



UNIVERSIDAD DE GRANADA

Departamento de Ciencias de la Computación e Inteligencia
Artificial

Tesis doctoral

Doctorado en Tecnologías de la Información y Comunicación

ARQUITECTURA DE REFERENCIA PARA ENTORNOS INTELIGENTES DE APRENDIZAJE SOPORTADOS EN LA CONSCIENCIA CONTEXTUAL

JORGE ELIECER GOMEZ GOMEZ

Director:

Prof. Dr. Juan Huete Guadix

Granada, 2018

Editor: Universidad de Granada. Tesis Doctorales
Autor: Jorge Eliecer Gómez Gómez
ISBN: 978-84-1306-042-2
URI: <http://hdl.handle.net/10481/54416>

Para Dios no hay nada imposible

A mi madre, por ser la gran fuente de mi inspiración

A Velssy Liliana, por su apoyo incondicional

A mi hijo Abraham David, por su noble corazón

Agradecimientos

A mi tutor Dr. Juan Huete Guadix por su valiosa orientación durante todo este proceso.

A la Universidad del Sinú Elías Bechara Zainúm por permitirme desarrollar los experimentos en los programas de Medicina, Ingeniería Eléctrica y Sistemas.

Al profesor Mario Morales docente del Departamento de Estadística de la Universidad de Córdoba por sus sugerencias y comentarios en este trabajo de investigación.

A la Universidad de Córdoba y Facultad de Salud por permitirme desarrollar las experiencias con los estudiantes de enfermería.

A la Asociación Universitaria Iberoamericana de Posgrado (AUIP) por haberme concedido la beca para adelantar estos estudios.

En general, a todas las personas e instituciones que de una u otra forma contribuyeron a la finalización del presente trabajo de investigación.

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN.....	11
INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE SOPORTADO EN LA CONSCIENCIA CONTEXTUAL.....	19
2.1. Introducción.....	19
2.2. Aprendizaje ubicuo - <i>Ubiquitous learning</i>	19
2.3. Contexto.....	23
2.4. Metodologías para el modelado de ontologías.....	30
2.5. Trabajos relacionados.....	37
Resumen.....	42
MODELO DE CONTEXTO PARA UN ENTORNO INTELIGENTE DE APRENDIZAJE	43
3.1. Introducción.....	43
3.2. Modelo conceptual.....	43
3.3. Red ontológica del sistema consciente al contexto.....	44
3.4. Situaciones o comportamiento.....	58
3.5. Descripción detallada de las situaciones o comportamientos.....	59
3.6. Comparación con otros modelos ontológicos.....	69
Resumen.....	71
ARQUITECTURA PARA ENTORNOS INTELIGENTES DE APRENDIZAJE.....	73
4.1. Introducción.....	73
4.2 Persistencia.....	74
4.3. Mapeo y recuperación de datos.....	74
4.4. Ontología.....	80
4.5. Gestión del contexto.....	80
4.6. Ambiente físico.....	92
4.7. Posibles usos de la arquitectura en otros ámbitos.....	92
Resumen.....	93
EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS.....	95
5.1. Introducción.....	95
5.2.4. Descripción de instrumentos.....	96
5.3. Resultados.....	106
CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS.....	134

6.1. Conclusiones.....	134
6.2. Trabajos futuros.....	136
Referencias bibliográficas.....	139
ANEXO A. TEST DE INTELIGENCIAS MULTIPLES.....	147
ANEXO B. Manuales de usuario.....	151

Índice de Figuras

Figura 2-1. Comparación de ambientes de aprendizaje. Adaptado de (Lyytinen y Yoo, 2002).....	22
Figura 2-2. Relación entre los diferentes entornos de aprendizaje. Adaptado de (Hwang et al, 2008).....	23
Figura 2-3. Caja negra – Ciencias de la computación tradicional. (Lieberman y Selker, 2000).....	25
Figura 2-4. El contexto y entradas/salidas explícitas. Adaptado de (Lieberman y Selker, 2000).....	25
Figura 2-5. Ciclo de vida para el desarrollo de ontologías.....	31
Figura 2-6. Escenarios para construir ontologías y redes de ontologías. Adaptado de (Suárez, 2010).....	36
Figura 3-7. Red ontológica para un sistema consciente al contexto.....	47
Figura 3-8. Ontología Persona.....	50
Figura 3-9. Ontología Actividad.....	51
Figura 3-10. Ontología Tiempo.....	53
Figura 3-11. Ontología Dispositivo.....	55
Figura 3-12. Ontología Localización.....	56
Figura 3-13. Ontología Objetos de Aprendizaje.....	59
Figura 3-14. Instanciación del modelo ontológico al caso de estudio.....	61
Figura 3-15. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 1.....	62
Figura 3-16. Interpretación de la regla del estudiante Est30001.....	62
Figura 3-17. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 2.....	63
Figura 3-18. Interpretación de la regla del estudiante Est30001, situación 2.....	63
Figura 3-19. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 3.....	64
Figura 3-20. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 3.....	65
Figura 3-21. Propiedades de la actividad Act99005, situación 3.....	65
Figura 3-22. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 4.....	66
Figura 3-23. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 4.....	67
Figura 3-24. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 5.....	68
Figura 3-25. Interpretación de la regla del estudiante Est31009, situación 5.....	68
Figura 3-26. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 6.....	69
Figura 3-27. Interpretación de la regla del estudiante Est31008, situación 6.....	69
Figura 4-28. Arquitectura del sistema.....	74
Figura 4-29. Capa de mapeo y recuperación de datos.....	76
Figura 4-30. Proceso de mapeo y recuperación de datos de BRD a OWL.....	76
Figura 4-31. Definición de una clase OWL.....	78
Figura 3-32. Definición del identificador de la clase.....	78
Figura 4-33. Ejemplo de mapeo de una tabla BDR a OWL.....	79
Figura 4-34. Definición de relaciones a partir de llaves foráneas.....	79
Figura 4-35. Ejemplo de clase y subclase en OWL.....	80
Figura 4-36. Módulos de la capa de gestión del contexto.....	82

Figura 4-37. Gestión de perfil del estudiante.....	83
Figura 4-38. Vista general del planificador de actividades.....	85
Figura 4-39. Consulta SPARQL para extracción de curso, actividad y ubicación.....	85
Figura 4-40. Funcionamiento de la gestión de objetos de aprendizaje.....	86
Figura 4-41. Estructura interna del bróker.....	88
Figura 4-42. Identificación de fuentes del contexto.....	88
Figura 4-43. Comportamiento del broker.....	89
Figura 4-44. Detección del contexto.....	90
Figura 4-45. Interacción implícita del sistema de conciencia contextual.....	92
Figura 4-46 Interacción explícita del sistema de conciencia contextual.....	92
Figura 5-47. Flujo para experimento en Medicina.....	99
Figura 5-48. Experiencias de aprendizaje en Medicina.....	100
Figura 5-49. Flujo de experimentación en Enfermería.....	101
Figura 5-50. Etiquetado del contexto para experiencia en Enfermería.....	102
Figura 5-51. Experiencias de aprendizaje en Enfermería.....	103
Figura 5-52. Flujo de experimentación en Ingeniería de Sistemas.....	103
Figura 5-53. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería de Sistemas.....	105
Figura 5-54. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Eléctrica.....	106
Figura 5-55. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Eléctrica.....	107
Figura 5-56. Resultados grupos control y experimental en Medicina.....	116
Figura 5-57. Modelo de covariable para Medicina.....	117
Figura 5-58. Resultados grupo control y experimental en Enfermería.....	121
Figura 5-59. Modelo de covariable en Enfermería.....	122
Figura 5-60. Resultados grupo control y experimental en Ingeniería de Sistemas.....	126
Figura 5-61. Modelo de covariable en Ingeniería de Sistemas.....	127
Figura 5-62. Resultados grupo control y experimental en Ingeniería Eléctrica.....	131
Figura 5-63. Modelo de covariable Ingeniería Eléctrica.....	132

Índice de Tablas

Tabla 2-1. Resumen de características de las arquitecturas conscientes al contexto.	42
Tabla 3-2. Relaciones de las ontologías en la red ontológica propuesta.	48
Tabla 3-3. Relaciones de la ontología Persona.	50
Tabla 3-4. Relaciones del dominio Actividad.	51
Tabla 3-5. Relaciones de la ontología del dominio Tiempo.	53
Tabla 3-6. Relaciones de la ontología del dominio Dispositivo.	56
Tabla 3-7. Relaciones de la ontología del dominio Localización.	57
Tabla 3-8. Relaciones de la ontología del dominio Objetos de Aprendizaje.	59
Tabla 3-9. Información de clases de contexto y cobertura.	73
Tabla 4-10. Mapeo de BDR a MRDPO.	80
Tabla 5-11. Resumen de selección de muestras.	100
Tabla 5-12. Cuestionario aplicado a estudiantes de los grupos experimentales de Medicina, Enfermería e Ingeniería de Sistemas.	101
Tabla 5-13. Estadísticas de fiabilidad del instrumento.	111
Tabla 5-14. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Medicina.	111
Tabla 5-15. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Medicina.	111
Tabla 5-16. Comparación de medianas pre-test-Medicina.	111
Tabla 5-17. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Medicina.	112
Tabla 5-18. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Medicina.	112
Tabla 5-19. Comparación de medias post-test-Medicina.	112
Tabla 5-20. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Enfermería.	113
Tabla 5-21. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Enfermería.	113
Tabla 5-22. Comparación de medias pre-test-Enfermería.	113
Tabla 5-23. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Enfermería.	113
Tabla 5-24. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Enfermería.	113
Tabla 5-25. Comparación de medias post-test-Enfermería.	113
Tabla 5-26. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Ingeniería de Sistemas.	114
Tabla 5-27. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Ingeniería de Sistemas.	114
Tabla 5-28. Comparación de medianas pre-test-Ingeniería de Sistemas.	114
Tabla 5-29. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Ingeniería de Sistemas.	115
Tabla 5-30. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Ingeniería de Sistemas.	115
Tabla 5-31. Comparación de medianas post-test-Ingeniería de Sistemas.	115
Tabla 5-32. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Ingeniería Eléctrica.	115
Tabla 5-33. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Ingeniería Eléctrica.	115
Tabla 5-34. Comparación de medianas pre-test-Ingeniería Eléctrica.	116
Tabla 5-35. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Ingeniería Eléctrica.	116
Tabla 5-36. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Ingeniería Eléctrica.	116
Tabla 5-37. Comparación de medias post-test-Ingeniería Eléctrica.	116
Tabla 5-38. Resultados del pre-test en Medicina.	117
Tabla 5-39. Análisis pre-test Medicina.	118
Tabla 5-40. Resultados del post-test en Medicina.	118
Tabla 5-41. Análisis post-test Medicina.	119
Tabla 5-42. Resultados opinión en estudiantes de Medicina.	120

Tabla 5-43. Resultados del pre-test en Enfermería.....	122
Tabla 5-44. Análisis pre-test Enfermería.....	122
Tabla 5-45. Resultados del post-test en Enfermería.....	123
Tabla 5-46. Análisis post-test Enfermería.....	124
Tabla 5-47. Resultados opinión en estudiantes de Enfermería.....	125
Tabla 5-48. Resultados del pre-test en Ingeniería de Sistemas.....	126
Tabla 5-49. Análisis pre-test Ingeniería de Sistemas.....	127
Tabla 5-50. Resultados del post-test en Ingeniería de Sistemas.....	128
Tabla 5-51. Análisis pos-test Ingeniería de Sistemas.....	128
Tabla 5-52. Resultados opinión en Ingeniería de Sistemas.....	130
Tabla 5-53. Resultados de pre-test en Ingeniería Eléctrica.....	131
Tabla 5-54. Análisis pre-test Ingeniería Eléctrica.....	132
Tabla 5-55. Resultados del post-test en Ingeniería Eléctrica.....	133
Tabla 5-56. Análisis post-test Ingeniería Eléctrica.....	133

Resumen

El aprendizaje ubicuo es una necesidad creciente en la actualidad, por esta razón es necesario desarrollar y utilizar herramientas tecnológicas que favorezcan los escenarios de aprendizaje. El desafío para un mundo con abundancia de información no es sólo hacer que esté disponible para las personas en cualquier momento y en cualquier lugar, sino que esté presente en el momento justo y de la forma apropiada. El problema está planteado en cómo generar la información adecuada en el lugar y en el momento indicado. Los nuevos esquemas de aprendizaje obligan a proponer nuevas alternativas que permitan a los estudiantes aprender de mejor forma. En contravía del aprendizaje tradicional que radica en la replicación del conocimiento a los estudiantes, el aprendizaje apoyado en tecnologías los convierte en agentes activos dentro de su proceso de formación. La intención de esta tesis doctoral es definir un sistema con capacidad de suministrar recursos de aprendizaje a los estudiantes haciendo uso de las técnicas de consciencia contextual, con el objeto de contribuir a mejorar los entornos de aprendizaje. Para alcanzar los objetivos propuestos en este trabajo, en primera instancia se realizó una revisión de la literatura acerca de las aplicaciones de la consciencia contextual en la educación. Se describe un modelo ontológico para representar la interacción del estudiante con el entorno de aprendizaje. Se planteó una arquitectura para entornos inteligentes de aprendizaje basada en el modelo ontológico propuesto. Finalmente, se presenta la validación del sistema que demuestra la hipótesis planteada para esta tesis: "la arquitectura propuesta facilita la entrega de contenidos de aprendizaje y mejora la interacción del estudiante con el contexto, reflejándose en su aprendizaje en relación con los que usan métodos de enseñanza tradicional".

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIÓN

El surgimiento de la internet y el uso masivo de la misma ha llevado a la humanidad a cambiar los paradigmas en la obtención e interacción de la información, bien sea *in situ* o remota, debido a las exigencias del mundo actual. La convergencia en redes móviles y fijas permite a los operadores ofrecer servicios a los usuarios independientemente del lugar donde se encuentren a través de terminales, ya sean móviles o de escritorio.

Según Weiser (1991) la tecnología es un medio para un fin y en consecuencia, debería quedar en un segundo plano para así permitir que el usuario se concentre totalmente en la actividad que esté desarrollando. Esto significa la integración de las computadoras al mundo físico, también denominada computación ubicua. Aunque los dispositivos aún presentan limitaciones como el tamaño de las pantallas y la vida de las baterías, se puede decir que se ha dado un gran salto en materia tecnológica. Se espera a que, en unos pocos años, se cuente con equipos móviles con capacidades muy similares a los de escritorio, para llevar a cabo tareas que solo pueden ser ejecutadas en una computadora tradicional.

La idea de Weiser consiste en integrar las computadoras al mundo físico y que éstas operen de forma transparente para ofrecer servicios a los usuarios. Esto es posible con la sinergia de varias tecnologías como son las de posicionamiento, comunicaciones inalámbricas y detección del entorno. Desde la misma conceptualización de la computación ubicua surge el término consciencia contextual (*context awareness*) que define la interacción de las personas con el contexto apoyadas en la tecnología. Las redes de nueva generación en telecomunicaciones y las tecnologías de posicionamiento como GPS, NFC, *QRCode*, RFID y otros tipos de sensores, ayudan a interactuar a las personas con el entorno. Estas tecnologías permiten crear ambientes cada vez más interactivos e inteligentes. Los sistemas de consciencia contextual ayudan a enriquecer los escenarios de aprendizaje, debido a que proporcionan mecanismos para proveer los contenidos que debe recibir un usuario en función de su perfil y preferencias (Zimmerman et al., 2003; Schmidt, 2007; Zhou, 2010; Paul et al., 2012, Wagner et al, 2014; Gómez et al, 2014; Hwang, 2014; Fonseca et al, 2014). La consciencia contextual permite en gran medida resolver el problema de la interacción entre el usuario (aprendiz) y el contexto donde se

encuentra ubicado. Según Dey (2001) el contexto se define como cualquier información que puede ser usada para caracterizar la situación de una entidad. Una entidad es una persona, posición u objeto considerados relevantes para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo al usuario y las aplicaciones mismas.

Los entornos inteligentes suministran servicios a las personas que se encuentran dentro de determinados espacios. Estas personas pueden ser visitantes o residentes. Los residentes son aquellos que permanecen en un escenario o lo visitan de forma frecuente como estudiantes que asisten a un campus universitario diariamente, un empleado que va todos los días a la empresa donde labora o el cliente frecuente de un almacén, entre otros. El visitante es aquél que acude de forma esporádica a un escenario, pero de igual forma requiere de la información que le puede suministrar el contexto para desarrollar su actividad. Por ejemplo, efectuar una compra en un supermercado. Los servicios que ofrece el entorno varían de acuerdo con la situación de la persona y la disponibilidad de la comunicación. Los espacios inteligentes manejan la información que consumen los objetos físicos y las personas que interactúan con los mismos. Por esta razón, se puede decir que un entorno inteligente es aquél que tiene la capacidad de tomar la información del usuario y suministrarle servicios de acuerdo con el contexto donde se encuentre ubicado. Con la ayuda de la información contextual las aplicaciones pueden ser conscientes al contexto y responder a la situación del usuario (Haya et al, 2001).

La computación ubicua se orienta a la adquisición e interacción de la información en cualquier momento y en cualquier lugar. Por tanto, es necesario crear mecanismos que permitan la depuración de la misma y volver el entorno inteligente capaz de sugerir al usuario frente a situaciones que se presenten en el contexto donde se esté realizando la actividad. En la actualidad, los entornos de aprendizaje carecen de arquitecturas capaces de ofrecer opciones de forma coherente de acuerdo con los escenarios y actividades de aprendizaje que el estudiante esté desarrollando. Pocos son los trabajos que han desarrollado esta problemática, entre los cuales se encuentran (Souali et al., 2011; Zheng y Zheng, 2009; Yin et al., 2010; Ching-bang, 2010; Chandra et al., 2010). Frente a esta situación se pueden plantear modelos de contexto y técnicas de inferencia que apoyen la creación de escenarios ubicuos de aprendizaje con inteligencia. De acuerdo con el planteamiento anterior surge la pregunta de investigación:

¿Cómo diseñar e implementar una arquitectura para entornos inteligentes de aprendizaje, soportados en las técnicas de la consciencia contextual, que permita a los estudiantes interactuar con el contexto y mejorar su aprendizaje?

Un entorno inteligente de aprendizaje se caracteriza por la integración heterogénea de recursos de *hardware*, *software*, teorías de aprendizaje, metodologías y didácticas de enseñanza. En el aspecto tecnológico se presentan retos como la integración y gestión, la distribución de los recursos, la dinámica de los entornos y el funcionamiento de forma permanente del sistema. La mezcla de aplicaciones como soporte a los contenidos de aprendizaje conscientes al contexto y los sistemas inteligentes capaces de entregar los recursos apropiados a los estudiantes de acuerdo con sus perfiles, preferencias e interacción con el entorno, conllevan a una serie de desafíos (Sama et al., 2008). Uno de esos desafíos es la naturaleza variada de las fuentes de información contextual. Estas fuentes de información pueden estar orientadas al mundo físico o a plataformas virtuales. El primero se compone de toda clase de dispositivos relacionados con la adquisición del entorno físico como son los sensores, actuadores, conmutadores, etc. En el componente de software se encuentran las plataformas virtuales, agentes inteligentes, objetos de aprendizajes, entre otros, que permiten orientar a los estudiantes en su accionar de formación, derivando todo esto en un problema de abstracción de información contextual que ha sido planteado en este trabajo de investigación.

El aprendizaje ubicuo es una necesidad creciente en la actualidad; en consecuencia, es necesario desarrollar y utilizar herramientas tecnológicas que favorezcan los escenarios de aprendizaje. El desafío para un mundo con abundancia de información no es sólo hacer que esté disponible para las personas en cualquier momento y en cualquier lugar, sino que esté presente en el momento justo y de la forma apropiada (Fischer y Konomi, 2005). El problema está planteado en cómo generar la información adecuada en el lugar y en el momento indicado. Los nuevos esquemas de aprendizaje obligan a proponer nuevas alternativas que permitan a los estudiantes aprender de mejor forma. Frente a los argumentos anteriores surge esta tesis doctoral, que tiene como propósito mejorar los espacios de aprendizaje. Este trabajo de investigación es de gran utilidad para la comunidad científica debido a que sus contribuciones permiten modelar un entorno de aprendizaje en función del contexto, permitiendo la interacción del estudiante y el entorno de aprendizaje.

Hipótesis

La presente investigación plantea la siguiente hipótesis:

H1: La arquitectura propuesta facilita la entrega de contenidos de aprendizaje y mejora la interacción del estudiante con el contexto, reflejándose en su aprendizaje en relación con los que usan métodos de enseñanza tradicional.

Objetivos

El objetivo general de esta investigación está orientado a proponer una arquitectura para la entrega de recursos de aprendizaje en entornos inteligentes soportados en la consciencia contextual. Este objetivo se puede dividir en los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el estado del arte sobre los sistemas de consciencia contextual aplicados a la educación.
- Definir un modelo de información contextual que permita al sistema generar inferencias de acuerdo con las características del contexto y las necesidades propias del estudiante.
- Definir una arquitectura que permita la entrega de recursos de aprendizaje soportados en la consciencia contextual.
- Desarrollar experiencias piloto haciendo uso de la arquitectura propuesta que permitan su ejercitación y validación para determinar si evidencia ventajas con respecto al sistema tradicional de enseñanza.

Estructura

Esta tesis está organizada en seis capítulos. En cada capítulo se desarrolla un objetivo planteado en este trabajo.

El capítulo 2 responde al primer objetivo, que consiste en determinar el estado del arte sobre los sistemas de consciencia contextual aplicados a la educación. Se realiza una revisión de la literatura sobre los sistemas de consciencia contextual, el contexto, el perfil del estudiante, tecnologías para el aprendizaje y trabajos relacionados.

El capítulo 3 da respuesta al segundo objetivo, define un modelo de información contextual que permita al sistema generar inferencias de acuerdo con las características del contexto y las necesidades propias del estudiante.

El capítulo 4 cumple con el tercer objetivo, plantea una arquitectura que permita la entrega de recursos de aprendizaje soportados en la consciencia contextual. En este capítulo se hace una descripción de los diferentes componentes de la arquitectura propuesta, basada en el modelo de interacción conceptual desarrollado en el capítulo 3.

El capítulo 5 da respuesta al cuarto objetivo, presenta la ejercitación y validación de experiencias piloto haciendo uso de la arquitectura propuesta para determinar si evidencia ventajas con respecto al sistema tradicional de enseñanza. En este apartado se hace una descripción sobre las experiencias del sistema desarrollado en ambientes reales de aprendizaje, se evalúan los resultados y se realizan las conclusiones pertinentes.

El capítulo 6 presenta las conclusiones de esta investigación, incluyendo los trabajos futuros.

Metodología

Para lograr los objetivos que se plantearon se hizo necesario realizar una adecuada revisión del estado del arte, encontrando las limitaciones de propuestas existentes y líneas abiertas de investigación que permitieran lograr nuevas alternativas.

La metodología definida para este trabajo de investigación es de carácter cuantitativo, por lo que se recolectaron y analizaron los datos para establecer las relaciones entre las variables. Se elaboró un diseño con grupo de control (pre-test y post-test). Los sujetos que participaron en cada experimento fueron asignados de manera aleatoria tanto al grupo experimental como al grupo de control.

Se escogió el diseño experimental por las siguientes ventajas que ofrece:

- Es adecuado para la hipótesis que se plantea inicialmente, debido a que al finalizar el experimento es posible rechazar o aceptar la hipótesis planteada de acuerdo con el contraste de los resultados que se obtengan.
- La asignación al azar de los integrantes a cada uno de los grupos permitió evaluar la equivalencia inicial y, en consecuencia, la diferencia en los resultados se debe a la manipulación de la variable independiente y no a otros factores, controlando todas las posibles fuentes de invalidación interna.

Publicaciones derivadas de la investigación

Durante el desarrollo de esta tesis doctoral se han publicado artículos en revistas, congresos y eventos especializados en tecnologías para el aprendizaje. La relación de los trabajos publicados ha sido dividida en artículos publicados en revistas, trabajos aceptados en congresos y/o eventos afines y trabajos de pregrado realizados como apoyo a esta investigación.

Artículos en revistas

- Gómez, J. E., Huete, J. F., & Hernandez, V. L. (2016). A contextualized system for supporting active learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(2), 196-202. Citado en 3 trabajos.
- Gómez, J. E. G., Hernandez, V. L., & Morales, M. A. (2015). Arquitectura interactiva como soporte al aprendizaje situado en la enseñanza de la ingeniería. *Revista Educación en Ingeniería*, 10(20), 88-97. Citado en 1 trabajo.

Trabajos enviados a congresos y/o eventos

- Gómez, J. E., Huete, J. F., Hernández. E., Garcia, I. (2013). *Aprendizaje basado en el contexto en la enseñanza de la enfermería*. X Congreso de Informática en enfermería, INFORENF 2013.
- Gómez, J., Huete, J. F., Hoyos, O., Perez, L., & Grigori, D. (2013). *Interaction system based on internet of things as support for education*. *Procedia Computer Science*, 21, 132-139. Citado en 40 trabajos.
- Gómez, J. G., Huete, J. F., & Riaño, V. H. (2014, July). *Learning system based on contextual awareness for clinical practice in nursing courses*. In *Advanced Learning Technologies (ICALT), 2014 IEEE 14th International Conference on* (pp. 186-190). IEEE. Citado en 3 trabajos.
- Gómez, J. E., Huete, J. F., & Hernandez, V. L. (2015). *Situated learning system for teaching of engineering students*. Memorias del VII Congreso Iberoamericano de Telemática CITA2015, URL <http://cita2015.co/wp-content/uploads/2015/07/LibroCITA2015.pdf>
- Gomez, J., Oviedo, B., & Zhuma, E. (2016). *Patient monitoring system based on internet of things*. *Procedia Computer Science*, 83, 90-97. Citado en 39 trabajos.

Trabajos de pregrado

- Diseño e implementación de un sistema web basado en internet de objetos sobre dispositivos móviles para el apoyo de procesos de enseñanza/aprendizaje en los estudiantes de ingeniería.
- Sistema de aprendizaje adaptativo basado en las técnicas de consciencia contextual para la entrega de contenidos de aprendizaje para los estudiantes de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Córdoba.
- Sistema de consciencia contextual para la enseñanza de idioma extranjero.

CAPÍTULO 2

INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE SOPORTADO EN LA CONSCIENCIA CONTEXTUAL

2.1. Introducción

En este capítulo se abordan los principales conceptos y características relacionadas con el aprendizaje ubicuo (*ulearning*) y entornos de aprendizaje. Se describe la conceptualización relacionada con el contexto y sus técnicas de modelado. Además, se enuncian las metodologías para modelado de ontologías.

Finalmente, se presenta una revisión sobre los principales trabajos relacionados con el aprendizaje basado en consciencia contextual, resaltando la forma de gestionar el contexto.

2.2. Aprendizaje ubicuo - *Ubiquitous learning*

El aprendizaje ubicuo es una extensión del paradigma de aprendizaje electrónico que incrementa la capacidad de acceso a contenidos y entornos de aprendizaje colaborativo basados en computadoras en el momento, el lugar y la forma adecuada (Bomsdorf, 2005).

Según Zhang et al. (2005) el aprendizaje ubicuo requiere de cinco atributos principales:

- El medio ambiente es un entorno rodeado de computadoras embebidas e invisibles y dispositivos portátiles.
- El contenido de aprendizaje incluye la información extraída del entorno.
- La interfaz interactiva entre el alumno y el entorno. Una interfaz ubicua puede captar el gesto y el habla de los estudiantes a través de sensores.
- El comportamiento incluye todas las formas de acción de los estudiantes que ocurren en el proceso de aprendizaje como la lectura de tarjetas inteligentes.
- La comunicación entre el usuario y el sistema se vuelve transparente cuando está basada en servicios sensibles al contexto, soportados por tecnología cognitiva y razonamiento.

La finalidad del aprendizaje ubicuo es mejorar los procesos de aprendizaje adaptando recursos a los diferentes contextos de uso de los aprendices. En Ogata et al. (2004) definen aprendizaje ubicuo a partir de la clasificación y comparación de los entornos de aprendizaje móvil, asistido por computadora de escritorio y *pervasive learning*¹ según los niveles de empotrado y movilidad (Figura 2-1).

