

Tecnológico Nacional de México

Instituto Tecnológico de Orizaba

División de Estudios de Posgrado e Investigación

Maestría en Sistemas Computacionales

PROYECTO DE TESIS

TÍTULO DE LA TESIS: Desarrollo de una ontología para el intercambio de información del seguimiento al embarazo, parto y puerperio entre instituciones de salud en México.

PRESENTADO POR:

I.S.C. Erwin Valentin López Hernández M07011303

DIRECTOR DE TESIS:

M.C.E. Beatriz A. Olivares Zepahua

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Maestro en Sistemas Computacionales

Autorización de impresión

Revisión de trabajo escrito

Agradecimientos

Índice General

Resumen.....	x
Abstract	xi
Introducción	xii
Capítulo 1. Antecedentes.....	1
1.1 Marco teórico.....	1
1.1.1 Ontología.....	1
1.1.1.1 Tipos de ontologías	2
1.1.2 Metodologías para el desarrollo de ontologías	3
1.1.2.1 Methontology.....	3
1.1.2.2 <i>Enterprise Ontology</i>	5
1.1.3 Lenguajes para la representación de ontologías.....	5
1.1.3.1 OWL.....	6
1.1.3.2 RDF	6
1.1.3.3 <i>RDF Schema</i>	7
1.1.4 Editores de ontologías.....	7
1.1.4.1 Protégé	7
1.1.4.2 <i>Fluent Editor</i>	8
1.1.5 Lenguaje de consulta para ontologías.....	8
1.1.5.1 SPARQL.....	8
1.1.6 HL7.....	9
1.1.6.1 HL7 <i>International</i> en el Sector Salud en México	9
1.1.7 IHE	10
1.1.7.1 Perfil IHE.....	10
1.1.8 Interoperabilidad.....	10
1.1.8.1 Interoperabilidad en el Sector Salud de México	11
1.1.8.2 Guías y Formatos para Intercambio de Información en Salud.....	11
1.1.9 Servicio Web.....	12
1.1.10 HAPI.....	12

1.1.11 <i>Mirth Connect</i>	13
1.2 Planteamiento del problema	13
1.3 Objetivo general y específico	14
1.3.1 Objetivo general.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 Justificación.....	15
Capítulo 2. Estado de la práctica.....	17
2.1 Trabajos relacionados	17
2.2 Análisis comparativo	28
2.3 Propuesta de solución.....	31
Capítulo 3. Aplicación de la Metodología	32
3.1 Diseño y desarrollo de la ontología.....	32
3.1.1 Descripción de las tareas de conceptualización aplicadas a la creación de la ontología.....	32
3.1.1.1 Construcción del glosario de términos (Tarea 1)	32
3.1.1.2 Construcción de la taxonomía de conceptos (Tarea 2).....	35
3.1.1.3 Construcción del diagrama de relaciones binarias (Tarea 3)	37
3.1.1.4 Construcción del diccionario de conceptos (Tarea 4)	38
3.1.1.5 Descripción en detalle de las relaciones binarias (Tarea 5)	38
3.1.1.6 Descripción de atributos de instancia (Tarea 6).....	39
3.1.2 Desarrollo de la ontología en Protégé.....	41
3.2 Proceso de evaluación de la ontología.....	43
3.2.1 Criterios para evaluar una ontología.....	43
3.2.2 Evaluación de la ontología utilizando OOPS!	45
3.2.2.1 Revisión de la ontología en busca de errores	46
3.2.2.2 Resultado de la evaluación.....	47
3.2.2.3 Fase de mantenimiento (Depuración de errores).....	48
3.3 Esquema de la funcionalidad de la ontología	50
Capítulo 4. Resultados.....	53
4.1 Caso de estudio	53
4.1.1 Aplicación Cliente	53

4.1.1.1 Configuración de la Aplicación Cliente (Administrador)	54
4.1.1.2 Consulta del Expediente Clínico (Médico)	56
4.1.2 Aplicación Proveedor	57
4.1.2.1 Configuración del repositorio.....	58
4.1.2.2 Mapeo del Repositorio y la Ontología.....	61
4.1.2.3 Configuración de hospitales cliente	61
Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones	63
Productos Académicos	65
Referencias.....	66

Índice de ilustraciones

Figura 1.1 Tareas propuestas por Methontology para la actividad de Conceptualización.....	4
Figura 3.1 Diagrama de Relaciones Binarias.....	36
Figura 3.2 Conceptos realizados en Protégé.....	41
Figura 3.3 Relaciones realizadas en Protégé.....	41
Figura 3.4 Atributos realizados en Protégé.....	42
Figura 3.5 Código fuente de la ontología.....	45
Figura 3.6 Resultados de la evaluación.....	46
Figura 3.7 Anotaciones en Protégé.....	47
Figura 3.8 Implementación de nomenclaturas para nombrar elementos de la ontología.....	47
Figura 3.9 Información de la licencia, versiones y comentarios de la ontología.....	48
Figura 3.10 Esquema de la funcionalidad de la ontología.....	49
Figura 3.12 Atributos realizados en Protégé.....	52
Figura 4.1 Vista principal de la aplicación cliente (Administrador).....	53
Figura 4.2 Llenado del formulario de hospital cliente y hospital proveedor.....	54
Figura 4.3 Unidades Médicas Proveedores registrados.....	54
Figura 4.4 Vista principal de aplicación cliente (Médico).....	55
Figura 4.5 Resultado de la solicitud enviada.....	56
Figura 4.6 Vista de la configuración del repositorio.....	57
Figura 4.7 Formulario del repositorio.....	57
Figura 4.8 Agregar tabla.....	58
Figura 4.9 <i>Context Menu</i> para agregar un campo a la tabla seleccionada.....	58
Figura 4.10 Agregar campo.....	59
Figura 4.11 Mapeo entre la Ontología y el Repositorio.....	60
Figura 4.12 Configuración de hospitales clientes.....	60
Figura 4.13 Hospital cliente agregado.....	61

Índice de tablas

Tabla 2.1 Comparativa de trabajos relacionados.....	27
Tabla 3.1 Glosario de Términos.....	31
Tabla 3.2 Diccionario de Conceptos.....	37
Tabla 3.3 Relaciones Binarias.....	37
Tabla 3.4 Atributos de instancia.....	38
Tabla 3.5 Relaciones inversas agregadas a la ontología.....	47

Resumen

De acuerdo con la Declaración del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas, aprobada por 189 países, entre ellos México, se establecieron ocho objetivos para mejorar la calidad de vida del ser humano, entre los objetivos se encuentran disminuir la mortalidad infantil y mejorar la salud materna; en 2010 se presentó un reporte sobre los avances en la materia en México (suficiente en el caso de niños, insuficiente en el caso materno); entre los factores que impiden el cumplimiento de dichos objetivos se encuentra el hecho de que no hay forma de intercambiar información válida entre los distintos sistemas de información del Sector Salud en México.

En este sentido, existen diversos artículos enfocados a plantear soluciones al intercambio de información entre sistemas de salud heterogéneos. Lamentablemente, ninguno de dichos artículos se basa en las normativas mexicanas definidas por la autoridad para el intercambio de información clínica entre plataformas heterogéneas. Este proyecto tiene como objetivo general desarrollar una ontología que permita el intercambio de información del seguimiento del embarazo, nacimiento y puerperio entre instituciones de salud que manejan distintos sistemas de información.

A través de la propuesta planteada en este proyecto se pretende facilitar el intercambio de información clínica entre los sistemas de información sanitaria de las diversas instituciones de salud, con miras a apoyar en el cumplimiento de los objetivos relacionado con el mejoramiento de la salud materna en México.

Abstract

According to the Millennium Declaration of the United Nations, adopted by 189 countries, including Mexico, eight goals were established to improve the quality of life of the human being. Among the goals are to reduce child mortality and improve maternal health; In 2010 a report on the progress made in this area was presented in Mexico (sufficient in the case of children, insufficient in the maternal case); Among the factors that impede the fulfillment of these objectives is the fact that there is no way to exchange valid information between the different information systems of the Health Sector in Mexico.

In this sense, there are several articles focused on proposing solutions to the exchange of information between heterogeneous health systems. Unfortunately, none of these articles is based on the Mexican regulations defined by the authority for the exchange of clinical information between heterogeneous platforms. This project has as general objective to develop an ontology that allows the exchange of information on the follow-up of pregnancy, birth and puerperium among health institutions that handle different information systems.

The thesis proposed in this project aims to facilitate the exchange of clinical information between health information systems of the various health institutions, with a view to supporting the achievement of the objectives related to the reduction of infant and child mortality and the improvement of maternal health in Mexico.

Introducción

Las diversas Instituciones de Salud en México utilizan variadas tecnologías y arquitecturas para el desarrollo de sus Sistemas de Información en Salud lo cual obstaculiza que exista interoperabilidad entre dichos sistemas de información.

Es necesario que exista la posibilidad de intercambiar información clínica entre los distintos Sistemas de Información en Salud para que los pacientes, en este caso las mujeres en el proceso de embarazo, parto y puerperio, cuente con un diagnóstico de mayor precisión al momento de ser valorados.

El presente trabajo de tesis propone identificar los requerimientos legales vigentes en México aplicables a la atención materna y al intercambio de información clínica para su eventual implementación, analizar los estándares internacionales y soluciones semánticas para el intercambio de información clínica aceptados en México y así desarrollar una ontología que permita el intercambio de información clínica entre las Instituciones de Salud en México.

A continuación, se presenta el trabajo de tesis “Desarrollo de una ontología para el intercambio de información del seguimiento al embarazo, parto y puerperio entre instituciones de salud en México.” estructurado en cinco capítulos: en el capítulo 1 se presenta los conceptos necesarios para el entendimiento del proyecto de tesis, plantea la problemática a resolver, el objetivo general, los objetivos específicos y las razones que justifican el desarrollo del proyecto.

El capítulo 2 presenta los trabajos que más se relacionan con el tema de tesis, su respectivo análisis comparativo, así como también la propuesta de solución para la problemática que se aborda con este trabajo de tesis. El capítulo 3 describe la metodología que se llevó a cabo para realizar el diseño, desarrollo y evaluación de la ontología. En el capítulo 4 se muestran los resultados obtenidos de la implementación de la ontología en la aplicación cliente y proveedor para llevar a cabo el intercambio de información del expediente clínico de pacientes

embarazadas. Finalmente, el capítulo 5 presenta las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

Capítulo 1. Antecedentes

En este capítulo, se abordan conceptos e información básica relacionada a tecnologías, metodologías, estándares, y herramientas existentes relacionadas con el desarrollo de ontologías. Al final del capítulo se plantea el problema a resolver, seguido del objetivo general, los objetivos específicos y finalmente la justificación del trabajo de tesis.

1.1 Marco teórico

En este apartado se mencionan los conceptos teóricos utilizados en el trabajo de tesis. Estos conceptos ayudan a entender el contexto del que se habla, expone y debate en este documento, también sirve de guía al investigador para que se centre en el problema evitando desviaciones del planteamiento original.

1.1.1 Ontología

Ontología es una antigua disciplina que en sentido filosófico, se define como un esquema específico de categorías que refleja una visión específica del mundo. Desde el punto de vista informático ontologías son teorías que especifican un vocabulario relativo a un cierto dominio. Este vocabulario define entidades, clases, propiedades, predicados, funciones y las relaciones entre estos componentes. La definición formal de Ontología en la Informática es la dada por Thomas Gruber [1], el cual menciona que “Una ontología es una especificación explícita de una conceptualización”, es decir, que proporciona una estructura y contenidos de forma explícita que codifica las reglas implícitas de una parte de la realidad; estas declaraciones explícitas son independientes del fin y del dominio de la aplicación en el que se usarán o reutilizarán sus definiciones”.

Llevada a la Informática en el ámbito de las tecnologías de inteligencia artificial y de la información, una ontología se entiende como un artefacto ingenieril útil para un propósito, un dominio o una aplicación concreta. Entonces, una ontología se utiliza para razonar acerca de las propiedades de ese dominio, y es posible utilizarla para describir el dominio [2].

1.1.1.1 Tipos de ontologías

Existen diversas formas de clasificar las ontologías dependiendo de la perspectiva que se aplique, una de ellas es la propuesta por Guarino [3], en donde clasifica las ontologías de acuerdo al nivel de generalidad.

- **Ontologías de Alto Nivel:** Describen conceptos generales como espacio, tiempo, materia, objeto. Son independientes de un dominio o problema particular. Su intención es unificar criterios entre grandes comunidades de usuarios.
- **Ontologías de Dominio:** Describen el vocabulario relacionado a un dominio genérico (por ejemplo, medicina o automotores), por medio de la especialización de los conceptos introducidos en las ontologías de alto nivel.
- **Ontologías de Tareas:** Describen el vocabulario relacionado a una tarea o actividad genérica (por ejemplo, de diagnóstico o de ventas), por medio de la especialización de los conceptos introducidos en las ontologías de alto nivel.
- **Ontologías de Aplicación:** Describen conceptos que pertenecen a la vez a un dominio y a una tarea particular, por medio de la especialización de los conceptos de las ontologías de dominio y de tareas. Generalmente corresponden a roles que juegan las entidades del dominio cuando ejecutan una actividad.

Van Heijst [4] clasifica las ontologías de acuerdo al tipo de estructura de conceptualización:

- **Ontologías terminológicas:** Especifican términos a utilizarse para representar el conocimiento en el dominio de estudio. Intentan obtener un lenguaje unificado sobre un tema específico, por ejemplo, el Sistema de Lenguaje Médico Unificado (ULMS).
- **Ontologías de información:** Especifican la estructura de los registros de una base de datos, determinando un marco para el almacenamiento estandarizado de información. Un ejemplo es un marco de trabajo para modelar los registros médicos de pacientes.
- **Ontologías de representación de conocimiento:** Especifican conceptualizaciones del conocimiento. Comparados con las ontologías de información, estas tienen una estructura interna más rica. Suelen estar enfocadas a un uso particular del conocimiento que describen.

Otra clasificación de ontologías es la propuesta por Igor Jurisica [5]:

- **Ontologías Estáticas:** Describen las cosas que existen, sus atributos y las relaciones entre ellos. Esta clasificación asume que el mundo está poblado de entidades que están dotadas de una identidad única e inmutable. Términos que utilizan: entidades, atributos y relaciones.
- **Ontologías Dinámicas:** Describen los aspectos cambiantes en el mundo que modelan. Para modelarlas se utilizan máquinas de estados finitos, redes de Petri, entre otros. Términos que utilizan: procesos, estados y transición de estados.
- **Ontologías Intencionales:** Describen aspectos que tienen que se refieren al mundo de las motivaciones, intenciones, metas, creencias, alternativas y elecciones de los agentes involucrados. Términos que utilizan: aspecto, objetivo, soporte y agente.
- **Ontologías Sociales:** Describen aspectos que se relacionan con lo social, estructuras organizacionales, redes, interdependencias. Términos que utilizan: actor, posición, rol, autoridad, compromiso.

1.1.2 Metodologías para el desarrollo de ontologías

Durante la última década se describieron varias metodologías para el desarrollo de ontologías. El objetivo de estas metodologías es definir una estrategia para identificar los conceptos clave que existen en un dominio dado, sus propiedades y las relaciones que mantienen entre ellos; la identificación de términos del lenguaje natural para referirse a este tipo de conceptos, relaciones y atributos; y dominio de estructuración del conocimiento en modelos conceptuales explícitos.

1.1.2.1 Methontology

Desarrollada por el Grupo de Ingeniería Ontológica de la Universidad Politécnica de Madrid [6]. Esta metodología permite construir ontologías en el nivel de conocimientos, y tiene sus raíces en las actividades identificadas por el proceso de desarrollo de software propuesto por la organización IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica) y en otras metodologías de ingeniería de conocimientos. Esta es una de las propuestas más completas ya que toma la creación de ontologías como un proyecto

informático. Así, además de las actividades propias de la generación de la ontología esta metodología abarca actividades para la planificación del proyecto, la calidad del resultado, la documentación, entre otras. Además, permite construir ontologías totalmente nuevas o reutilizar ontologías existentes. El proceso de desarrollo incluye actividades principales (especificación, conceptualización, formalización, implementación y mantenimiento), un ciclo de vida basado en prototipos evolucionados, además especifica los pasos a ejecutar en cada actividad, las técnicas usadas, los productos a obtener y su forma de evaluación.

En la figura 1.1 se presenta las tareas propuestas por Methontology para la actividad de conceptualización.

