binarias	87
Figura IV.4. Relaciones es_un	88
Figura IV.5. Diagrama de Conceptos y Relaciones	116
Figura IV.6. Creación de Clases en Protégé	118
Figura IV.7. Creación de la Clase CuencaHidrogeológica	119
Figura IV.8. Jerarquía de Clases y Subclases en Protégé	120
Figura IV.9. OntoGraf en Protégé	121
Figura IV.10. Definición de la Propiedad estaFormadaPor en Protégé	122
Figura IV.11. Definición de las Propiedades que Forman la Ontología	123
Figura IV.12. Definición de la Propiedad estaFormadaPor en Protégé	124
Figura IV.13. Definición Characteristics de la Propiedad estaFormadaPor en Protégé	125
Figura IV.14. Restricción de la Propiedad estaFormadaPor en Protégé	126
Figura IV.14.1. Restricción de la Propiedad forma en Protégé	129
Figura IV.14.2. Restricción de la Propiedad pasaPor en Protégé	129
Figura IV.14.3. Restricción de la Propiedad tiene en Protégé	130
Figura IV.14.4. Restricción de la Propiedad estaFormadaPorCursoDeAgua	130
Figura IV.14.5. Restricción de la Propiedad pertenece en Protégé	131
Figura IV.14.6. Restricción de la Propiedad forma en Protégé	131
Figura IV.14.7. Restricción de la Propiedad tieneAguaSuperficial	132
Figura IV.15. Reasoner HermitT 1.3.8.3.	133
Figura V.1. Diagrama de Conceptos y Relaciones	136
Figura V.2. Atributos Validados vs Observados	145

## Índice de Tablas

---

Tabla IV.1. Tabla Comparativa de Metodologías para Construir Ontologías	79
Tabla IV.2. Conceptos que Conforman la Ontología	87
Tabla IV.3. Definición de las Propiedades en Protégé	128
Tablas V.1. Tabla de Conceptos	136
Tablas V.2. Tabla de Atributos	140
Tablas V.3. Tabla de Relaciones	140
Tablas V.4. Validación de Conceptos	143
Tablas V.5. Atributos Observados – Definiciones	144
Tablas V.6. Atributos Observados	145
Tablas V.7. Relaciones Observados	146