El aprendizaje asistido por computadora se refiere a cualquier uso de una computadora en el proceso de aprendizaje. Normalmente se refiere a experiencias independientes, ya sea porque la computadora no está conectada a una red o porque el material de aprendizaje no contiene enlaces a recursos fuera del programa (Carliner, 2004). El aprendizaje móvil utiliza los dispositivos móviles para acceder a los datos y comunicarse con otros a través de la tecnología inalámbrica. Permitiendo el aprendizaje cuando el alumno no se encuentra en una ubicación fija o predeterminada (O'Malley et al., 2005).

En la Figura 2-1 se observa que los entornos de aprendizaje asistidos por computadora de escritorio proporcionan baja movilidad y bajo nivel de empotrado. En contraste con el entorno fijo del aprendizaje asistido por computadora, el entorno del aprendizaje móvil es portable debido a su alto nivel de movilidad. Sin embargo, el bajo nivel de empotrado en el aprendizaje móvil limita la capacidad de interacción del estudiante con el medio.

Pervasive learning es el aprendizaje que utiliza tecnología de computación asociada con cualquier objeto o dispositivo (teléfonos móviles, tarjetas inteligentes, sensores, GPS, etc.) que permita a un usuario acceder e intercambiar información (Thomas, 2005). En este aprendizaje, el alumno puede obtener información de su entorno a través de la comunicación entre los dispositivos integrados y el medio. Sin embargo, esto hace que la disponibilidad de *pervasive learning* esté muy localizada y sea limitada (Ogata et al, 2004). Como se muestra en la Figura 2-1, el escenario *pervasive learning* tiene un alto nivel de empotrado y bajo nivel de movilidad.

Estas limitaciones de *pervasive learning* han sido superadas por el aprendizaje ubicuo a través de la integración de alta movilidad en el entorno de aprendizaje. La comunicación entre los dispositivos y las computadoras integradas en el entorno permite que el alumno aprenda mientras se mueve, es decir, lo conecta a su entorno

¹ El término *pervasive learning* no tiene traducción en castellano y su conceptualización ha sido utilizada en algunas ocasiones como una referencia idéntica del término aprendizaje ubicuo (*ubiquitous learning*). Sin embargo, hay una clara diferencia que se discute en (Ogata et al, 2004). En este trabajo utilizaremos *pervasive learning* en el idioma original.

de aprendizaje. Según Ogata et al. (2004) el nivel de integración y movilidad de los dispositivos tiene un impacto significativo en el entorno de aprendizaje.

El aprendizaje ubicuo ha integrado gran movilidad con entornos *pervasive learning*, lo que se define como entornos de aprendizaje ubicuo soportados por computadoras embebidas e invisibles y redes en la vida cotidiana. Mientras el alumno se está moviendo con su dispositivo móvil, el sistema admite dinámicamente su aprendizaje mediante la comunicación integrada en el entorno. La Figura 2-1 muestra que el aprendizaje ubicuo tiene alto nivel de movilidad y alto nivel de empotrado.

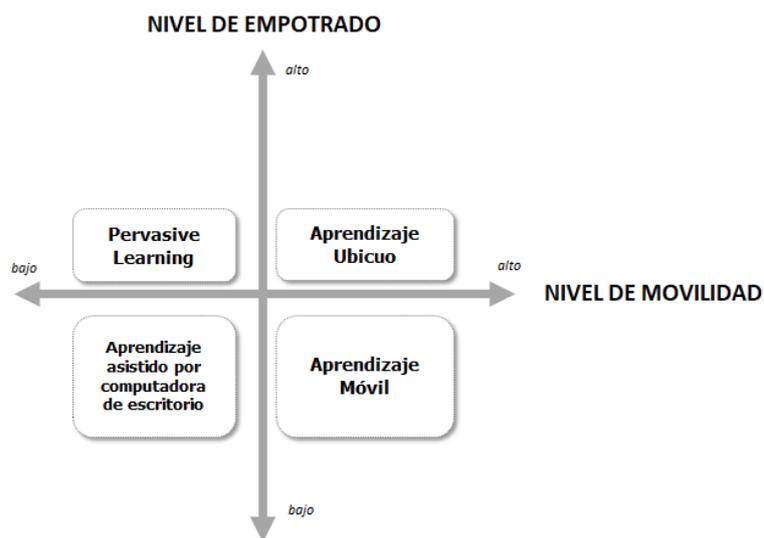


Figura 2-1. Comparación de ambientes de aprendizaje. Adaptado de (Lyytinen y Yoo, 2002)

Las principales características del aprendizaje ubicuo son (Chen et al., 2002; Curtis et al., 2002; Ogata et al., 2004):

- Permanencia: Los estudiantes nunca pierden su trabajo a menos que sea eliminado intencionalmente. Todos los procesos de aprendizaje se registran continuamente.
- Accesibilidad: Los estudiantes tienen acceso a sus documentos, datos o videos desde cualquier lugar. Esta información se proporciona basándose en sus peticiones.
- Inmediatez: Dondequiera que estén los estudiantes pueden obtener cualquier información inmediatamente. Así, los estudiantes pueden resolver problemas rápidamente. De lo contrario, el alumno puede registrar las preguntas y buscar la respuesta más adelante.

- Interactividad: Los alumnos pueden interactuar con expertos, profesores o compañeros en forma de comunicación síncrona o asíncrona. Es decir, los expertos son más accesibles y el conocimiento se vuelve más disponible.
- Actividades de instrucción situadas: El aprendizaje podría ser incorporado en nuestra vida diaria. Los problemas encontrados, así como los conocimientos requeridos se presentan en forma natural y auténtica. Esto ayuda a los estudiantes a notar las características de las situaciones problemáticas que causan acciones relevantes en particular.

Un entorno de aprendizaje ubicuo es el que permite el acceso a los contenidos en cualquier momento y en cualquier lugar (Hwang et al, 2008). Un entorno de aprendizaje móvil es una derivación del aprendizaje ubicuo a través de dispositivos móviles con comunicaciones inalámbricas. Utilizar la tecnología de computación ubicua para el aprendizaje es un caso específico de aprendizaje móvil que se enfoca en el uso de tecnologías de sensores, además de las comunicaciones inalámbricas y los móviles. El denominado aprendizaje ubicuo consciente del contexto es una definición específica de *ulearning* que utiliza dispositivos móviles, comunicaciones inalámbricas y sensores en actividades de aprendizaje (Hwang et al, 2008). La Figura 2-2 muestra las relaciones entre el aprendizaje ubicuo, aprendizaje móvil, computación ubicua en el aprendizaje y aprendizaje ubicuo consciente del contexto.

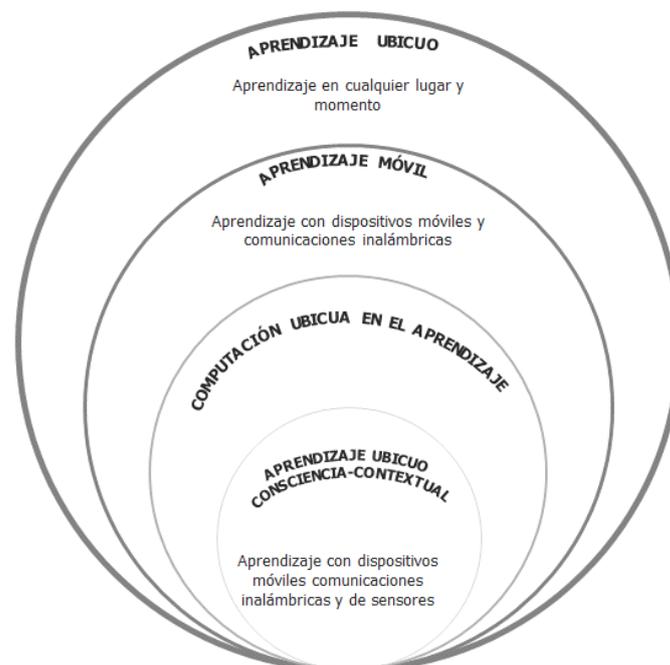


Figura 2-2. Relación entre los diferentes entornos de aprendizaje. Adaptado de (Hwang et al, 2008)

Un entorno de aprendizaje consciente al contexto permite la adquisición de parámetros del mundo real (la ubicación, el tiempo, perfil del estudiante, entre otros), con el propósito de adaptar los contenidos como parte del proceso de aprendizaje. En Cheng et al. (2005) se establecen los siguientes pasos en los que un sistema de aprendizaje ubicuo ofrece servicios de adaptación:

- El establecimiento de requisitos de instrucción para cada una de las actividades de aprendizaje del alumno.
- Detección de conductas de los alumnos.
- La comparación de los requerimientos con los comportamientos de aprendizaje correspondientes.
- La prestación de apoyo personal para el alumno.

Según Hwang et al. (2008) un ambiente de aprendizaje ubicuo consciente del contexto debe tener los siguientes criterios:

- La capacidad de orientar actividades de aprendizaje a partir del reconocimiento de la situación de un estudiante o del entorno en el que se encuentra.
- Proporcionar soporte al estudiante de acuerdo con el comportamiento y contexto de aprendizaje.
- Proveer orientación personalizada teniendo en cuenta el contexto personal y el perfil de aprendizaje del estudiante.
- Permitir movilidad en actividades de aprendizaje dentro de un área predefinida.
- Adaptación del contenido de aprendizaje para atender funciones en diversos dispositivos móviles.

2.3. Contexto

El contexto es un elemento determinante en los entornos de aprendizaje soportados en la consciencia contextual. Por tanto, a continuación se presenta la definición del contexto y su modelado para el dimensionamiento y gestión.

2.3.1. Definición de contexto

Diferentes aspectos del entorno físico y conceptual pueden ser incluidos en la noción de contexto como tiempo, lugar, preferencias, historia, entre otros. Los sistemas informáticos conscientes de su propio contexto deben actuar teniendo en cuenta

cuándo, dónde y quién lo usa, si es nuevo o lo ha usado en el pasado, si es un principiante o un experto, si lo está usando un individuo o un grupo.

Según Lieberman y Selker (2000) no es tan simple para los sistemas informáticos tener en cuenta el contexto, dado que representa una perspectiva opuesta frente a la visión tradicional de la informática y la matemática en la búsqueda de la independencia del contexto. Muchas de las abstracciones en las que la informática y la matemática se enfocan tales como funciones, predicados, subrutinas, sistemas de E/S y redes, tratan los sistemas como cajas negras donde la salida explícita está completamente determinada por la entrada explícita como se muestra en la Figura 2-3.



Figura 2-3. Caja negra – Ciencias de la computación tradicional. (Lieberman y Selker, 2000)

Si se amplía la visión anterior, el contexto se convierte en una entrada y salida implícitas a la aplicación, afectando el comportamiento y el resultado de la misma. Por esta razón, se puede considerar que el contexto es todo lo que modifica el proceso de cómputo de la aplicación, excepto la entrada y salida explícitas (Figura 2-4), presentando un proceso iterativo que devuelve la salida a la entrada.

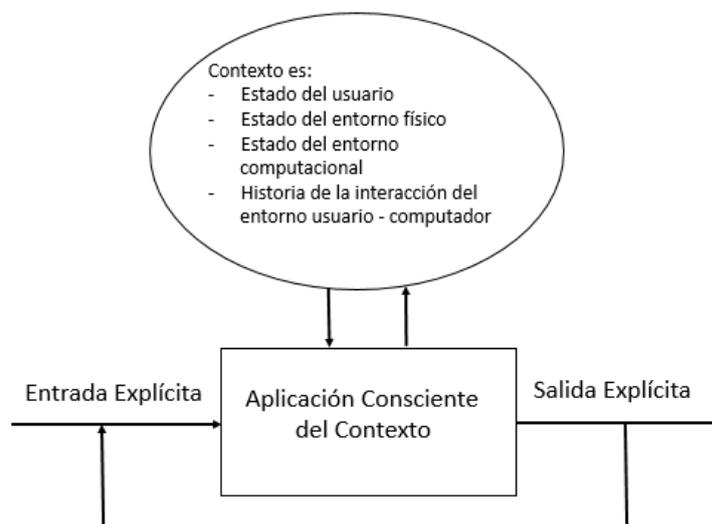


Figura 2-4. El contexto y entradas/salidas explícitas. Adaptado de (Lieberman y Selker, 2000)

De acuerdo con esta definición utilizada en el campo de la Inteligencia Artificial, lo que se considera explícito e implícito tiene que ser determinado con precisión en el sistema. Todo lo que se considera implícito constituye el contexto. De esta manera, el contexto de un sistema cambia dependiendo de la consideración inicial de elementos explícitos e implícitos.

En el estudio del Procesamiento del Lenguaje Natural es esencial el contexto que rodea una declaración o afirmación específica, dado que las afirmaciones verdaderas en un contexto pueden ser falsas en otro (Lenat, 1998).

En el campo de la Computación Ubicua, Brown et al. (1997) definen el contexto del usuario como información referente a la ubicación, personas alrededor del usuario, la hora del día, la estación, la temperatura, etc. El término consciencia contextual (*context awareness*) es atribuido principalmente a la información del usuario debido a su movilidad y los cambios producidos en su contexto. Dey y Abowd (1999) definen contexto como cualquier información que puede ser utilizada para caracterizar la situación de una entidad, denominando entidad una persona, lugar u objeto considerado relevante para la interacción entre un usuario y una aplicación, incluyendo el usuario y las propias aplicaciones.

Para caracterizar una situación también se requiere la actividad (qué está ocurriendo en la situación) y el tiempo de la información. Estos tipos de contexto (ubicación, identidad, actividad y el tiempo) han sido identificados como los más importantes para la caracterización de la situación de una entidad particular. Se denominan tipos de contexto primario debido a que actúan como índices en otras fuentes de información contextual (Dey y Abowd, 1999), de tal forma que los atributos de contexto de una entidad pueden ser utilizados como índices para encontrar información contextual secundaria para esa misma entidad, así como información contextual primaria para otras entidades relacionadas. Por ejemplo, dada la identidad de una persona (información de contexto primaria) se puede adquirir mucha información relacionada como números de teléfono, direcciones, direcciones de correo electrónico, fecha de nacimiento, lista de amigos, relaciones con otras personas en el medio ambiente, etc., (información de contexto secundaria para la misma entidad). Con la ubicación de una entidad se puede determinar qué otros objetos o personas están cerca de la entidad y qué actividad se está produciendo cerca de la entidad. Permitiendo obtener información sobre otras personas en el mismo lugar, lo cual representa información de contexto primario para otras entidades relacionadas.

La definición del contexto y su caracterización está asociada a la extracción de la información desde diversas fuentes, la cual requiere procesamiento a través de alguna técnica de modelado.

2.3.2. Modelado del contexto

Existe un área de investigación sobre el uso de la consciencia contextual como una técnica para el desarrollo de aplicaciones de computación ubicua que sean flexibles, adaptables y capaces de actuar de forma autónoma en nombre de los usuarios. Una gran parte de esta área investiga enfoques de modelado y técnicas de razonamiento para información contextual, utilizadas por aplicaciones sensibles al contexto. A continuación se especificará la representación del contexto mediante diferentes tipos de modelos y una descripción sobre razonamiento del contexto.

2.3.2.1. Representación del contexto

Un modelo de contexto es necesario para definir, manipular y almacenar la información contextual de forma procesable por una máquina. El modelado del contexto es un factor determinante cuando se requiere dotar un sistema de mecanismos de consciencia contextual. Es fundamental identificar todos los aspectos que se desean incluir en el sistema para que éste sepa interpretarlos y reaccionar en consecuencia. En Strang y Linnhoff-Popien (2004) hacen una sistematización y evaluación de los métodos de modelado del contexto más relevantes, en función de las estructuras de datos usadas para representar e intercambiar información contextual en el sistema. Estos modelos se describen a continuación:

2.3.2.1.1. Modelo clave-valor

La información contextual se representa como un conjunto de variables definidas por pares con el nombre de la variable (o clave) y su valor. Este tipo de representación es la estructura de datos más sencilla para el modelado de información contextual. En particular, los pares de valores clave son fáciles de manejar, pero carecen de mecanismos formales y de validación que permitan mantener e inferir información de ellos. Esta técnica es usada para modelar datos como preferencias de usuario y configuración de aplicaciones. El modelo clave-valor no posee una estructura, no tiene forma de representar las relaciones y es complejo utilizarlo para la recuperación de información. Un ejemplo de aplicación de este modelo es un *framework* de consciencia del contexto para sistemas embebidos en redes inteligentes (*Hydra Context*

Awareness Framework), que tiene como objetivo proporcionar mecanismos para habilitar aplicaciones y servicios (Badii et al., 2010).

2.3.2.1.2. Modelo de esquema de marcado

Es una estructura de datos jerárquica que consiste en etiquetas de marcado con atributos y contenido. Generalmente, el contenido de las etiquetas de marcado es recursivamente definido por otras etiquetas de marcado. Los perfiles son los representantes típicos de modelos de contexto mediante esquema de marcado normalmente codificados en RDF/S —*Resource Description Framework/Schema* (Brickley, 2004), encontrando distintos ejemplos en Strang y Linnhoff-Popien (2004). Por lo general, este tipo de modelos están basados en la serialización de un derivado de la norma genérica SGML (*Standard Generic Markup Language*), superclase de todos los lenguajes de marcado como el lenguaje XML (*Extensible Markup Language*). Se utiliza para desacoplar estructuras de datos usadas por dos componentes en un sistema. Por ejemplo, en SensorML (Botts y Robin, 2007) se emplea para describir datos de una red de sensores inalámbrica. Este modelo puede presentar complejidad cuando se requiere la recuperación de grandes volúmenes de información.

2.3.2.1.3. Modelo gráfico

Utiliza representaciones gráficas basadas en UML (*Unified Modeling Language*), para modelar los elementos del contexto, apoyándose en extensiones con el fin de aumentar la formalidad y expresividad para definir los elementos contextuales. La extensión llamada ORM (*Object-Relation Modeling*) utiliza esta técnica de modelado (Henricksen, et al., 2002). El modelo gráfico es ampliamente expresivo y normalmente usado como almacenamiento persistente del contexto. Un ejemplo de modelado gráfico es ContextUML, utilizado para especificar información relacionada con el diseño de servicios sensibles al contexto (Sheng y Benatallah, 2005).

2.3.2.1.4. Modelo orientado a objetos

Aplica técnicas comunes orientadas a objetos tales como herencia, reusabilidad, encapsulación y polimorfismo, para definir elementos del contexto como clases e instancias que representan datos contextuales concretos. Este tipo de modelo favorece la distribución e intercambio en entornos ubicuos, caracterizados por contextos dinámicos, debido a que protege los detalles de procesamiento del contexto. Utiliza encapsulación de los datos contextuales a nivel de objetos y, por tanto, los

mantiene ocultos a otros componentes. Esto se refleja en el concepto de señales (Schmidt et al., 1998) desarrollado en el proyecto TEA (Esprit Project 26900, 1999; Schmidt y Laerhoven, 2001), en el cual el contexto se modela como un nivel de abstracción superior de las señales disponibles. Por consiguiente, las señales son objetos que proporcionan información contextual a través de sus interfaces, ocultando los detalles de la determinación de los valores de salida. Entre las dificultades que presenta el uso de este modelo está el no soportar capacidades de razonamiento y tener bajo nivel de estandarización y validación. Un ejemplo de aplicación es el *framework ContextToolkit*, que proporciona un conjunto de componentes reutilizables para el desarrollo rápido de prototipos de aplicaciones conscientes al contexto, basadas en sensores (Dey et al., 2001).

2.3.2.1.5. Modelo lógico

Un modelo de contexto basado en la lógica define el contexto como hechos, expresiones y reglas. Normalmente en un sistema basado en la lógica, la información contextual es agregada, actualizada y borrada en términos de hechos o inferida de las reglas del respectivo sistema. Este tipo de modelos posee un alto grado de formalidad. Uno de los primeros métodos de modelado del contexto, basado en la lógica, fue desarrollado en McCarthy (1993), donde representa contextos como entidades matemáticas abstractas con propiedades útiles en la inteligencia artificial. Se usa en la detección de eventos y definición de restricciones. Tiene como desventaja la falta de validación y estandarización. Un ejemplo de aplicación es el *middleware* HCAM, en el cual se definen reglas que proporcionan información semántica del contexto para facilitar la detección de conflictos en el mismo. Este *middleware* permite la adquisición del contexto y proporciona gestión de alto nivel (Rao, et al., 2007).

2.3.2.1.6. Modelo ontológico

Los modelos basados en descripciones ontológicas representan el contexto en forma de conceptos e interrelaciones (Gruber, 1993; Uschold y Gruninger, 1996). El uso de ontologías proporciona una manera uniforme para la especificación de conceptos básicos del modelo de contexto, así como una cantidad arbitraria de subconceptos y hechos que permiten el intercambio de conocimientos contextuales y su reutilización en un sistema de computación ubicua (De Bruijn, 2003). Las ontologías son adecuadas para el intercambio de conocimiento, ya que proporcionan una especificación formal de la semántica de los datos de contexto, lo cual permite que diferentes entidades heterogéneas y distribuidas en entornos móviles y ubicuos

puedan intercambiar información de contexto de los usuarios (Bettini et al., 2010). Se han propuesto diversas ontologías basadas en OWL (*Web Ontology Language*) para la representación de las descripciones comunes de datos de contexto, razonamiento del contexto e interoperabilidad en sistemas informáticos ubicuos. Entre las propuestas más destacadas se encuentra la ontología SOUPA para el contexto de modelado en entornos ubicuos (Chen et al., 2004b). SOUPA es una ontología que permite combinar y compartir vocabulario entre diferentes ontologías establecidas. Un ejemplo de reutilización de la ontología SOUPA se ve reflejado en la arquitectura de consciencia contextual COBRA (*Context Broker Architecture*), utilizada para proporcionar intercambio de conocimiento y razonamiento de contexto en espacios inteligentes (Chen et al., 2004a). COBRA es una arquitectura basada en componentes. Cuenta con un módulo de administración de políticas que establece reglas como mecanismo de protección de la privacidad para el intercambio de información contextual.

SOCAM es una ontología *middleware* que soporta razonamiento, permitiendo inferir contextos conocidos, resolver conflictos de contexto y mantener la consistencia del contexto en entornos inteligentes (Gu et al., 2004). SOCAM utiliza una arquitectura basada en servicios. A diferencia de las ontologías mencionadas anteriormente, SOCAM utiliza una funcionalidad de procesamiento de datos basada en agregación, que permite recolectar datos o información similar desde diferentes fuentes del contexto. Ranganathan et al. (2004) presentan el *middleware* GAIA para espacios activos. En GAIA, el razonamiento para derivar nuevos datos de contexto se realiza por medio de inferencia basada en reglas y aprendizaje estadístico. Se estructura en una arquitectura distribuida y basada en servicios que permite la interacción entre pares (*peer to peer*).

2.3.3. Razonamiento del contexto

El razonamiento también denominado inferencia, implica operaciones lógicas en frases lógicas o estados dentro de un modelo (el mundo, el dominio de aplicación) con el fin de sacar conclusiones y derivar otras frases. Según la teoría de la lógica mental, el razonamiento implica la construcción de pruebas mentales cortas, construidas por medio de un conjunto de reglas y procedimientos para su aplicación. Según una de las versiones más desarrolladas de esta teoría (Braine y O'Brien, 1998), los razonadores poseen reglas en forma de deducción natural que regulan la introducción o eliminación de conectivos y cuantificadores. El término razonamiento así como el uso de técnicas y algoritmos de razonamiento, son ampliamente usados en el campo de la

computación ubicua. En Nurmi y Floréen (2004) se define razonamiento del contexto como deducir información nueva y relevante para el uso de aplicaciones y usuarios desde diversas fuentes de datos del contexto. El razonamiento del contexto soporta la toma de decisiones transformando la información contextual adquirida por el medio ambiente y los usuarios a posibles acciones. En esta investigación se hace el mapeo del contexto utilizando ontologías para el proceso del razonamiento lógico, a partir de reglas predefinidas en el modelo planteado.

2.4. Metodologías para el modelado de ontologías

Para desarrollar una ontología se requiere el uso de alguna metodología que facilite el proceso de diseño. En esta sección se describen metodologías existentes en la literatura, en las cuales se observa que diferentes metodologías se componen de fases y actividades similares. En la Figura 2-5 se presenta el ciclo de vida genérico para el desarrollo de ontologías.

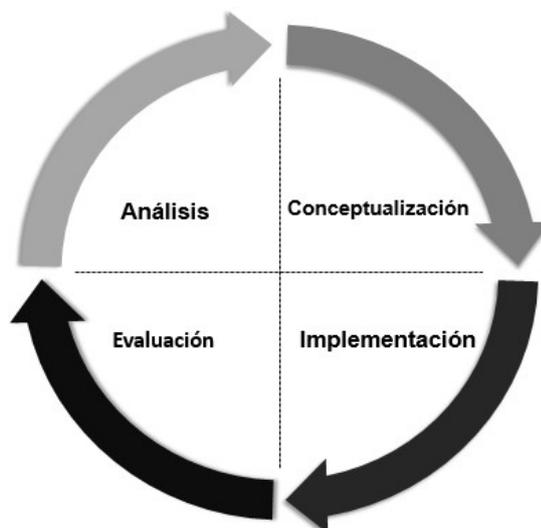


Figura 2-5. Ciclo de vida para el desarrollo de ontologías

El proceso general para el desarrollo de una ontología consta de cuatro fases:

- Fase de análisis: Esta fase contempla el propósito de la ontología que permitirá definir el alcance, dominio y reutilización de la misma.
- Fase de conceptualización: En esta etapa se define un modelo conceptual que describe la ontología a desarrollar y a su vez debe cumplir con la especificación obtenida en la fase anterior. La conceptualización consiste en organizar y convertir la percepción informal de un dominio en una especificación semi-formal, utilizando representaciones intermedias como diagramas o tablas que puedan ser entendidas por expertos del dominio y desarrolladores de

ontologías. Diferentes metodologías plantean diferentes modelos conceptuales. Por ejemplo, Staab et al. (2001) utilizan modelos informales como mapas mentales, mientras Fernández et al. (1997) proponen el uso de modelos semiformales como diagramas de relaciones binarias o diccionarios de conceptos.

- Implementación: Se refiere a la representación explícita en un lenguaje formal del conocimiento adquirido en la fase anterior. Es decir, implica la generación de modelos computacionales de acuerdo con la sintaxis de lenguajes de representación formal como son RDF/S, OWL y FLogic (*Frame Logic*), entre otros.
- Evaluación: Consiste en realizar un juicio técnico de la ontología, entorno de *software* asociado y documentación, con respecto a un marco de referencia durante cada fase y entre las fases de su ciclo de vida. El marco de referencia puede incluir las especificaciones de requisitos, las preguntas de competencia y el mundo real.

Aunque existen numerosas metodologías, en esta memoria se describirán las siguientes: Metodología Simple de Ingeniería de Conocimiento, Skeletal, Methontology, *On-To-Knowledge* y NeOn. Esta última es la que se adopta para el desarrollo de la ontología propuesta en esta tesis doctoral.

2.4.1. Metodología simple de ingeniería de conocimiento

Esta metodología es una guía de la Universidad de Stanford (Noy y McGuinness, 2001) muy simple y práctica para el proceso de diseño y construcción de una ontología, compuesta por las siguientes actividades: definir las clases de la ontología, organizar las clases en una jerarquía taxonómica (subclase-superclase), definir las propiedades y describir los tipos de valores y asignar valores a las propiedades para cada una de las instancias. Estas actividades se implementan en siete pasos, a saber:

Paso 1. Determinar el alcance y el dominio de la ontología. Las preguntas de competencia (Uschold y Gruninger, 1996) se pueden utilizar para determinar el dominio y el alcance de la ontología, planteando un conjunto de preguntas que la ontología debe ser capaz de responder a través de su base de conocimiento.

Paso 2. Considerar reutilizar ontologías existentes. Es importante identificar fuentes existentes para el dominio de interés, especialmente, si el sistema a

desarrollar necesita interacción con otras aplicaciones que involucran ontologías o vocabularios específicos.

Paso 3. Especificar términos importantes en la ontología. Realizar una lista completa de términos para identificar las clases que se van a representar, así como propiedades y relaciones entre ellas.

Paso 4. Definir las clases y la jerarquía de clases. Se definen las clases más generales y específicas en el dominio (Uschold y Gruninger, 1996), utilizando estrategias de desarrollo descendente (*top-down*), ascendente (*bottom-up*) o una combinación de éstas.