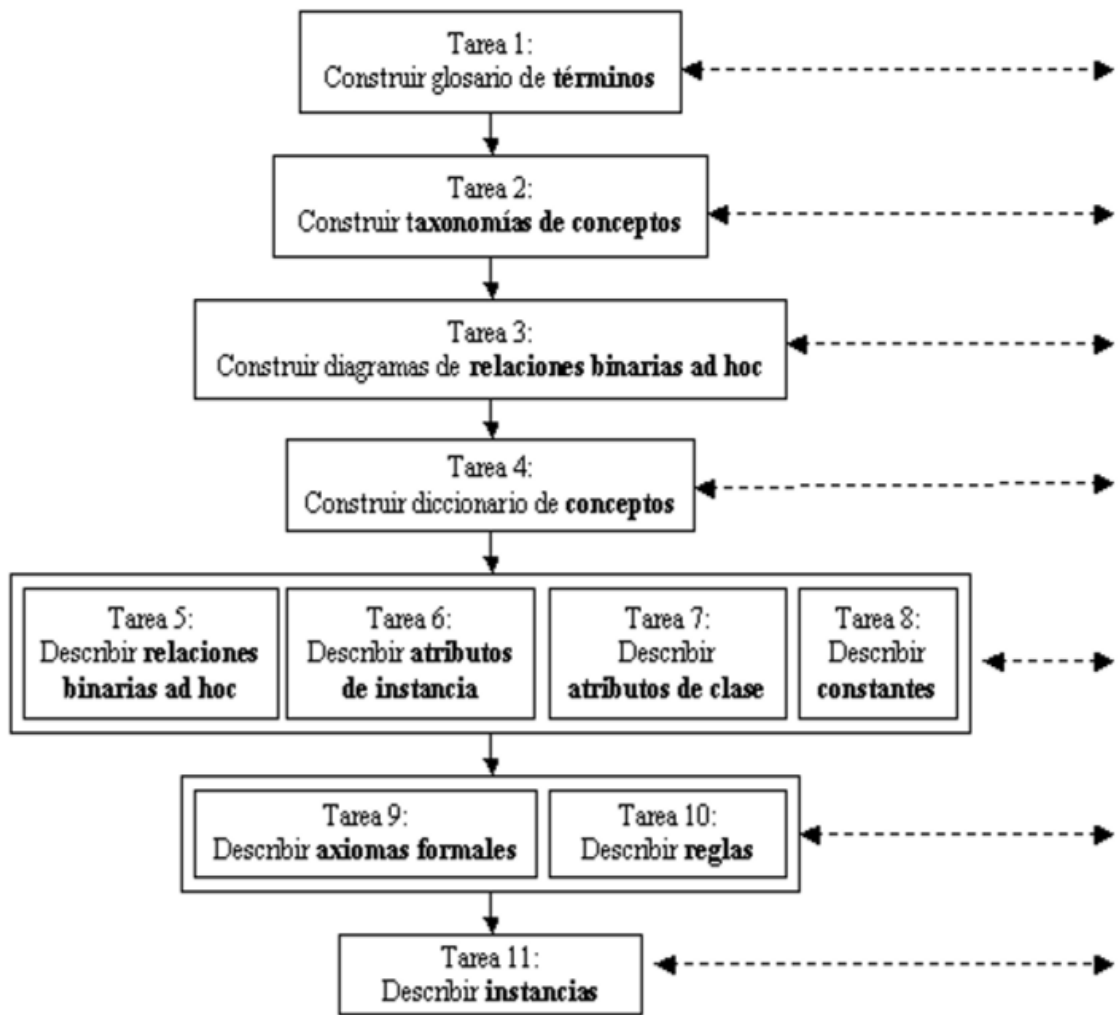


Figura 1.1 Tareas propuestas por Methontology para la actividad de Conceptualización [6]

1.1.2.2 Enterprise Ontology

En [7] menciona que la metodología *Enterprise Ontology* constituye la base de muchos de los métodos propuestos y usados en la actualidad. El esquema está constituido por cuatro pasos y considera además un conjunto de guías o recomendaciones de diseño que se sugiere tener presentes en cada paso del método.

1. Identificar el propósito y el alcance de la ontología. Se señala claramente el propósito para el que se desea construir la ontología así como el alcance de la misma.
2. Construir la ontología. Este paso considera tres aspectos necesarios para la construcción de la ontología, a saber:
 - a) Capturar el conocimiento: Se identifican los conceptos claves y sus relaciones en el dominio.
 - b) Codificar el conocimiento: Se representa en un lenguaje formal la conceptualización capturada en el paso anterior.
 - c) Integrar el conocimiento: Se examinan las ontologías existentes y se verifica si son susceptibles de integrarse a la que se está construyendo.
3. Evaluar la ontología. Se hace un juicio técnico a la ontología considerando la conceptualización, el ambiente, el software y la documentación, con respecto a una referencia. Se consideran los siguientes aspectos como referencia: requisitos de especificación, preguntas de competencias y/o el mundo real.
4. Documentar la ontología. Se documenta adecuadamente el conocimiento expresado en la ontología, para así garantizar que sea apropiadamente compartido y reutilizado.

1.1.3 Lenguajes para la representación de ontologías

Los lenguajes ontológicos describen formalmente el conocimiento que contienen las ontologías, algunos basados en la lógica de predicados que ofrecen poderosas primitivas de modelado, otros basados en taxonomías de clases y atributos que cuentan con mayor expresividad pero menor inferencia, y los lenguajes orientados al razonamiento.

1.1.3.1 OWL

El Lenguaje de Ontologías Web (*Ontology Web Language*, OWL) está diseñado para ser usado en aplicaciones que necesitan procesar el contenido de la información en lugar de únicamente representar información para los humanos. OWL facilita un mejor mecanismo de interpretación de contenido Web que los mecanismos admitidos por XML, RDF, y esquema RDF (RDF-S) proporcionando vocabulario adicional junto con una semántica formal. OWL proporciona tres lenguajes, cada uno con nivel de expresividad mayor que el anterior, diseñados para ser usados por comunidades específicas de desarrolladores y usuarios [8].

- OWL Lite está diseñado para aquellos usuarios que necesitan principalmente una clasificación jerárquica y restricciones simples.
- OWL DL está diseñado para aquellos usuarios que quieren la máxima expresividad conservando completitud computacional (se garantiza que todas las conclusiones sean computables), y resoluble (todos los cálculos se resolverán en un tiempo finito). OWL DL incluye todas las construcciones del lenguaje de OWL, pero sólo se usan bajo ciertas restricciones (por ejemplo, mientras una clase puede ser una subclase de otras muchas clases, una clase no puede ser una instancia de otra). OWL DL es denominado de esta forma debido a su correspondencia con la lógica de descripción, un campo de investigación que estudia la lógica que compone la base formal de OWL.
- OWL Full está dirigido a usuarios que quieren máxima expresividad y libertad sintáctica de RDF sin garantías computacionales. Por ejemplo, en OWL Full una clase es considerada simultáneamente como una colección de clases individuales y como una clase individual propiamente dicha. OWL Full permite que una ontología aumente el significado del vocabulario preestablecido (RDF u OWL). Es poco probable que cualquier software de razonamiento sea capaz de obtener un razonamiento completo para cada característica de OWL Full.

1.1.3.2 RDF

RDF (*Resource Description Framework*, Marco de Descripción de Recursos) es un modelo estándar para el intercambio de datos en la Web. RDF tiene características que facilitan la fusión de datos, incluso si los esquemas subyacentes difieren, y soporta específicamente la

evolución de esquemas en el tiempo, sin necesidad de que todos los consumidores de datos cambien.

RDF amplía la estructura de enlaces de la Web para usar un Identificador de Recursos Uniforme (*Uniform Resource Identifier*, URI) para nombrar la relación entre las cosas. El uso de este modelo simple, permite que los datos estructurados y semi-estructurados se mezclen, expongan y compartan a través de las diferentes aplicaciones [9].

1.1.3.3 RDF Schema

Es un vocabulario utilizado para describir propiedades y clases de recursos RDF, con una semántica para la generalización y jerarquización tanto de propiedades como de clases. RDFS permite modelar metadatos con una representación explícita de su semántica y especificar restricciones de tipos de datos para los sujetos y objetos de las tripletas de RDF, introduciendo unas primitivas de modelado orientado a objetos [10].

1.1.4 Editores de ontologías

Existen herramientas y programas para realizar anotaciones con lenguajes de marcado propios que permiten describir el contenido de las ontologías en forma de metadatos o basados en grafos conceptuales. Algunas de estas herramientas cuentan con demostradores de teoremas para testar la consistencia de las ontologías.

1.1.4.1 Protégé

Es una plataforma libre, de código abierto que ofrece una comunidad de usuarios cada vez mayor con un conjunto de herramientas para la construcción de modelos de dominio y las aplicaciones basadas en el conocimiento con ontologías.

Protégé Desktop soporta la creación y edición de una o varias ontologías en un único espacio de trabajo a través de una interfaz de usuario totalmente personalizable. Las herramientas de visualización permiten una navegación interactiva de las relaciones de la ontología. Cuenta con ayudas de apoyo para localizar inconsistencias. Cuenta con operaciones complejas como

la fusión de ontologías, compartición de axiomas entre ontologías, cambio de nombre de varias entidades, entre otras [11].

1.1.4.2 *Fluent Editor*

Fluent Editor 2014 es una herramienta para la edición, manipulación y consulta de ontologías complejas escritas en OWL, RDF o SWRL. *Fluent Editor* proporciona una alternativa de edición a las ontologías OWL al permitir la escritura mediante *Controlled English* (Inglés Controlado) que es un subconjunto estándar del idioma inglés con restricciones gramaticales y vocabulario delimitados, a fin de reducir la ambigüedad y la complejidad inherente al idioma en su totalidad; lo anterior representa su característica principal pues el modelado de conocimiento se hace en lenguaje natural (o casi natural, considerando las restricciones mencionadas antes) en lugar de modelar o escribir en OWL, RDFS o equivalentes como en otros editores. Tiene soporte predictivo dentro de la edición ya que prohíbe cualquier oración que sea gramaticalmente o morfológicamente incorrecta y activa la ayuda al usuario durante la escritura de oraciones [12]. Como desventaja tiene que el modelado de reglas y axiomas no se hace en lenguaje natural sino en una versión de lógica que hace menos fácil su comprensión para el usuario estándar.

1.1.5 Lenguaje de consulta para ontologías

En esta sección se describe el lenguaje SPARQL para la consulta de ontologías; como en el caso de OWL, existen otros lenguajes con un objetivo semejante, pero SPARQL es recomendación del W3C desde 2008.

1.1.5.1 SPARQL

SPARQL (*SPARQL Protocol and RDF Query Language*, Lenguaje de Consulta RDF y Protocolo SPARQL) es un lenguaje de recuperación de información y protocolo para la Web semántica. Este lenguaje permite realizar consultas sobre un grafo RDF, es decir realiza consultas sobre tripletas. SPARQL es una recomendación del W3C.

Casi todas las sentencias de SPARQL se componen de tres partes (sujeto, predicado y objeto) llamadas *patrones básicos de RDF*. Este conjunto es muy similar a las tripletas de RDF, pero en SPARQL es posible sustituir cualquier componente con una variable. SPARQL toma la descripción de lo que requiere la aplicación, en forma de una consulta, y devuelve esa información en un conjunto de enlaces o un grafo RDF [13].

1.1.6 HL7

Fundada en 1987, *Health Level Seven Internacional* (Salud Nivel Siete Internacional, HL7) es una organización sin fines de lucro acreditada por la *American National Standards Institute* (Instituto Nacional Estadounidense de Estándares, ANSI) que se dedica a proporcionar un marco global y normas relacionadas para el intercambio, la integración y recuperación de la información electrónica de salud. Estas normas definen cómo se empaqueta la información y se comunica de una parte a otra, el establecimiento de los tipos de lenguaje, estructura y datos necesarios para la perfecta integración entre los sistemas de información. Los Estándares HL7 apoyan la práctica clínica y la gestión, prestación y evaluación de los servicios de salud, y se reconocen como los más utilizados en el mundo. HL7 cuenta con el apoyo de 1.600 miembros de más de 50 países, incluyendo más de 500 miembros corporativos que representan a los proveedores de salud, las partes interesadas del gobierno, los contribuyentes, empresas farmacéuticas, vendedores/proveedores y empresas de consultoría [14]. A lo largo de este documento, HL7 hace referencia preferentemente a los estándares publicados y no a la organización que los publica.

1.1.6.1 HL7 *International* en el Sector Salud en México

Health Level Seven Internacional (Salud Nivel Siete Internacional, HL7) es una organización internacional generadora de estándares de interoperabilidad para informática médica, enfocada en el entendimiento y uso de la información más que en los mecanismos para transportarla [15]. Desde el año 2000, en la Secretaría de Salud de México, se generan normativas específicas para modernizar el sector, incluyendo estándares internacionales como HL7, por lo que todas las instituciones de salud que cuenten con algún sistema de información tienen entre

sus responsabilidades buscar la implementación de estos estándares en los casos donde aplique.

1.1.7 IHE

Integrating the Healthcare Enterprise (Integrando la Industria de la Salud, IHE) es una organización internacional de profesionales de la salud y la industria enfocados en mejorar la manera en que los sistemas informáticos comparten información médica. Promueve el uso coordinado de estándares probados para necesidades específicas, con el objetivo de brindar un cuidado óptimo al paciente. Sus perfiles se utilizan oficialmente en diversos países de Europa, Asia y América, entre ellos México, para establecer normativas que permitan el intercambio de información clínica eficiente [15].

1.1.7.1 Perfil IHE

De acuerdo a la definición de [15], un perfil IHE es una solución desarrollada por IHE a un problema específico de intercambio de información en salud basada en integrar los estándares probados apropiados. Documenta a través de guías los actores, transacciones, referencias a estándares y detalles de diseño que permitan a implementadores desarrollar sistemas que resuelvan los problemas de comunicación de información.

1.1.8 Interoperabilidad

El tratamiento de aspectos relacionados con la interoperabilidad de la información en el contexto de la gestión de contenidos en una organización se plantea desde dos perspectivas [16]:

- La integración de la información, que tiene como objetivo facilitar los flujos de información, esto es, proporcionar acceso a los recursos informativos estructurados superando los límites técnicos y organizativos con el objeto de proveer nuevos servicios a partir de la información disponible en la organización.
- La integración de los procesos, que se centra en torno a las etapas interrelacionadas de la gestión de procesos superando los límites técnicos y organizativos para desarrollar nuevos servicios basados en el control del flujo de procesos.

1.1.8.1 Interoperabilidad en el Sector Salud de México

El Sector Salud en México busca su modernización a través del uso de las TICs (Tecnologías de Información y Comunicación), por lo que también plasma sus conceptos relacionados con la interoperabilidad como a continuación se muestra.

Interoperabilidad: “capacidad de los sistemas de diversas organizaciones para interactuar con objetivos consensuados y comunes, con la finalidad de obtener beneficios mutuos, en donde la interacción implica que los Prestadores de Servicios de Salud compartan información y conocimiento mediante el intercambio de datos entre sus respectivos sistemas de tecnología de información y comunicaciones”.

Interoperabilidad semántica: “capacidad que garantiza el significado preciso de la información para que pueda ser utilizada por cualquier sistema”.

Interoperabilidad técnica: “especificaciones técnicas que garantizan que los componentes tecnológicos de los Sistemas de Información están preparados para interactuar de manera conjunta” [15].

1.1.8.2 Guías y Formatos para Intercambio de Información en Salud

A través de la Dirección General de Información en Salud (DGIS) se coordina la elaboración de Guías y Formatos que orientan a los Prestadores de Servicios de Salud para lograr la Interoperabilidad Semántica e Interoperabilidad Técnica en escenarios concretos de intercambio de información entre Sistemas de Información de Registro Electrónico para la Salud (SIRES).

Son documentos técnicos enfocados en lograr la Interoperabilidad Técnica e Interoperabilidad Semántica, se componen de formatos de texto, diagramas, archivos, anexos e incluyen en su contenido al menos:

- El alcance de tipos de sistemas, tipos de prestadores de servicios de salud y tipos de intercambio para los que aplica.

- El diccionario de variables, distinguiendo aquéllas de tratamiento confidencial, catálogos y reglas de validación.
- La conformación del documento electrónico, mensaje de datos o servicio.
- El mecanismo de interconexión basado en estándares.
- Ejemplos, referencias y bibliografía.