Paso 5. Definir las propiedades de las clases. Las clases por sí solas no proporcionan suficiente información para responder a las preguntas del paso 1. Por tanto, es necesario definir los atributos o propiedades de las clases que pueden ser intrínsecos, extrínsecos o representar relaciones entre ellas.

Paso 6. Definir las restricciones de las propiedades. En este paso se definen las restricciones de los atributos y propiedades en términos de dominio y rango, cardinalidad y tipo. Las más comunes son:

- a) Cardinalidad de propiedades. Algunos sistemas distinguen sólo entre cardinalidad simple, permitiendo como máximo un valor, y cardinalidad múltiple que permite cualquier número de valores.
- b) Tipo de valor. Describe los tipos de valores que puede tener una propiedad, por ejemplo, cadena de caracteres, numérico, tipo de instancia y enumerados.
- c) Dominio y rango de una propiedad. Las clases permitidas para las propiedades de tipo Instancia, a menudo se llaman rango de una propiedad. Se denomina dominio de la propiedad a las clases que se les adjunta una propiedad, o a las clases que describen los roles de una propiedad.

Paso 7. Crear instancias. Finalmente se crean las instancias de la jerarquía definiendo cada individuo que conforma la ontología. Definir una instancia individual requiere la elección de una clase, la creación de una instancia de esa clase y rellenar los valores de la propiedad.

2.4.2. Metodología Skeletal

Esta metodología presenta un conjunto de pasos para identificar y definir conceptos y relaciones soportados en lenguaje natural. Skeletal plantea los siguientes cuatro pasos (Ushold y King, 1995):

Paso 1. Identificar el propósito de la ontología. Es necesario identificar por qué se está construyendo la ontología y sus posibles usos, así como el rango de usuarios de la ontología. Las preguntas de competencia permiten identificar el propósito de la ontología en términos específicos.

Paso 2. Construcción de la ontología. Construir la ontología requiere tres pasos: captura, codificación e integración de ontologías existentes.

La captura ontológica se refiere a:

- Identificación de los conceptos clave y las relaciones en el dominio.
- Producción de definiciones precisas e inequívocas para conceptos y relaciones.
- Identificación de términos para referirse a los conceptos y relaciones.

La codificación consiste en representar de forma explícita la conceptualización capturada en la etapa anterior en un lenguaje formal. Esto implica la elección de una meta-ontología, un lenguaje de representación y la generación del código. La integración de ontologías ya existentes es un punto clave para desarrollar una ontología que pueda compartirse entre múltiples comunidades de usuarios. Sin embargo, es un problema complejo en la medida en que se requieren acuerdos explícitos de todos los supuestos subyacentes a las ontologías que se van a integrar.

Paso 3. Evaluación. Se debe realizar un juicio técnico de las ontologías, entorno de *software* asociado y documentación, con respecto a especificaciones de requisitos, preguntas de competencia y el mundo real.

Paso 4. Documentación. Sugiere documentar los principales conceptos definidos en la ontología y las primitivas usadas para expresar las definiciones en la ontología, también denominada metaontología.

2.4.3. Metodología Methontology

Methontology permite la construcción de ontologías mediante la identificación de actividades requeridas en el proceso de desarrollo de la ontología, el ciclo de vida basado en prototipos evolutivos y técnicas particulares para realizar, usar y evaluar las actividades generadas en el proceso de desarrollo (Fernández et al., 1997).

En el proceso de desarrollo de la ontología se pueden clasificar las actividades en tres categorías: a) actividades de gestión, b) actividades orientadas al desarrollo y c) actividades de soporte.

El proceso de desarrollo de la ontología no identifica el orden en que se deben realizar las actividades. En el ciclo de vida se determina cuándo se deben llevar a cabo las actividades, identificando el conjunto de etapas a lo largo de las cuales se mueve la ontología durante su vida útil y las actividades que se deben realizar en cada etapa.

2.4.4. Metodología *On-To-Knowledge*

La metodología *On-To-Knowledge* (Staab et al., 2001) permite la construcción de ontologías orientadas a la gestión de conocimiento. Los procesos de desarrollo de la metodología son: estudio de factibilidad, iniciación, refinamiento, evaluación y mantenimiento.

Se debe realizar un estudio de factibilidad para identificar áreas problemáticas o de oportunidad y posibles soluciones. El estudio de factibilidad puede ayudar a determinar la viabilidad económica y técnica del proyecto. Debe realizarse antes de desarrollar la ontología, ya que sirve como base para la fase de inicio.

La iniciación de la ontología debe generar un documento de especificación de requisitos de ontología. También debe guiar a un ingeniero de ontología en decisiones sobre inclusión, exclusión y estructura jerárquica de conceptos en la ontología. En esta etapa inicial, es necesario buscar las ontologías ya desarrolladas y potencialmente reutilizables.

En la fase de refinamiento, se obtiene una ontología objetivo orientada a la aplicación, de acuerdo con la especificación generada en la etapa previa. Se divide en diferentes subfases:

- Recopilación de una taxonomía de referencia informal que contiene los conceptos relevantes dados durante la fase de inicio.
- Obtener conocimiento de expertos de dominio basado en el aporte inicial de la taxonomía de referencia, para desarrollar una ontología semilla que contenga conceptos relevantes y describa las relaciones entre ellos.
- Transferencia de la ontología semilla a la ontología objetivo, utilizando lenguajes de representación formal.

La fase de evaluación permite verificar si la ontología objetivo satisface el documento de especificación de requisitos de ontología y si la ontología respalda o responde a las

preguntas de competencia analizadas en la fase de inicio del proyecto. Alcanzar el nivel especificado en la ontología objetivo, puede requerir varios ciclos de evaluación y refinamiento.

Finalmente, la fase de mantenimiento actualiza los cambios en las especificaciones de la ontología mediante el desarrollo de nuevas versiones, y prueba la ontología en el entorno de aplicación objetivo.

2.4.5. Metodología NeOn

La metodología NeOn utiliza como estrategia de solución la descomposición de un problema general en diferentes subproblemas a resolver (Suárez, 2010). Esta metodología permite construir redes ontológicas basándose en escenarios compuestos por procesos y actividades. Para obtener la solución al problema general, es decir, el desarrollo de una red ontológica, se deben combinar soluciones de los diferentes subproblemas representados en escenarios como se puede observar en la Figura 2-6.

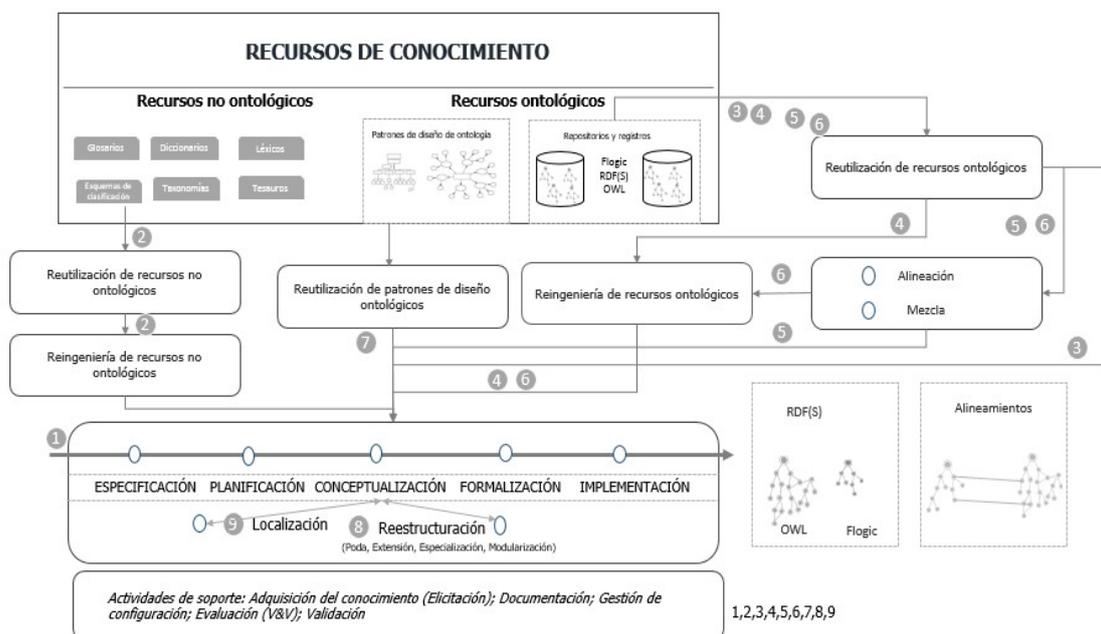


Figura 2-6. Escenarios para construir ontologías y redes de ontologías. Adaptado de (Suárez, 2010)

Los nueve escenarios más comunes que pueden presentarse durante el desarrollo de la red ontológica son los siguientes (Figura 2-6):

Escenario 1: De la especificación a la implementación. La red de ontología se desarrolla desde cero, es decir, sin reutilizar los recursos de conocimiento disponibles.

Escenario 2: Reutilización y reingeniería de recursos no ontológicos. Los desarrolladores de ontologías deben llevar a cabo el proceso de reutilización de recursos no ontológicos para decidir, de acuerdo con los requisitos del ORSD (documento de especificación de requerimientos de la ontología), cuáles NORs (reutilización de recursos no ontológicos) pueden reutilizarse para construir la red ontológica. Los NORs seleccionados deberían rediseñarse en ontologías.

Escenario 3: Reutilización de recursos ontológicos. Los desarrolladores de ontología utilizan recursos ontológicos (ontologías en general, módulos de ontología y/o declaraciones de ontología).

Escenario 4: Reutilización y reingeniería de recursos ontológicos. Los desarrolladores de ontología reutilizan y rediseñan recursos ontológicos.

Escenario 5: Reutilización y fusión de recursos ontológicos. Este escenario se desarrolla sólo en los casos en que se seleccionan varios recursos ontológicos en el mismo dominio para su reutilización, y cuando los desarrolladores de ontología desean crear un nuevo recurso ontológico a partir de dos o más recursos ontológicos.

Escenario 6: Reutilización, fusión y reingeniería de recursos ontológicos. Los desarrolladores de ontología reutilizan, fusionan y rediseñan recursos ontológicos en la construcción de redes de ontologías. Este escenario es similar al escenario 5; sin embargo, aquí los desarrolladores deciden no utilizar el conjunto de recursos combinados tal como están, sino rediseñarlo.

Escenario 7: Reutilización de patrones de diseño de ontología (ODP). Los desarrolladores de ontologías acceden a repositorios de ODP para reutilizarlos.

Escenario 8: Reestructuración de recursos ontológicos. Los desarrolladores de ontologías reestructuran (modularización, poda, extensión y/o especialización) los recursos ontológicos para integrarlos en la red ontológica que se está construyendo.

Escenario 9: Localización de recursos ontológicos. Los desarrolladores de ontologías adaptan una ontología a otros idiomas y comunidades culturales, obteniendo una ontología multilingüe.

2.5. Trabajos relacionados

Uno de los principales desafíos en trabajos de investigación orientados a sistemas de consciencia contextual, está en cómo definir los mecanismos que permitan gestionar

los datos de las diferentes fuentes del contexto y satisfacer las necesidades de interacción con los usuarios. Algunos planteamientos gestionan el contexto en capas, subsistemas, módulos y funciones. A continuación se presentan trabajos relacionados según esta clasificación.

2.5.1. Arquitecturas basadas en capas

En Zimmermann, et al. (2005) se gestiona el contexto a través de una arquitectura estructurada en cuatro capas que cumplen funciones específicas para personalizar y contextualizar la información que se entregará al usuario. La capa de sensor sirve como recolector de información. Se encarga de detectar los cambios en el entorno y analizar la interacción del usuario con el sistema. La capa semántica define el modelo de contexto de un sistema de adaptación en tres subcapas. En la subcapa de entidad se definen todas las entidades del dominio, se especifica el mapeo de flujos de datos de los sensores y atributos de las entidades. En la subcapa entidad de relación se modelan las dependencias y las relaciones para expresar asociaciones. La subcapa de proceso observa la evolución de los contextos anteriores o partes del contexto en el tiempo. La capa de control se basa en el modelo de contexto y los datos proporcionados por la capa semántica. La capa de control decide qué acciones deben ser activadas si las condiciones particulares en el modelo se hacen efectivas. La última capa, denominada indicador/actuador, asocia las decisiones tomadas por la capa de control en acciones.

En (Yau, 2011) la gestión del contexto es implementada mediante una arquitectura compuesta por tres capas: capa de modelo del estudiante, capa de recomendación y capa de objetos de aprendizaje. La capa de modelo del estudiante gestiona la información relacionada con el estudiante, como son: datos personales, eventos relacionados con las actividades académicas y preferencias de estilos de aprendizaje. Este módulo se compone de cuatro subsistemas: perfil del estudiante (*learner profile*), programador del estudiante (*learner schedule*), actualización del nivel de conocimiento (*update_knowledge_level*) y base de datos del estudiante (*student database*). La capa de recomendación habilita mecanismos de sugerencia de materiales de acuerdo con el perfil del estudiante y con la información del contexto de aprendizaje como la ubicación, frecuencia de interrupción en la ubicación actual, el tiempo disponible y el nivel de concentración del estudiante. La capa de objetos de aprendizaje gestiona los diferentes tipos de objetos según las preferencias de estilos de aprendizaje de los estudiantes y actividades de aprendizaje como evaluaciones, ejercicios y trabajos para revisión. En Baccari y Neji (2016) se propone un sistema de aprendizaje basado en

modelado semántico de los recursos y el contexto de aprendizaje. La gestión del contexto se realiza mediante la interacción de tres capas principales: (1) capa de detección del contexto de aprendizaje, (2) capa de adaptación consciente al contexto y (3) capa de aplicación. La capa de detección del contexto captura datos del entorno de aprendizaje mediante sensores físicos como dispositivos GPS y sensores lógicos que proporcionan información contextual a través de aplicaciones de *software* o servicios. La segunda capa gestiona información obtenida directamente desde la capa de detección del contexto e infiere sobre aspectos implícitos del contexto. Estas funciones son realizadas en las dos subcapas que la constituyen: administración del contexto y motor de adaptación inteligente. La subcapa administración del contexto se basa en propiedades de modelamiento ontológico representadas en las dimensiones contextuales de usuario, dispositivo, tiempo, ubicación, entorno y colaboración. El motor de adaptación inteligente proporciona estrategias de adaptación y recursos apropiados dependiendo del contexto de aprendizaje, aplicando un conjunto de reglas que establecen el dominio del conocimiento y las restricciones que debe cumplir el sistema. Finalmente, la capa de aplicación se encarga de las interacciones entre estudiantes, recopilar información y requerimientos, desplegar los objetos de aprendizaje adaptados y proporcionar enfoques de comunicación apropiados para realizar las actividades de aprendizaje.

2.5.2. Arquitecturas basadas en subsistemas

En Lonsdale, et al. (2004) se presenta una arquitectura basada en subsistemas que interactúan a través de protocolos de Internet, para ofrecer contenidos y servicios de aprendizaje relevantes y oportunos. El principal aporte de esta arquitectura se orienta a la gestión de contexto mediante dos subsistemas de contexto: subsistema de consciencia contextual (CAS) y subsistema de entrega de contenidos. El CAS selecciona el contenido que refleja las necesidades de un individuo en particular y luego, presenta este contenido adaptado al usuario. Este subsistema comprende un conjunto de objetos de *software* llamados características de contexto que corresponden al contexto del mundo real; las características relativas a la creación, la actividad y las capacidades del dispositivo del alumno para derivar un subestado de contexto. Los datos pueden ser adquiridos a través de cualquiera de los medios automatizados o se pueden introducir directamente por el usuario. El subestado de contexto se utiliza primero para realizar la exclusión de cualquier contenido inadecuado y luego, para la clasificación del contenido restante determinando las mejores opciones y presentando al estudiante los contenidos apropiados. El

subsistema de entrega de contenido proporciona los recursos de acuerdo con los objetivos y las situaciones de los estudiantes.

Yao (2015) plantea la gestión del contexto a través de tres subsistemas, para determinar y recomendar materiales de aprendizaje apropiados que mejoren la eficiencia de aprendizaje del idioma extranjero inglés. El subsistema de aprendizaje multimedia es responsable de almacenar materiales y comportamientos de aprendizaje de los alumnos, para proporcionar a los estudiantes contenidos de aprendizaje a través de un servidor *streaming*. El subsistema de consciencia contextual obtiene información contextual relevante a través de etiquetas *QRCode* y tecnología GPS que permiten determinar la relación entre el contenido de aprendizaje y el entorno actual del estudiante. El subsistema de recomendación de aprendizaje móvil comprende la autenticación de los alumnos y la entrega de materiales adecuados a través de agentes de recomendación móviles y personalizados en un lugar y momento específicos.

2.5.3. Arquitecturas basadas en módulos

En Ogata, et al. (2004) se presenta un sistema de aprendizaje basado en información del entorno para facilitar el proceso de enseñanza y aprendizaje de vocabulario extranjero. La gestión del contexto la realizan mediante seis módulos: (1) módulo del estudiante, comprende información personal, perfil y nivel de comprensión de palabras y expresiones, (2) módulo ambiental, representa la información de objetos, aulas y edificios, (3) módulo educativo, comprende el contenido de aprendizaje, (4) módulo de herramientas de comunicación, proporciona medios de interacción y almacena los registros en bases de datos, (5) módulo lector de etiqueta, realiza la lectura de etiquetas RFID ubicadas en los objetos y, por último, (6) módulo interfaz de usuario, permite la interacción entre el estudiante y el sistema de aprendizaje. Sudhana et al. (2013) proponen una arquitectura basada en ontología para un sistema de aprendizaje adaptativo de consciencia contextual con el objetivo de proporcionar materiales de aprendizaje. La ontología propuesta utiliza tres categorías de información contextual para capturar las características del estudiante y la información del entorno de aprendizaje, a saber: contexto de la situación del estudiante (*situation-context*), contexto del dominio de aprendizaje (*domain-context*) y contexto de la actividad de aprendizaje (*activity-context*). La gestión del contexto la implementan mediante dos módulos. El módulo de adaptación de estilo de aprendizaje realiza el filtrado del contenido basado en la actividad de aprendizaje del alumno y sus preferencias personales. El módulo de adaptación de contexto entrega material de aprendizaje

según la situación del alumno. En Hsu, et al. (2016) se desarrollan una arquitectura para guiar el aprendizaje de los estudiantes en entornos del mundo real. La gestión del contexto es implementada a través de la interacción de ocho módulos. El módulo de autenticación de usuario determina la validez del estudiante. Luego, el módulo de sensor RFID detecta la ubicación de las etiquetas RFID activas, y el módulo de detección de ubicación determina el sitio en el que se encuentra el estudiante de acuerdo con la información almacenada en una base de datos de mapas. El módulo de la interfaz del usuario proporciona la ubicación del estudiante a través de la interacción con el módulo de despliegue de mapas. El módulo de solicitud de orientación se invoca cuando el sistema detecta que el alumno abandona la ubicación actual para suministrar el siguiente objeto de aprendizaje sugerido al alumno. Cuando el sistema detecta que el alumno está cerca de un objetivo de aprendizaje específico, el módulo de visualización de información proporciona activamente al alumno el material didáctico relacionado con el objetivo. Durante el proceso de aprendizaje, el módulo de registro de perfil registra cada movimiento de estudiantes individuales en una base de datos de perfiles de aprendizaje. La información de ubicación del estudiante, así como el número de actual de visitantes en cada objetivo de aprendizaje son actualizados por el módulo de configuración del entorno.

Abech et al. (2016) proponen un sistema para la adaptación de objetos de aprendizaje considerando características de dispositivos, estilos de aprendizaje e información contextual del estudiante. La gestión del contexto es implementada mediante tres módulos: gestor de la interfaz de usuario (UIM), gestor de evaluación (TEM) y mediador de recomendación del curso (CRM). El módulo UIM proporciona una interfaz adaptable y almacena las características del alumno en una ontología. El módulo TEM se encarga de evaluar las habilidades del alumno, aplicando pruebas periódicas a través de la interfaz de usuario. El módulo CRM selecciona los recursos de aprendizaje teniendo en cuenta reglas pedagógicas y el perfil del estudiante.

2.5.4. Arquitectura basada en funciones

Chin y Chen (2013) proponen una arquitectura de aprendizaje ubicuo que obtiene información del contexto para acceder a materiales multimedia de aprendizaje. La gestión del contexto es implementada a través de tres funciones: conexión a la base de datos, contenido de aprendizaje y búsqueda de etiquetas. La función conexión a la base de datos permite a los estudiantes descargar automáticamente información de perfiles y almacenar el seguimiento de ejecución de las actividades de aprendizaje. Además, esta función establece el acceso a los contenidos y objetos de aprendizaje

almacenados en la base de datos de materiales multimedia desde los dispositivos móviles de los estudiantes. La función contenido de aprendizaje permite a los estudiantes interactuar con los contenidos en sus dispositivos móviles y controlar su propio aprendizaje. Esta función decodifica la información interna de las etiquetas escaneadas desde los móviles de los estudiantes y despliega los materiales didácticos en las pantallas de los dispositivos móviles, considerándose la interfaz de usuario del sistema. La función búsqueda de etiquetas accede a la información de ubicación y tiempo a través de señales satelitales obtenidas mediante tecnología GPS. Esta función permite a los estudiantes descubrir etiquetas de códigos de barras 2D que están próximas a su ubicación actual.

Después de revisar las diferentes arquitecturas anteriormente clasificadas, se puede concluir que no existen criterios unificados para definir la gestión del contexto, debido a que no existe un estándar para su diseño e implementación, como en el caso de las redes de computadoras que tienen el modelo de referencia OSI y el protocolo de comunicación TCP. En la adquisición del contexto se puede apreciar que la mayoría de los sistemas propuestos utilizan tecnologías de sensores como GPS, RFID, RF, NFC, *Bluetooth* y *QRCode* entre los más utilizados, además de los ambientales (ruido, luz, movimiento, entre otros). También es claro que todas utilizan un modelo de usuario para la adaptación y personalización de la información. Finalmente, para el modelado del contexto no todas las arquitecturas utilizan representación semántica de las fuentes de datos, desaprovechando el potencial que aporta en la interoperabilidad con otras arquitecturas o sistemas similares. En la Tabla 2-1 se puede apreciar el resumen de las características.

Tabla 2-1. Resumen de características de las arquitecturas conscientes al contexto

Autor	Adquisición del contexto físico	Modelo del usuario	Tecnologías	Representación semántica del contexto
(Lonsdale, et al., 2004)	Metadatos del contexto: ubicación física, objetos y personas cercanas, recursos disponibles	Metadatos del estudiante: actividades, objetivos perfil, metas, rutinas, estado cognitivo, conocimiento actual, estilo de aprendizaje	Tecnologías: RF, <i>Bluetooth</i> , PDA, dispositivo móvil	Sí
(Zimmermann, et al., 2005)	Sensores del contexto: ubicación, tiempo, sonido, temperatura, biosensores.	Perfil, evaluación, cuestionarios y retroalimentación	GPS, WLAN, PDA	Sí
(Ogata, et al., 2004)	Sensores del contexto: ubicación, objetos	Perfil y nivel de conocimiento	RFID, PDA	No

CAPÍTULO 2. INTRODUCCIÓN AL APRENDIZAJE SOPORTADO EN LA CONSCIENCIA CONTEXTUAL

	cercanos			
(Yau, 2011)	Diario electrónico: tiempo disponible y tipo de ubicación	Perfil y nivel de conocimiento	Dispositivos móviles. No utiliza sensores para la detección del contexto	No
(Chin y Chen, 2013)	Sensores y capacidades de los dispositivos: ubicación, nivel de ruido e iluminación	Perfil, cursos, actividades e interés	Dispositivos móviles, GPS, sensores de ruido e iluminación	No
(Yao, 2015)	Sensores del contexto: ubicación	Preferencias	GPS, redes inalámbricas, <i>QRCode</i> , dispositivos móviles	No
(Hsu, et al., 2016)	Captura del contexto mediante ubicación web	Perfil, intereses, objetivos y preferencias	Teléfonos celulares	No
(Abech et al, 2016)	Sensores del contexto: ubicación	Perfil	Dispositivos móviles, redes inalámbricas, <i>NFC</i> , <i>Bluetooth</i>	Sí
(Baccari,y Neji, 2016)	Sensores del contexto: ubicación	Preferencias y nivel de conocimiento	Dispositivos móviles, GPS	Sí

Resumen

En este capítulo se realizó una revisión del estado del arte sobre aprendizaje soportado en consciencia contextual, por lo que se presentan los conceptos y definiciones de diversos autores y una categorización de entornos de aprendizaje de acuerdo con su nivel de integración y movilidad en el contexto del mundo real. Se definió el contexto y una caracterización del procesamiento del contexto a través de diferentes técnicas de modelado. Se mencionan propuestas existentes sobre metodologías orientadas al diseño e implementación de ontologías, se describen los pasos generales para su construcción. Finalmente, se presentan trabajos relevantes relacionados con aprendizaje soportado en la consciencia contextual.

CAPÍTULO 3

MODELO DE CONTEXTO PARA UN ENTORNO INTELIGENTE DE APRENDIZAJE

3.1. Introducción

En este capítulo se presenta un modelo ontológico que permite responder a las necesidades de interacción del estudiante con el contexto de aprendizaje. La información del contexto está relacionada con datos de personas (estudiantes y docentes), la ubicación del estudiante y de los objetos físicos (salones de clases, laboratorios, bibliotecas, entre otros), el tiempo en términos de planificación de las actividades de aprendizaje y los dispositivos disponibles. Tradicionalmente, los contenidos de aprendizaje son entregados de forma genérica a los estudiantes sin tener en cuenta los aspectos del contexto antes mencionados. Este modelo se orienta hacia el suministro y adaptación de contenidos de aprendizaje de acuerdo con las condiciones que se derivan del contexto.

Este capítulo describe inicialmente el modelo de contexto propuesto, luego se describen las situaciones y comportamiento. Posteriormente se especifica la implementación del modelo en la herramienta de desarrollo de ontologías *Protégé*. Finalmente se hace la comparación con otros modelos existentes.

3.2. Modelo conceptual

En este trabajo se adopta el modelamiento basado en ontologías como la técnica más apropiada para la gestión del contexto, debido a que las ontologías permiten el intercambio de conocimiento entre entidades heterogéneas y distribuidas en entornos móviles y ubicuos. La representación de datos complejos se hace mediante el lenguaje OWL proporcionando mecanismos de integración y caracterización del contexto entre diferentes fuentes. Adicionalmente, la representación del contexto, modelada en esta técnica, permite la ejecución de razonamiento mediante reglas de inferencia.

En esta tesis doctoral se ha tomado como referencia la metodología NeOn, que plantea el uso de redes ontológicas, facilitando la creación de nuevas ontologías a partir de las ya existentes, permitiendo mediante su guía metodológica, la reutilización de ontologías para ser adaptadas al modelo de red ontológico del sistema de consciencia contextual propuesto.

El propósito del desarrollo de esta ontología es generar un modelo semántico que represente todos los elementos que hacen parte de un entorno inteligente de aprendizaje. Estos elementos en esencia son las personas, la ubicación, los objetos de aprendizaje, las actividades, los cursos, los programas académicos, el tiempo y los eventos que se generan por los cambios del contexto. A partir de la definición de clases y relaciones se establece un conjunto de reglas interpretadas por un razonador, que responden a las situaciones que se presentan en un espacio de aprendizaje.

Al adoptar la metodología NeOn se tomaron algunos escenarios planteados para el desarrollo de la ontología (escenario 1, escenario 3 y escenario 5).

Este modelo ontológico con su respectiva implementación y validación fue publicado en el año 2016, en la revista *IEEE Transactions on Learning Technologies*, con factor de impacto en el JCR 2,267 para el año 2016. Esta revista se clasifica dentro del cuartil Q1 (27/235) en la categoría *Education and Educational Research*, y el cuartil Q2 (39/105) en la categoría *Computer Science Interdisciplinary Applications*

3.3. Red ontológica del sistema consciente al contexto

La base para la construcción del modelo contextual es describir la información de las características del contexto de aprendizaje. En este sentido, para que el sistema pueda percibir e identificar los datos del contexto es necesario determinar la clasificación del contexto de aprendizaje. Según Dey (2000), la información del contexto incluye ubicación, tiempo, entorno, contexto social, hábitos, niveles de consumo y preferencias. Lieberman y Selker (2000) dividen la información del contexto en tres aspectos: contexto del usuario, contexto del entorno y contexto de la aplicación. Schmidt et al. (1998) clasifican la información contextual en aspectos relacionados con el usuario y aspectos relacionados con el entorno físico. Analizando esta clasificación de la información del contexto, consideramos que el contexto de aprendizaje debe incluir las dimensiones de la persona, dispositivos, actividad, objetos de aprendizaje, tiempo y localización. Estas dimensiones son las más relevantes para representar la relación entre el contexto de aprendizaje y el estudiante, mediante la definición de reglas que asocian información contextual en las respectivas situaciones de aprendizaje.

La red ontológica del sistema propuesto está constituida por seis dimensiones que se describen brevemente a continuación:

- Personas: comprende la información de personas que intervienen en el contexto. Personas pueden ser estudiantes o profesores. Para el estudiante esta información está relacionada con perfil, situación actual, actividades en desarrollo o por realizar, cursos en los que está inscrito y tipos de dispositivos para interactuar con el sistema.
- Dispositivo: describe las características de *hardware* y *software* requeridas para para interactuar con el entorno de aprendizaje.
- Actividad: describe las diferentes actividades que se pueden desarrollar en el entorno de aprendizaje. Cada actividad puede estar asociada a un conjunto de objetos de aprendizaje para facilitar el proceso de enseñanza.
- Objeto de aprendizaje: hace referencia a todos los objetos de aprendizaje que los alumnos utilizan en el entorno a través de sus dispositivos móviles. El contenido de aprendizaje no sólo se basa en objetos físicos como, por ejemplo, instrumentos de medición disponibles en el laboratorio de electricidad, sino también en objetos virtuales como la simulación del funcionamiento de un transformador.
- Tiempo: describe la noción de tiempo real en el contexto. Es decir, representa el tiempo de interacción del estudiante con el sistema. La dimensión del tiempo es importante, porque determina el tiempo de ejecución de una actividad en el momento actual o el tiempo programado para realizarla en un momento futuro.
- Localización: describe la ubicación del contexto de aprendizaje. Esta información se puede obtener por medio de los dispositivos. La localización también se refiere a la ubicación del estudiante dentro o fuera del campus, por ejemplo, al interior de un aula de clases, en un laboratorio o en ambientes externos como una edificación. La información referente a ubicación se expresa de forma lógica o física. La ubicación lógica toma datos discretos, por ejemplo, salón 305, laboratorio de Telemática 2049. Para obtener la ubicación física se emplean sistemas de posicionamiento global GPS o métodos de triangulación mediante redes WiFi, entre otros.

A continuación se describe la red ontológica para un sistema consciente al contexto, que permite al estudiante interactuar con el entorno de aprendizaje: la persona está ubicada en una localización. La persona realiza una actividad. La actividad utiliza objetos de aprendizaje. La actividad tiene un tiempo de duración. La persona posee un dispositivo que le permite realizar las actividades de

aprendizaje. En la Figura 3-7 se muestran las relaciones entre las ontologías que describen el contexto.

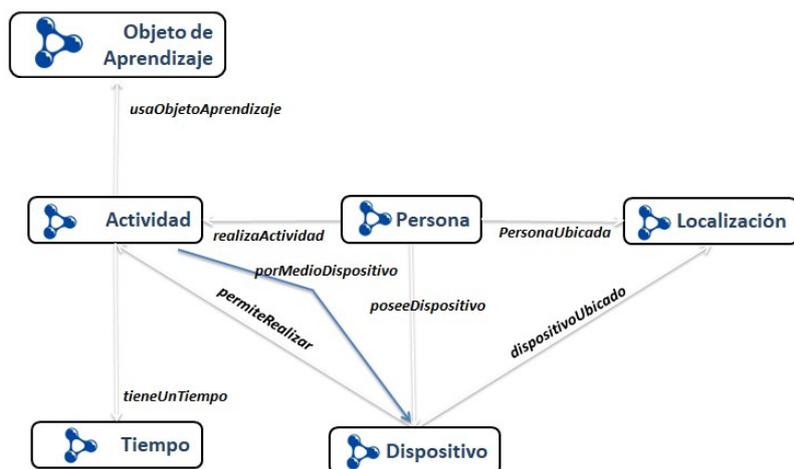


Figura 3-7. Red ontológica para un sistema consciente al contexto

En la Tabla 3-2 se muestran las relaciones de cada una de las ontologías representadas en la Figura 3-7.

Tabla 3-2. Relaciones de las ontologías en la red ontológica propuesta

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
personaUbicada	Todas las personas están ubicadas en una Localización.	Dominio: Persona Rango: Localización
dispositivoUbicado	Todos los dispositivos están ubicados en una Localización.	Dominio: Dispositivo Rango: Localización
poseeDispositivo	Todas las personas poseen un dispositivo que les permitirá interactuar con el contexto.	Dominio: Persona Rango: Dispositivo
realizaActividad	Todas las personas (estudiantes) realizan una actividad de aprendizaje.	Dominio: Persona Rango: Actividad
permiteRealizar	Un dispositivo permite realizar una o más actividades de aprendizaje.	Dominio: Dispositivo Rango: Actividad
tieneUnTiempo	Toda actividad tiene un tiempo establecido para desarrollarla.	Dominio: Actividad Rango: Tiempo
usaObjetodeAprendizaje	Toda actividad usa uno o más objetos de aprendizaje.	Dominio: Actividad Rango: Objeto de aprendizaje
porMedioDispositivo	Las actividades son	Dominio: Actividad

	realizadas por personas por medio de un dispositivo.	Rango: Dispositivo
--	--	--------------------

Luego de comparar las diferentes ontologías se escogieron dos ontologías candidatas por dominio específico. Las ontologías seleccionadas son las siguientes:

- Subdominio Persona
- FOAF
- CODAMOS
- Subdominio Dispositivo
- COBRA
- SOUPA
- Subdominio Ubicación
- COBRA
- CODAMOS
- Subdominio Evento
- COBRA
- EVENT
- Subdominio Objetos de Aprendizaje
- IMSPROJECT
- LOM2OWL

A continuación se describen cada una de las ontologías del sistema consciente al contexto de la red ontológica:

3.3.1. Ontología Persona

Representa a todos los individuos que interactúan con el sistema de consciencia contextual, como son los estudiantes y profesores. La clase Persona está compuesta por las subclases Estudiante, Profesor y Administrador. El perfil representa un subdominio de la clase estudiante y describe los conceptos relacionados con tipos de inteligencia, cursos inscritos y registro de actividades. Con esta información se pueden adaptar y entregar los recursos apropiados a las necesidades de cada estudiante.

La ontología FOAF es reutilizada por la clase Persona (FOAF:Person) representando personas, actividades y sus relaciones con otras personas y objetos en las clases *Agent* y *Person*. Las propiedades de FOAF:Person que se reutilizan son: *surname*, *lastName*, *family_name*, *depiction*, *firstName*, *homepage*, *mbox*, *birthday*, *status*, *phone*, *title*. En la clase Persona se definieron para este modelo las siguientes

propiedades: *esUn* (Estudiante, Profesor y Administrador), *personaUbicada*, *tienePerfil*. La Figura 3-8 muestra la ontología Persona y en la Tabla 3-3 se describen las relaciones.

Tabla 3-3. Relaciones de la ontología Persona

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
<i>tienePerfil</i>	Todas las personas tienen un perfil definido dentro del sistema de consciencia contextual. Este perfil permitirá al sistema ofrecer los contenidos apropiados que se ajusten a las necesidades de la persona.	Dominio: Persona Rango: Persona
<i>esUn</i>	Una persona puede ser un estudiante, un profesor o un administrador del sistema.	Dominio: Persona Rango: Persona
<i>personaUbicada</i>	Toda persona tiene una localización. Esta información de la ubicación permite al sistema de consciencia contextual entregar las notificaciones y actividades en función a la misma.	Dominio: Persona Rango: Localización
<i>Depiction</i>	Descripción de la persona	Dominio: <i>Thing</i> Rango: <i>Document</i> (FOAF)
<i>topic_interest</i>	Una cosa de interés para esta persona	Dominio: <i>Agent</i> Rango: <i>Thing</i> (FOAF)
<i>personal mailbox</i>	Una persona tiene correo electrónico.	Dominio: <i>Agent</i> Rango: <i>Thing</i> (FOAF)

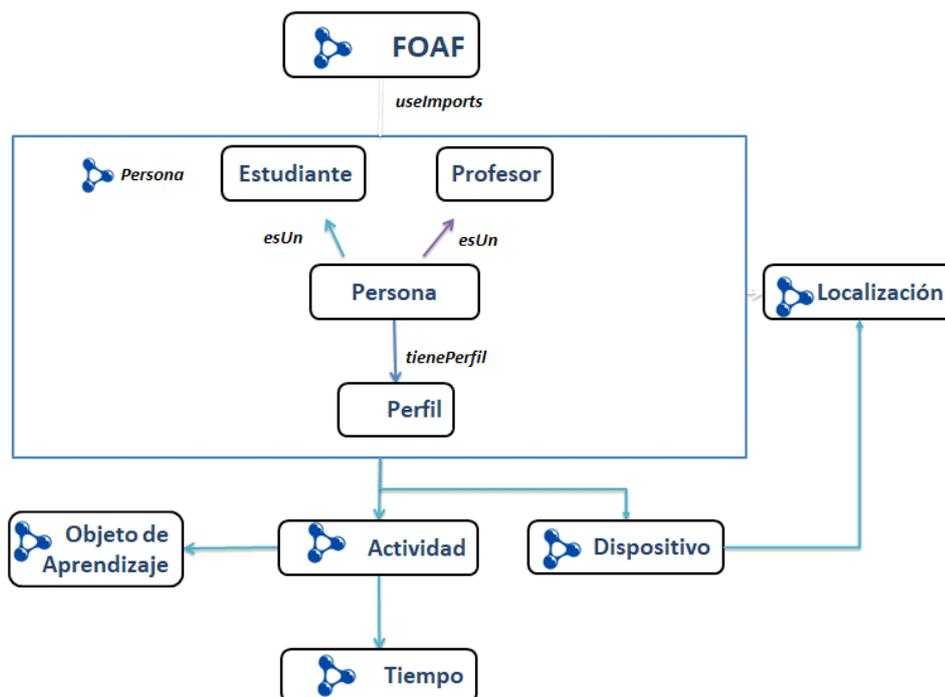


Figura 3-8. Ontología Persona

3.3.2. Ontología Actividad

La ontología Actividad es la que se encarga de las actividades del dominio. Las actividades se desarrollan de acuerdo con la situación en la que se encuentre el estudiante en cuanto a ubicación, tiempo y objetos de aprendizaje. De acuerdo con el modelo planteado para este dominio, un evento activa al planificador y una actividad tiene un planificador. El planificador contiene la secuencia de tareas que debe realizar el estudiante y éstas deben estar en función de los objetivos de aprendizaje del tema. Un estudiante está inscrito en un curso y el curso a su vez está constituido por una serie de actividades. Una persona posee un dispositivo que le permite realizar una actividad de aprendizaje. El evento permite notificar a un estudiante mediante el dispositivo. En la Figura 3-9 se muestra la ontología Actividad y en la Tabla 3-4 se describen las relaciones.

Tabla 3-4. Relaciones del dominio Actividad

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
esIndividual	Una actividad puede ser individual.	Dominio: Actividad Rango: Individual
esColaborativa	Una actividad puede ser colaborativa.	Dominio: Actividad Rango: Colaborativa
estaCompuestoPorActividad	Un curso está compuesto por una o más actividades.	Dominio: Curso Rango: Actividad
activaPlanificador	Un evento activa al	Dominio: Evento

	planificador.	Rango: Planificador
tienePlanificación	Una actividad tiene una planificación.	Dominio: Actividad Rango: Planificador
tieneUnTema	Una actividad tiene asociado un tema.	Dominio: Actividad Rango: Tema
esParteDeUnaAsignatura	Un tema hace parte de una asignatura.	Dominio: Tema Rango: Asignatura
esDictadaEn	Una asignatura es dictada en un programa académico.	Dominio: Asignatura Rango: Programa
haceParteDeUnaFacultad	Un programa académico hace parte de una facultad.	Dominio: Programa Rango: Facultad
estaInscritaCurso	Una persona está inscrita en un curso.	Dominio: Persona Rango: Curso
cursoDictadoEn	Un curso es dictado en una ubicación.	Dominio: Curso Rango: Localización
notificaPersona	Un evento notifica a una persona.	Dominio: Evento Rango: Persona
notificaDispositivo	Un evento notifica a un dispositivo.	Dominio: Evento Rango: Dispositivo
permiteRealizarActividad	Un dispositivo permite realizar una o más actividades.	Dominio: Dispositivo Rango: Actividad

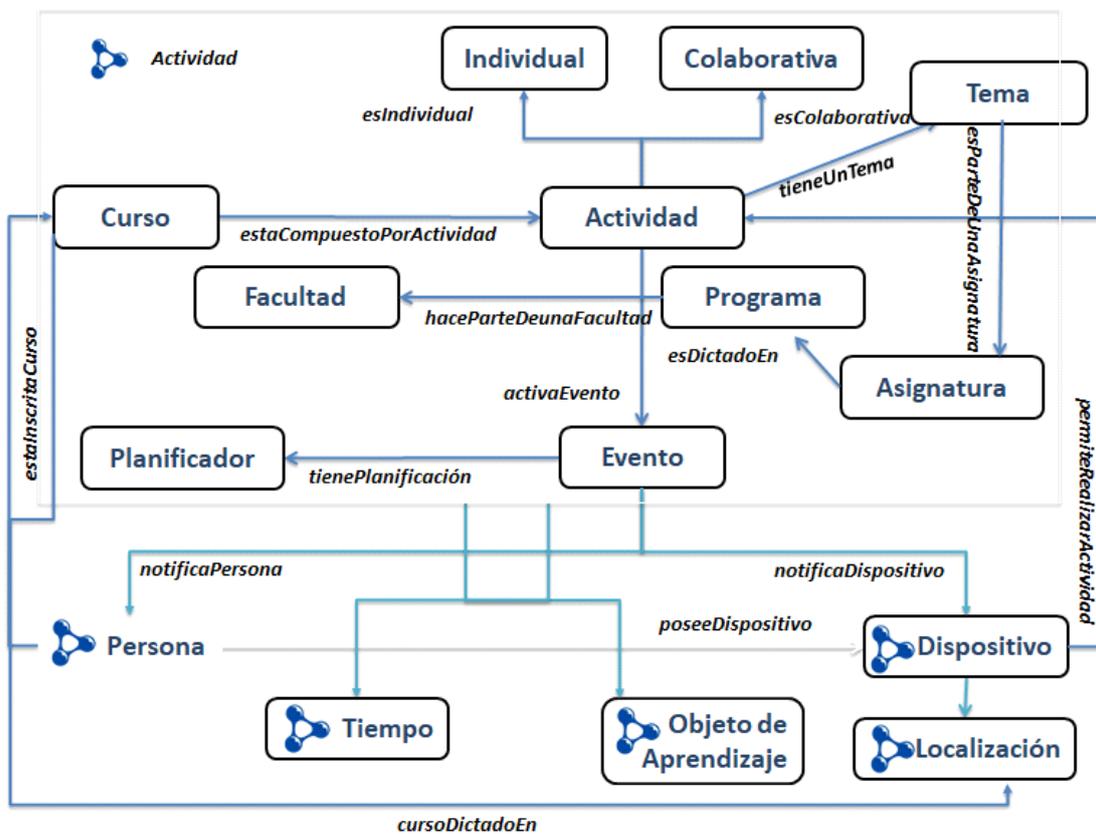


Figura 3-9. Ontología Actividad

3.3.3. Ontología Tiempo

Corresponde a conceptos relacionados con aspectos temporales como hora, minuto, segundo, milisegundo, nanosegundo o fecha (día, mes, año). El dominio del tiempo se utiliza para controlar el conjunto de acciones que se ejecutan en un momento determinado. Según Allen (1984) el concepto del tiempo se puede representar de dos formas, como intervalo y unidad. Por ejemplo, a modo de contexto un día es considerado un punto en el tiempo, en otro escenario puede ser un intervalo de tiempo.

La ontología Tiempo se relaciona con la actividad y es ejecutada por el planificador. Es decir, el tiempo es utilizado para definir la duración de una actividad de aprendizaje. De acuerdo con el modelo ontológico puede ser un tiempo instantáneo o un intervalo de tiempo. En el tiempo instantáneo, se dispara el evento que notifica a la persona que debe realizar una actividad según la planificación establecida. En el intervalo de tiempo se establece un rango para que la persona realice la actividad de aprendizaje. Un ejemplo de tiempo instantáneo se da cuando a las 14:00 horas se dispara un evento de notificación al dispositivo móvil de un estudiante inscrito en el curso de bases de datos, para que responda el cuestionario acerca del modelo entidad-relación en un intervalo de tiempo que va desde las 14:00 horas hasta las 16:00 horas de la fecha actual.

El modelo ontológico propuesto importó la ontología general *OWL-Time* y se tomaron las relaciones *after*, *before*, *day of week*, *has temporal duration*, *has time*, *month of year*. En la Figura 3-10 se muestra la ontología Tiempo y en la Tabla 3-5 se describen las relaciones.

Tabla 3-5. Relaciones de la ontología del dominio Tiempo

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
tieneUnTiempoInstantáneo	El tiempo puede ser instantáneo, por tanto activar un evento, una planificación o una programación para efectuar una actividad.	Dominio: Tiempo Rango: Tiempo instantáneo
tieneUnTiempoIntervalo	El tiempo puede ser un intervalo de tiempo que puede ser utilizado por el planificador y el programador para la ejecución de una actividad.	Dominio: Tiempo Rango: Intervalo de tiempo

<i>After</i> (después)	Da direccionalidad al tiempo. Si una entidad temporal T1 está después de otra entidad temporal T2, entonces el comienzo de T1 es posterior al final de T2.	Dominio: <i>Temporal entity</i> Rango: <i>Temporal entity</i> <i>OWL-Time</i>
<i>Before</i> (antes)	Da direccionalidad al tiempo. Si una entidad temporal T1 está antes de otra entidad temporal T2, entonces el final de T1 está antes del comienzo de T2. Por tanto, "antes" puede considerarse básico para los instantes y derivado para intervalos.	Dominio: <i>Temporal entity</i> Rango: <i>Temporal entity</i> <i>OWL-Time</i>
<i>Day of week</i>	El día de la semana	Dominio: <i>Generalized date -time description</i> Rango: <i>Day of week</i> <i>OWL-Time</i>
<i>has temporal duration</i>	Tiene una duración de tiempo	Dominio: <i>Temporal entity</i> Rango: <i>Temporal duration</i>
<i>has time</i>	Tiene tiempo	Dominio: <i>Temporal entity</i> Rango: <i>Temporal entity</i> <i>OWL-Time</i>
<i>month of year</i>	Mes del año	Dominio: <i>Generalized date -time description</i> Rango: <i>Month of year</i>

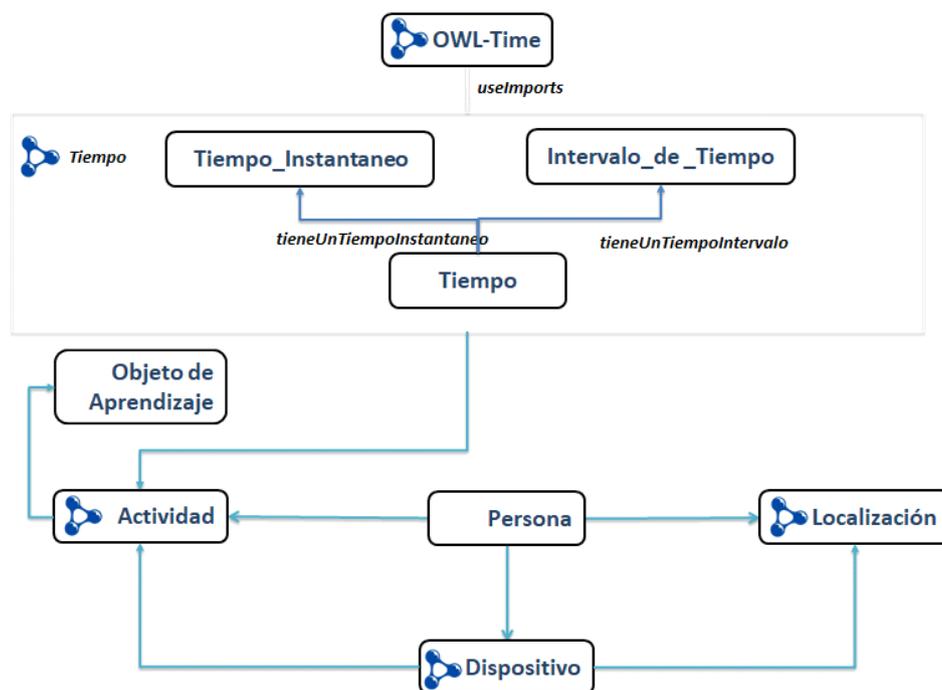


Figura 3-10. Ontología Tiempo

3.3.4. Ontología Dispositivo

La ontología Dispositivo se relaciona con la ontología Persona. El dispositivo realiza funciones como obtener la ubicación, permitir que el estudiante pueda realizar la actividad de aprendizaje y presentar el objeto de aprendizaje. Para acceder a las actividades de aprendizaje una persona debe poseer un dispositivo. Este dispositivo puede ser una *laptop*, un *smartphone* o una *tablet*. Para poder interactuar con el contexto un dispositivo requiere de una comunicación; por tanto, se define la relación *seComunicaDispositivo*. Esta comunicación con el dispositivo puede ser por medio de redes inalámbricas (WiFi), por una red LAN (red de área local) cableada, una red GSM (sistema global de comunicaciones móviles) y a través de sensores. Estos sensores (*Bluetooth*, cámara, lector NFC, GPS) permiten detectar cambios en el contexto, para que el sistema de consciencia contextual responda mediante eventos a las personas que están en el entorno de aprendizaje. La ontología de dominio que se reutiliza para este propósito es COBRA, con el dominio *Device*. La relación utilizada de COBRA-*device* es *ownsDevice*. En la Figura 3-11 se muestra la ontología Dispositivo y en la Tabla 3-6 se describen las relaciones.

Tabla 3-6. Relaciones de la ontología del dominio Dispositivo

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
<i>esUnSmartphone</i>	Un dispositivo puede ser un <i>smartphone</i> .	Dominio: Dispositivo Rango: Celular
<i>esUnLaptop</i>	Un dispositivo puede ser un <i>laptop</i> .	Dominio: Dispositivo Rango: <i>Laptop</i>
<i>esUnaTablet</i>	Un dispositivo puede ser una <i>tablet</i> .	Dominio: Dispositivo Rango: <i>Tablet</i>
<i>seComunicaDispositivo</i>	Un dispositivo se comunica a una red de área local, una red WiFi, GSM o sensores.	Dominio: Dispositivo Rango: Comunicación
<i>esPorMedioDeWifi</i>	Un dispositivo se puede comunicar por medio de redes WiFi.	Dominio: Comunicación Rango: WiFi
<i>esPorMedioDeLAN</i>	Un dispositivo se puede comunicar por medio de una red de área local cableada.	Dominio: Comunicación Rango: LAN
<i>esPorMedioDeGSM</i>	Un dispositivo se puede comunicar por medio de una red GSM.	Dominio: Comunicación Rango: GSM
<i>esPorMedioDeSensores</i>	Un dispositivo se puede comunicar por medio de sensores (GPS, NFC, <i>Bluetooth</i> , cámaras, micrófonos, acelerómetro).	Dominio: Comunicación Rango: Sensores

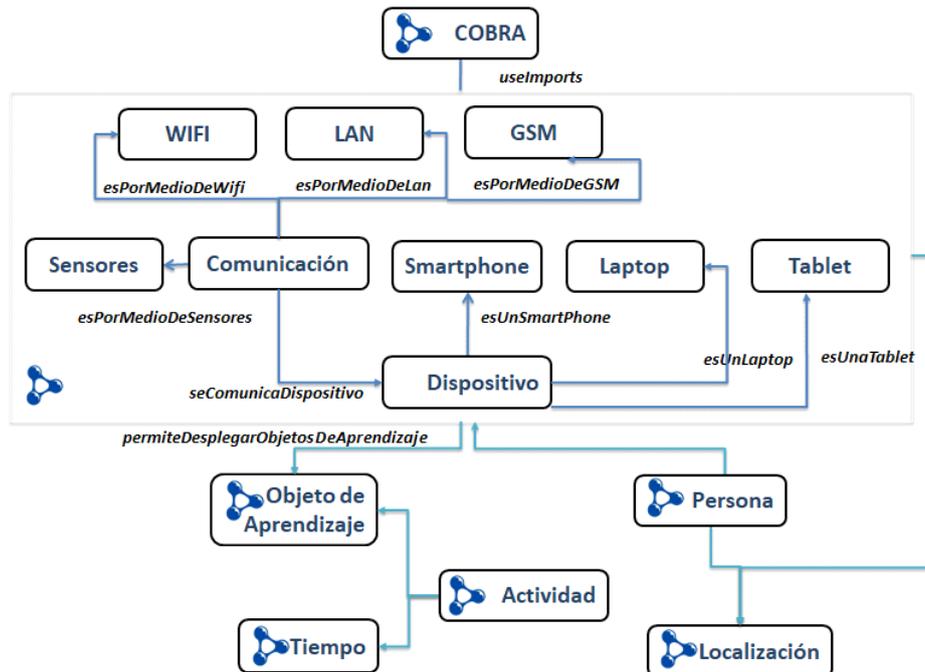


Figura 3-11. Ontología Dispositivo

3.3.5. Ontología Localización

La ontología Localización se relaciona con la persona, es decir, el sistema consciente al contexto debe detectar dónde se encuentra la persona para proveerle los recursos apropiados de acuerdo con su ubicación. Esta relación se da de forma directa con el dispositivo que es el responsable de obtener la localización del mismo mediante su sistema de comunicaciones y sensores, capaces de detectar la ubicación aproximada del dispositivo y el usuario. También está relacionada con las actividades debido a que de acuerdo con la ubicación del estudiante, el sistema notificará y entregará los recursos. Para explicar se plantea la siguiente situación: un estudiante se desplaza por el campus universitario y el sistema de localización del dispositivo envía las coordenadas al sistema de consciencia contextual para que determine la posición del estudiante. El sistema detecta una serie de actividades programadas para que el estudiante realice cuando se encuentre en un laboratorio de redes. Al estar cerca del laboratorio de redes, el mecanismo de evento envía una notificación al dispositivo del estudiante para que realice las actividades A, B y C. Las relaciones para el ámbito de este dominio son estaDentroDe y estaFueraDe, que permiten saber si una persona se encuentra dentro o fuera de un aula de clases, laboratorio, biblioteca, sala de estudios, entre otras. La ontología de dominio reutilizada para este propósito fue COBRA:

space-basic, con las relaciones *objectFoundInLocation* y *isLocated*. En la Figura 3-12 se muestra la ontología Localización y en la Tabla 3-7 se describen las relaciones.