Las guías y formatos están basados en la Arquitectura de Referencia y procedimientos que emite la Secretaría de Salud a través de la DGIS. Esta Arquitectura de Referencia considera los estándares y lineamientos publicados internacionalmente por IHE, HL7 o aquéllos que determine la propia Secretaría a través de la DGIS de acuerdo a los avances tecnológicos y situación del SNS (Sistema Nacional de Salud).

Las guías y formatos especifican el detalle del intercambio de información entre prestadores de servicios de salud, con independencia de los procesos que se den al interior de los mismos [15].

1.1.9 Servicio Web

El término Servicios Web designa una tecnología que permite que las aplicaciones se comuniquen en una forma que no dependen de la plataforma ni del lenguaje de programación. Un Servicio Web es una interfaz de software que describe un conjunto de operaciones a las cuales se accede por la red a través de mensajería XML estandarizada. Usa protocolos basados en el lenguaje XML con el objetivo de describir una operación para ejecutar o datos para intercambiar con otro sitio Web [17].

1.1.10 HAPI

HL7 Application Programming Interface (Interfaz de Programación de Aplicaciones HL7, HAPI) es un analizador de mensajes HL7 2.x orientado a objetos para Java y de código abierto. HAPI no se encuentra afiliado con la organización HL7. El proyecto fue iniciado por la Universidad *Health Network* (un Hospital Universitario en Toronto, Canadá) y cuenta con tres productos:

- Un API (*Application Programming Interface*, Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Java con todas las funciones para agregar capacidades de HL7 a sus aplicaciones.
- Un API (*Application Programming Interface*, Interfaz de Programación de Aplicaciones) de Java para desarrollar aplicaciones basadas en la emergente especificación HL7 FHIR.
- Una aplicación de prueba que permite crear, editar, validar y transmitir mensajes HL7 [18].

1.1.11 Mirth Connect

Mirth Connect es una herramienta de código abierto diseñada especialmente para trabajar con integraciones HL7. Consta de un conjunto de herramientas que permite desarrollar, probar, desplegar y monitorizar nuestras interfaces de conexión de forma fácil e intuitiva. Mirth Connect utiliza una arquitectura basada en canales para conectar sistemas y permitir que los mensajes sean filtrados, transformados, y ruteados con base en reglas definidas por los usuarios. Los canales consisten en conectores (ambos de entrada y salida), filtros y transformadores [19].

1.2 Planteamiento del problema

De acuerdo a los Objetivos del Milenio acordados ante la ONU en 2000, los países firmantes, entre ellos México, se comprometieron, entre otras cosas, a mejorar la salud materna; en 2010 se presentó un reporte sobre los avances en la materia en México el cual mostro un resultado insuficiente en el caso; entre los elementos que se detectaron con deficiencias, sobre todo en zonas como la de Orizaba, donde se mezclan áreas de muy alta marginación como lo es la sierra con áreas donde el acceso a la salud es casi total y que cubren hasta tres sistemas de salud pública (IMSS, ISSSTE, SSA), se encuentra el hecho de que no hay forma de intercambiar información validada entre dichos sistemas; por ejemplo, si una mujer de la sierra realiza su seguimiento en la clínica rural de la Secretaría de Salud, pero su parto se presenta de urgencia en un hospital del IMSS, no hay manera de que en este último tengan acceso a su carnet de salud de tal forma que su atención sea lo suficientemente expedita.

El problema va más allá de la provisión de comunicación entre las zonas rurales y las zonas urbanas, pues aun en el caso de que se contara con una red de telecomunicaciones completa, subsistiría la incompatibilidad entre los distintos sistemas de información con que cuenta cada institución de salud; de ahí la necesidad de plantear un modelo específico de intercambio de información para el caso mexicano en lo relacionado con la salud materna, tomando como base estándares internacionales como HL7 y las disposiciones legales en la materia.

A nivel internacional, hay muchas investigaciones que plantean diversas alternativas al intercambio de información clínica, entre ellas las ontologías para facilitar e implementar el uso de HL7.

1.3 Objetivo general y específico

En este apartado se describe el objetivo general y los objetivos específicos que permitirán dar solución al problema planteado en la tesis.

1.3.1 Objetivo general

Desarrollar una ontología que permita el intercambio de información relacionada con embarazo, parto y puerperio entre instituciones de salud que manejan distintos sistemas de información basados en las normas oficiales NOM-024-SSA3-2012 y NOM-007-SSA2-1993 para apoyar el cumplimiento de dichas normas.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar la norma oficial **NOM-004-SSA3-2012 Del expediente clínico** para identificar los conceptos mínimos aplicables.
- Analizar la norma oficial **NOM-007-SSA2-1993, Atención de la mujer durante el embarazo, parto y puerperio** para identificar los conceptos mínimos aplicables.
- Analizar la norma oficial **NOM-024-SSA3-2012, Sistemas de información de registro electrónico para la salud. Intercambio de información en salud** para identificar los conceptos mínimos aplicables

- Analizar los estándares internacionales HL7 e IHE, relacionados con el intercambio de información clínica entre plataformas heterogéneas, para identificar los conceptos mínimos aplicables.
- Analizar soluciones semánticas existentes para el intercambio de información clínica para identificar su posible reutilización.
- Diseñar una ontología para el intercambio de información clínica relacionada con la atención del embarazo, parto y puerperio basada en los conceptos identificados en las normas oficiales mexicanas y que soporte los estándares internacionales para el intercambio de información.
- Diseñar una arquitectura para soportar aplicaciones que permitan el intercambio de información clínica relacionada con la atención del embarazo, parto y puerperio.
- Desarrollar una aplicación para comprobar la ontología y la arquitectura planteadas.

1.4 Justificación

Basados en las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs), las instituciones utilizan con frecuencia distintas tecnologías y arquitecturas incompatibles entre sí, lo cual genera la dificultad de compartir los recursos de infraestructura y contenido, es decir, no se garantiza su interoperabilidad.

El Intercambio de Información entre Prestadores de Servicios de Salud en el país es un requerimiento esencial para otorgarle continuidad a la atención médica entre los mismos. El avance tecnológico que presenta la informática médica posibilita que los Sistemas de Información de Registro Electrónico para la Salud, entre los que se encuentran los Expedientes Clínicos Electrónicos, intercambien información útil con este objetivo, además de permitir explotar información en instituciones de salud pública y privada, lo que facilita la toma de decisiones en el sector.

Por lo tanto, la interoperabilidad es un requisito indispensable para garantizar cierta eficiencia en la gestión, intercambio, difusión y recuperación de la informa en las instituciones de salud pública y privadas de México. Por lo anterior, es posible decir que para asegurar la

interoperabilidad entre instituciones es necesario desarrollar una ontología que comunique a las distintas instituciones de salud del país, facilitando el acceso de expedientes electrónicos. De esta forma se busca apoyar en el cumplimiento de los Objetivos del Milenio específicamente en mejorar la salud materna.

Capítulo 2. Estado de la práctica

En este capítulo, se da a conocer el estado de la práctica del proyecto de tesis, es decir, se lleva a cabo la revisión (bibliográfica o de campo) de las soluciones que desarrolladas con anterioridad y la efectividad de las mismas, así como productos comerciales y/o experimentales similares al que se propone en el tema de tesis.

2.1 Trabajos relacionados

En un dominio tan grande como la salud, el conocimiento se representa en modelos de información, repositorios clínicos (bases de datos), ontologías y vocabularios entre otros. Teniendo en cuenta el impacto de este dominio, los organismos de normalización desempeñan un papel crucial delimitando todas las entidades (por ejemplo, terminología, códigos, vocabularios, por mencionar algunos) relacionados con la construcción y el intercambio de mensajes clínicos.

En [20] se mencionó que HL7 V3 (*Health Level Seven Version 3*, Salud Nivel Siete Version 3) es el estándar de atención médica de mayor despliegue que desarrolla modelos de información y esquemas para la construcción y el intercambio de información clínica. Dicho estándar cuenta con dos versiones principales: HL7 V2 y HL7 V3. La falta de interoperabilidad entre estándares (HL7, openEHR4, CEN5 TC/251 13606) y también en diferentes versiones del mismo estándar (por ejemplo, V2 y V3) resulta ser un problema grave de interoperabilidad en el dominio profesional de la salud. La heterogeneidad entre aplicaciones HL7 V3 es generalmente menos importante que entre las aplicaciones HL7 V2 debido a la presencia de un modelo de información centralizado en HL7 V3 que controla todos los vocabularios y terminología compartida por los usuarios. La presencia de diferentes estándares de salud, la aplicabilidad a gran escala y las limitaciones de soluciones de integración sintáctica, motivó la aplicación de tecnologías de Web Semántica (*Semantic Web*, SW) y ontologías para resolver la heterogeneidad de una manera formal y consistente. Se propuso la metodología de registros de pacientes electrónicos Plug and Play (PPEPR) para el estándar HL7, en la cual se identificaron tres características específicas de HL7 para la construcción de la ontología y la

introducción de la metodología PPEPR: (i) la reutilización de fuentes no ontológicas de conocimientos existentes, tales como esquemas XML, (ii) bases de conocimiento ontológicas , por ejemplo, V3 tiene un modelo conceptual coherente a nivel mundial, así como los esquemas de mensajería diseñados localmente que permiten el intercambio de mensajes clínicos, (iii) la adaptación de las fuentes de conocimiento local con el modelo conceptual superior o global. Se describen métodos semiautomáticos para recursos HL7. Por último, se presenta un enfoque para los lineamientos para HL7 ontológico de diferentes versiones como de diferentes modelos de información local. La metodología PPEPR se centra en el uso y arreglo de ontologías locales y globales.

En [21] se demostró cómo una combinación de ontologías y la base de datos deductiva TRI-DEDALO hacen posible compartir el conocimiento en salud en forma eficiente, elegante y flexible. Utilizando estándares como RDF y DAML+OIL, que se implementa en un gran número de organizaciones para compartir el conocimiento. La clasificación de las fuentes de datos heterogéneas mediante ontologías permitió establecer la relación entre conceptos, logrando así la tan necesaria interoperabilidad semántica. En salud, un dominio altamente heterogéneo, distribuido y complejo, la posibilidad de compartir información mejora considerablemente la calidad de la atención. La base de datos deductiva TRI-DEDALO se diseñó para soportar las aplicaciones del mundo real y lo suficientemente flexible como para manejar repositorios de datos de gran tamaño. El hecho de que el sistema TRI-DEDALO se utilice conjuntamente con cualquier SQL compatible con bases de datos relacionales, permite añadir las características deductivas a bases de datos heredadas.

En [22] se argumentó que se necesitan más esfuerzos en el lado de la investigación y la normalización para garantizar que los sistemas de codificación utilizados en los registros de salud electrónicos gocen de una semántica que sea coherente con la semántica del registro. Proponen la ontología realista como un método para lograr esta coherencia por medio de un sistema robusto de alto nivel de categorías ontológicas. Es decir, una ontología que es capaz de relacionar de forma explícita y sin ambigüedades los sistemas de codificación, las terminologías biomédicas y los registros de salud electrónicos (incluyendo su arquitectura) al

mundo real. Para hacer esto correctamente se requiere un gran esfuerzo, ya que las normas existentes pertinentes son revisadas por expertos que están familiarizados con el tipo adecuado de pensamiento ontológico (y esto requerirá un poco de esfuerzo en la formación y la educación).

En [23] se planteó la necesidad de sistemas integrados que proporcionen información actualizada sobre los pacientes y su salud, no sólo es fundamental para el funcionamiento diario y de las funciones de salud, sino también para salvar vidas. Esto se deriva a las necesidades de los sistemas de salud actuales, donde se espera que, cada vez que la información de salud del paciente se requiera, ésta se encuentre disponible en el punto de atención, independientemente de su ubicación. Se muestra una lista de objetivos a superar antes de lograr el sistema de salud integrado:

- La heterogeneidad de los sistemas de salud en línea y sus representaciones de datos a través de las instituciones de salud.
- La entrega de información clínica en el punto de atención, lo que potencialmente requiere el intercambio de información de salud a través de numerosos centros de salud distribuidos geográficamente amplios, creando así un desafío de escalabilidad masiva.
- La falta o lentitud de la adopción de normas para facilitar el intercambio de datos clínicos, hace más difícil y dificulta las posibilidades de asistencia sanitaria integrada.
- La amplia variación de las políticas de gobierno de datos dirigido principalmente a mantener la privacidad de los pacientes y la confidencialidad a través de las instituciones de salud.

Se afirma que el uso de estándares de interoperabilidad semántica no es suficiente para obtener una escalabilidad masiva. En cambio mencionan que un dominio semántico impulsado es una solución de adaptación más adecuada. Las tecnologías empleadas para apoyar el dominio de la investigación clínica presentan una serie de limitaciones, incluyendo la falta de apoyo a la interoperabilidad semántica extensible, soluciones de seguridad flexibles y soporte de rendimiento para grandes conjuntos de datos. La interoperabilidad semántica necesita apoyo a nivel de sistema y datos para permitir más integración. Mientras que tecnologías de Web

semántica, como OWL-S, WSDL-S, están abordando algunos de los problemas de interoperabilidad de sistemas, con una vista global del sistema en lugar de enfocarse en componentes.

En [24] se presentó una propuesta que aborda el problema de la interoperabilidad de una ontología formal impulsado por perspectivas. Dicha propuesta da como resultado un sistema de interpretación de los datos clínicos enviados por otro, aun cuando utilizan representaciones diferentes. Se muestra tres componentes claves de la propuesta:

1. Una ontología que proporciona, en su nivel superior, una representación canónica de declaraciones EHR (Registro de salud electrónico), más precisamente de observaciones médicas, que posteriormente llegan a ser especializadas, en el nivel inferior, por las instituciones de salud según sus modelos patentados.
2. Un módulo traductor que facilita la definición del nivel inferior de la ontología de las estructuras de almacenamiento de datos particulares EHRs siguiendo un enfoque semiautomático: primero un proceso de traducción de estructuras de datos subyacentes, utilizando, siempre que sea posible, la información acerca de las propiedades (las dependencias funcionales, entre otros) en elementos de ontología descritos en OWL2, y después, por un proceso de edición donde los administradores del sistema de salud definen nuevos axiomas para ajustar y enriquecer el resultado obtenido en el proceso semiautomático.
3. Un módulo de cartografía que ayuda en la tarea de delimitando los enlaces entre los términos de los niveles superiores e inferiores de la ontología. Se obtiene una carta de asignación declarativa en OWL2 y pone una amplia gama de escenarios de asignación al alcance de los administradores de sistemas de salud.

En [25] se planteó la necesidad de una ontología integral para la versión más reciente de HL7-RIM. Requiere que la ontología sea suficientemente flexible como para adaptarse a los cambios en las especificaciones de diseño de RIM. Propuso una ontología OWL-DL para la última versión del HL7-RIM. Se plantearon los atributos de HL7-RIM para utilizar los tipos de datos especificados por HL7 y están también obligados a tomar los valores de los dominios

de vocabulario HL7. Las clases, los tipos de datos y los vocabularios HL7 se modelaron como las clases de nivel superior en la ontología, usando Protege 3.4 beta. OWL-DL se utilizó para la construcción de la ontología donde es posible un razonamiento automatizado, y RACER se implementó para fines de razonamiento. Se evaluó la ontología propuesta para HL7-RIM contra los principios de diseño estándar de la ontología. Dos muestras de registros médicos representadas en HL7 se crearon utilizando la ontología propuesta. Los resultados de la evaluación comprobaron que la ontología propuesta tiene la capacidad de capturar expedientes clínicos en HL7 y se utiliza exitosamente por los sistemas de apoyo a la toma de decisiones para fines de razonamiento.