Tabla 3-7. Relaciones de la ontología del dominio Localización

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
<i>estaDentroDe</i>	Una persona, un dispositivo o una actividad está en el interior de...	Dominio: Localización Rango: Interior
<i>estaFueraDe</i>	Una persona, un dispositivo o una actividad está en el exterior de...	Dominio: Localización Rango: Exterior
<i>objectFoundInLocation</i>	Un objeto encontrado en una ubicación	Dominio: Rango: <i>SpaceInAFixedHOC</i> (<i>COBRA:space-basic</i>)
<i>isLocated</i>	Está ubicado	Dominio: <i>ThingHasLocationContext</i> Rango: <i>LocationContextDescription</i> (<i>COBRA:space-basic</i>)

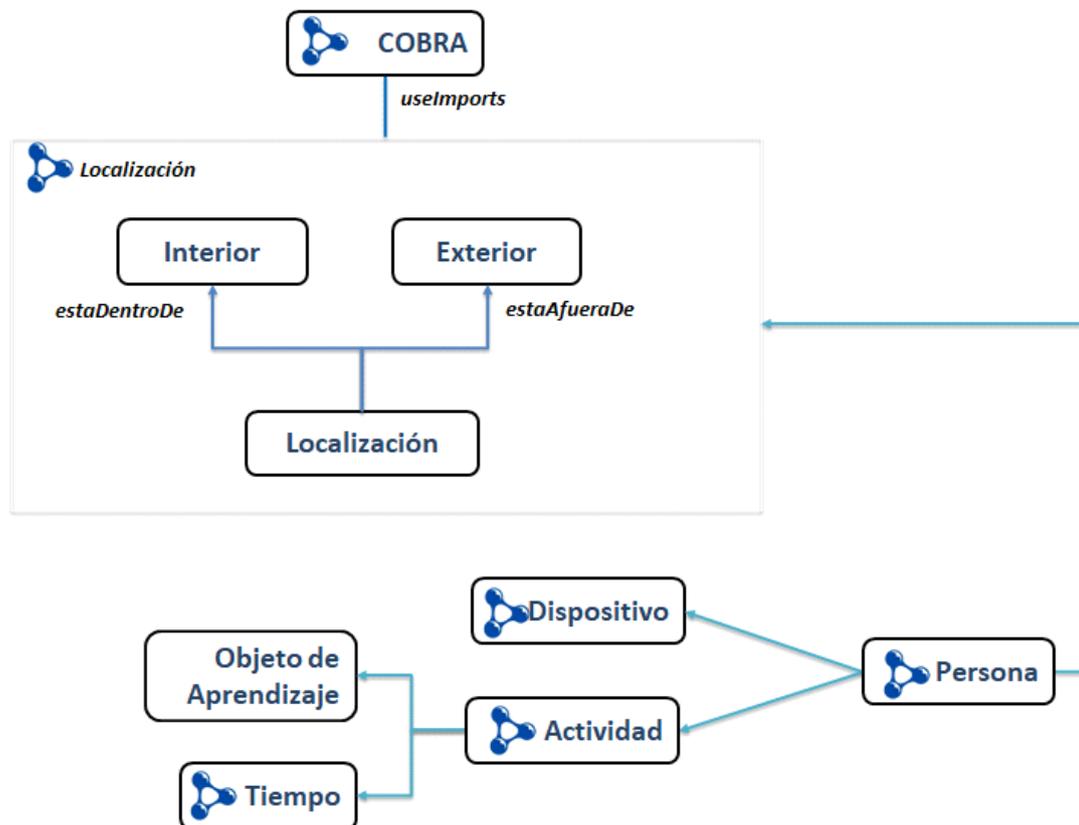


Figura 3-12. Ontología Localización

3.3.6. Ontología Objetos de Aprendizaje

La ontología Objetos de Aprendizaje se relaciona con la actividad. Una actividad de aprendizaje puede incluir uno o más objetos de aprendizaje. El propósito de los objetos de aprendizaje es servir como recurso para la enseñanza. De acuerdo con las actividades, los objetos de aprendizaje tienen definido el objetivo de ayudar a resolver problemas, permitiendo a los estudiantes con diferentes estilos de aprendizaje encontrar diversas rutas en la solución. Las relaciones definidas para este dominio son *tieneFormato*, *tieneIdioma* y *tieneTamaño*. Como ontología de dominio se reutilizó LOM2OWL con las siguientes relaciones: *hasClassification*, *hasContribution*, *hasCoverage*, *hasDescription*, *hasDuration*, *hasEducationalInformation*, *hasKeyword*, *hasMetadataIdentifier*, *hasResourceDescription*, *hasTechnicalRequirement*, *hasRelation*, *hasTitle* y *hasVersion*. En la Figura 3-13 se muestra la ontología Dispositivo y en la Tabla 3-8 se describen las relaciones.

Tabla 3-8. Relaciones de la ontología del dominio Objetos de Aprendizaje

Relación	Descripción	Restricciones de dominio y rango
<i>tieneFormato</i>	Un objeto de aprendizaje tiene formato, por ejemplo video, audio, texto.	Dominio: Objeto de aprendizaje Rango: LO tamaño
<i>tieneIdioma</i>	Un objeto de aprendizaje tiene un idioma.	Dominio: Objeto de aprendizaje Rango: LO idioma
<i>tieneTamaño</i>	Un objeto de aprendizaje tiene un tamaño en bits.	Dominio: Objeto de aprendizaje Rango: LO tamaño
<i>hasClassification</i>	Descripción de dónde se encuentra un objeto de aprendizaje dentro de un sistema de clasificación particular. Elemento IEEE LOM 9.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>lomClassification</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasContribution</i>	Aquellas entidades (es decir, personas, organizaciones) que han contribuido al estado de este objeto de aprendizaje durante su ciclo de vida (por ejemplo, creación, edición, publicación).	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>learningObjectContribution</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasCoverage</i>	El tiempo, la cultura, la geografía o la región a la que se aplica el objeto de aprendizaje. La extensión o alcance del contenido del objeto	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>langString</i> <i>LOM2OWL</i>

	de aprendizaje. La cobertura generalmente incluirá la ubicación espacial (un nombre de lugar o coordenadas geográficas), un período temporal (una etiqueta de periodo, una fecha o un rango de fechas) o una jurisdicción (como una entidad administrativa nombrada).	
<i>hasDescription</i>	Una descripción textual del contenido de este objeto de aprendizaje. Elemento IEEE LOM 1.4.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>langString</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasDuration</i>	Tiempo que toma un objeto de aprendizaje continuo cuando se juega a la velocidad deseada. Este elemento de datos es especialmente útil para sonidos, películas o animaciones. Elemento IEEE LOM 4.7.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>lomDuration</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasEducationalInformation</i>	Describe las características educativas o pedagógicas clave de este objeto de aprendizaje. Elemento IEEE LOM 5.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>lomEducational</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasKeyword</i>	Una palabra clave o frase que describe el tema de este objeto de aprendizaje. Este elemento de datos no se debe usar para las características que pueden describirse por otros elementos de datos. Elemento IEEE LOM 1.5.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>langString</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasTechnicalRequirement</i>	Una capacidad técnica necesaria para usar un objeto de aprendizaje. Elemento IEEE LOM "4.4. Requisito".	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>lomTechnicalRequirement</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>hasTitle</i>	Nombre dado a este objeto de aprendizaje. Elemento IEEE LOM 1.2.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>langString</i> <i>LOM2OWL</i>
<i>Versión</i>	La edición de este objeto de aprendizaje. Elemento IEEE LOM 2.1.	Dominio: <i>Learning Object</i> Rango: <i>langString</i> <i>LOM2OWL</i>

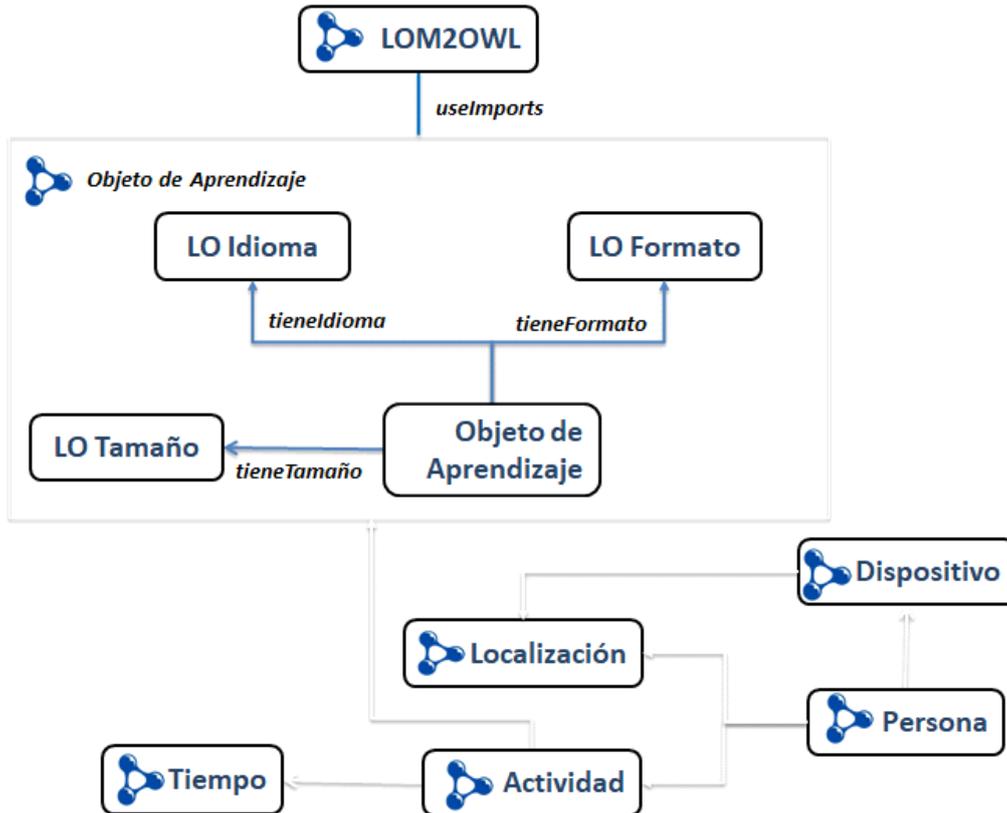


Figura 3-13. Ontología Objetos de Aprendizaje

3.4. Situaciones o comportamiento

Las situaciones y el comportamiento de nuestro modelo se mencionan a continuación:

1. Los estudiantes del curso C que hacen parte del grupo G reciben una notificación para desarrollar la actividad A en una fecha determinada.
2. El estudiante A, de acuerdo con su perfil P, es notificado para realizar la actividad A de aprendizaje que está asociada a uno o más objetos de aprendizaje obj.
3. Los estudiantes del curso C reciben una notificación para desarrollar una actividad A de forma individual.
4. El estudiante E recibe una notificación para realizar la actividad de aprendizaje A en una ubicación U.
5. Permite notificar a todos los estudiantes en un curso determinado. Esta situación envía una notificación genérica a todos los miembros de un curso.

6. Los estudiantes del curso C que tienen perfil de inteligencia verbal, reciben una notificación.
7. El estudiante A del curso C realizará una actividad de aprendizaje X a las H horas en la fecha m/d/a en el salón S.
8. Permite notificar a unos estudiantes de acuerdo con una actividad colaborativa.
9. El estudiante A del curso C realizará una actividad de aprendizaje X en la que debe leer etiquetas NFC y *QRCode* en el laboratorio L en la fecha m/d/a.
10. El estudiante A se encuentra en la ubicación U y recibe notificación sobre una actividad de aprendizaje que se está desarrollando en un salón cercano a él y que guarda relación con un tema del curso C, en el cual está inscrito.
11. El estudiante A recibe en su dispositivo una lectura recomendada 24 horas antes de realizar una evaluación del tema T del curso C.
12. Mientras el estudiante A se desplaza alrededor del auditorio, recibe la notificación de una actividad que se desarrolla en el sitio y que tiene relación con el tema T del curso C, en el cual está inscrito.
13. El estudiante A recibe una notificación en su dispositivo informándole que sus compañeros de grupo están realizando prácticas de laboratorio.
14. El estudiante, de acuerdo con su perfil, ejecuta una actividad de aprendizaje que está asociada a uno o más objetos de aprendizaje.
15. El estudiante, de acuerdo con su perfil y ubicación, ejecuta una actividad de aprendizaje que está asociada a uno o más objetos de aprendizaje.

3.5. Descripción detallada de las situaciones o comportamientos

El modelo ontológico propuesto se aplicó en un ambiente inteligente para notificar las situaciones a las personas involucradas en un entorno universitario. Este caso de estudio se muestra en la Figura 3-14 considerando seis situaciones o comportamientos descritos previamente.

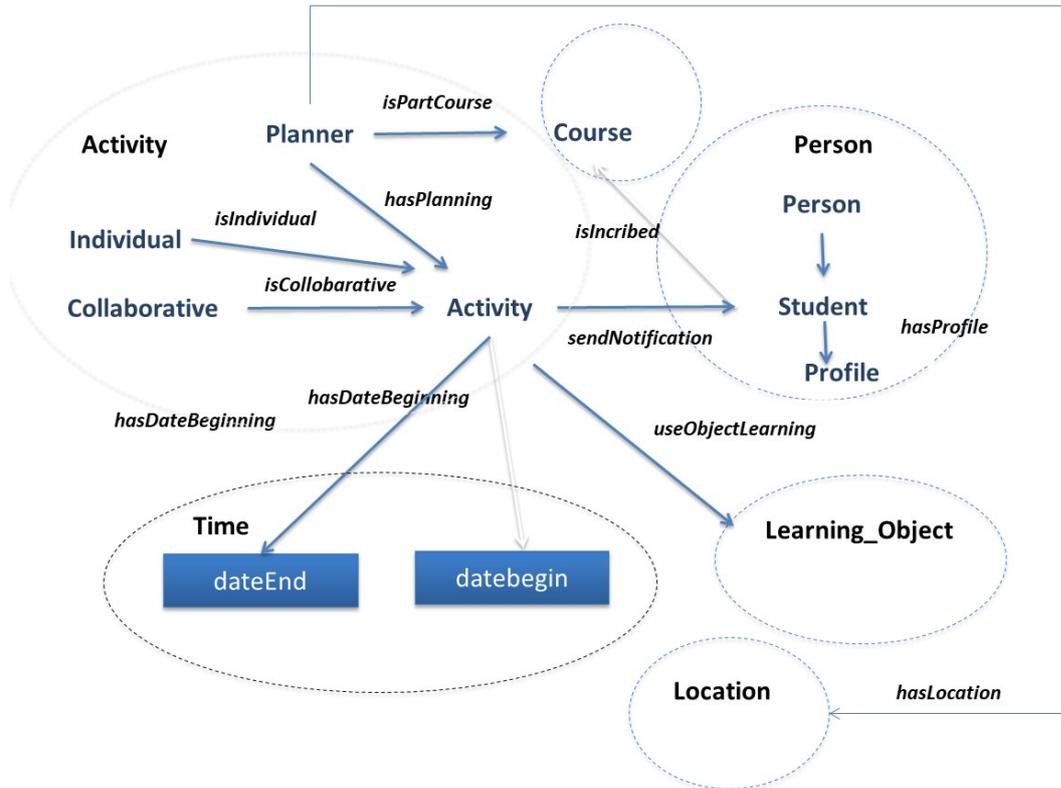


Figura 3-14. Instanciación del modelo ontológico al caso de estudio

3.5.1. Situación 1

Los estudiantes del curso C que hacen parte del grupo G reciben una notificación para desarrollar la actividad A en una fecha determinada.

Los estudiantes del curso Curs10004 que hacen parte del grupo G reciben una notificación para desarrollar la actividad Act99007. En la regla 1 se notifican actividades a los estudiantes.

```

Planner(?plan), hasPlanning(?plan, Act99007), Course(Curs10004),
Student(?student), isInscribed(?student, Curs10004), isPartCourse(?
plan, Curs10004), Collaborative(?collab), isCollaborative(?collab,
Act99007), hasDateBeginning(?Act99007, ?datebegin),
hasDateEnd(?Act99007, ?dateend), swrlb:lessThanOrEqual(?
datebegin, ?dateend) -> NotifyActivity(?student)
    
```

Para ver el comportamiento de la regla 1, implementada en Protegé 5.0, usamos el razonador Pellet. Al instanciar la regla se encontró que tres estudiantes deben ser notificados para realizar la actividad.

En la Figura 3-15 se pueden apreciar los resultados obtenidos a partir de la situación planteada, visualizando los tres estudiantes notificados.

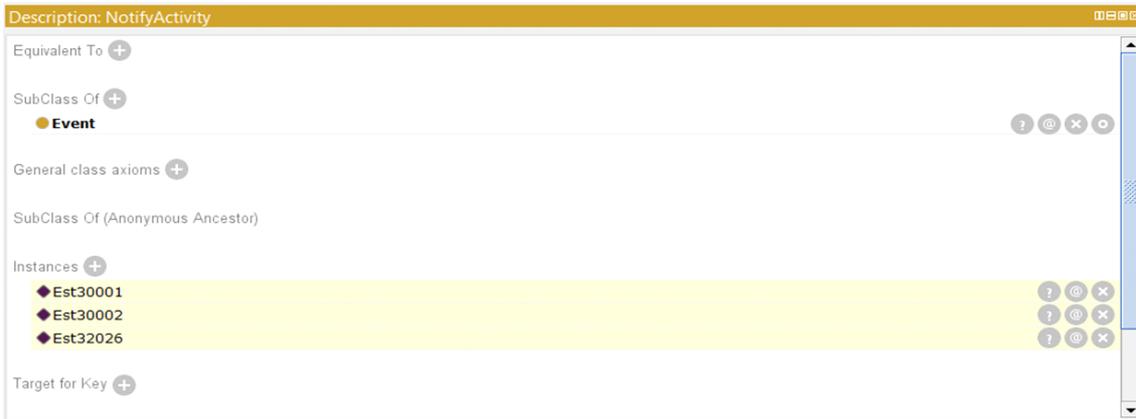


Figura 3-15. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 1

En la Figura 3-16 se observa la explicación para el estudiante Est30001 en la notificación de actividad que genera el motor de inferencia Pellet.



Figura 3-16. Interpretación de la regla del estudiante Est30001

Como se puede observar en la Figura 3-16, el estudiante Est30001 es de tipo *Student*, está inscrito en el curso Curs10004, el grupo Grupo55014 es de tipo *Collaborative*, el planificador Planner800008 tiene una fecha de inicio “2018-04-23” y una fecha final “2018-04-23”, el planificador Planner800008 es parte del curso Curs10004, el Grupo55014 tiene una actividad Act99007 y es colaborativa, la actividad Act99007 tiene una planificación Planner800008, el curso Curs10004 es de tipo *Course* y el planificador Planner800008 es de tipo *Planner*.

3.5.2. Situación 2

El estudiante A, de acuerdo con su perfil P, es notificado para realizar la actividad A de aprendizaje que está asociada a uno o más objetos de aprendizaje Obj.

En esta situación se representa al estudiante Est30001 inscrito en el curso Curs10004 y en la actividad de aprendizaje Act99007. La actividad de aprendizaje está asociada a un objeto de aprendizaje Obj de acuerdo con su perfil. La regla 2 notifica a los estudiantes el uso de objetos de aprendizaje en función de una actividad determinada.

Planner(?plan), hasPlanning(?plan, Act99007), Course(?course), isInscribed(?student, ?course), Student(?student), isPartCourse(?plan, ?course), Profile(?prof), hasProfile(?student, ?prof), Learning_Object(?obj), useObjectLearning(Act99007, ?obj) -> NotifyActivity(?student) (2)

En la Figura 3-17 se aprecia el comportamiento de la regla ejecutada.

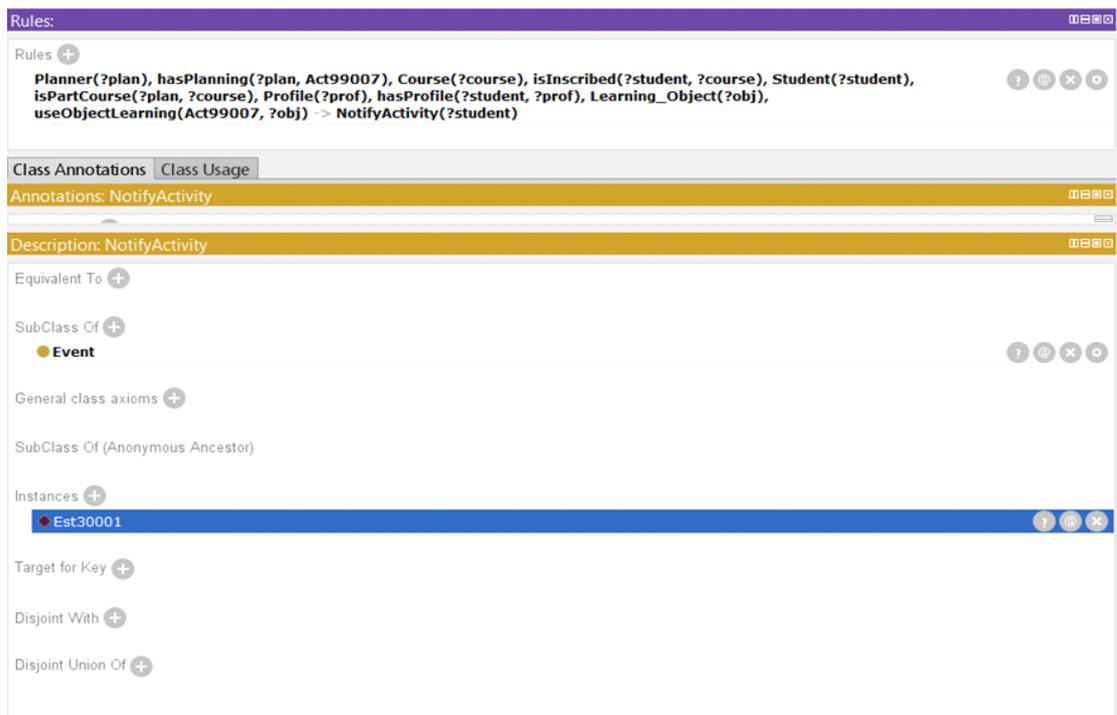


Figura 3-17. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 2

En la Figura 3-18 se observa la interpretación de la regla para el estudiante Est30001 en la notificación de actividad.

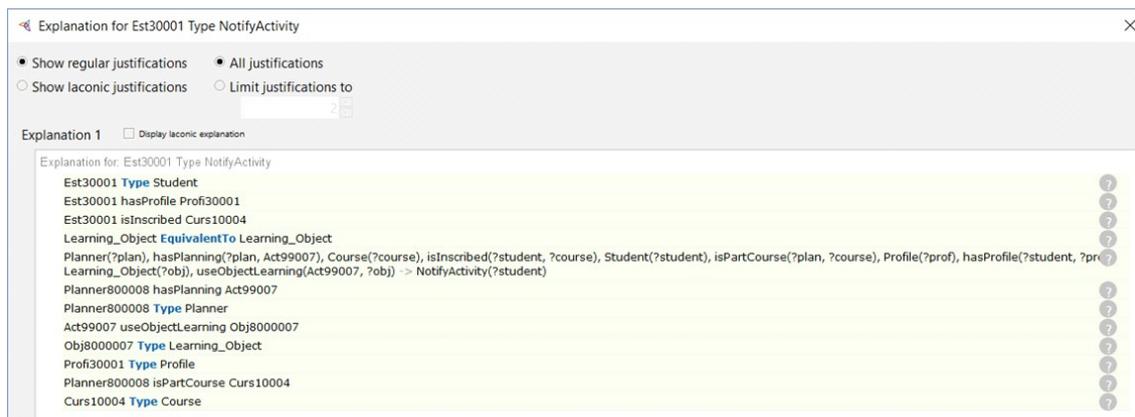


Figura 3-18. Interpretación de la regla del estudiante Est30001, situación 2

En la Figura 3-18 se interpreta que el estudiante Est30001 es de tipo *Student*, tiene un perfil Prof30001, está inscrito en el curso Curs10004 y en la actividad Act99007. La actividad tiene una planificación Planner8000008, el planificador es de tipo *Planner*, la actividad usa el objeto de aprendizaje Obj80000007, el objeto de aprendizaje es de tipo *Learning_Object*.

3.5.3. Situación 3

Los estudiantes del curso C reciben una notificación para desarrollar una actividad A de forma individual.

Los estudiantes del curso Curs10002 reciben una notificación para desarrollar la actividad Act99005 de forma individual. La regla 3 notifica a los estudiantes la actividad que será desarrollada de forma individual.

```

Planner(?plan), hasPlanning(?plan, Act99005), Course(Curs10002),
Student(?student), isInscribed(?student, Curs10002), isPartCourse(?
plan, Curs10002), Individual(?indiv), isIndividual(?indiv, Act99005)
-> NotifyActivity(?student)
    
```

En la Figura 3-19 se puede apreciar el resultado de la notificación a diez estudiantes que pertenecen al curso Curs10002, para que realicen la actividad Act99005 de forma individual.



Figura 3-19. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 3

En la Figura 3-20 se puede apreciar la interpretación de la regla para el estudiante Est31010, que es notificado para realizar la actividad Act99005 de forma individual.

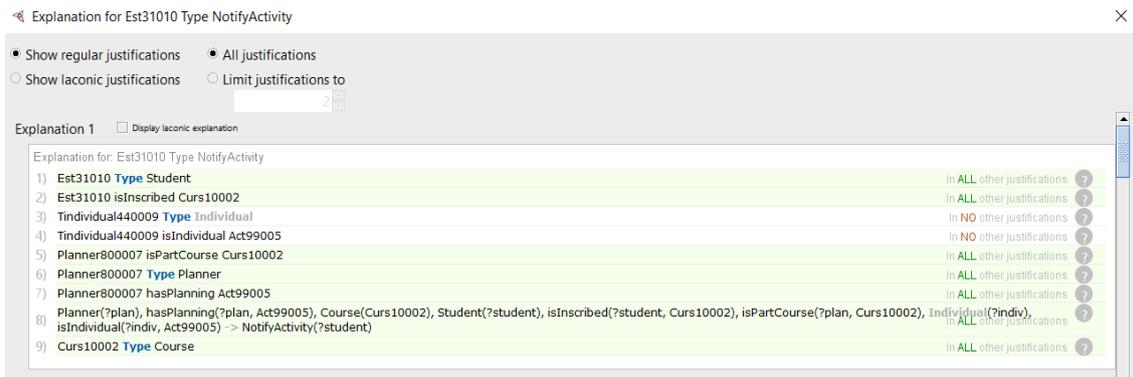


Figura 3-20. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 3

En la Figura 20 se puede apreciar que el estudiante Est31010 es de tipo *Student*, el estudiante Est31010 está inscrito en el curso Curs10002, la actividad Act99005 es individual, el planificador Planner800007 es parte del curso Curs10002, el planificador es de tipo *Planner* y Tindividual440004 es de tipo *Individual*. En este caso, la actividad individual Act99005 es “resolución de problemas usando la aritmética de polinomios para calcular el CRC” como se puede apreciar en la Figura 3-21.

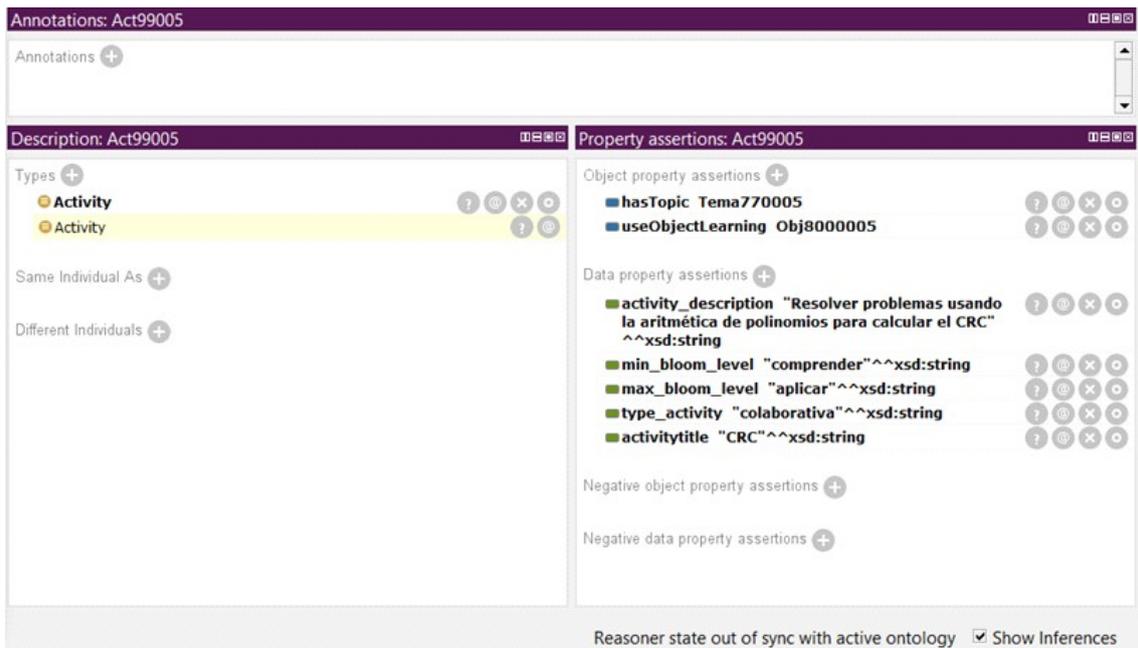


Figura 3-21. Propiedades de la actividad Act99005, situación 3

3.5.4. Situación 4

El estudiante E recibe una notificación para realizar la actividad de aprendizaje A en una ubicación U.