En [26] se concluyó que, para lograr el intercambio de información eficaz (interoperabilidad semántica), es necesario llevar a cabo al menos dos requisitos básicos: 1) un acuerdo sobre un conjunto estandarizado de modelos conceptuales de dominio específico; 2) un acuerdo sobre terminologías estandarizadas asociadas con vocabularios controlados. El estándar HL7 apoya la interoperabilidad de los sistemas de información sanitaria, estandariza el formato y protocolo de intercambio de datos médicos. Preocupado por la flexibilidad no deseada en HL7 V2 para adaptarse a los requisitos específicos de interoperabilidad debido a los muchos elementos de datos opcionales, una nueva versión de la norma se aprobó en 2004. HL7 versión 3 (V3 HL7) tiene la intención de apoyar la interoperabilidad semántica entre las aplicaciones mediante la definición de un conjunto de modelos de información comunes derivados del Modelo de Información de Referencias (*Reference Information Model*, RIM) HL7, y una metodología de desarrollo formal, que ha mejorado desde el Marco de Desarrollo de Mensajes (*Message Development Framework*, MDF) HL7 con el Marco de Desarrollo (HL7 *Development Framework*, HDF) HL7. Sin embargo, el reto de interoperabilidad semántica con HL7 V3 se debe a: 1) la complejidad de la norma, lo que requiere de expertos HL7 en el proceso de implementación de la interfaz, 2) falta de principios como un marco de arquitectura y una representación correcta y comprobable del dominio de negocio a través de la RIM y de los modelos de información derivados, 3) incoherencias, solapamientos y la inestabilidad de los diferentes modelos HL7 V3. Se propuso un servicio para la interoperabilidad semántica; la característica principal de este servicio es el uso de ontologías normales para modelar

conceptos e interrelaciones de cada aplicación de dominio y proporcionar interoperabilidad semántica real entre aplicaciones sanitarias. El servicio es útil para el intercambio de información significativa entre las aplicaciones que pertenecen a los mismos o diferentes mecanismos de representación del conocimiento. Dicho servicio propuesto consta de los siguientes componentes: a) Modelo Conceptual de Formalización que es el responsable de crear una aplicación ontológica formal para la integración de aplicaciones médicas, b) Asignador de ontologías es responsable de realizar la correlación entre las ontologías de aplicación formales, c) Generador de interfaz automática en este componente, las ontologías de aplicación formales derivadas del componente Modelo Conceptual de Formalización y el vínculo entre las aplicaciones ontológicas obtenidas del componente Asignador de Ontología se utiliza con el propósito de implementar las interfaces HL7 V3, por lo que la interacción entre Información-Modelos de la aplicación HL7 R-MIMs y la implementación de las interfaces HL7 V3 se realiza generalmente de forma manual por un experto, con el apoyo de herramientas de motor de interfaz.

En [27] se planteó que la heterogeneidad en el dominio de la salud se encuentra dividido en dos niveles: datos y proceso. Las normas de atención médica juegan un papel importante en el logro de la interoperabilidad entre los sistemas de EHR. Cada estándar de atención médica se basa en sus propios objetivos y metas. Éstos incluyen normas relativas a la mensajería (HL7), terminologías (SNOMED CT), la información clínica y registros de pacientes (openEHR y HL7 CDA), y las imágenes (Imagen Digital y Comunicaciones en Medicina, DICOM). Dos organizaciones son interoperables si son compatibles con el mismo estándar. El problema ocurre cuando los estándares de salud son completamente diferentes y desean comunicarse entre sí. Una forma de resolver la heterogeneidad entre las normas de salud es utilizando transformaciones XSLT. Este enfoque no es apropiado porque el cambio en el esquema siempre daría lugar a un cambio en las transformaciones XSLT. La compatibilidad entre las normas de salud heterogéneas para esquemas de conversiones de mensajes requiere de herramientas ontológicas de correlación. Menciona que *Agreement Maker* y *Falcon*, en comparación con otras herramientas, son más precisas y exactas, pero carecen del apoyo para distinguir entre los conceptos que tienen mismo nombre, pero significados diferentes. Los

servicios basados en la ontología ayudan a los sistemas de salud a comunicarse con cualquier otro sistema.

En [28] se dio a conocer la problemática que sufren diversas instituciones por no contar con comunicación y la heterogeneidad de sus registros médicos. Por lo tanto, se requiere una forma rápida y precisa para compartir información médica. Para resolver esta situación propusieron el uso de un sistema de mapeo de ontologías MREx, que permite a las instituciones de salud, con la historia clínica electrónica, compartir en tiempo real la información médica, en el punto de cuidado y sin tener que reemplazar los Registros Médicos Electrónicos (*Electronic Medical Records*, EMR) existentes. MREx se basa en una tecnología más avanzada conocida como la Web semántica. "Web Semántica" representa la perspectiva en la que las máquinas y la gente encuentran, leen, comprenden y utilizan los datos a través de Internet para lograr objetivos de utilidad para los usuarios. MREx crea registros de paciente virtual seguro, conecta un grupo de proveedores de atención e instituciones sin centralización de datos. La información se obtiene del interior de un instituto o de todos los institutos. Toda la información se mantiene firmemente en su formato original, la ubicación, el sistema y la propiedad. La Web semántica permite la ubicación de datos en cualquier lugar y en cualquier estructura en Internet, accesible y comprensible, tanto para las personas y para las máquinas. La ontología se utiliza como una forma de representación de la información sobre el mundo o alguna parte de ella.

En [29] se enfocó en la complejidad percibida de HL7 V3 y en un conjunto de herramientas de mapeo semántico para hacer la aplicación más fácil mientras que conserva la semántica estricta del Modelo de Información de Referencia (*Reference Information Model*, RIM) HL7. La Arquitectura para Documentos Clínicos (*Clinical Document Architecture*, CDA) HL7 Proporciona un modelo estándar para definir la forma y el significado de los documentos clínicos. CDA se utiliza ampliamente en la infraestructura nacional del Servicio Nacional de Salud (*National Health Service*, NHS) en Inglaterra y se especifica en el gobierno federal de los EE.UU. Tiene un uso significativo en los criterios para el Historial Clínico Electrónico. Modelos de información basados en RIM suelen tener dos o tres veces más clases y

asociaciones como modelos de dominio "naturales" que las que se crearían por métodos de análisis convencionales. Una técnica de mapeo semántico apunta a simplificar la implementación mediante la construcción de las transformaciones precisas del mensaje canónico y estructuras de documento para 'aplanado' donde los nombres de negocio fácilmente significativos reemplazan los códigos de atributo fijo de la máquina orientada en estructuras XML anidadas. El mapeo se utiliza para generar un par de archivos XSLT para transformar, ya sea desde XML canónico a XML simplificado o viceversa.

En [30] se abordó la problemática de los modelos de Arquitectura Empresarial (*Enterprise Architecture*, EA) para la implementación de la interoperabilidad en las organizaciones sanitarias. La Arquitectura Empresarial es la forma en que se organiza el flujo lógico entre las aplicaciones, datos y tecnologías de infraestructura, como se refleja en las políticas y decisiones técnicas que representan los principios y las prácticas de negocio de la organización a lo largo de todos los proyectos. EA se utiliza para definir la alineación de la misión, las metas de la organización, y los objetivos del sistema de información. Sin un desarrollo basado en la EA de los recursos empresariales o sistemas, los resultados incluyen la duplicación, la falta de integración, falta de intercambio de información y el apoyo tecnológico ineficaz. Estándares como HL7, ONC, CIE-10, SNOMED-CT y demás organizaciones de normalización han escrito muchos estándares en Tecnología de la Información Sanitaria (*Health Information Technology*, HIT). Los hospitales se enfrentan al reto de incorporar estas normas en sus sistemas existentes. Muchos de ellos tienen que rediseñar y empezar desde el principio. La utilización de marcos de trabajo de EA existentes definitivamente es una ventaja para estas organizaciones. Los servicios compartidos son una parte integral del manejo del paciente en un hospital. Las organizaciones requieren tomar en cuenta la interoperabilidad ante el reto de integrar su sistema con los demás. La Interoperabilidad definida por HL7 cuenta con tres partes: 1) La interoperabilidad técnica se centra en la transmisión física de los mensajes que contienen datos de la salud y la seguridad de este tipo de transporte. 2) La interoperabilidad semántica se centra en la relevancia de la información transmitida a ambas organizaciones. Si una organización envía datos que son relevantes para ellos, pero no tiene ningún significado para el receptor, entonces no es interoperable. 3) Interoperabilidad de

procesos se centra en el flujo de trabajo de orden superior que hace que la experiencia de datos compartida valiosa.

En [31] se expuso que los datos digitales han crecido exponencialmente, generando ahora enormes cantidades de datos en cada lectura. Del mismo modo, el uso de registros electrónicos de salud (*Electronic Health Records*, EHR) se amplía cada año, por lo que estos nuevos formatos digitales forman parte del flujo de trabajo clínico moderno. Es esencial darle sentido a estos datos, enormes en cantidad y diversidad, para seguir adelante con el inmenso potencial para la medicina personalizada y preventiva, y escenarios de desarrollo de fármacos personalizados. En este campo, la mayoría de datos disponibles se dispersa a través de sistemas independientes, fragmentado a través de silos de datos cerrados e inalcanzables para los métodos de análisis de software más destacados. El software disponible es primitivo, inconsistente y, sobre todo, estático. Para los escenarios donde los médicos realizan sus propios estudios e investigaciones, la gran escala y la complejidad de la ciencia biomédica desencadena una sobrecarga de información, perjudicando la rapidez de las respuestas que el paciente espera. Con las tecnologías de información y comunicación actuales, estrategias y recursos, los médicos están agobiados por tratar de comprender y extraer una visión profunda de los grandes y complejos avances en el conocimiento biomédico. Por lo cual se propuso un marco de trabajo de software para hacer frente a esos desafíos, las dificultades encontradas en la rápida implementación de nuevas aplicaciones interoperables, y de la migración de los sistemas existentes en un nuevo entorno de Web semántica. Con esta nueva plataforma, los desarrolladores implementan nuevas aplicaciones para ofrecer a todos los interesados, incluidos los médicos, a los ciudadanos y los encargados de la formulación de políticas, con servicios de interoperabilidad y acceso integrado a riqueza de información y escalable con relación a un ámbito de la salud.

En [32] se planteó que la comunicación entre sistemas de información clínicos, requiere el intercambio de información heterogénea. Existe diversidad en formatos y procedimientos entre las instituciones prestadoras del servicio de salud y al interior de ellas mismas. Entre dos Sistemas de Información Clínicos existen datos demográficos, de diagnósticos, terapéuticos,

estos son tomados del historial clínico del paciente. Existen múltiples esfuerzos internacionales por concretar estándares que permitan la interconexión de sistemas de información en salud y que han abordado estos tópicos de heterogeneidad de los datos. Cada estándar se especializa en el tratamiento de un tipo de dato en particular (básicos, imágenes, semántica, etc.). Los estándares que actualmente se han oficializado para el manejo de los datos clínicos son: *Health Level Seven* (Salud Nivel Siete, HL7) que se encarga de la interconexión de datos mediante protocolos de mensajería electrónica, DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*, Imagen Digital y Comunicación en Medicina) permite la comunicación estandarizada de las imágenes diagnósticas, SNOMED (*Systematized Nomenclature of Medicine*, La Nomenclatura Sistemática de la Medicina) usado para homogenizar la semántica utilizada en el proceso de atención, XML (*Extensible Markup Language*, Lenguaje de Marcado Extensible) es un lenguaje computacional, que facilita la comunicación entre plataformas heterogéneas. Se realizó una aplicación que permitiera resolver el problema de interoperabilidad de sistemas de información mediante el uso de tecnología XML utilizando el lenguaje de programación Web, con el fin de suplir las necesidades de integración en las organizaciones. El estándar XML permitió definir un estándar denominado UMBDML para la interoperación entre bases de datos (Para este proyecto se utilizaron 2 motores MYSQL y MSSQL o SQL Server) permitió implementar el prototipo con una confiabilidad de interoperación del 100% medido en las pruebas de validación. El estándar UMBDML fue construido en lenguaje SGML (*Standard Generalized Markup Language*, Lenguaje Estándar de Marcado Generalizado) a través de su DTD, recordando que un estándar XML bien formado y valido funciona adecuadamente. UMBDML es un estándar para el intercambio de datos e interoperabilidad entre varios sistemas de información.

En [33] se planteó que cada agencia o clínica normalmente recopila sus propios datos y, si el sitio está informatizado, tiene su propio sistema de información asociada. Este enfoque quizás sea eficaz para un solo sistema en particular, pero tienden a fallar cuando un paciente se mueve o requiere atención por parte de la superposición de varios sistemas. Para solucionar la diversidad de información, se definen los posibles casos de uso para realizar consultas a través

de Sistemas de Información Clínica (*Clinical Information Systems*, CIS). Se realizó un análisis de modelos de datos los cuales dieron como resultado un prototipo de ontología identificador de paciente explícita para capturar la semántica de cada campo de datos de una descripción formal y computable. Dicha ontología facilita la integración y el intercambio de datos. Sin embargo, esta ontología sola no es suficiente para proporcionar esta funcionalidad. Cuando se realiza la integración de diferentes fuentes existe la posibilidad que la información se encuentre incompleta, encontrarse grabada en un formato diferente o mal escrito. Una limitación de este estudio es la exclusión de vocabularios clínicos o terminologías. Recursos como el Sistema Unificado de Lenguaje Médico (*Unified Medical Language System*, UMLS) y el Instituto Nacional del Cáncer (*National Cancer Institute*, NCI) enlazan varios vocabularios existentes que contienen varios conceptos relevantes a este dominio. En el ámbito de la salud, el componente más importante de la integración de datos es la identificación del paciente cuyos datos hay que ver.

2.2 Análisis comparativo

Basándose en los artículos recopilados y en los resúmenes redactados en el apartado 2.1 se realizó una tabla comparativa considerando los siguientes aspectos: el artículo analizado, la problemática, su objetivo, estándares internacionales y soluciones semánticas. La siguiente tabla comparativa muestra una síntesis acerca del análisis realizado a los artículos recopilados.

Artículo	Problema	Objetivo	Estándares	Solución Semántica
Ratnesh Sahay et al. [20]	La falta de interoperabilidad entre estándares en el dominio profesional de la salud.	Crear una metodología <i>Plug and Play</i> para registros electrónicos de pacientes (PPEPR) para el estándar HL7.	HL7	No aplica
Fabiane Nardon et al. [21]	La necesidad del intercambio de conocimientos en la asistencia sanitaria.	Utilizar normas y conceptos semánticos para proseguir la integración de datos <i>Web</i> y el intercambio de conocimientos en la asistencia sanitaria.	No aplica	UMLS
W Ceusters et al. [22]	Falta de interoperabilidad de los sistemas sanitarios electrónicos.	Utilizar una ontología que sea capaz de relacionar los sistemas de codificación, terminologías biomédicas y registros de salud electrónicos.	No aplica	UMLS MetaTheaurus
Adel Taweel et al. [23]	La necesidad de intercambiar información a través de numerosos centros de salud distribuidos geográficamente.	Implementar modelos compatibles con el vocabulario de dominio bien definido y controlado que se traducen de forma dinámica en las fuentes de datos individuales.	No aplica	SNOMED-CT ICD9 Read Codes
Idoia Berges et al. [24]	Falta de interoperabilidad entre las distintas instituciones médicas.	Conseguir una interoperabilidad sin fisuras entre Sistemas de Información Sanitaria heterogéneos.	HL7-RIM CEN-13606	SONOMED-CT

Artículo	Problema	Objetivo	Estándares	Solución Semántica
Abdulrazak, B. et al. [25]	Lograr la interoperabilidad semántica entre sistemas de información sanitarios y ejecutar mejor los sistemas de soporte de decisiones.	Obtener una ontología flexible para adaptarse a los cambios en las especificaciones de diseño de RIM.	HL7-RIM	No aplica
C. Gonzalez et al. [26]	No contar con un intercambio de información eficaz entre instituciones médicas.	Utilizar ontologías normales para modelar conceptos y proporcionar interoperabilidad semántica real entre aplicaciones sanitarias.	HL7	No aplica
Ali Khan Wajahat et al. [27]	Los estándares de salud son completamente diferentes y desean comunicarse entre sí.	Conseguir interoperabilidad entre los sistemas de EHR.	HL7 openEHR	SNOMED-CT MESH
Lilac A. et al. [28]	Se requiere una forma rápida y precisa para compartir información médica entre diversas Instituciones de Salud.	Contar con una ontología de cartografía en los sistemas médicos, que permitan compartir en tiempo real la información médica.	No aplica	No aplica
Philip Scott et al. [29]	Falta de interoperabilidad cuando dos sistemas EHR son heterogéneos a los estándares de salud y desean comunicarse entre sí.	Permitir el intercambio de información entre los diferentes sistemas de salud para proporcionar una mejor atención sanitaria a los pacientes.	HL7	No aplica
Philip DePalo et al. [30]	Falta de implementación de la interoperabilidad en las organizaciones sanitarias.	Permitir a las organizaciones de salud compartir información entre múltiples partes interesadas.	IHE HL7	SNOMED-CT
Pedro Lopes et al. [31]	Dispersión de información a través de sistemas independientes, inalcanzables para los métodos de análisis de software más destacados.	Ofrecer un servicio de interoperabilidad y acceso integrado de información y escalable con relación al ámbito de salud.	No aplica	No aplica
Efraín Pinzón	La necesidad de interconexión entre	Lograr la interoperabilidad	HL7	SNOMED-CT

Artículo	Problema	Objetivo	Estándares	Solución Semántica
et al. [32]	diferentes sistemas de información.	organizacional y la interoperabilidad informacional en las organizaciones de la salud.	DICOM UMBDML	
Alicia F. Guidry et al. [33]	Falta de integración de datos entre diferentes Sistemas de Integración Clínica.	El intercambio de datos entre Sistemas de Integración Clínica.	No aplica	UMLS MetaThesaurus NCI

Tabla 2.1 Comparativa de trabajos relacionados.

Como resultado del análisis realizado a los artículos, se concluye que es necesaria la capacidad de compartir los expedientes clínicos entre los diferentes sistemas de información clínica para evitar complicaciones tales como un mal diagnóstico o terapia contraindicada. En los artículos analizados se da solución al problema de interoperabilidad mediante la implementación de ontologías, Web semántica y estándares internacionales que permiten intercambiar información clínica. Todos los artículos justifican el planteamiento de ontologías, pero ninguno de ellos se basa en los requerimientos legales vigentes y estándares internacionales para el intercambio de información aceptados en México.

2.3 Propuesta de solución

Con base en la revisión bibliográfica citada anteriormente, se considera adecuado utilizar las siguientes herramientas, lenguajes y metodología para la elaboración de la ontología del trabajo de tesis.

La propuesta de solución consiste en utilizar la metodología Methontology para el desarrollo de la ontología ya que proporciona una serie de actividades y tareas que facilita a desarrolladores inexpertos el desarrollo lógico y físico de ontologías.

Para representar la ontología se eligió el lenguaje ontológico OWL diseñado para ser utilizado en aplicaciones que necesiten procesar el contenido semántico de un documento, este lenguaje permite representar explícitamente el significado de los términos de un vocabulario y como se relacionan. Cabe mencionar que es recomendación de *World Wide Web Consortium* (W3C) lo que lo convierte en un lenguaje estándar para el desarrollo de ontologías.

Para acceder a la información almacenada en la ontología se eligió el lenguaje de consulta SPARQL ya que es un lenguaje estándar recomendado por W3C el cual permite realizar consultas sobre tripletas, toma la descripción de lo que requiere la aplicación, en forma de una consulta y devuelve esa información en un conjunto de enlaces o un grafo RDF.

Como herramienta de desarrollo se optó por utilizar Protégé el cual facilitara la creación y edición de la ontología en un único espacio de trabajo a través de una interfaz de usuario totalmente personalizable. En caso que surja alguna duda durante el proceso de creación o edición cuenta con variada documentación, tutoriales y foros que dan soporte.

Las tecnologías, lenguajes y metodologías elegidas permitirán que la ontología que se pretende desarrollar cumpla con los objetivos establecidos en este trabajo de tesis.

Capítulo 3. Aplicación de la Metodología

En este capítulo se describe las etapas y actividades que conforman el desarrollo de la ontología para el intercambio de información del expediente clínico de pacientes que se encuentren embarazadas, en parto o puerperio entre las instituciones de salud en México.

3.1 Diseño y desarrollo de la ontología

En este trabajo de tesis se llevó a cabo el desarrollo de la ontología basándose en las tareas propuestas por la metodología Methontology, esta metodología facilita a desarrolladores inexpertos el proceso de construcción de ontologías. A continuación, se ilustra el proceso de diseño de la ontología para el dominio de intercambio de información del expediente clínico de pacientes embarazadas entre las instituciones de salud en México.

3.1.1 Descripción de las tareas de conceptualización aplicadas a la creación de la ontología

Se analizaron Normas Oficiales Mexicanas, la solución semántica SNOMED-CT y estándares internacionales como HL7 e IHE para el intercambio de expediente clínico, de los cuales se sustrajo el conocimiento necesario para el diseño de la ontología. Una vez obtenida la información requerida y adecuada de cada uno de los distintos conceptos que se manejan en lo referente al intercambio de información de pacientes embarazadas o que se encuentre en puerperio, se procedió a aplicar los pasos que establece Methontology para plasmar el conocimiento del dominio.

3.1.1.1 Construcción del glosario de términos (Tarea 1)

En el glosario de términos se incluyen todos los términos de interés en el dominio (conceptos, instancias, atributos, relaciones entre conceptos), sus descripciones en lenguaje natural, y sus sinónimos y acrónimos. La Tabla 3.1 muestra una parte del glosario de términos:

Nombre	Sinónimo	Acrónimo	Tipo	Descripción
Atención médica			Concepto	Conjunto de servicios que se proporcionan al individuo, con el fin de promover, proteger y restaurar su salud.

Nombre	Sinónimo	Acrónimo	Tipo	Descripción
Paciente			Concepto	Beneficiario directo de la atención médica.
Cesárea	Operación cesárea		Concepto	Procedimiento quirúrgico mediante el cual se extrae al producto de la concepción, vivo o muerto, así como sus anexos, a través de una laparotomía e hysterotomía.
Diabetes gestacional			Concepto	Alteración en el metabolismo de los hidratos de carbono que se detectan por primera vez durante el embarazo, esta traduce una insuficiente adaptación a la insulino-resistencia que se produce en la gestante.
Distocia			Concepto	Anormalidades en el mecanismo del trabajo de parto que interfieren con la evolución fisiológica del mismo y requiere maniobras especiales.
Embarazo			Concepto	Periodo comprendido desde la concepción hasta la expulsión o extracción del feto y sus anexos.
Embarazo complicado			Concepto	Certeza de estados patológicos durante la gestación, que incrementan la morbimortalidad de la mujer, del feto o del recién nacido y que requiere atención especializada.
Embarazo de alto riesgo			Concepto	Embarazo con altas posibilidades de presentar estados patológicos que incrementen la morbimortalidad de la mujer, del feto o del recién nacido.
Eutocia			Concepto	Presentación del feto en vértice, cuyo progreso del trabajo de parto es normal, termina sin complicación y no requiere de maniobras especiales.
Hipotiroidismo congénito			Concepto	Enfermedad que se presenta desde el nacimiento y se caracteriza por disminución permanente o transitoria del funcionamiento del

Nombre	Sinónimo	Acrónimo	Tipo	Descripción
				a glándula tiroides.
Muerte Materna Directa			Concepto	Muerte relacionada con las complicaciones propias del embarazo.
Muerte Materna Indirecta			Concepto	Muerte causada por una enfermedad de fondo agravada por el embarazo.
Muerte materna tardía			Concepto	Pérdida de vida de una mujer por causas obstétricas directas o indirectas después de los 42 días y hasta los 364 días posteriores a la terminación del embarazo. No se toma en cuenta para la razón de mortalidad materna.
Nacido vivo			Concepto	Expulsión o extracción completa del producto de la concepción del organismo materno, cuando después de dicha separación respire y lata el corazón, se haya o no cortado el cordón umbilical y esté o no desprendida la placenta.
NOMBRE			Atributo	Nombre del paciente
PRIMER APELLIDO			Atributo	Apellido paterno del paciente
SEGUNDO APELLIDO			Atributo	Apellido materno del paciente
EDONAC			Atributo	Clave de la entidad federativa en la que nació el paciente
MPO_NACM			Atributo	Municipio de nacimiento de la madre
NACORIGEN			Atributo	Nacionalidad de origen del paciente
FECNAC			Atributo	Fecha de nacimiento del paciente
ORDEN_NAC			Atributo	Orden de nacimiento del recién nacido
ATEN_PREN			Atributo	La madre recibió atención prenatal
TRIM_CONS			Atributo	Trimestre en el que la madre recibió la primer consulta prenatal
TOT_CONS			Atributo	Total de consultas otorgadas durante el embarazo
Urgencia			Concepto	Necesidad o falta apremiante de

Nombre	Sinónimo	Acrónimo	Tipo	Descripción
				algo.

Tabla 3.1 Glosario de Términos.

3.1.1.2 Construcción de la taxonomía de conceptos (Tarea 2)

La taxonomía define la jerarquía de los conceptos que se encuentran en el glosario de términos.

La estructura de la taxonomía para la ontología del trabajo de tesis quedó de la siguiente manera:

- Persona
 - Paciente
 - Recién nacido
 - Recién nacido pre término
 - Recién nacido inmaduro
 - Recién nacido término
 - Recién nacido pos término
 - Mujer
- Estructura corporal
 - Aborto
 - Producto de la concepción
 - Embrión
 - Feto
- Hallazgo clínico
 - Parto normal
 - Parto complicado
 - Discapacidad
 - Nacido vivo
 - Nacimiento con producto pre término
 - Nacimiento con producto término
 - Nacimiento con producto pos término
 - Nacido muerto
 - Recién Nacido Hallazgo
 - Recién nacido de peso bajo para edad gestacional
 - Recién nacido de peso adecuado para edad gestacional
 - Recién nacido de peso alto para edad gestacional
 - Embarazo saludable
 - Distocia
 - Lactancia materna
 - Eutocia
 - Enfermedad
 - Hipotiroidismo congénito
 - Restricción en el crecimiento intrauterino

- Embarazo complicado
 - Embarazo de alto riesgo
 - Enfermedad metabólica
 - Diabetes gestacional
- Procedimiento
 - Pronóstico
 - Reingreso
 - Consulta
 - Consulta de primera vez
 - Consulta subsecuente
 - Consulta externa
 - Consulta externa general
 - Consulta externa de especialidad
 - Cirugía
 - Atención Médica
 - Atención de consulta ambulatoria
 - Atención hospitalaria
 - Emergencia obstétrica
 - Atención de la emergencia obstétrica
 - Atención prenatal
 - Procedimiento obstétrico
 - Cesárea
 - Examen de laboratorio
 - Tamiz metabólico neonatal
 - Alta del paciente
- Proceso
 - Hospitalización
 - Alimentación mixta
- Medio ambiente
 - Unidad médica
 - Alojamiento conjunto
- Periodo
 - Días paciente
 - Días estancia
 - Embarazo
 - Periodo perinatal
 - Edad gestacional
 - Puerperio
 - Puerperio normal
 - Puerperio inmediato
 - Puerperio mediato
 - Puerperio tardío
- Evento
 - Egreso hospitalario

- Muerte
 - Muerte materna
 - Muerte materna directa
 - Muerte materna indirecta
 - Muerte materna tardía
 - Muerte neonatal
 - Muerte fetal
- Acción
 - Parto
 - Parto vertical
- Elemento de registro
 - Certificado de nacimiento
 - Certificado de defunción
 - Certificado de muerte fetal
- Resumen clínico
- Expediente Clínico
- Urgencia
 - Urgencia calificada
 - Urgencia no calificada

3.1.1.3 Construcción del diagrama de relaciones binarias (Tarea 3)

En el diagrama de relaciones binarias se establecen las relaciones existentes entre conceptos de la misma o de distintas taxonomías de conceptos. En la figura 3.2 se presenta un fragmento del diagrama de relaciones binarias correspondiente a la ontología planteada.

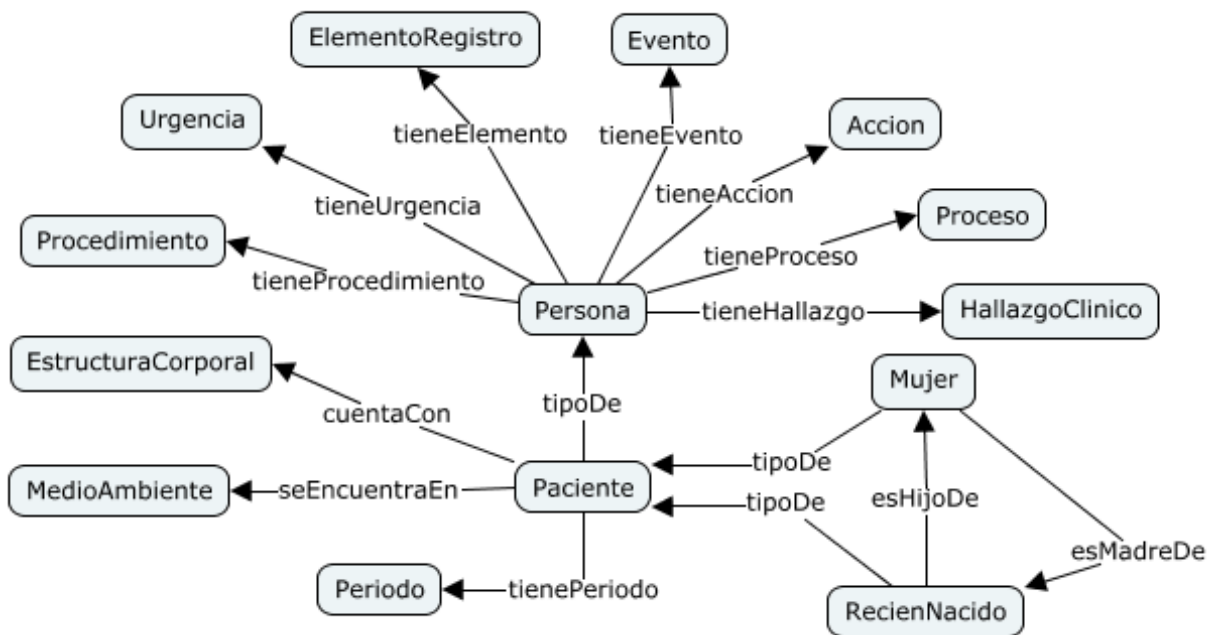


Figura 3.1 Diagrama de Relaciones Binarias.

3.1.1.4 Construcción del diccionario de conceptos (Tarea 4)

El diccionario de conceptos especifica cuáles son las propiedades que describen cada concepto de la taxonomía, así como las relaciones identificadas en el diagrama de relaciones binarias y las instancias de cada uno de los conceptos. A continuación, se presenta la tabla que contiene un listado de los conceptos y sus respectivas relaciones:

Concepto	Relaciones
RecienNacido	esHijoDe->Mujer
Mujer	esMadreDe->RecienNacido
Persona	tieneHallazgo->HallazgoClinico tieneProcedimiento->Procedimiento tieneProceso->Proceso tieneUrgencia->Urgencia tieneAccion->Accion tieneEvento->Evento tieneElemento->ElementoRegistro
Paciente	tienePeriodo->Periodo cuentaCon->EstructuraCorporal seEncuentraEn->MedioAmbiente

Tabla 3.2 Diccionario de Conceptos.

3.1.1.5 Descripción en detalle de las relaciones binarias (Tarea 5)

El objetivo de esta tarea es describir en detalle todas las relaciones binarias identificadas en el diagrama de relaciones binarias e incluidas en el diccionario de conceptos. En la siguiente tabla se especifica el nombre de la relación binaria, dominio, rango y cardinalidad.

Relación	Dominio	Rango	Cardinalidad
esHijoDe	RecienNacido	Mujer	1:1
esMadreDe	Mujer	RecienNacido	1:0..*
tieneHallazgo	Persona	HallazgoClinico	1..*:0..*
tieneProcedimiento	Persona	Procedimiento	1..*:0..*
tieneProceso	Persona	Proceso	1..*:0..*
tienePeriodo	Paciente	Periodo	1..*:1
cuentaCon	Paciente	EstructuraCorporal	1..*:0..*
seEncuentraEn	Paciente	MedioAmbiente	1..*:1
tieneAccion	Persona	Accion	1..*:0..*
tieneUrgencia	Persona	Urgencia	1..*:0..*
tieneElemento	Persona	ElementoRegistro	1..*:1..*

tieneEvento	Persona	Evento	1..*:0..*
-------------	---------	--------	-----------

Tabla 3.3 Relaciones Binarias.