La situación planteada se presenta cuando el estudiante Est30001 es notificado para que realice una actividad de aprendizaje en la ubicación Lugar66003. La regla 4 permite notificar a los estudiantes de acuerdo con la actividad de aprendizaje y la ubicación.

Planner(?plan), hasPlanning(?plan, Act99004), Course(Curs10003),
 Student(?student), isInscribed(?student, Curs10003), isPartCourse(?plan, Curs10003), Collaborative(?collab), isCollaborative(?collab, Act99004), Location(?loc), hasLocation(?plan, ?loc) -> NotifyActivity(?student) (4)

La Figura 3-22 muestra el resultado de diez estudiantes que hacen parte del curso Curs10003.

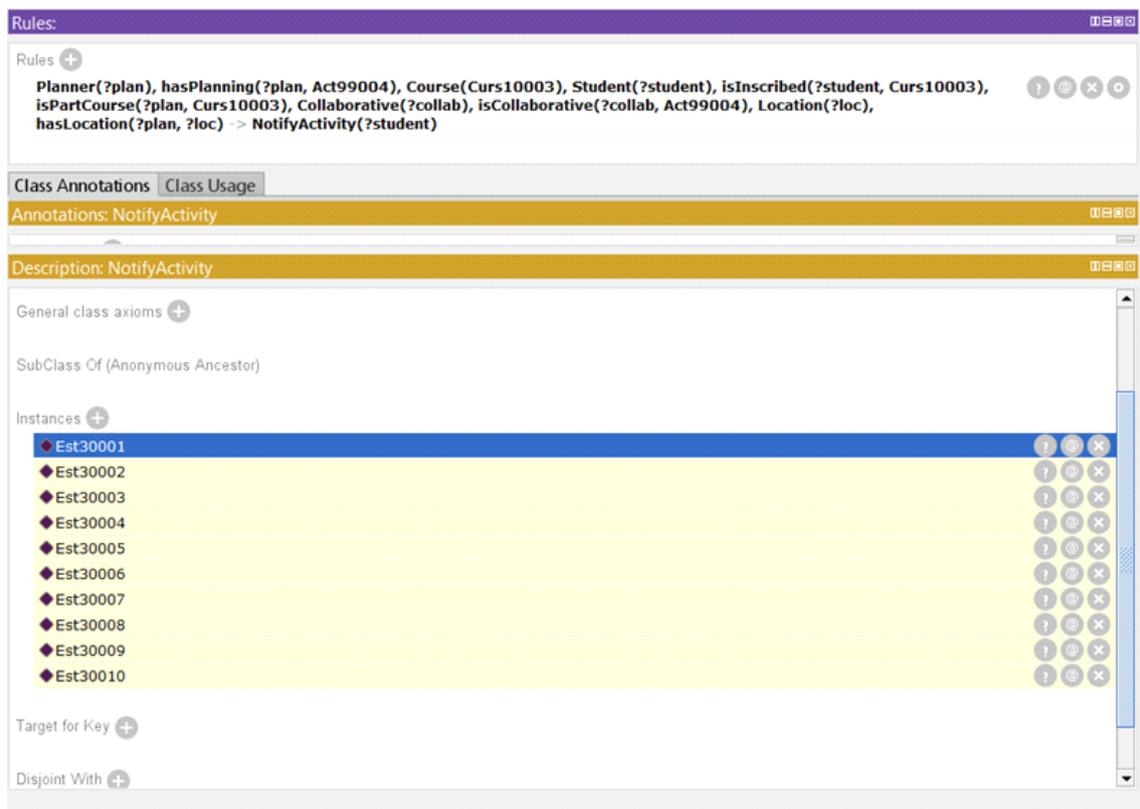


Figura 3-22. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 4.

En la Figura 23 se puede apreciar la interpretación de la regla para el estudiante Est30010, resultado de la inferencia en el razonador Pellet.

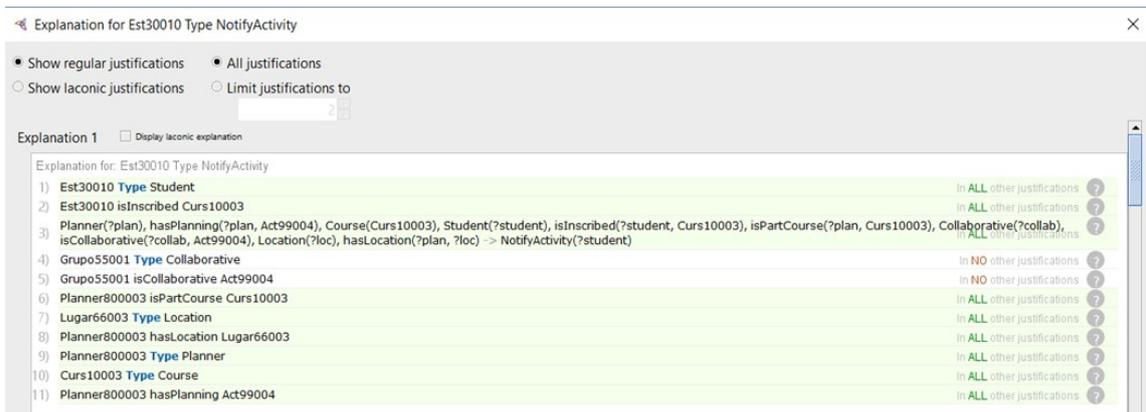


Figura 3-23. Interpretación de la regla del estudiante Est30010, situación 4

En la Figura 3-23 se observa que el estudiante Est30010 es de tipo *Student*, el estudiante Est30010 está inscrito en el curso Curs10003, el grupo Grupo55001 es de tipo colaborativo, la actividad Act99004 es de tipo colaborativo, el planificador Planner800003 es parte del curso Curs10003, el lugar Lugar66003 es de tipo *Location* y el planificador es Planner800003.

3.5.5. Situación 5

Permite notificar a todos los estudiantes en un curso determinado. Esta situación envía una notificación genérica a todos los miembros de un curso.

La regla 5 notifica a todos los estudiantes inscritos en un curso:

Student (?std), isInscribed(?std, Curs10002), Course(?c) -> Notify(?std) (5)

En la Figura 3-24 se puede apreciar el resultado de la notificación a los diez estudiantes que pertenecen al curso Curs10002.

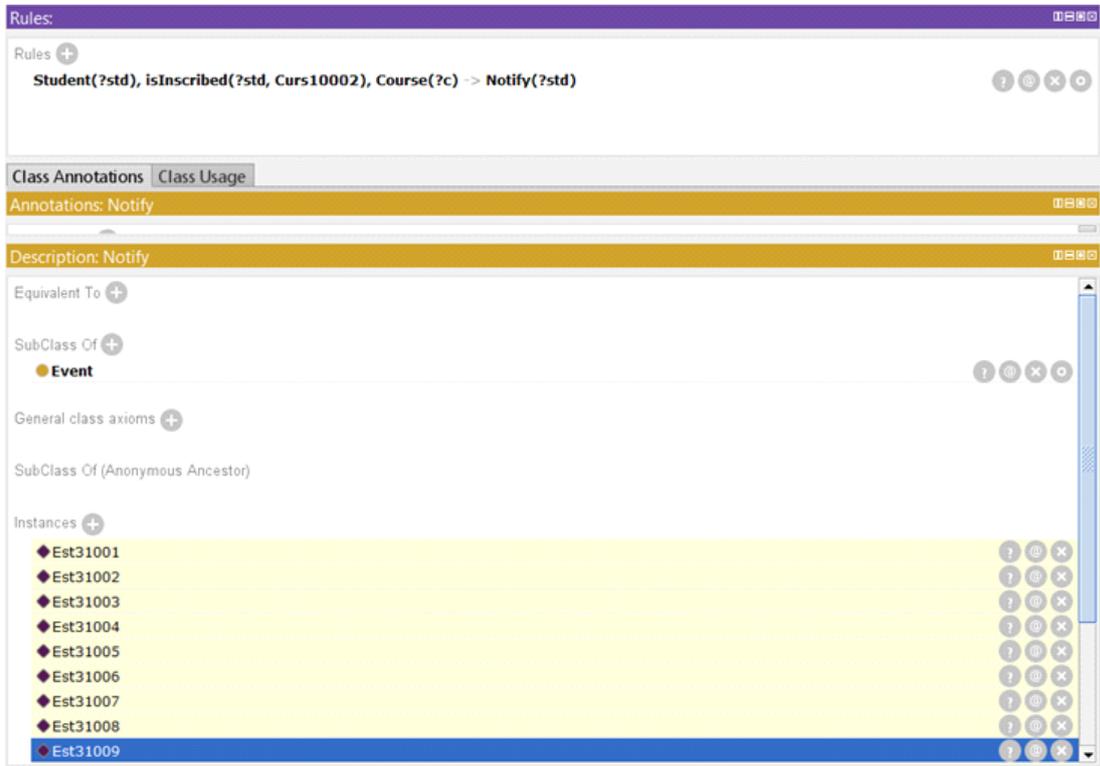


Figura 3-24. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 5

La Figura 3-25 muestra la interpretación obtenida por el razonador para el estudiante Est31009.



Figura 3-25. Interpretación de la regla del estudiante Est31009, situación 5

La Figura 3-25 muestra que el estudiante Est31009 es de tipo *Student*, el estudiante Est31009 está inscrito en el curso Curs10002 y el curso Curs10002 es de tipo *Course*.

3.5.6. Situación 6

Los estudiantes del curso C que tienen perfil de inteligencia verbal, reciben una notificación.

En esta situación se envía una notificación a todos los estudiantes que pertenecen al curso Curs10002 y que tienen un perfil con inteligencia verbal. La regla 6 permite notificar a un estudiante de acuerdo con el perfil:

```
Student(?std), isInscribed(?std, Curs10002), Course(?c),      (6)
  hasProfile(?std, ?p), verba_intelligence(?p, ?vi),
  swrlb:stringEqualIgnoreCase(?vi, "YES") -> Notify(?std)
```

La Figura 3-26 muestra el resultado de seis estudiantes que pertenecen al curso Curs10002.



Figura 3-26. Resultados en la ejecución de la regla planteada para la situación 6

En la Figura 3-27 se puede observar el resultado de la inferencia para el estudiante Est31008.



Figura 3-27. Interpretación de la regla del estudiante Est31008, situación 6

En la Figura 3-27 se puede apreciar que el estudiante Est31008 es de tipo *Student*, el estudiante Est31008 tiene un perfil Prof31008 y está inscrito en el curso Curs10002, el perfil de inteligencia verbal es SI y el curso es de tipo *Course*.

3.6. Comparación con otros modelos ontológicos

Existe una amplia gama de ontologías cada una de ellas con propósitos específicos. Se encuentra gran variedad, incluso delimitando las áreas de trabajo como la que corresponde al ámbito de esta investigación. En la Tabla 3-9 se compara la cobertura o el alcance de las clases de información de contexto, abordadas en los modelos de contexto basados en ontologías realizadas en planteamientos previos. Los criterios utilizados para la comparación de las clases en cada modelo de contexto son los siguientes:

- Definición explícita de la clase en el modelo de contexto (^H)
- Definición explícita de la clase por medio de subclases en el modelo de contexto (^{H *})
- Definición parcial de la clase a través de una sola clase o subclase contenida en el modelo (P)
- Definición parcial de la clase a través de diferentes clases o subclases contenidas en el modelo (P*)
- Clase no definida de forma explícita ni parcial (N)

Tabla 3-9. Información de clases de contexto y cobertura

Propuesta	Propósito	Dispositivo	Actividad	Tiempo	Ubicación	Estudiante	Perfil	RoI	Objetos de aprendizaje
<i>A Context Framework with Ontology for Personalized and Cooperative Mobile Learning</i> (Moore y Hu, 2006)	Definición de contexto para un estudiante en el ámbito de la enseñanza superior.	..H	..H	..H	..H	..H	N	..H	N
<i>A model for learning objects adaptation in light of mobile and context-aware computing</i> (Abech et al., 2016)	Modelo arquitectónico para la adaptación de objetos de aprendizaje considerando las características del dispositivo, el estilo de aprendizaje y la información contextual de otros estudiantes.	..H	..H	N	..H	..H	..H	N	..H
<i>An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments</i> (Luna et al., 2015)	Se presenta un enfoque basado en ontologías para representar el proceso de interacción entre el perfil de usuario y su contexto de aprendizaje colaborativo.	N	..H	N	..H	..H	..H	N	N
<i>An Ontology-based Framework for Context-aware Adaptive E-learning System</i> (Sudhana et al., 2013)	Categorización de la información contextual y el modelado, junto con el uso de la ontología para especificar explícitamente el contexto del alumno en un entorno de <i>e-learning</i> .	..H	..H	..H *	..H *	..H	N	..H *	N
<i>Context Awareness Using Semantic Web Technology in the Ubiquitous Learning Service</i> (Kim y Kim, 2008)	Diseño de un lenguaje de expresión que puede inferir la información sobre el contexto como parte de servicios web más individualizados e inteligentes.	..H*	N	N	N	..H	N	N	X
<i>Context model and context acquisition for ubiquitous content access in ulearning environments</i>	Un modelo de contexto para describir formalmente y adquirir información contextual relacionada con los estudiantes y el contenido de aprendizaje.	..H*	N	..H	..H	..H	..H	N	N

CAPÍTULO 3. MODELO DE CONTEXTO PARA UN ENTORNO INTELIGENTE DE APRENDIZAJE

(Yang et al., 2006)									
<i>How to apply context-awareness in an adaptive e-learning environment to improve personalization capabilities?</i> (Gasparini et al., 2011)	Detalla un enfoque del modelado de usuarios en el <i>e-learning</i> , tomando en cuenta aspectos contextuales tales como el contexto tecnológico, educativo, personal y especialmente cultural para mejorar las capacidades de personalización, haciendo uso de ontologías para representar el contexto.	⊂	N	N	⊂	⊂	N	N	N
Nuestra propuesta	Un modelo de ontología para entornos inteligentes de aprendizaje soportado en la consciencia contextual.	⊂	⊂	⊂	⊂	⊂	⊂*	⊂*	⊂

Como se observa en la Tabla 3-9, sólo tres modelos planteados tienen más clases definidas en común con este trabajo. En el caso de la propuesta de Moore y Hu (2006), dentro de su modelo de contexto no definen de forma explícita ni parcial las clases de Perfil y Objetos de Aprendizaje. En el modelo planteado por Abech et al. (2016), no se definen las clases Tiempo y Rol. Para el caso de Sudhana et al. (2013), no contemplan la definición de clases de Perfil y Objetos de Aprendizaje. Para el resto de modelos planteados, tienen menos clases definidas para la representación del contexto. Sin embargo, eso no implica que no puedan resolver su problema, sólo que fueron modelados para responder a una necesidad en particular. Además de estas propuestas existen otras, pero con menos entidades reflejadas para modelar el contexto. La clase que tiene cobertura en todos los modelos es la del estudiante.

A diferencia de los tres modelos con más similitud mostrados anteriormente, en esta propuesta se incluyeron todas las clases para definir el modelo de contexto descritas en la tabla anterior. El Perfil y el Rol fueron definidos de forma explícita en subclases pertenecientes a Estudiante. Además, se definió la clase Profesor que no está contemplada en ninguno de los trabajos anteriores. La intención de definir todas estas dimensiones del modelo de contexto, es con el propósito de describir mejor la información contextual para que pueda ser entendida por la arquitectura presentada en el siguiente capítulo.

Como se puede apreciar en la Tabla 3-9, a pesar de que el propósito de las ontologías planteadas es apoyar procesos de enseñanza aprendizaje para sistemas contextuales, cada una plantea y modela el contexto de la forma en que concibe el problema. Es decir, no hay un criterio único para resolver las necesidades en un entorno educativo soportado en el contexto dada la naturaleza misma de la educación. Cada trabajo de investigación descrito anteriormente, utiliza y modela la información del contexto de acuerdo con las necesidades del entorno educativo. Frente a lo anterior, resulta ser un problema la falta de dominios que permitan describir todas las dimensiones de un modelo ontológico, para un sistema de enseñanza-aprendizaje apoyado en la consciencia contextual. En esta propuesta se incluyeron las dimensiones más comunes para modelar el contexto en un entorno universitario, que permiten resolver

el propósito de esta tesis y pueden ser reutilizadas para la solución de otros problemas asociados a la educación.

Resumen

En este capítulo, se definió el modelo general de contexto para un sistema de consciencia contextual que permite describir los elementos de un entorno de aprendizaje. Inicialmente, en la definición del modelo ontológico se adoptó la metodología de desarrollo de ontologías NeOn tomando como referencia los escenarios 1, 3 y 5. Posteriormente, se describió la ontología general con los elementos del contexto (ubicación, persona, objetos de aprendizaje, dispositivo, tiempo y actividad). En la red ontológica general se describieron las relaciones y los dominios. Finalmente, se implementó el modelo en *Protégé* y se ejecutaron las reglas para validar algunas situaciones. En términos generales, este modelo ontológico puede ser aplicado a cualquier entorno de aprendizaje consciente al contexto en el ámbito universitario. Además, se puede aplicar en lo relacionado con educación en todos los niveles. Como se pudo apreciar en las situaciones planteadas, el modelo responde en forma clara a las reglas definidas, permitiendo notificar a los estudiantes sobre los eventos que se presentan en un entorno educativo.

CAPÍTULO 4

ARQUITECTURA PARA ENTORNOS INTELIGENTES DE APRENDIZAJE

4.1. Introducción

En este capítulo se presenta una arquitectura que permite responder a las diferentes situaciones o comportamientos que surgen en un entorno inteligente de aprendizaje. Estas situaciones varían de acuerdo con la información detectada en el contexto, por ejemplo, la ubicación de una persona y el rol que ésta desempeña, la planificación de una actividad, la proximidad con objetos y/o espacios físicos inherentes a una actividad en particular, entre otras. La arquitectura propuesta permite gestionar la información del contexto para adaptarla a las necesidades del usuario. Para este propósito es necesario definir los mecanismos de adquisición del contexto, modelamiento, almacenamiento, procesamiento, notificación y presentación de la información. Estos mecanismos son abordados en cada una de las capas de la arquitectura.

Esta arquitectura está compuesta por las siguientes capas: persistencia, mapeo y recuperación de datos, base de conocimiento, gestión del contexto y ambiente físico. En la Figura 4-28 se aprecia la distribución.

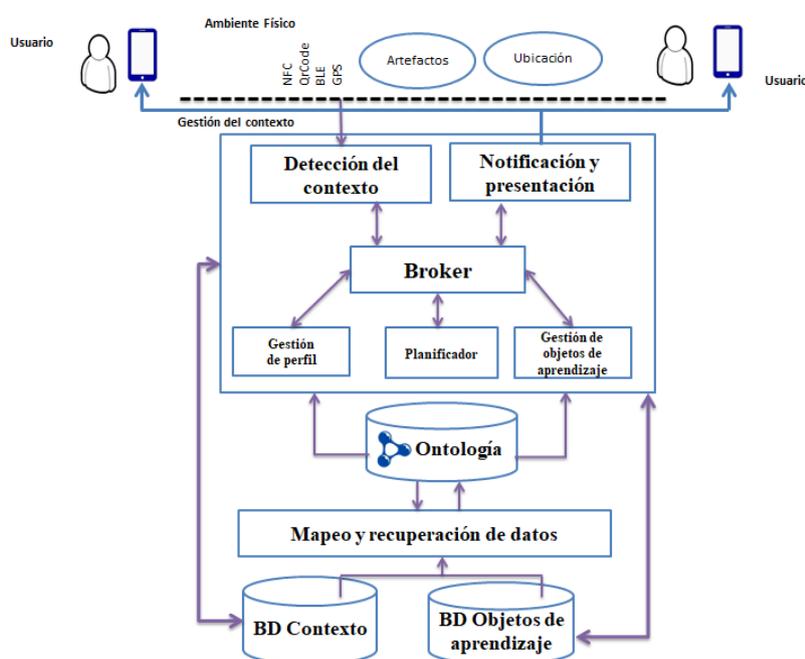


Figura 4-28. Arquitectura del sistema

A continuación se describe en detalle cada una de las capas.

4.2 Persistencia

La persistencia está compuesta por dos bases de datos relacionales: académica y objetos de aprendizaje. La base de datos académica se encarga de almacenar la información relacionada con los perfiles de los estudiantes, cursos, asignaturas, programas académicos, horarios de clases, seguimiento a las actividades de aprendizaje, docentes, ubicación de espacios físicos y escenarios de aprendizaje. En general, almacena toda la información relacionada con los estudiantes, docentes y las actividades académicas. La base de datos de objetos de aprendizaje almacena los recursos utilizados para desarrollar las actividades de aprendizaje en un entorno educativo. Estas dos bases de datos operan en un servidor *MySQL 5.7.17*.

4.3. Mapeo y recuperación de datos

Esta capa es la encargada de mapear y recuperar la información de las bases de datos relacionales y trasladarla al modelo ontológico como se aprecia en la Figura 4-29. El proceso de mapeo consiste en identificar las tablas con sus respectivos campos, relaciones y restricciones. Existen varias herramientas que suministran interfaces para transformar bases de datos relacionales a modelos semánticos (Sauer mann y Schwarz, 2005; Bizer y Seaborne, 2004; Polfriet y Ichise, 2010). Sin embargo, esta adaptación de modelos relacionales a modelos semánticos presenta problemas para realizar el descubrimiento de restricciones como el tratamiento de las claves primarias y foráneas, además del manejo de la herencia. De igual forma, la mayoría de trabajos no representan la transformación de los datos en formato OWL (*Web Ontology Language*). En esta propuesta se resuelven los problemas anteriores, permitiendo la identificación de las clases padres e hijas (herencia), así como la definición de las restricciones de las clases y la generación de relaciones directas e inversas. También permite la generación del mapeo en lenguaje OWL, para el razonamiento de las reglas de inferencia en el lenguaje de reglas de la web semántica SWRL (*Semantic Web Rule Language*).

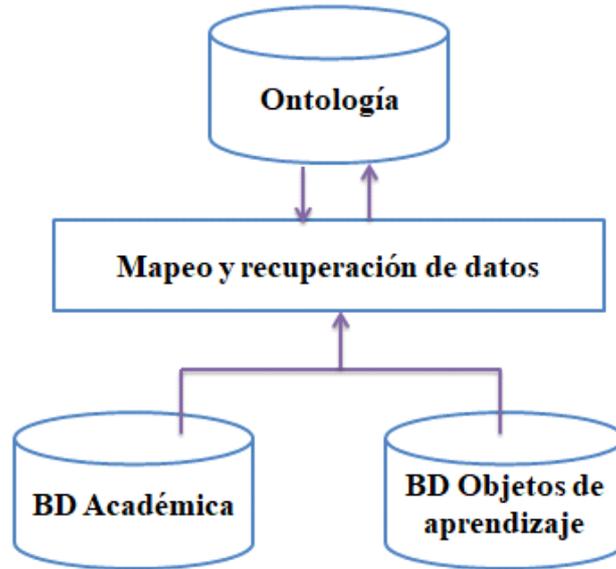


Figura 4-29. Capa de mapeo y recuperación de datos

4.3.1. Mapeo ontológico

Esta capa extrae información del esquema del modelo relacional y la transforma a una estructura del modelo ontológico. Se toma la estructura de la base de datos relacional y la traslada a un formato OWL con RDF triples (sujeto, predicado y objeto) que describe las instancias de las diferentes clases. Una clase en el esquema OWL es la representación de una tabla de una Base de Datos Relacional (BDR). El campo de una tabla BDR es el equivalente a una propiedad con su respectivo tipo de dato OWL. La clave foránea DBR corresponde a una relación en una clase OWL. Para explicar cómo se genera el proceso de mapeo y recuperación se han definido cuatro fases que se pueden apreciar en la Figura 4-30.

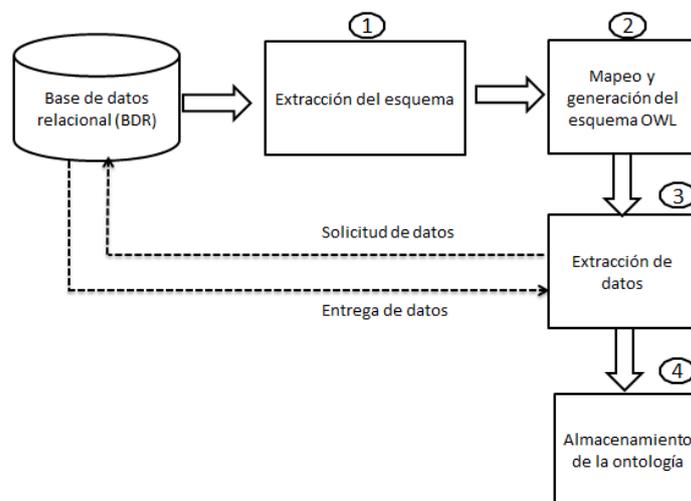


Figura 4-30. Proceso de mapeo y recuperación de datos de BRD a OWL

A continuación se describen las fases del proceso de mapeo y recuperación.

Primera fase: extracción del esquema

En esta fase se extrae el esquema del modelo relacional, es decir, la información que permite el descubrimiento de las tablas, columnas o atributos asociados a una tabla, tipos de datos con sus longitudes y restricciones, claves foráneas e identificación de la clave primaria.

Con la información extraída se crea un Modelo de Representación de Datos para Ontologías (MRDPO), que permitirá el mapeo a un esquema OWL. Los elementos obtenidos del esquema relacional son:

- El nombre de la tabla que permite establecer la identificación de la clase OWL.
- Los nombres de atributos que son usados para definir las propiedades en las clases OWL.
- Los tipos de datos de los atributos permitirán establecer los tipos de datos soportados por las propiedades en las clases OWL.
- La clave primaria que permitirá definir el identificador único de una clase OWL.
- La clave foránea que permitirá definir la relación con otra clase a partir de la tabla asociada.

En la Tabla 4-10 se puede apreciar el modelo de representación de datos.

Tabla 4-10. Mapeo de BDR a MRDPO

Nombre_Tabla				
Nombre_atributo	Tipo_de_dato	Clave_primaria	Clave_foránea	Tabla asociada
Atributo1	Tipo_dato1	Sí	No	No
Atributo2	Tipo_dato2	No	FK_clave1	TablaX
Atributo3	Tipo_dato3	No	FK_clave2	TablaY
Atributo4	Tipo_dato4	No	No	No
AtributoN	Tipo_dato5	No	No	No

En la generación del mapeo se toma el MRDPO de la Tabla 4-10, trasladando cada uno de los parámetros a la clase OWL que se creará. El primer parámetro es el nombre de la tabla que se convierte en el identificador de la clase OWL (#NombreClase). Este va precedido por el identificador de recurso de la ontología general URI (*Uniform Resource Identifier*), como se puede apreciar en la Figura 4-31.

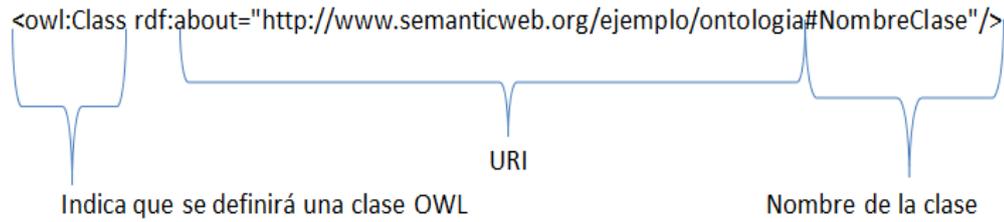


Figura 4-31. Definición de una clase OWL

En el proceso de mapeo se usa la clave primaria para definir el identificador de la clase. En la clase OWL, este identificador es una propiedad al que se agrega el tipo de dato. En la Figura 4-32 se puede apreciar el identificador de la clase (`#identificador`). Los demás atributos son también propiedades, con sus respectivos tipos de datos.