3.1.1.6 Descripción de atributos de instancia (Tarea 6)

En esta tarea se describen en detalle los atributos de instancia incluidos en el diccionario de conceptos. Para cada atributo de instancia se especifica su nombre, el concepto al que pertenece, su tipo de valor, su rango de valores y su cardinalidad. En la siguiente tabla se muestra algunos atributos de instancia de la ontología:

Atributo	Concepto	Tipo de Valor	Rango de Valores	Cardinalidad
CURP	Mujer	Alfanumérico	18 dígitos De acuerdo a los lineamientos del RENAPO.	1
PRIMER APELLIDO	Mujer	Alfanumérico	50 dígitos A-Z caracteres especiales vocales	1
SEGUNDO APELLIDO	Mujer		mayúsculas con acento o con diéresis y apóstrofes.	1
NOMBRE	Mujer			1..2
Fecha de Nacimiento	Mujer	Numérico	8 dígitos Cuatro posiciones para el año. Dos posiciones para el mes (del 01 al 12). Dos posiciones para el día (del 01 al 31).	1 Ejemplo: 19940815
Sexo	Mujer	Alfabético	1 dígito permitido solo M o H	1
Nacionalidad de origen	Mujer	Alfanumérico	3 dígitos El valor se encuentra en el Catálogo de Nacionalidades de RENAPO. En caso de no ser conocida se captura las siglas “NND” (Nacionalidad No Disponible).	1
Folio	Mujer	Alfanumérico	18 dígitos Cada Prestador de Servicios de Salud definen la estructura de este folio.	1
Entidad federativa	Mujer	Alfanumérico	2 dígitos El valor se encuentra en el catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades del INEGI. En el	1

			caso de no existir información, se captura “00”.	
Municipio	Mujer	Alfanumérico	3 dígitos El valor debe existir en el catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades del INEGI. En el caso de no existir información, se captura “000”.	1
Localidad	Mujer	Alfanumérico	4 dígitos El valor debe existir en el catálogo de claves de entidades federativas, municipios y localidades del INEGI. En el caso de no existir información, se captura “0000”.	1
Tipo beneficiario	Mujer	Alfanumérico	2 dígitos 01 = Trabajador/Asegurado. 02 = Beneficiario del Seguro Popular. 03 = Familiar. 04 = Pensionado	1
Folio del certificado de nacimiento	Certificado de Nacimiento	Numérico	9 dígitos	1
EDOCIVIL	Mujer	Numérico	2 dígitos consultar el catálogo CatEdoConyugal	1
CALLE_RES	Mujer	Alfanumérico	80 dígitos máximo Este dato es obligatorio, el texto por omisión es “NO ESPECIFICADO o DOMICILIO CONOCIDO”.	1
ENT_RES	Mujer	Numérico	2 dígitos consultar catálogo CAT_ENTIDADES.	1
MPO_RES	Mujer	Numérico	3 dígitos consultar catálogo CAT_MUNICIPIOS.	1
LOC_RES	Mujer	Numérico	4 dígitos consultar catálogo CAT_LOCALIDADES.	1
NUM_EMB	Mujer	Numérico	2 dígitos máximo 00-25	1
NUM_NACMTO	Mujer	Numérico	2 dígitos máximo	0..1
NUM_NACVIVO	Mujer	Numérico	2 dígitos máximo	0..1
HIJO_SOBV	Mujer	Numérico	2 dígitos máximo	0..1
HIJO_ANTE	Mujer	Numérico	1 dígito consultar catálogo	0..1

			CatTipo_NaciAnterior.	
VIVE_AUN	Mujer	Numérico	1 dígito consultar catálogo CATSiNo.	1
FECH_NHEA	--	Alfanumérico	Formato: dd/mm/aaaa con una longitud 8 dígitos y 2 caracteres especiales “/”, en caso de desconocer la edad 99/99/9999.	0..1
ORDEN_NAC	RecienNacido	Numérico	2 dígitos máximo	1
ATEN_PREN	Mujer	Numérico	1 dígito consultar catálogo CATSiNo.	1
TRIM_CONS	Mujer	Numérico	1 dígito consultar catálogo CATTrimestres.	1
TOT_CONS	Mujer	Numérico	2 dígitos máximo	1
FECH_NACH	RecienNacido	Alfanumérico	Formato: dd/mm/aaaa con una longitud de 8 dígitos y 2 caracteres especiales “/”	1
HORA_NACH	RecienNacido	Horas : Minutos	Formato: HH:MM, formato de 24 horas con una longitud de 4 dígitos y un carácter especial “:”.	1
SEXOH	RecienNacido	Numérico	1 dígito, consultar el catálogo Cat_Sexo.	1
GESTACH	RecienNacido	Alfanumérico	Rango aceptable 13 a 45 semanas, para valores de 43 a 45 semanas emitir una advertencia o alerta para confirmar o corregir el valor capturado.	1

Tabla 3.4 Atributos de instancia.

Los catálogos antes mencionados en la tabla Atributos de instancias son establecidos por la Dirección General de Información en Salud (DGIS), dichos catálogos se encuentran disponibles en la página http://www.dgis.salud.gob.mx/contenidos/intercambio/iis_catalogos.html.

3.1.2 Desarrollo de la ontología en Protégé

La ontología para el intercambio de información del expediente clínico de pacientes embarazadas entre instituciones de salud en México se desarrolló con la herramienta Protégé versión 4.3, a continuación, en la figura 3.2 se muestran los conceptos sobresalientes obtenidos en el desarrollo

de la ontología, se observa que el concepto Persona es el concepto principal de la ontología, ya que cuenta con relaciones con los demás conceptos. Además, se visualiza que los otros conceptos no cuentan con relaciones entre ellos, esto se debe a que la ontología está diseñada para consultar información del expediente clínico de mujeres durante el embarazo, parto y puerperio.

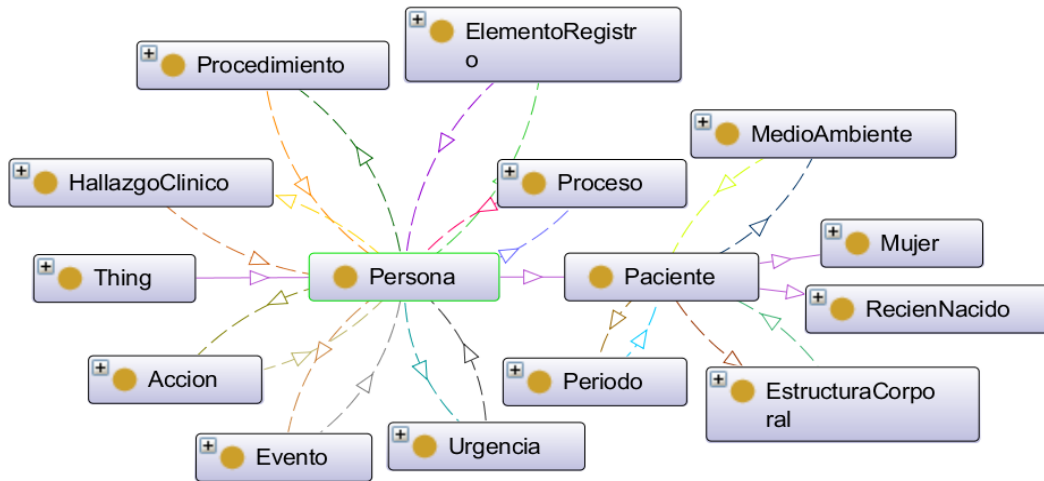


Figura 3.2 Conceptos realizados en Protégé.

En la figura 3.3 se visualizan las relaciones desarrolladas para los conceptos definidos anteriormente.

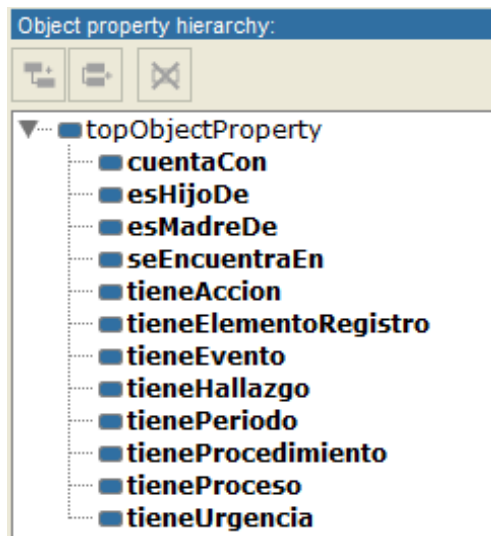


Figura 3.3 Relaciones realizadas en Protégé.

En la figura 3.4 se observa en primera instancia los atributos desarrollados para los conceptos definidos anteriormente, en segunda instancia se visualiza seleccionado el atributo `hasCveOcupHab` el cual indica que le pertenece al concepto `Mujer` y es de tipo `string`.

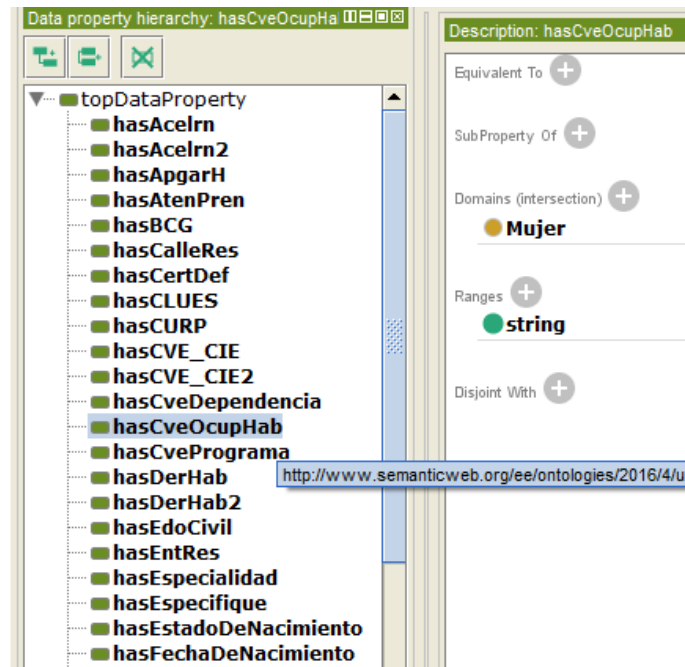


Figura 3.4 Atributos realizados en Protégé.

3.2 Proceso de evaluación de la ontología

En este apartado se muestran los criterios existentes para llevar a cabo el proceso de evaluación de una ontología. Además se describe el proceso de evaluación de la ontología desarrollada en este trabajo de tesis utilizando la herramienta OOPS! [34]. Por último, se explican los resultados obtenidos en la fase de evaluación y la fase de mantenimiento.

3.2.1 Criterios para evaluar una ontología

Para realizar la evaluación de ontologías y asegurar la calidad de éstas existen diversos enfoques dependiendo del tipo específico y propósitos de la ontología a evaluar. A continuación, se mencionan algunas clasificaciones propuestas por diversos autores.

Barchini y Álvarez [35] proponen cuatro dimensiones que permiten definir de manera operativa la calidad de una ontología.

1. Descriptiva: referente a brindar información sobre características intrínsecas e identificadoras de la ontología, tal como los desarrolladores de la ontología, los principales destinatarios, los expertos del dominio y los usuarios finales.
2. Estructural: grado en que la ontología especifica de manera explícita, formal y consensuada los conceptos (entidades, atributos, procesos), definiciones, interrelaciones y restricciones del dominio. Dicho de otra manera, corresponde a la sintaxis y semántica formal de la ontología.
3. Funcional: capacidad de la ontología para proporcionar funciones que satisfagan las necesidades específicas. Permite determinar el grado de concordancia con los requisitos y cuestiones competentes para las que se diseñó.
4. Operacional: capacidad de la ontología para usarse, comunicarse, interactuar e integrarse entre agentes software y/o personas. Esta dimensión refleja la capacidad de uso y reúso que ofrece la ontología.

Gangemi [36] define tres tipos principales de evaluación:

1. Evaluación funcional: se centra en verificar que la ontología cumpla con su objetivo.
2. Evaluación de usabilidad: se ocupa de metadatos y anotaciones.
3. Evaluación estructural: se centra en las propiedades estructurales de la ontología como grafo.

En [37] se menciona que la evaluación de una ontología es mejor si se realiza por niveles en lugar de tratar de evaluarla directamente en conjunto. Los niveles de evaluación se han definido de diversas maneras sobresaliendo los siguientes:

- Léxico de vocabulario o capa de datos: se centra en el vocabulario utilizado para representar o identificar conceptos. La evaluación en este nivel tiende a implicar comparaciones con diversas fuentes de datos relativos al dominio del problema.
- Jerarquía o taxonomía: una ontología incluye típicamente una estructura jerárquica con relaciones tipo “es-un” entre conceptos. Aunque también se definen otro tipo de

relaciones entre conceptos, la relación tipo “es-un” es importante y el foco de los esfuerzos específicos de evaluación de este nivel.

- Otras relaciones semánticas: dado que la ontología es posible que contenga otras relaciones además del tipo “es-un”, estas relaciones se evalúan por separado. Esto normalmente incluye medidas como la precisión y la recuperación.
- Nivel de aplicación o contexto: es posible que una ontología forme parte de una colección mayor de ontologías, además de referenciar o ser referenciada por diferentes definiciones dentro de dicho conjunto. En este caso, es importante tener en cuenta este contexto para su evaluación. Otra forma de contexto es la aplicación en la que la ontología se va a utilizar; la evaluación analiza cómo los resultados de la aplicación se ven afectados por el uso de la ontología.
- Nivel sintáctico: la evaluación en este nivel es de particular interés para las ontologías que se han construido, en su mayoría, de forma manual. La ontología está descrita en un lenguaje formal particular y debe coincidir con los requisitos sintácticos de ese lenguaje.
- Estructura, arquitectura y diseño: esta evaluación es de gran interés en ontologías construidas manualmente, donde busca que la ontología cumpla con ciertos principios y criterios de diseño predefinidos. Este tipo de evaluación suele proceder de forma completamente manual.

3.2.2 Evaluación de la ontología utilizando OOPS!

Las aplicaciones que se describen en el apartado anterior permiten verificar la ontología de manera funcional, es decir, validar que cumpla con el objetivo principal para el que se creó, sin embargo, no verifican otras condiciones de calidad.

OOPS! es una aplicación Web, independiente de cualquier entorno de desarrollo de ontologías, para la detección de errores de modelado. Esta herramienta está diseñada para ayudar a los desarrolladores de ontologías durante la actividad de validación, misma que se divide en Diagnóstico y Reparación. Actualmente, OOPS! proporciona mecanismos para detectar errores por lo que se ubica en la etapa de Diagnóstico [38].

Es importante mencionar que no todos los problemas encontrados tienen el mismo nivel de importancia, OOPS! maneja tres niveles de resultados.

- Crítico: Es crucial corregir el problema, de lo contrario podría afectar la consistencia de la ontología, el razonamiento, la aplicabilidad, entre otros.
- Importante: Aunque el problema no es crítico para la funcionalidad de la ontología, es importante corregir este tipo de problema.
- Menor: En realidad no es un problema serio, pero la corrección de este tipo de defecto permite que la ontología sea aún más estable.

3.2.2.1 Revisión de la ontología en busca de errores

En la figura 3.5 se muestra parte del código fuente introducido en la aplicación Web para su evaluación.

```

157     <Restriction>
158         <onProperty rdf:resource="&untitled-ontology-67;hasLocRes"/>
159         <someValuesFrom rdf:resource="&xsd:anyURI"/>
160     </Restriction>
161 </rdfs:range>
162 <rdfs:range>
163     <Restriction>
164         <onProperty rdf:resource="&untitled-ontology-67;hasEspecialidad"/>
165         <someValuesFrom rdf:resource="&xsd:anyURI"/>
166     </Restriction>
167 </rdfs:range>
168 <rdfs:range>
169     <Restriction>
170         <onProperty rdf:resource="&untitled-ontology-67;hasAcelrn2"/>
171         <someValuesFrom rdf:resource="&xsd:anyURI"/>
172     </Restriction>
173 </rdfs:range>
174 <rdfs:range>
175     <Restriction>
176         <onProperty rdf:resource="&untitled-ontology-67;hasHijoSobv"/>
177         <someValuesFrom rdf:resource="&xsd:anyURI"/>
178     </Restriction>
179 </rdfs:range>
180 <rdfs:range>
181     <Restriction>
182         <onProperty rdf:resource="&untitled-ontology-67;hasCvePrograma"/>
183         <someValuesFrom rdf:resource="&xsd:anyURI"/>
184     </Restriction>
185 </rdfs:range>

```

Figura 3.5 Código fuente de la ontología

La aplicación analizó la ontología utilizando Jena, se revisó en busca de problemas de acuerdo a las políticas de OOPS! Durante esta fase de exploración, se detectaron los elementos que

intervienen en la ontología y sus posibles errores; además, se generaron advertencias con respecto a la sintaxis de RDF y algunas sugerencias de modelado.

3.2.2.2 Resultado de la evaluación

El resultado de la evaluación de la ontología se muestra en la figura 3.6 donde se visualizan cuatro problemas hallados, de los cuales tres son de nivel Menor y uno de nivel Importante. A continuación, se describe cada uno de los problemas encontrados.

[Expand All] | [Collapse All]

Results for P08: Missing annotations.	169 cases Minor 🟡
Results for P13: Inverse relationships not explicitly declared.	10 cases Minor 🟡
Results for P22: Using different naming conventions in the ontology.	ontology* Minor 🟡
Results for P41: No license declared.	ontology* Important 🟠

Figura 3.6 Resultados de la evaluación.

1. Falta de anotaciones: este problema tiene que ver con elementos de la ontología que no cuentan con propiedades de anotación que brinden mayor información al usuario (por ejemplo `rdfs:label`, `lemon:LexicalEntry`, `skos:prefLabel` o `skos:altLabel`).
2. Falta de relaciones inversas: este problema aparece cuando alguna relación (a excepción de aquellas que son simétricas, `owl:SymmetricProperty`) no tiene una relación inversa (`owl:inverseOf`) definida dentro de la ontología. Las relaciones inversas son importantes porque facilitan las inferencias y consultas.
3. Uso de diferentes nomenclaturas en la ontología: si bien no existe un estándar de nomenclatura, se sugiere utilizar *CamelCase* o separación mediante delimitadores (“-” o “_”), además se prefiere utilizar la misma nomenclatura para las mismas cosas y no una mezcla de nomenclaturas.
4. Licencia no declarada: se refiere a la omisión de información acerca de la licencia que se aplica a la ontología.

3.2.2.3 Fase de mantenimiento (Depuración de errores)

De acuerdo con los resultados de la evaluación de la ontología se procedió a resolver los problemas encontrados. En el primer caso se agregaron anotaciones a cada uno de los elementos de la ontología que no contaban con etiquetado y/o comentario. En la figura 3.7 se observa que al concepto “AtencionMedica” se le agregaron anotaciones de etiquetado y de comentario.

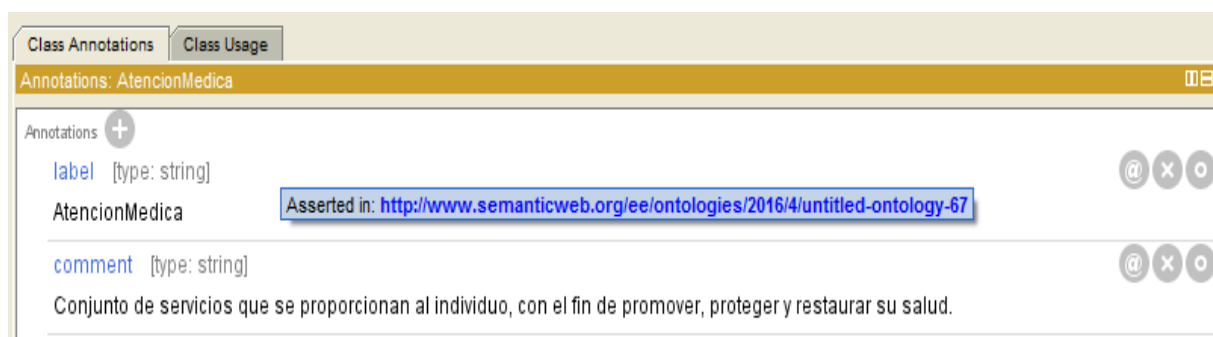


Figura 3.7 Anotaciones en Protégé.

La tabla 3.5 contiene las relaciones inversas que se crearon para la ontología de acuerdo a la recomendación de la aplicación Web OOPS!

Concepto	Relaciones
HallazgoClinico	Hallazgo_Persona->Persona
Procedimiento	Procedimiento_Persona->Persona
Proceso	Proceso_Persona->Persona
Urgencia	Urgencia_Persona->Persona
Accion	Accion_Persona->Persona
Evento	Evento_Persona->Persona
ElementoRegistro	Elemento_Persona->Persona
MedioAmbiente	albergaA->Paciente

Tabla 3.5 Relaciones inversas agregadas a la ontología.

Se tomó en cuenta la recomendación de la herramienta OOPS! y se utilizó el delimitador “_” para definir las relaciones binarias, para los conceptos se decidió colocar letras en mayúscula al inicio

de cada concepto y para la separación de palabras. En la figura 3.8 se muestra la implementación de estas recomendaciones.

- | | |
|-----------------------------|----------------------------------|
| ● Accion | ■ accion_Persona |
| ● ElementoRegistro | ■ alberga_A |
| ● EstructuraCorporal | ■ cuenta_Con |
| ● Evento | ■ elemento_Persona |
| ● HallazgoClinico | ■ es_Hijo_De |
| ● MedioAmbiente | ■ es_Madre_De |
| ● Periodo | ■ estructura_Paciente |
| ● Persona | ■ evento_Persona |
| ● Procedimiento | ■ hallazgo_Persona |
| ● Proceso | ■ periodo_Paciente |
| ● Urgencia | ■ procedimiento_Persona |
| | ■ proceso_Persona |
| | ■ se_Encuentra_En |
| | ■ solicita_A |
| | ■ tiene_Accion |
| | ■ tiene_Elemento_Regsitro |
| | ■ tiene_Evento |
| | ■ tiene_Hallazgo |
| | ■ tiene_Periodo |
| | ■ tiene_Procedimiento |
| | ■ tiene_Proceso |
| | ■ tiene_Urgencia |
| | ■ urgencia_Persona |

Figura 3.8 Implementación de nomenclaturas para nombrar elementos de la ontología.

Por último, se agregó información referente al tipo de licencia, versión previa, última versión y comentario a la ontología como se muestra en la figura 3.9.

Annotations +

license

Libre de:
 Compartir - copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato
 Adaptar - remezcla, transformar y construir sobre el material para cualquier propósito, incluso en el comercio.

versionInfo [type: string]

3.1

priorVersion [type: string]

3.0

comment [type: string]

Ontología que permite el intercambio de información materno-infantil entre instituciones de salud en México.

Figura 3.9 Información de la licencia, versiones y comentarios de la ontología.

3.3 Esquema de la funcionalidad de la ontología

Para comprobar que la ontología cumple con el objetivo de su desarrollo, se realizó una aplicación cliente que envíe la solicitud de información acerca de un paciente en particular y una aplicación proveedor que dé respuesta a la solicitud. En la figura 3.10 se muestran las tecnologías y herramientas necesarias para que sistemas de salud en México logren compartir expedientes clínicos de mujeres embarazadas y recién nacidos. Cabe hacer notar que el proceso de las aplicaciones soportaría expedientes de todo tipo de pacientes, sin embargo, la ontología, por el momento, sólo considera el mapeo de información específicamente relacionada con la salud de mujeres durante el embarazo, parto y puerperio.



Figura 3.10 Esquema de la funcionalidad de la ontología.

Las tecnologías necesarias para el intercambio de información indicadas en la figura anterior son:

- HL7 es un conjunto de estándares que apoyan la práctica clínica y la gestión, prestación y evaluación de los servicios de salud, que se reconocen como los más utilizados en el mundo [14].

- Servicio Web es una aplicación o tecnología capaz de proporcionar interoperabilidad y extensibilidad entre distintas aplicaciones [17].
- HAPI es una biblioteca y una aplicación enriquecida para editar, validar y transmitir mensajes HL7 [18].
- *Mirth Connect* es un motor de integración de software libre basado en Java, desarrollado específicamente para integraciones sanitarias y que provee de manera nativa el estándar de mensajería HL7 [19].
- Jena es una API Java que se utiliza para construir aplicaciones de Web Semántica y *Linked Data*. Trabaja con modelos RDFS y OWL (Lenguaje de Ontología Web) para agregar semántica adicional a los datos RDF [39].

La funcionalidad de la aplicación cliente es la siguiente:

1. Primero es necesario configurar la aplicación cliente, que consiste en crear los individuos de la ontología que representen la unidad médica que hará las solicitudes y la(s) unidad(es) médica(s) que le proveerá(n) la información de pacientes, así como el canal de comunicación entre ellas para el intercambio de información.
2. Captura de información necesaria para identificar al paciente desde el cliente.
3. Consulta de la ontología, haciendo uso de Jena, para extraer los elementos necesarios para la construcción del mensaje HL7.
4. Construcción de mensaje HL7
5. Envío del mensaje, a través de Mirth Connect, utilizando HAPI, hacia el canal descrito en la ontología.
6. Recepción del mensaje de respuesta HL7 con ayuda de un Servicio Web capaz de construir un archivo de texto con la información del mensaje.
7. Lectura del archivo de texto creado por el Servicio Web, interpretando sus campos con ayuda de la ontología para finalmente presentar la información en la pantalla del cliente.

Por otro lado, la funcionalidad de la aplicación proveedor es:

1. Al igual que en la aplicación cliente, es necesario realizar una configuración creando individuos en la ontología que representen la unidad médica que escucha el mensaje, el o

los canales de comunicación por donde recibe mensajes, la información del repositorio de la unidad médica (tablas y campos de la base de datos) y conceptos de la ontología que está dispuesto a compartir de acuerdo a la legislación vigente.

2. Recepción de mensaje HL7 con ayuda de un Servicio Web, cuya finalidad es crear un archivo de texto que contenga la información del mensaje.
3. Lectura del archivo de texto creado por el Servicio Web y extracción de los datos necesarios para dar respuesta al mensaje recibido.
4. Consulta de la ontología para conocer la equivalencia entre la solicitud HL7 y los elementos específicos del repositorio que serán accedidos.
5. Construcción de consulta SQL para obtener la información del repositorio.
6. Construcción de mensaje HL7 de respuesta obteniendo la equivalencia con ayuda de la ontología.
7. Envío de la respuesta.

La implementación de la metodología Methontology permitió que el diseño de la ontología se efectuara de manera satisfactoria, para que posteriormente se realizara el desarrollo de la ontología haciendo uso de la herramienta Protégé, la cual facilitó la creación, edición y modificación de la ontología. Cabe mencionar que dentro de las fases descritas por Methontology se encuentra la fase de evaluación, lamentablemente no describe la forma de realizar esta fase; por tal motivo se decidió utilizar la herramienta OOPS! para cumplir con lo indicado por Methontology. Se lograron encontrar algunos errores dentro de la ontología en cuanto a la sintaxis del código fuente y algunas recomendaciones mencionadas por la propia herramienta. Aun así, se pretende verificar que la ontología desarrollada cumpla con el propósito de su creación, para esto se desarrollaron las aplicaciones descritas en el esquema de funcionalidad de la ontología.

Capítulo 4. Resultados

En el presente capítulo se muestra los resultados obtenidos del proyecto de tesis, un caso de estudio que comprueba que la ontología desarrollada cumpla con el objetivo de intercambio de información de pacientes embarazadas entre distintos sistemas de salud en México.

4.1 Caso de estudio

Como caso de estudio se desarrollaron las aplicaciones mencionadas en el esquema de funcionalidad de la ontología del capítulo anterior. Un médico desea conocer información del expediente clínico de una paciente embarazada a la cual brinda servicio médico y desconoce el historial clínico de la paciente. El médico necesita conocer de manera rápida y sencilla dicha información con la finalidad de brindar el servicio médico correcto. La paciente ha llevado su atención médica en otra institución de salud por lo cual su historial clínico se encuentra en dicha institución.

Como solución para el caso de estudio planteado anteriormente existe una aplicación cliente que requerirá información de la paciente a una aplicación proveedor a través de mensajes HL7.

4.1.1 Aplicación Cliente

La aplicación cliente consta de dos tipos de usuarios:

- Administrador: es el responsable de configurar la aplicación con datos del hospital cliente y datos de los hospitales proveedores.
- Médico: es el encargado de realizar la consulta de información médica de la paciente.

Para que el médico realice la búsqueda del expediente clínico de la paciente que ha llegado al hospital en busca de atención médica es necesario que la aplicación cliente se encuentre configurada por el administrador de la aplicación cliente. A continuación, se muestra la configuración para este caso de estudio.

4.1.1.1 Configuración de la Aplicación Cliente (Administrador)

En la figura 4.1 se observa la vista principal de la aplicación cliente como administrador, en la cual se despliega un formulario requiriendo información del hospital cliente e información del o los hospitales proveedores con los que se comunicará.

CONFIGURACIÓN

INSTITUCIÓN CLIENTE

Unidad Médica (CLUES):

Nombre Institución:

INSTITUCIÓN PROVEEDOR

Clues Proveedor:

Nombre Institución:

Puerto Comunicación:

+ Agregar Proveedor

Unidades Médicas Proveedor		
CLUES	Nombre	Puerto de Comunicación
No records found.		

Guardar

Figura 4.1 Vista principal de la aplicación cliente (Administrador).

En la figura 4.2 se visualiza que el administrador ha agregado a “Orizaba2” como hospital cliente y a “Orizaba” como hospital proveedor con un puerto de comunicación 6664 por el cual se enviarán los mensajes de solicitud HL7.

CONFIGURACIÓN

INSTITUCIÓN CLIENTE

Unidad Médica (CLUES):

Nombre Institución:

INSTITUCIÓN PROVEEDOR

Clues Proveedor:

Nombre Institución:

Puerto Comunicación:

[+ Agregar Proveedor](#)

Unidades Médicas Proveedor			
CLUES	Nombre	Puerto de Comunicación	
VZSSA004056	ORIZABA	6664	✎

[Guardar](#)

Figura 4.2 Llenado del formulario de hospital cliente y hospital proveedor.

Cabe mencionar que hasta que no se dé clic en el botón guardar, la información agregada recientemente, las actualizaciones de datos y la eliminación de hospitales no será alojada en la ontología, solo estará de forma virtual en la aplicación.

Posteriormente el administrador procede a guardar la información de los hospitales, éstos son alojados en la ontología. En la figura 4.3 se visualiza los datos del hospital proveedor que recientemente fue agregado.



**Maternidad
Saludable**



SEP
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE ORIZABA



CONACYT
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Administrador: Erwin Lopez Hernandez

Inicio
Hospitales
Salir

Unidades Médicas Proveedores		
CLUES	Nombre	Puerto de Comunicación
VZSSA004056	ORIZABA	6664

Figura 4.3 Unidades Médicas Proveedores registrados.

4.1.1.2 Consulta del Expediente Clínico (Médico)

Ya que la aplicación cliente ha sido configurada por el administrador, se encuentra disponible para que el médico realice la petición del expediente clínico de la paciente embarazada a la Unidad Médica Proveedor “Orizaba”.

En la figura 4.4 se muestra la vista principal de la aplicación para los usuarios de tipo médico. Del lado izquierdo se observa un formulario donde el médico elige la Unidad Médica Proveedor a la cual se le solicitará el expediente clínico, en este caso será al hospital “ORIZABA”, el id de la paciente, su nombre y sus apellidos. De lado derecho se observa un recuadro donde se mostrará el resultado de la solicitud del expediente clínico.

Figura 4.4 Vista principal de aplicación cliente (Médico).

Una vez que el médico ha llenado el formulario con los datos necesarios para identificar a la paciente en la base de datos de la Unidad Médica Proveedor, envía la solicitud y espera unos minutos a que el mensaje de respuesta sea recibido por el Servicio Web. Cuando el tiempo de espera se ha completado el médico da clic al botón Actualizar para que la aplicación muestre el contenido del mensaje de respuesta HL7.

En la Figura 4.5 se observa el resultado de la petición del expediente clínico de la paciente.

Figura 4.5 Resultado de la solicitud enviada.

4.1.2 Aplicación Proveedor

La aplicación proveedor es la encargada de recibir mensajes de solicitud y dar respuesta a estos mensajes, cabe mencionar que son mensajes HL7. La aplicación proveedor cuenta con una página donde se configura el repositorio, las tablas de dicho repositorio y los campos de cada una de las tablas de las cuales se obtendrá la información para el armado del mensaje HL7 de respuesta, y otra página en la cual se configuran los hospitales clientes que tendrán acceso a la información de su repositorio.

Para que el médico reciba alguna respuesta de su solicitud la Unidad Médica Proveedoradora tendrá que estar configurada con datos de la Unidad Médica Cliente a la cual le compartirá parte de los expedientes clínicos de sus pacientes.

4.1.2.1 Configuración del repositorio

En la figura 4.6 se observa la interfaz donde se configura el repositorio, las tablas y los campos a que se les permitirá el acceso para la extracción de información de la paciente. Este tipo de trabajo lo realiza un administrador del sistema auxiliado por el experto de base de datos del sistema proveedor.

Figura 4.6 Vista de la configuración del repositorio.

En la figura 4.7 se observa que el administrador de la aplicación proveedor ha realizado la inserción de los datos del repositorio con el que cuenta la Unidad Médica Proveedor.

DATOS DEL REPOSITORIO

Nombre del repositorio:

URL:

Usuario:

Password:

Driver:

Figura 4.7 Formulario del repositorio.