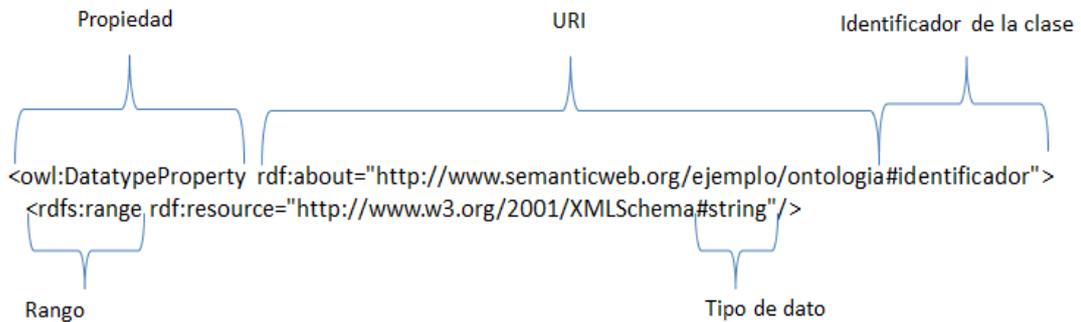


Figura 3-32. Definición del identificador de la clase

Cuando se requiere la reutilización de una ontología externa es necesario utilizar su URI para establecer las propiedades de los datos a mapear. En la Figura 4-33 se puede apreciar un ejemplo de la clase Persona reutilizando la ontología FOAF.

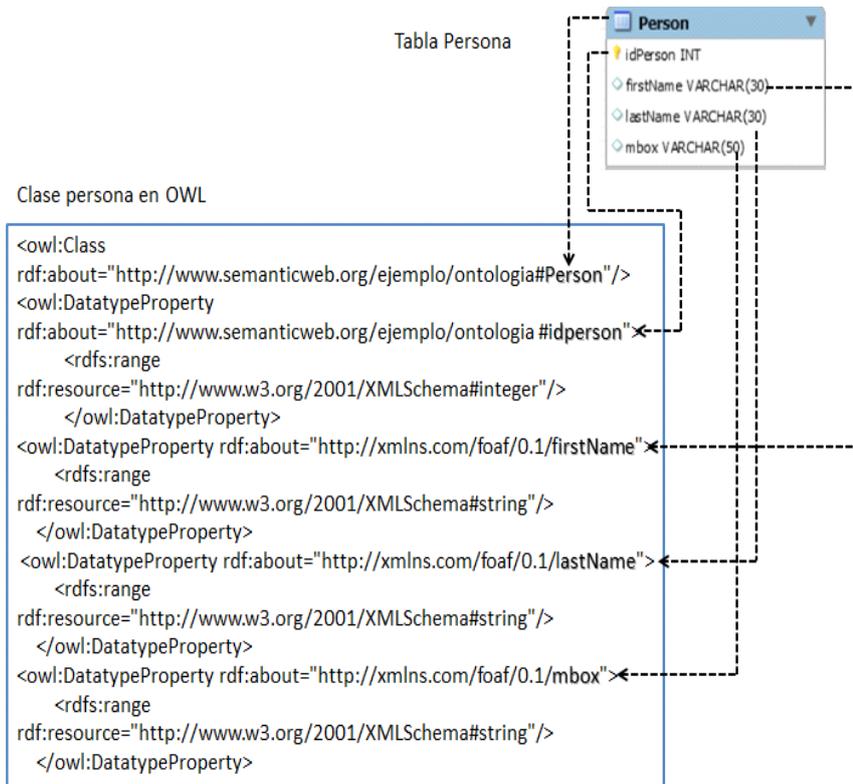


Figura 4-33. Ejemplo de mapeo de una tabla BDR a OWL

En una clase OWL, las llaves foráneas se constituyen en las relaciones entre clases. Tomando como referencia el MRDPO, se extraen los nombres de las claves foráneas y las tablas asociadas. Las relaciones entre clases son definidas por las propiedades de los objetos (*ObjectProperty*). En algunos casos se puede presentar que una relación directa posea una inversa. En la Figura 4-34 se puede apreciar la definición de las relaciones.

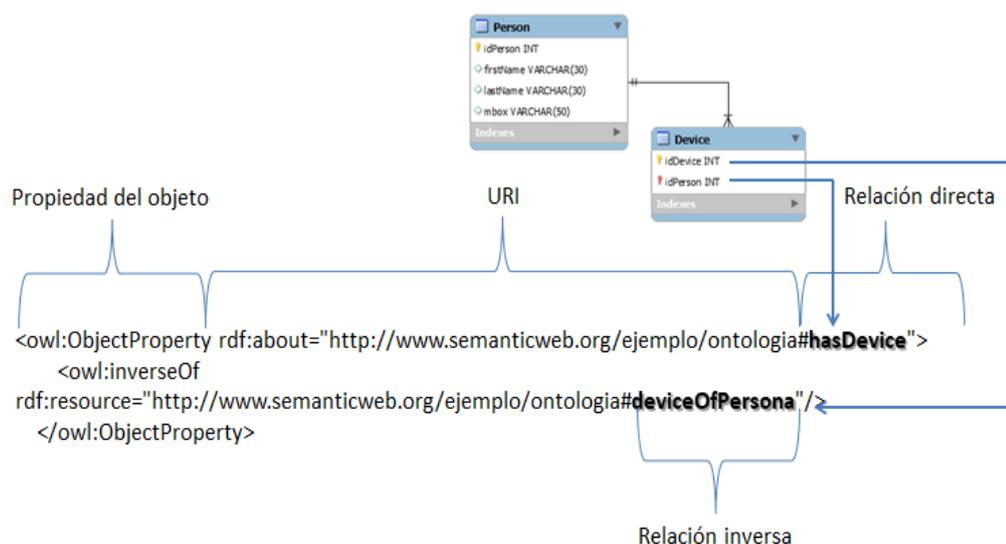


Figura 4-34. Definición de relaciones a partir de llaves foráneas

En la generación de subclases, el primer atributo del MRDPO, es decir, la clave foránea, debe ser idéntica a la clave primaria y, además, debe contar con una tabla asociada. En el modelo relacional, la herencia entre una tabla padre y una tabla hija se da a través del uso del identificador de la tabla padre. En la Figura 4-35 se puede apreciar un ejemplo de herencia.

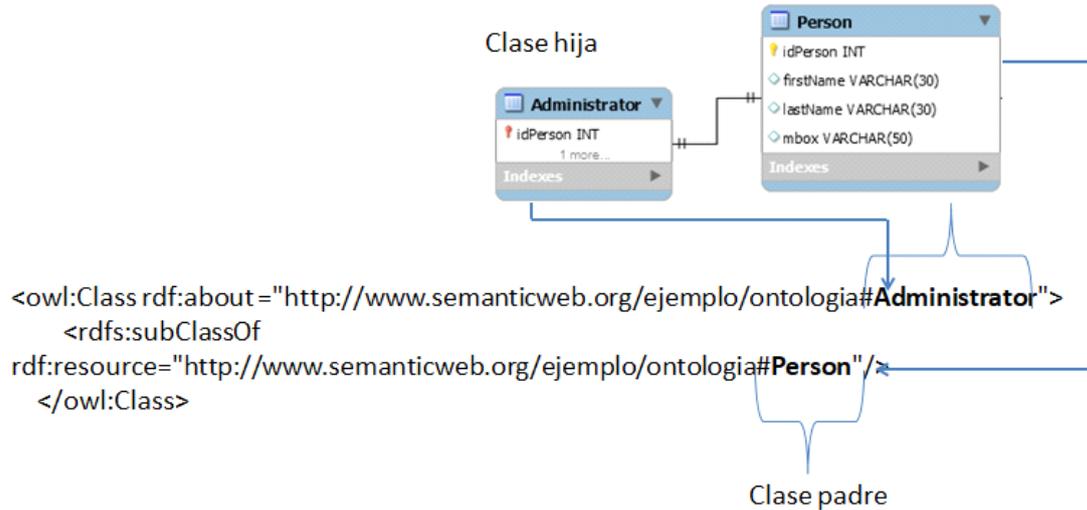


Figura 4-35. Ejemplo de clase y subclase en OWL

Tercera fase: extracción de datos

Este proceso crea instancias de cada una de las tuplas de las tablas de la base de datos relacional y las transfiere al registro de datos del esquema OWL. La transferencia de los datos de la BDR a clases OWL genera RDF Triples, que posteriormente permitirán el tratamiento de reglas de inferencia. Este proceso se denomina poblar la ontología.

Cuarta fase: almacenamiento

Este proceso permite almacenar la ontología en una unidad de persistencia en Jena Fuseki². Si la base de datos relacional presenta cambios, se vuelve a la tercera fase para actualizar la ontología.

El algoritmo general para el funcionamiento de esta capa es el siguiente:

Algoritmo de mapeo y extracción de datos relacionales a OWL

Datos de entrada: esquema base de datos relacional

Datos de salida: unidad de persistencia de la ontología

² Disponible en https://jena.apache.org/documentation/serving_data/

Inicio

Si (no existe **ontología**) entonces

Primera fase: trasladar todas las tablas y relaciones del modelo relacional al Modelo de Representación de Datos para Ontologías (MRDPO)

Segunda fase: mapear del MRDPO al esquema OWL representando las tablas en clases, los atributos en propiedades y relaciones

Tercera fase: extraer los datos de la base de datos relacional y crear instancias de las tuplas de todas las tablas al esquema OWL

Cuarta fase: almacenar la ontología en una unidad de persistencia

Sino

Tercera fase

Cuarta fase

FinSi

Fin del algoritmo

4.4. Ontología

Esta capa contiene la base de conocimiento que refleja la información almacenada en las dos bases de datos relacionales. En esta base de conocimiento se encuentra la información que permite a la capa de gestión del contexto ejecutar las diferentes reglas de inferencia, que responden a las situaciones que se generan en un entorno de aprendizaje consciente al contexto. La base de conocimiento es descrita en el modelo ontológico propuesto.

4.5. Gestión del contexto

La función de esta capa es la administración de la información contextual, que permite ofrecer recursos de aprendizaje apropiados a los estudiantes de acuerdo con los datos obtenidos del contexto. El propósito es monitorear las variables del contexto y responder al comportamiento de cada una de ellas de acuerdo con la información mapeada en la ontología. La gestión del contexto está constituida por seis módulos: detección del contexto, *broker* o mediador, gestión de perfil del estudiante, planificador de actividades, gestión de objetos de aprendizaje y notificación y presentación. En la Figura 4-36 se puede apreciar la distribución de los módulos.

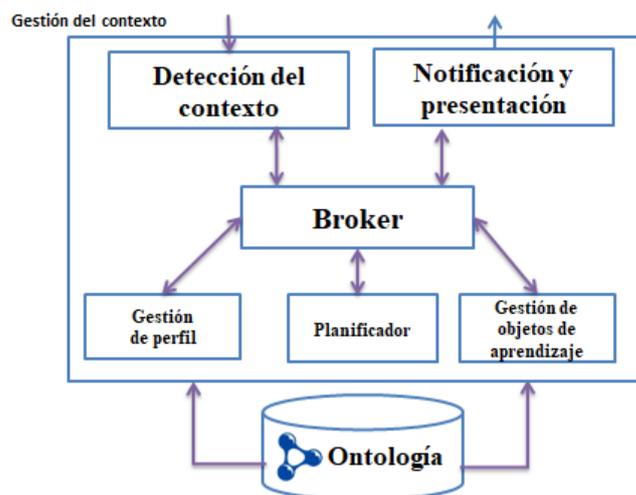


Figura 4-36. Módulos de la capa de gestión del contexto

En las siguientes secciones se describen cada uno de los módulos de esta capa.

4.5.1. Gestión de perfil del estudiante

La definición de perfiles cognitivos en la arquitectura propuesta está basada en la teoría de las Inteligencias Múltiples (Gardner y Hatch, 1989), permitiendo la individualización de los contenidos educativos para entregar a cada estudiante. En el modelo del estudiante se adoptaron las siguientes inteligencias:

- Inteligencia lingüística verbal (LV). Es la capacidad de utilizar el lenguaje para transmitir una variedad de significados diferentes, la capacidad de memorizar información, mostrar sensibilidad al significado de las palabras, su orden, sonidos y ritmos.
- Inteligencia lógico-matemática (LM). Permite a las personas enfrentarse al mundo de los objetos, ordenarlos, reordenarlos y evaluar su cantidad. Implica la capacidad de usar números de forma efectiva y razonar bien.
- Inteligencia visual espacial (VE). Lo esencial son las habilidades para ver el mundo visual con precisión, para transformar y modificar las percepciones iniciales de uno, para producir una imagen gráfica de la información espacial.
- Inteligencia rítmica musical (RM). Se conoce como la capacidad de distinguir significado e importancia en una colección de tonos organizados de manera rítmica.
- Inteligencia intrapersonal introspectiva (II). Ayuda a construir un modelo mental preciso de uno mismo y a recurrir a este modelo al tomar decisiones sobre la propia vida. Es la capacidad de participar en el autoanálisis y la reflexión.

- Inteligencia interpersonal social (IS). Implica la capacidad de discriminar entre otros individuos y trabajar en equipo.

Las inteligencias LV, LM, VE y RM son utilizadas para determinar el tipo de contenido de aprendizaje a suministrar al estudiante. En relación con las inteligencias II y IS son usadas para definir las actividades de trabajo colaborativo e individual. Para establecer el perfil se hace uso del test de Armstrong (2009) que determina los tipos de inteligencia dominante a partir de la aplicación de un cuestionario (ver anexo A y B). Los resultados del cuestionario son utilizados para actualizar la información del estudiante en la base de datos académica. La capa de mapeo y recuperación de información modifica la ontología con la nueva información del estudiante. En la Figura 4-37 se aprecia el mecanismo para la definición del perfil.

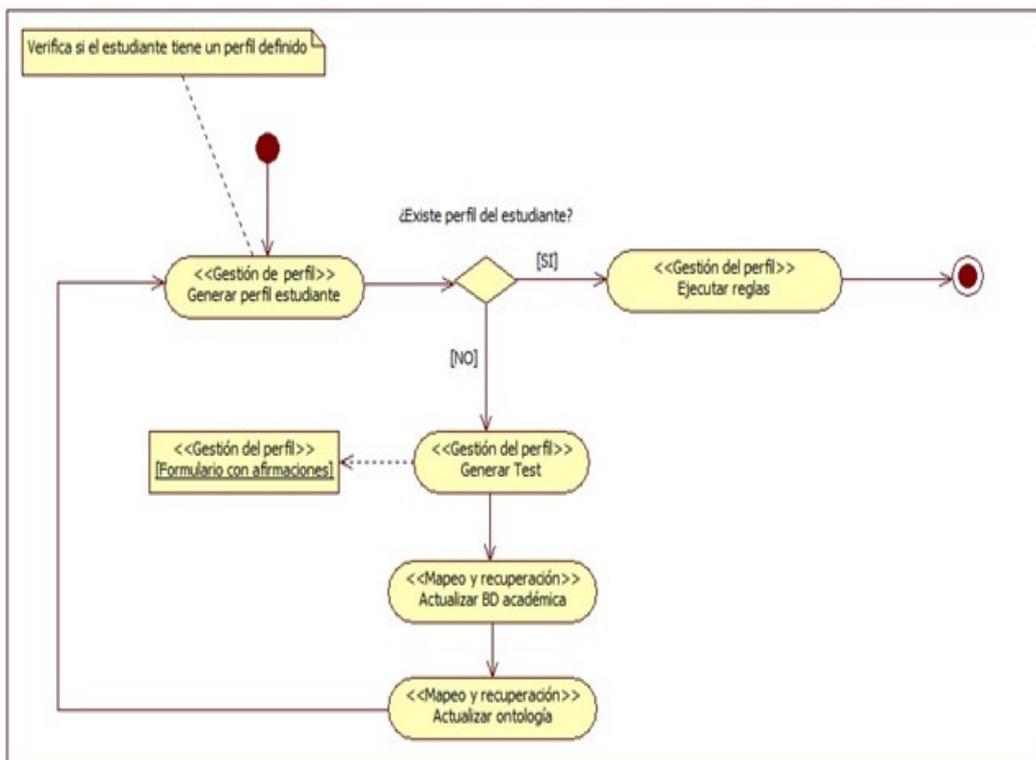


Figura 4-37. Gestión de perfil del estudiante

Para establecer las reglas que permitirán generar el perfil del estudiante se requiere además de los tipos de inteligencia dominante, la información personal, cursos a los que pertenece, tipo de dispositivo que utiliza, grupos de trabajo y planificador de actividades. Con base en los anteriores parámetros, es posible ofrecer los recursos de aprendizaje apropiados de acuerdo con la preferencia de cada individuo. A continuación se describen las reglas 7 y 8 para explicar el comportamiento del perfil.

La regla 7 define a un estudiante con habilidades en la lectura, que prefiere expresar sus ideas con imágenes y tiene capacidades para trabajo en equipo.

```
Student(?std), isInscribed(?std, ?curs), Course(?curs), hasProfile(?
std, ?p), verba_intelligence(?p, ?vi), swrlb:stringEquallgnoreCase(?vi,
"YES"), visual_intelligence(?p, ?vs), swrlb:stringEquallgnoreCase(?vs,    (7)
"YES"), interpersonal_intelligence(?p, ?intp),
swrlb:stringEquallgnoreCase(?intp, "YES") -> Notify(?std)
```

Las actividades de aprendizaje que más se ajustan para este tipo de estudiantes son aquellas relacionadas con comunicación en línea, redacción de textos, presentación de figuras y diagramas, diapositivas, videos, conformación de equipos y líderes para grupos de trabajo.

Otro ejemplo de perfil es el estudiante que tiene habilidades para las matemáticas, la lectura y manejo de figuras. La regla 8 permite definir el perfil del estudiante en función de las inteligencias verbal, visual y matemática.

```
Student(?std), isInscribed(?std, ?curs), Course(?curs), hasProfile(?
std, ?p), verba_intelligence(?p, ?vi),
swrlb:stringEquallgnoreCase(?vi, "YES"), visual_intelligence(?p, ?    (8)
vs), swrlb:stringEquallgnoreCase(?vs, "YES"),
logical_mathematical_intelligence(?p, ?log),
swrlb:stringEquallgnoreCase(?log, "YES") -> Notify(?std)
```

Para este tipo de estudiantes lo más recomendable es sugerir actividades de aprendizaje que le ofrezcan textos, videos y problemas de razonamiento.

4.5.2. Planificador de actividades

El planificador mantiene el control de las actividades de aprendizaje que se organizan para los estudiantes en función de un calendario académico. Las actividades tienen asignados unos periodos de tiempo para su ejecución. Los datos de entrada del planificador corresponden a la fecha de inicio, fecha de finalización, hora de inicio y hora final. Además de lo anterior, toda actividad de aprendizaje está asociada a un curso y tiene establecido un sitio donde se desarrollará. Para que el planificador haga efectiva la respuesta a una actividad en función del tiempo, ubicación o lectura de una etiqueta NFC/QRCode, es necesario que el *broker* realice la solicitud, mediante el disparador de eventos. En la Figura 4-38 se muestra la vista general del planificador

de actividades. La regla 9 permite extraer información de una actividad de acuerdo con la planificación.

Planner(?plan), Activity(?act), hasPlanning(?plan, ?act), Course(?
Curs), Student(?student), isInscribed(?student, ?Curs),
isPartCourse(?plan, ?Curs), hasDateBeginning(?act, ?datebegin),
hasDateEnd(?act, ?dateend), swrlb:lessThanOrEqual(?datebegin, ?
dateend), Location(?loc), hasLocation(?plan, ?loc) -> NotifyActivity(?
est) (9)

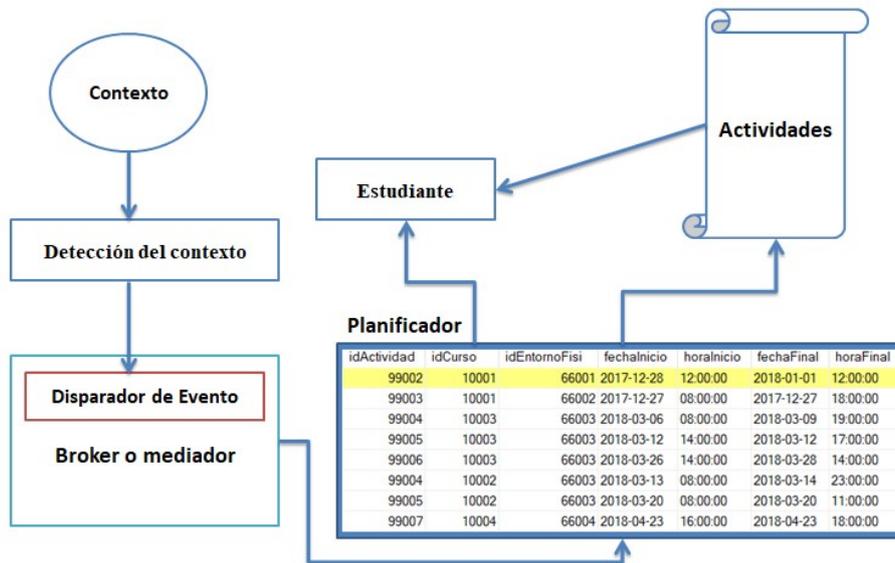


Figura 4-38. Vista general del planificador de actividades

Para dar respuesta a la regla 9, el planificador ejecuta las consultas que permiten extraer las relaciones con los cursos, las actividades y la ubicación. En la Figura 4-39 se muestra la consulta en formato SPARQL.

```

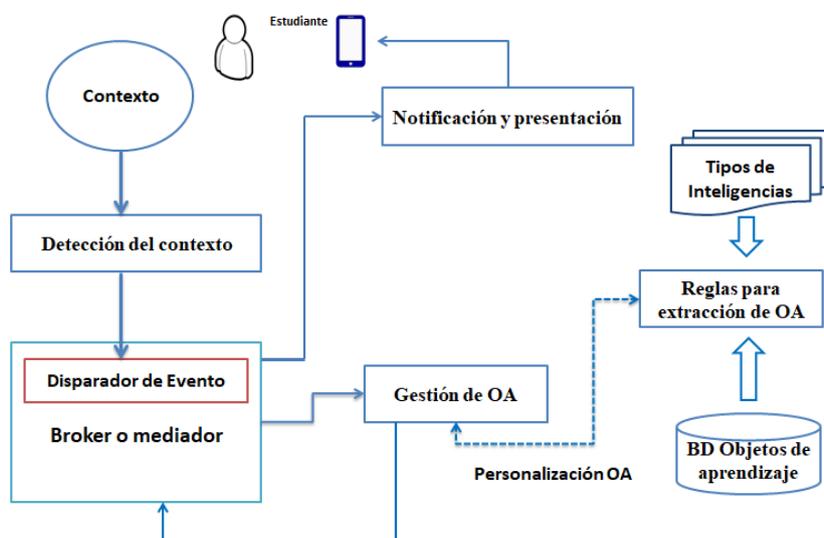
PREFIX ROSCC:
<http://www.semanticweb.org/contextaware/ontologies/ROSCC/ROSCC_Network_V1#>
PREFIX rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX xsd: <http://www.w3.org/2001/XMLSchema#>
PREFIX rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
SELECT ?planner ?course ?activity ?location
WHERE {
    ?planner ROSCC:hasDateBeginning \"\"+date_begin+\"\"^^xsd:date
    ?planner ROSCC:hasTimeBeginning \"\"+time_begin+\"\"^^xsd:time
    ?planner ROSCC:isPartCourse ?course ."
    ?planner ROSCC:hasLocation ?location."
    ?planner ROSCC:hasPlanning ?activity ."
}
    
```

Figura 4-39. Consulta SPARQL para extracción de curso, actividad y ubicación

De la consulta anterior se obtienen las propiedades *hasDateBeginning* (tiene fecha de inicio), *hasTimeBeginning* (tiene hora de inicio), las relaciones *isPartCourse* (es parte de un curso), *hasLocation* (tiene una ubicación) y *hasPlanning* (tiene una planificación). El planificador envía estas instancias como parámetros al *broker*, para que el motor de inferencia ejecute las reglas que permiten gestionar las actividades en función del tiempo. Es decir, se notifican las actividades a desarrollar en orden de prioridades teniendo en cuenta las que tienen hora y fecha de inicio más tempranas y las que están a punto de vencer. Las actividades que cumplen con los vencimientos de tiempo son deshabilitadas mediante la actualización de la unidad de persistencia de la ontología.

4.5.3. Gestión de objetos de aprendizaje

Los objetos de aprendizaje son suministrados a los estudiantes de acuerdo con la planificación de las actividades y la información del perfil. Del módulo gestión de perfil se extraen las instancias de los tipos de inteligencia dominante de cada estudiante. Estas instancias son utilizadas para extraer la información de los objetos de aprendizaje que serán presentadas de forma personalizada. Es decir, que dada una actividad A que se desarrollará en el curso C, planificada en una fecha y hora F, en un lugar L, cada individuo recibirá los objetos de aprendizaje que se adaptan a sus necesidades. En la Figura 4-40 se puede apreciar el comportamiento de la gestión de objetos de aprendizaje.



*OA: Objetos de Aprendizaje

Figura 4-40. Funcionamiento de la gestión de objetos de aprendizaje

La actividad es la misma para todos los estudiantes, pero la forma en que se presenta el contenido a cada uno de ellos será diferente. Por ejemplo, si un estudiante tiene inteligencia visual este módulo le suministrará objetos de aprendizaje en forma de video, presentaciones o animaciones. La regla 10 presenta una situación para estudiantes con inteligencia visual.

```

Planner(?plan), hasPlanning(?plan, ?act), Course(?course),
Student(?student), isInscribed(?student, ?course), isPartCourse(?
plan, ?course), hasProfile(?student, ?prof), visual_intelligence(?      (10)
prof, ?vs), swrlb:stringEqualIgnoreCase(?vs, "YES"), Activity(?act),
Learning_Object(?lom), useObjectLearning(?act, ?lom),
intelligence_type(?lom, ?typeint), swrlb:stringEqualIgnoreCase(?
typeint, "visual"), type_of_resource(?lom, ?typelom),
swrlb:stringEqualIgnoreCase(?typelom, "video") -> Notify(?lom)

```

Para determinar cuál es el objeto de aprendizaje más apropiado para cada individuo, este módulo recibe las instancias del perfil del estudiante y del planificador. Posteriormente, envía las reglas al motor de inferencia que se encuentra en el *broker*. Finalmente, cuando el motor de inferencia procesa las reglas éstas son retornadas para personalizar el contenido de cada estudiante. Esta información es enviada al módulo de notificación y presentación, responsable de presentar el contenido en el dispositivo.

4.5.4. *Broker* o mediador

Funciona como intermediario entre los módulos detección del contexto, gestión de perfil, planificador, gestión de objetos de aprendizaje, notificación y presentación. Este módulo está integrado por las clases monitor de contexto, motor de inferencia y el API de JENA³. En la Figura 4-41 se aprecian las clases.

³ Disponible en <https://jena.apache.org/documentation/ontology/>

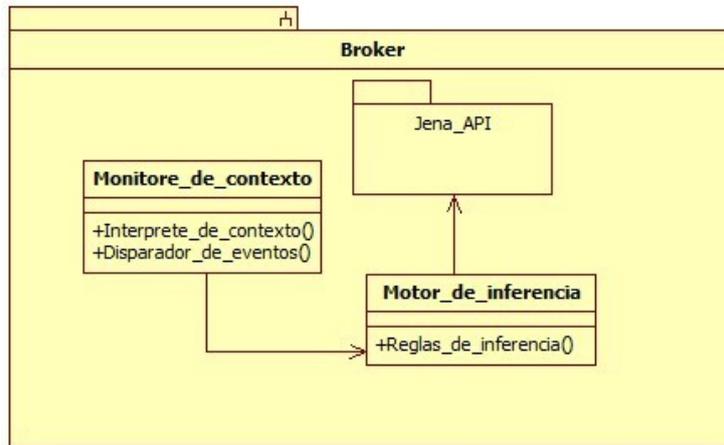


Figura 4-41. Estructura interna del bróker

La clase monitor de contexto está constituida por los métodos intérprete de contexto y disparador de eventos. El intérprete de contexto se encarga de recibir los datos que son emitidos por el módulo de recuperación y extracción. Los datos vienen asociados con una etiqueta, que permite al intérprete asignar un identificador para cada una de las fuentes del contexto almacenadas en la unidad de persistencia de la ontología. En la Figura 4-42 se presenta la identificación de fuentes de datos obtenidas del contexto en formato JSON.

```

{
  "person": {
    "idperson": "Est30001",
    "track": {
      "lat": "8.788249",
      "lon": "-75.861898"
    }
  },
  "device": {
    "iddevice": "Dev99990013",
    "token_session": "ffafa2232dff1111a3f",
    "access_time": "14:00:00",
    "access_date": "2017-12-27"
  },
  "sensor": {
    "idsensor": "NFC555541",
    "location": {
      "lat": "8.790539",
      "lon": "-75.860996"
    }
  }
}

```

Figura 4-42. Identificación de fuentes del contexto

Como se puede observar en el código anterior, a la fuente de datos del contexto persona se le asigna un idpersona con su respectiva ubicación. De igual forma, se

extrae el identificador del dispositivo con el *token* de la sesión. Después de identificar cada una de las fuentes del contexto, el disparador de eventos invoca los módulos de gestión de perfil y planificador. Estos dos módulos ejecutan las consultas que permiten proporcionar las reglas SWRL, enviadas como parámetros a la clase motor de inferencia. El motor de inferencia ejecuta las reglas y genera las instancias del contexto de cada uno de los módulos invocados. En la Figura 4-43 se aprecia el diagrama de secuencia del comportamiento del *broker*.