En la figura 4.8 se observa un formulario en el cual el administrador agrega las tablas con las que cuenta el repositorio, al agregar una tabla se ve reflejada en la sección de Tablas.

Tabla:

Tablas
Nombre de la tabla
Paciente
Hallazgos
Urgencias

Figura 4.8 Agregar tabla.

Posteriormente el administrador agrega los campos que les pertenece a cada una de las tablas anteriormente agregadas dando clic derecho sobre las tablas, desplegándose un menú de contexto con la opción de Agregar (*Add*) como se muestra en la figura 4.9.

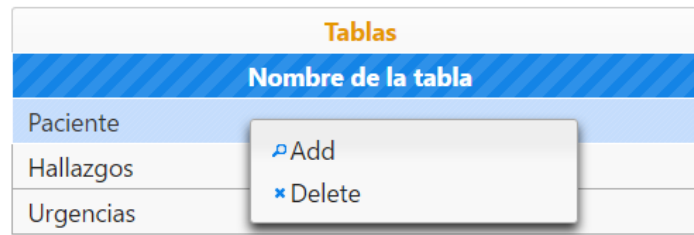


Figura 4.9 Context Menu para agregar un campo a la tabla seleccionada.

Al seleccionar *Add* se despliega un pequeño formulario para agregar un campo, la visualización del nuevo campo se muestra en la tabla Campos que se encuentra en la parte inferior de la interfaz como se observa en la figura 4.10.



Figura 4.10 Agregar campo.

Al igual que en la aplicación cliente, al agregar hospital cliente y hospitales proveedores, hasta que no se dé clic en el botón Guardar, la información agregada recientemente, las actualizaciones

de datos y la eliminación de hospitales no será alojada en la ontología, solo estará de forma virtual en la aplicación.

4.1.2.2 Mapeo del Repositorio y la Ontología

Esta parte de la configuración es importante ya que el administrador realiza un mapeo entre los campos del repositorio y los conceptos de la ontología. Al realizar esta actividad se asegura que la información que manejan los diferentes Sistemas de Información de Salud cuente con el mismo significado sin importar cómo se encuentren nombrados en cada sistema. En la Figura 4.11 se visualiza cómo el administrador lleva a cabo dicho mapeo.

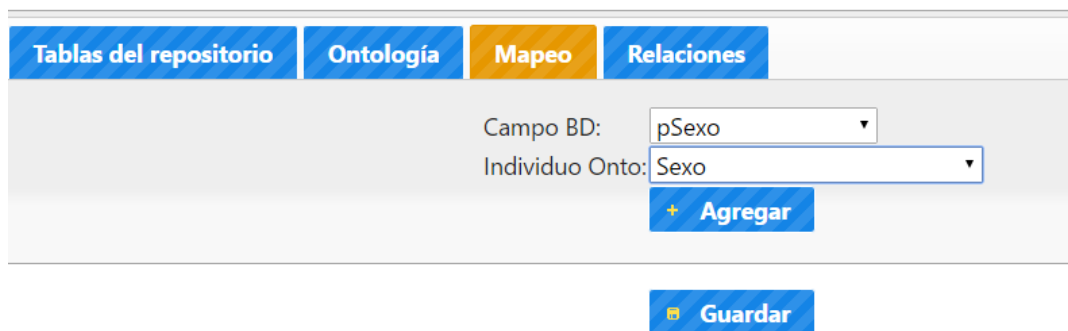


Figura 4.11 Mapeo entre la Ontología y el Repositorio.

4.1.2.3 Configuración de hospitales cliente

Para concluir con la configuración de la aplicación proveedor el administrador ingresa datos de la Unidad Médica Cliente que le indicará la ruta por la cual el mensaje de respuesta HL7 viajará. En la figura 4.12 se observa el formulario para agregar Unidades Médicas Cliente.

CONFIGURACIÓN DE HOSPITALES CLIENTES

INSTITUCIÓN CLIENTE

Unidad Médica Cliente (CLUES):

Nombre Institución:

Puerto Comunicación:

+ Agregar Cliente

Unidades Médicas Clientes

CLUES	Nombre	Puerto de Comunicación
No records found.		

Guardar

Figura 4.12 Configuración de hospitales clientes.

En la figura 4.13 se observa que el administrador ha agregado la Unidad Médica Cliente “ORIZABA2” con un puerto de comunicación 8881 lo que permitirá enviar el mensaje de respuesta HL7 de forma segura.

CONFIGURACIÓN DE HOSPITALES CLIENTES

INSTITUCIÓN CLIENTE

Unidad Médica Cliente (CLUES):

Nombre Institución:

Puerto Comunicación:

+ Agregar Cliente

Unidades Médicas Clientes

CLUES	Nombre	Puerto de Comunicación
VZIMO005775	ORIZABA2	8881

Guardar

Figura 4.13 Hospital cliente agregado.

La configuración de la aplicación proveedor se realiza inicialmente, posteriormente la aplicación se dedica a atender solicitudes de los hospitales clientes que se encuentren en su configuración. En el caso de que se desee aumentar el número de hospitales a los que se les permita brindar información médica de sus pacientes el administrador tendrá que agregar los nuevos hospitales cliente.

Capítulo 5. Conclusiones y Recomendaciones

En este trabajo de tesis se realizó la identificación de los requerimientos legales vigentes en México aplicables para el intercambio de información clínica, se analizó y reutilizó parte de la solución semántica SNOMED-CT para la identificación de conceptos, relaciones y atributos. La existencia de soluciones semánticas centradas en el ámbito de salud hace posible su reutilización, evitando que el desarrollador inicie desde cero, de esta manera se optimiza el tiempo de desarrollo.

La implementación de una metodología para el desarrollo de ontologías como lo es Methontology brinda al desarrollador un conjunto de tareas de estructuración del conocimiento, las cuales permiten identificar componentes de la ontología tales como conceptos, atributos, relaciones, taxonomías formales o reglas, y entidades. Además, propone un orden de creación de dichos componentes y un ciclo de vida iterativo lo que permite que la ontología mejore en cada iteración. Para plasmar lo obtenido al implementar la metodología Methontology se hizo uso de la herramienta Protégé que funciona como editor de ontologías y editor de bases de conocimiento.

Desafortunadamente Methontology no describe la manera de evaluar la calidad de lo obtenido es por esto que es necesario contar con herramientas o métodos que permitan la identificación de problemas de diseño y/o planteamiento de una ontología. Existen diversas formas de evaluación, sin embargo, no cuentan con referencias activas a herramientas que realicen evaluación cuantitativa, por tal motivo se optó por utilizar la aplicación OOPS! para la detección de errores debido a su naturaleza cuantitativa. Esta aplicación identifica los errores más comunes cometidos en el planteamiento y desarrollo de una ontología, por lo que ayuda a identificar y solucionar problemas de calidad de una manera más sencilla; los resultados obtenidos en el proceso de evaluación con OOPS! permitieron corregir deficiencias que podrían afectar el correcto funcionamiento de la ontología desarrollada.

Si bien OOPS! es una aplicación de utilidad para la evaluación de calidad, no es suficiente para asegurar que la ontología planteada cumple con el objetivo de asegurar el intercambio de información referente al proceso de embarazo, parto y puerperio entre instituciones de salud en México, por tal motivo se diseñó una arquitectura para soportar aplicaciones que permitan el intercambio de expedientes clínicos de las pacientes embarazadas. Una vez diseñada la arquitectura se desarrolló la aplicación cliente y la aplicación proveedor las cuales hacen uso de la ontología desarrollada logrando los siguientes beneficios:

- Disponer de forma inmediata de la información clínica esencial de un paciente de forma segura y confidencial.
- Disponer de más de un hospital proveedor del cual obtener información clínica de la paciente.
- Lograr la interoperabilidad entre sistemas de información clínica independientemente de que los sistemas para cada uno de los prestadores de servicios de salud sean diferentes.
- Facilita el proceso de búsqueda de la información de la paciente.
- Apoyar al médico en la atención médica de la paciente.

Por último, cabe mencionar que la solicitud de información y la respuesta de las solicitudes se realizan por medio de mensajes HL7, *Mirth Connect* y un Servicio Web el cual crea archivos de textos en los que se encuentran descritos los mensajes HL7 para posteriormente ser leídos por sus respectivas aplicaciones.

En este proyecto no se obtuvo participación por parte de Sectores de Salud Pública limitando la posibilidad de contar con más bases de datos que interactúen con la aplicación cliente, por lo tanto, las pruebas se realizaron con bases de datos de prueba y se obtuvieron resultados aceptables. Sin embargo, se pretende probar la aplicación en un escenario real en donde los Sistemas de Información de Salud se encuentren dispuestos a compartir el expediente clínico electrónico de sus pacientes.

Productos Académicos

Erwin Valentin López Hernández, Beatriz Alejandra Olivares Zepahua, Luis Ángel Reyes Hernández, Celia Romero Torres, José Luis Sánchez Cervantes. "Diseño de una Ontología para el intercambio de información materno-infantil entre Instituciones de Salud en México". Congreso Internacional de Investigación e Innovación, UCEC 2016, ISSN 2448-6035.

Erwin Valentin López Hernández, Beatriz Alejandra Olivares Zepahua, Gandhi Samuel Hernández Chan, José Luis Sánchez Cervantes. "Evaluación de una ontología para el intercambio de información materno-infantil entre instituciones de salud en México". *The 10th International Congress on Intelligent and Information Technologies 2016*, CITII 2016.

Referencias

- [1] Thomas R. Gruber, "A Translation Approach to Portable Ontology Specifications.," *Knowledge Acquisition*, pp. 199-220, 1993.
- [2] Amparo Alcina and Esperanza Valero, *Terminología y sociedad del conocimiento*, Ilustrada ed., Amparo Alcina, Esperanza Valero, and Elena Rambla, Eds.: Peter Lang, 2009.
- [3] Nicola Guarino, *Formal Ontology in Information System*, 1st ed., Nicola Guarino, Ed. Ámsterdam, Países Bajos: IOS Press, Junio 1998, vol. 1.
- [4] Van Heijst, Schreiber, and Wielinga, "Using explicit ontologies in KBS development," *International Journal of Human and Computer Studies*, vol. 46, no. 2-3, Marzo 1997.
- [5] Igor Jurisica, John Mylopoulos, and Eric Yu, "Using Ontologies for Knowledge Management:," *Annual Meeting of the American Society for Information Science*, pp. 482-496, Noviembre 1999.
- [6] M. Fernández Lopez, A. Gómez Pérez, and N Juristo, "Methontology: from ontological art towards ontological engineering," 1997.
- [7] Francisco José García Peñalvo , "Web Semántica y Ontologías," *Tendencias en el Desarrollo de Aplicaciones Web*, 2005.
- [8] (2007, Semptiembre) Lenguaje de Ontologías Web (OWL). [Online]. <https://www.w3.org/2007/09/OWL-Overview-es.html>
- [9] (2014, Febrero) Resource Description Framework (RDF). [Online]. <http://www.w3.org/2001/sw/wiki/RDF>
- [10] (2014, Febrero) RDF Schema 1.1. [Online]. https://www.w3.org/TR/rdf-schema/#ch_introduction
- [11] Protégé. [Online]. <http://protege.stanford.edu/products.php#desktop-protege>
- [12] Fluent Editor 2014. [Online]. <http://www.cognitum.eu/semantics/fluenteditor/>
- [13] (2013, Marzo) SPARQL 1.1 Overview. [Online]. <http://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>
- [14] Health Level Seven International. [Online]. <http://www.hl7.org/>
- [15] (2010) NORMA Oficial Mexicana NOM-024-SSA3-2010. [Online]. <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4151/salud/salud.htm>

- [16] José Ángel Martínez and Pablo Lara Navarra, *La interoperabilidad de la información*, Primera edición ed. Barcelona, España: Editorial UOC, 2007.
- [17] IBM developerWorks en español: Introducción a SOA y servicios web. [Online].
<http://www.ibm.com/developerworks/ssa/webservices/newto/service.html>
- [18] Sitio oficial HAPI. [Online]. <http://hl7api.sourceforge.net/>
- [19] Sitio Oficial Mirth. [Online]. <http://www.mirthcorp.com/products/mirth-connect>
- [20] Ratnesh Sahay, Ronan Fox, Antoine Zimmermann, Axel Polleres, and Manfred Hauswirth, "A Methodological Approach for Ontologising and," *ARES'11 Proceedings of the IFIP WG 8.4/8.9 international cross domain conference on Availability, reliability and security for business, enterprise and health information systems*, pp. 102-117, 2011.
- [21] Fabiane Nardon Bizinella and A Lincoln Moura, "Knowledge Sharing and Information Integration in Healthcare using Ontologies and Deductive Database," pp. 62-66, 2004.
- [22] W Ceusters, B Smith , and G De Moor, "Ontology-Based Integration of Medical Coding Systems and Electronic Patient Records," 2005.
- [23] Adel Taweel et al., "Service and model-driven dynamic integration of health data," *In Proceedings of the first international workshop on Managing interoperability and complexity in health systems*, pp. 11-17, Octubre 2011.
- [24] Idoia Berges, Jesus Bermudez, Alfredo Goñi, and Arantza Illarramendi, "Semantic interoperability of clinical data," *In Proceedings of the First International Workshop on Model-Driven Interoperability*, pp. 10-14, 2010.
- [25] Abdulrazak, B. et al, "An OWL-DL Ontology for the HL7 Reference Information Mode," *9th International Conference on Smart Homes and Health Telematics, ICOST 2011, Montreal, Canada, June 20-22, 2011. Proceedings*, vol. 6719, pp. 168-175, 2011.
- [26] C. Gonzalez, B. Blobel, and D. M. López, "Ontology-based interoperability service for HL7 interfaces implementation. Studies in Health Technology and Informatics," *The Challenges of Interoperability and Patient*, no. 978-1-60750-562-4, pp. 108-114, 2010.
- [27] Ali Khan Wajahat et al., "Achieving interoperability among healthcare standards: building semantic mappings at models level," *In Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, p. 9, 2012.

- [28] Lilac A. E. Al-Safadi , "Semantic-based exchanger of electronic medical records," *In Proceedings of the 6th International Conference on Advances in Mobile Computing and Multimedia*, vol. 1, pp. 962 - 967, Noviembre 2008.
- [29] Philip Scott and Robert Worden, "Semantic mapping to simplify deployment of HL7 v3 Clinical Document Architecture," vol. 45, pp. 697-702, Marzo 2012.
- [30] Philip DePalo and Yeong-Tae Song , "Healthcare interoperability through enterprise architecture," *In Proceedings of the 6th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*, p. 6, 2012.
- [31] Pedro Lopes and José Luís Oliveira, "A semantic web application framework for health systems interoperability," *In Proceedings of the first international workshop on Managing interoperability and complexity in health systems*, pp. 87-90, 2011.
- [32] Efraín Pinzón and Edward J Beltrán, "An advance towards interoperability of clinical information systems in the Colombian health system," *In Proceedings of the 6th Euro American Conference on Telematics and Information Systems*, pp. 1-8, Mayo 2012.
- [33] Alicia F. Guidry, Judd L. Walson, and Neil F. Abernethy , "Linking information systems for HIV care and research in Kenya," *In Proceedings of the 1st ACM International Health Informatics Symposium*, pp. 531-535, 2010.
- [34] M. Poveda Villalón , M. C. Suárez Figueroa, and A. Gómez Pérez , "Validating Ontologies with OOPS!," *International Conference on Knowledge Engineering and Knowledge Management*, vol. 7603, pp. 268-281, 2012.
- [35] Graciela Barchini E. and Margarita Álvarez M., "Dimensiones e indicadores de la calidad de una ontología," *Avances en sistemas e informatica*, vol. 7, no. 1, Marzo 2010.
- [36] Aldo Gangemi, Carola Catenacci, Massimiliano Ciaramita, and Jos Lehmann, "A theoretical framework for ontology evaluation and," *SWAP*, vol. 166, Diciembre 2005.
- [37] Janez Brank, Marko Grobelnik, and Dunja Mladenić, "A SURVEY OF ONTOLOGY EVALUATION TECHNIQUES," *Proceedings of the conference on data mining and data warehouses*, pp. 166-170, Octubre 2005.
- [38] María Poveda-Villalón, Mari Carmen Suarez Figueroa, Miguel Ángel García Delgado, and Asunción Gómez Pérez, "OOPS! (OntOlogy Pitfall Scanner!): An on-line tool for ontology evaluation.," *International Journal on Semantic Web and Information Systems*, vol. 10, no. 2, pp. 7-34, 2014.

[39] Sitio Oficial Jena. [Online]. <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>