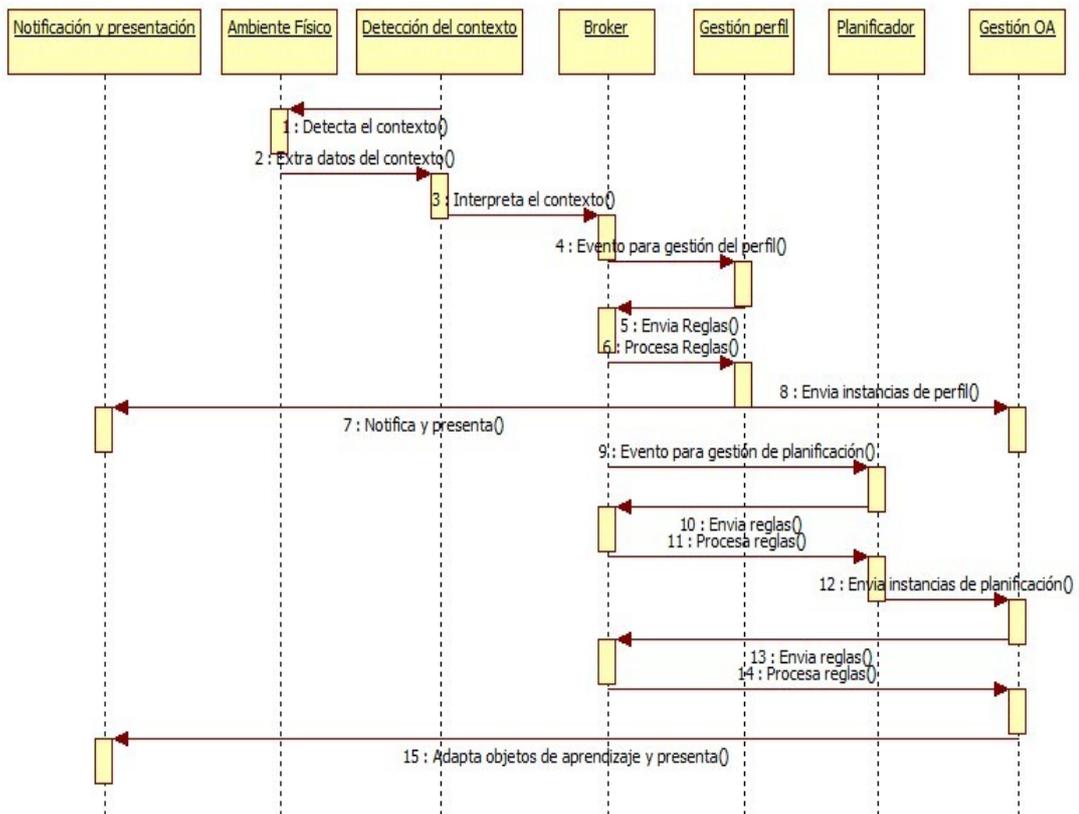


Figura 4-43. Comportamiento del broker

4.5.5. Detección del contexto

Se encarga de obtener la información del entorno de aprendizaje. Su función es detectar de forma permanente las solicitudes que efectúan los clientes móviles, identificando cada uno de los factores del contexto. Estos factores pueden ser los intervalos de tiempo en los cuales el estudiante resuelve una actividad de aprendizaje, la ubicación, lecturas de objetos, entre otros. En la detección del contexto se encuentran los submódulos de autenticación, registro, descubrimiento y extracción. En la Figura 4-44 se puede apreciar la distribución de la detección del contexto.

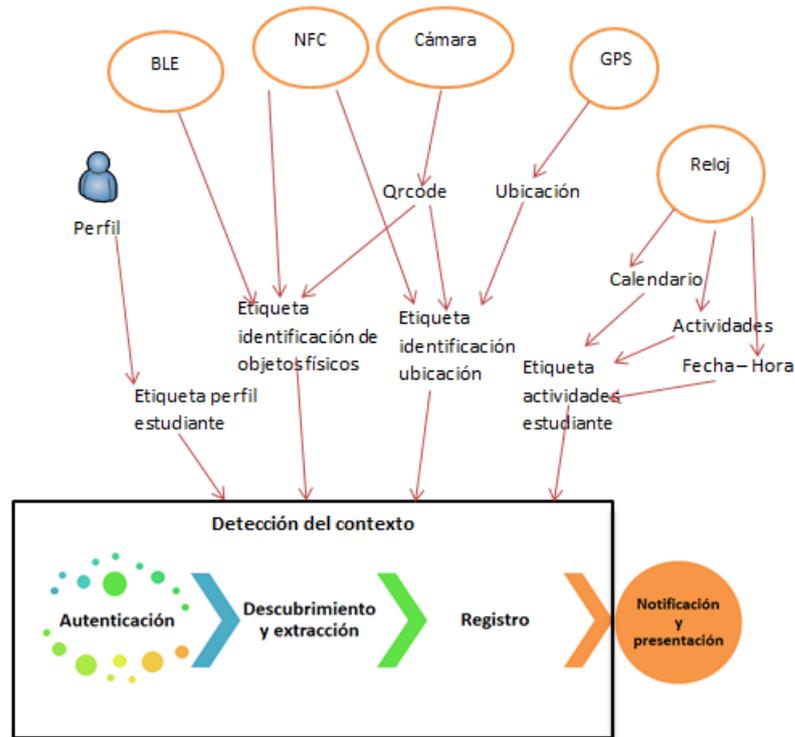


Figura 4-44. Detección del contexto

- Módulo de autenticación: Realiza el proceso de autenticación del estudiante y el dispositivo asociado a él. Si el servicio de autenticación valida la existencia del estudiante, procede a enviarle los datos al mediador para que extraiga la información del perfil y las actividades a desarrollar. Debido a que un estudiante puede tener diferentes tipos de dispositivos para conectarse al sistema, cada dispositivo tiene relacionado un *token* que permite asociar al usuario y el dispositivo, para que la capa de gestión del contexto reconozca en todo momento las características del mismo. Es decir, el estudiante podrá acceder con un teléfono inteligente, una *tablet* o computador portátil y el módulo de gestión del contexto será consciente de que es la misma persona pero con diferente dispositivo.
- Módulo de descubrimiento y extracción del contexto: Es el responsable de obtener los datos del contexto desde diferentes fuentes incluyendo los sensores suministrados por el dispositivo móvil. Una vez obtenidos los datos procede a validarlos y clasificarlos dependiendo del origen, de acuerdo con el modelo ontológico almacenado en la unidad de persistencia de la base de conocimiento. Para la clasificación, utiliza como referencia unas etiquetas que permiten identificar datos de cada una de las entidades que hacen parte del contexto. Una etiqueta permite conocer la ubicación de un estudiante, el sitio

en un entorno de aprendizaje y el artefacto físico que hace referencia a un objeto de aprendizaje. Después de realizar la extracción de los datos, estos son enviados al *broker*. El *broker* se interconectará con el resto de módulos, cada uno de ellos con las reglas de inferencia que permiten definir el perfil del estudiante, activar el planificador, verificar qué actividades están pendientes por ejecutar y entregar los objetos de aprendizaje al módulo de notificación y presentación.

- Módulo de registro: Permite el registro de las diferentes fuentes de datos del contexto en la base de datos académica, manteniendo una actualización de las interacciones que vienen desde el entorno de aprendizaje y el servidor. Estas actualizaciones permiten medir el progreso de las actividades de aprendizaje que realizan los estudiantes. Es decir, permiten tener un historial sobre las interacciones que ha tenido el estudiante con el resto del contexto.

4.5.6. Notificación y presentación

Entrega al dispositivo móvil del estudiante la información relacionada con la interacción del sistema de consciencia contextual. Una de las principales funciones de este módulo es notificar a los estudiantes mediante mensajes *push* sobre los nuevos cambios que ha tenido el entorno. Estos mensajes pueden estar relacionados con el cambio de ubicación, detección de nuevos objetos, finalización del tiempo en el desarrollo de una actividad, nuevos participantes en el grupo, entre otros. Para explicar el funcionamiento de este módulo se plantea la siguiente situación:

- Práctica en laboratorio: Un estudiante de ingeniería de sistemas tiene asignada una práctica sobre dispositivos de conmutación de la capa de enlace. Para realizar esta experiencia, el estudiante debe desplazarse del aula de clases donde se encuentra actualmente, hasta el laboratorio de redes. Al momento de llegar al laboratorio recibe una notificación indicándole que hay definidos unos grupos de estudiantes y que él hace parte de uno de ellos, para que estudien el funcionamiento de un *Switch* como actividad de aprendizaje. En este caso, el cambio de ubicación fue detectado mediante el GPS del dispositivo móvil. Luego de entrar al laboratorio, recibe la notificación sobre una instrucción de lectura de un código QR con su dispositivo para acceder a la guía de práctica. En el periodo de desarrollo de la actividad de aprendizaje, nuevamente le llega una notificación donde le sugiere que lea otros objetos que se encuentran en el laboratorio, los cuales le pueden ayudar a resolver la actividad. En las Figuras 4-45 y 4-46 se muestran ejemplos de interacción con el sistema.

CAPÍTULO 4. ARQUITECTURA PARA ENTORNOS INTELIGENTES DE APRENDIZAJE

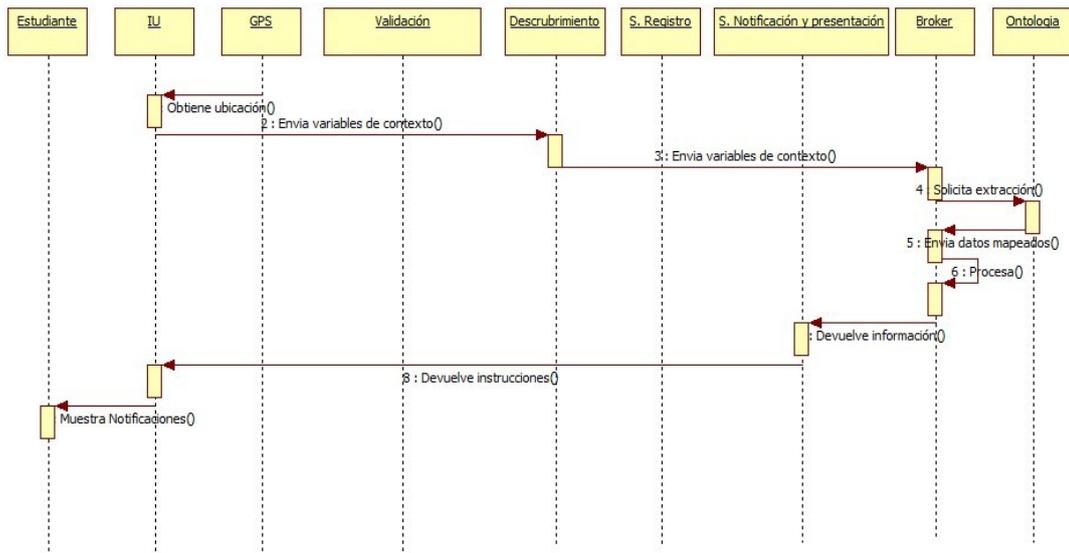


Figura 4-45. Interacción implícita del sistema de conciencia contextual

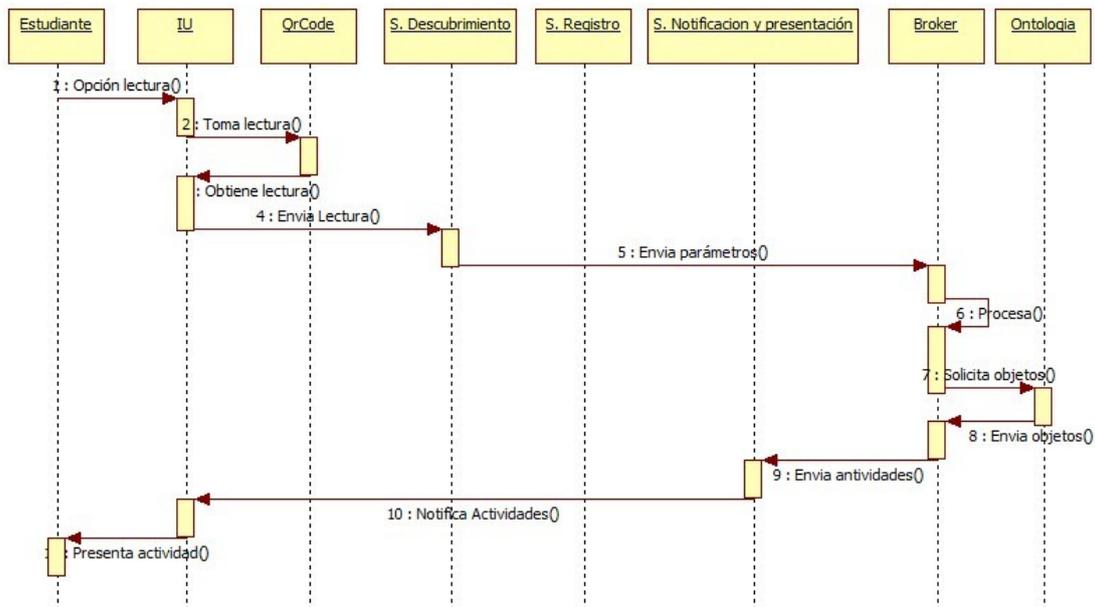


Figura 4-46 Interacción explícita del sistema de conciencia contextual

El flujo de interacción con el sistema de conciencia contextual está asociado al esquema de actividades planificadas para el estudiante. Estas actividades, en su gran mayoría, se desarrollan al interior del campus universitario. Generalmente, los puntos de referencia son las aulas de clase, laboratorios, biblioteca, salas de estudio,

auditorios, o cualquier otro escenario que implique la experiencia de aprendizaje. Muchas de las actividades estarán condicionadas por los datos obtenidos de los sensores de detección.

4.6. Ambiente físico

Corresponde a la infraestructura física del entorno que permite extraer información del contexto mediante los dispositivos, incluyendo sensores NFC (*Near Field Communication*), BLE (*Bluetooth Low Energy*), GPS (*Global Positioning System*) y cámaras, entre otros. También hacen parte los artefactos tecnológicos que son útiles para la interacción entre las personas y el entorno, como son las etiquetas NFC y *QRCode*. La comunicación entre el ambiente físico y el servidor del contexto se da a través de los dispositivos móviles que operan con el protocolo HTTP. Para la comunicación de los dispositivos con los objetos físicos se utilizaron los estándares de *Bluetooth*, ya integrados, y lectores NFC disponibles en algunos teléfonos inteligentes.

4.7. Posibles usos de la arquitectura en otros ámbitos

Esta arquitectura fue diseñada para entornos educativos universitarios. Sin embargo, puede ser utilizada para diferentes escenarios de educación como básica primaria y secundaria, educación técnica y formación posgradual como maestrías. Para la implantación de esta arquitectura en los ámbitos antes señalados, se requiere un estudio del entorno que implique información de las instalaciones físicas como son aulas de clases, laboratorios, bibliotecas, salas de conferencia, entre otras. Las tecnologías de detección del contexto servirán para comunicar al ambiente educativo con el sistema consciente al contexto. Se requiere robustez y disponibilidad en las redes de telecomunicaciones para garantizar el acceso a los recursos que el sistema provee. Los artefactos tecnológicos como las etiquetas NFC y *QRCode* sirven de guía para el desarrollo de las actividades de aprendizaje.

La arquitectura puede ser aplicada a otros escenarios diferentes a la educación como los entornos hospitalarios. Las restricciones de dominio se denotarían en la unidad de persistencia, que incluye la base de datos del hospital y el mapeo de la ontología. Las personas en el entorno del hospital serían representadas por los pacientes, médicos y enfermeras. El perfil de los pacientes está asociado a la historia clínica y a las alergias a medicamentos. El planificador conservaría la ubicación, hora de inicio, hora final, fecha de inicio y fecha final. La actividad estaría relacionada con el seguimiento a los

pacientes. En la adquisición de la información del ambiente físico se pueden utilizar etiquetas NFC o *QRCode* para identificar las habitaciones, las camas de los pacientes y los equipos médicos. También se pueden incluir sensores de signos vitales de los pacientes.

Resumen

En este capítulo se planteó una arquitectura con el propósito de satisfacer las necesidades de los estudiantes en un entorno inteligente de aprendizaje consciente al contexto. Se describió la capa de persistencia que incluye la base de datos académica y los objetos de aprendizaje. Se especificó el proceso de mapeo y recuperación de información a una ontología para el dominio de la educación. En la capa de gestión se explicaron los módulos de detección y recuperación del contexto, notificación y presentación, planificador, gestión de objetos de aprendizaje, gestión de perfil y *broker*. Finalmente, se describieron los elementos que hacen parte del ambiente físico. La estructura de la arquitectura fue implementada bajo los parámetros de un modelo ontológico con la finalidad de dimensionar el contexto de aprendizaje.

CAPÍTULO 5

EXPERIMENTACIÓN Y RESULTADOS

5.1. Introducción

El propósito de este capítulo es presentar la validación de la arquitectura propuesta mediante el desarrollo de experiencias, que permitieron demostrar la hipótesis planteada en el presente trabajo, citada a continuación:

H1: La arquitectura propuesta facilita la entrega de contenidos de aprendizaje y mejora la interacción del estudiante con el contexto, reflejándose en su aprendizaje en relación con los que usan métodos de enseñanza tradicional.

Para validar esta hipótesis, se desarrollaron tres experiencias en el año 2015 con cursos de Enfermería, Ingeniería de Sistemas y Medicina, y en el año 2016, una experiencia con el programa de Ingeniería Eléctrica. Este capítulo está organizado en dos secciones principales que son: diseño experimental y resultados.

5.2. Metodología experimental

En esta sección se describe el diseño experimental, los instrumentos y las técnicas de análisis de datos utilizados. El análisis de datos utilizado en el presente trabajo es de tipo cuantitativo.

5.2.1. Diseño experimental

El diseño de investigación usado es una experiencia de carácter experimental con pre-test y post-test en grupos control y experimental. En este tipo de diseños experimentales se manipula deliberadamente por lo menos una variable independiente para observar su efecto sobre una o varias variables dependientes. Así también, los sujetos se asignan al azar a los grupos (Montgomery, 2013). El objetivo del experimento es observar el efecto del uso de la arquitectura propuesta en el rendimiento académico de los alumnos estudiados, por lo que se establece la metodología de enseñanza como variable independiente y el rendimiento académico como variable dependiente.

5.2.2. Tamaño de la muestra

El número de estudiantes por grupo se calculó usando las curvas características de operación que permiten calcular el valor de n (Montgomery y Runger, 2010). Para un nivel de significancia de 0,05, con el fin de detectar una diferencia entre los promedios igual a media desviación estándar ($\frac{1}{2}\sigma$) con probabilidad igual a 0,9 (una potencia de la prueba igual a 0,88), el valor del tamaño de muestra obtenido por grupo es $n \geq 20$.

5.2.3. Selección de la muestra

La selección de los estudiantes que participaron en los experimentos se realizó según Dean y Voss (1999). Se escogió aleatoriamente un semestre de los diez posibles, dentro del semestre escogido se seleccionó aleatoriamente un curso. Dentro del curso elegido se escogió aleatoriamente un número total de estudiantes para conformar de forma aleatoria los grupos de control y experimentales de cada experiencia piloto. En la Tabla 5-11 se puede apreciar el resumen de la selección de muestras.

Tabla 5-11. Resumen de selección de muestras

Nombre del Programa	Semestre	Curso	Total Estudiantes	Grupo Control	Grupo Experimental
Medicina	Tercero	Fisiología Humana	48	24	24
Enfermería	Octavo	Fundamentos de Enfermería	52	26	26
Ingeniería de Sistemas	Tercero	Física III	48	24	24
Ingeniería Eléctrica	Primero	Introducción a la Ingeniería	40	20	20

5.2.4. Descripción de instrumentos

A continuación se describen los instrumentos utilizados y aplicados en el presente trabajo de investigación.

5.2.4.1. Opinión de los estudiantes

La medición de la opinión de los estudiantes con respecto a la arquitectura estudiada se realizó utilizando dos cuestionarios basados en el escalamiento tipo Likert (Gliem y Gliem, 2003). Los cuestionarios presentaron un conjunto de afirmaciones sobre aspectos del sistema de consciencia contextual, para obtener la opinión de los

estudiantes frente al sistema, quienes externalizaron su reacción escogiendo uno de los cinco puntos o categorías de la escala.

El cálculo de la confiabilidad de estos instrumentos se obtuvo mediante el coeficiente de Alfa de Cronbach, y la determinación de la validez de contenido se realizó mediante la revisión de expertos en las temáticas utilizadas. En la Tabla 5-12 se puede apreciar el cuestionario aplicado a los grupos experimentales.

Tabla 5-12. Cuestionario aplicado a estudiantes de los grupos experimentales de Medicina, Enfermería e Ingeniería de Sistemas

Ítem	Preguntas
1	El sistema permite desarrollar actividades de aprendizaje de forma fácil
2	El contenido presentado por el sistema es adecuado
3	La interfaz del sistema es fácil y amigable
4	El sistema permite la interacción con el contexto
5	El sistema permite la ejecución de actividades dentro y fuera del campus universitario
6	El sistema facilita el desarrollo de actividades de aprendizaje activo

5.2.4.2. Pre-test y post-test

Las pruebas pre-test y post-test fueron diseñadas en función de los contenidos de las unidades de aprendizaje seleccionadas para ser aplicadas en dos momentos; antes y después de realizar las actividades de aprendizaje en los grupos de control y experimental. La aplicación de estas pruebas objetivas permitió determinar las diferencias obtenidas por los estudiantes en el aprendizaje de los contenidos en ambos grupos.

5.2.4.3. Rendimiento académico

La literatura muestra que gran parte de los estudios sobre rendimiento académico toman como indicadores del mismo, las calificaciones escolares y las pruebas objetivas (Galán y López, 1985). En este proyecto se optó por la utilización de pruebas objetivas como indicador del rendimiento académico.

Para el cálculo de la confiabilidad de estos instrumentos, se utilizó el método de mitades partidas (*split-halves*). Este método consiste en dividir los test en dos partes

con número de preguntas equivalente y contenido similar (Drost, 2011). La determinación de la validez de contenido fue realizada por expertos en las respectivas temáticas.

5.2.5. Descripción de experiencias

5.2.5.1. Experiencia I – programa de Medicina

- Unidad de aprendizaje

La unidad de aprendizaje desarrollada en el experimento es Medición de la Presión Arterial incluida en la asignatura Fisiología Humana.

Para ambos grupos se programó la actividad sobre la medición de la presión arterial. El pre-test tuvo una duración de 30 minutos. Las sesiones de clase utilizando la metodología de enseñanza tradicional y la metodología aplicando la arquitectura duraron 120 minutos. El post-test tuvo una duración de 60 minutos. En la Figura 5-47 se puede apreciar la distribución de los grupos con sus respectivas actividades.

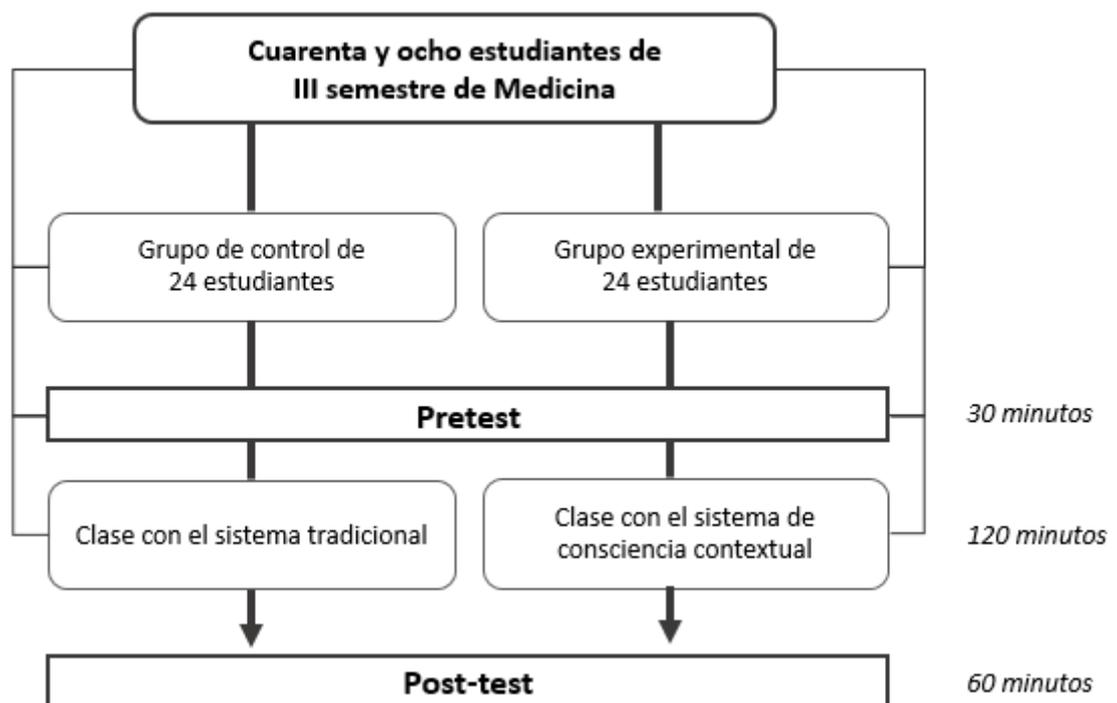


Figura 5-47. Flujo para experimento en Medicina

Descripción de la actividad

El docente del grupo de control desarrolla las actividades de aprendizaje en una clase magistral.

El docente a cargo del grupo experimental configura en el sistema la hora y fecha exacta en que se debe desarrollar la experiencia de aprendizaje, y etiqueta los objetos del salón de clases con NFC y *QRCode*. Así mismo, instala sensores BLE dentro del salón de clases que permiten entregar la ubicación al dispositivo del estudiante. El sistema basado en el contexto temporal envía de forma automática contenidos de aprendizaje en un periodo de tiempo anterior a la experiencia, que le permitirán al estudiante leer previamente el contenido.

El día de la experiencia, el estudiante recibe notificaciones a través de su *tablet* y teléfono inteligente, en donde se le informa que tiene una práctica en el aula de medicina sobre la presión arterial. Cuando el estudiante llega al aula de clases, el dispositivo móvil obtiene la ubicación GPS y la lectura del sensor BLE. El dispositivo inmediatamente envía una solicitud al servidor, el cual está permanentemente escuchando a través de la detección del contexto y enviando las solicitudes a la gestión del contexto para que realice las inferencias sobre la ontología de contexto almacenada y entregue el contenido de aprendizaje apropiado. El sistema presenta una guía de aprendizaje que le permitirá al estudiante hacer prácticas asociadas a la temática a desarrollar. En el aula de clases, los estudiantes hacen lectura de los objetos etiquetados con NFC y *QRCode* para que el sistema les entregue los contenidos correspondientes. En la Figura 5-48 se pueden apreciar imágenes tomadas de las experiencias de aprendizaje en Medicina.



Figura 5-48. Experiencias de aprendizaje en Medicina

5.2.5.2. Experiencia II – programa de Enfermería

Unidad de aprendizaje

La unidad de aprendizaje desarrollada en el experimento es Cateterismo Vesical, incluida en la asignatura Fundamentos de Enfermería.

Para ambos grupos se programó la actividad sobre la colocación de catéter vesical. El pre-test tuvo una duración de 30 minutos. Las sesiones de clase utilizando la metodología de enseñanza tradicional y la metodología aplicando la arquitectura duraron 90 minutos. El post-test tuvo una duración de 50 minutos. En la Figura 5-49 se puede apreciar la distribución de los grupos con sus respectivas actividades.

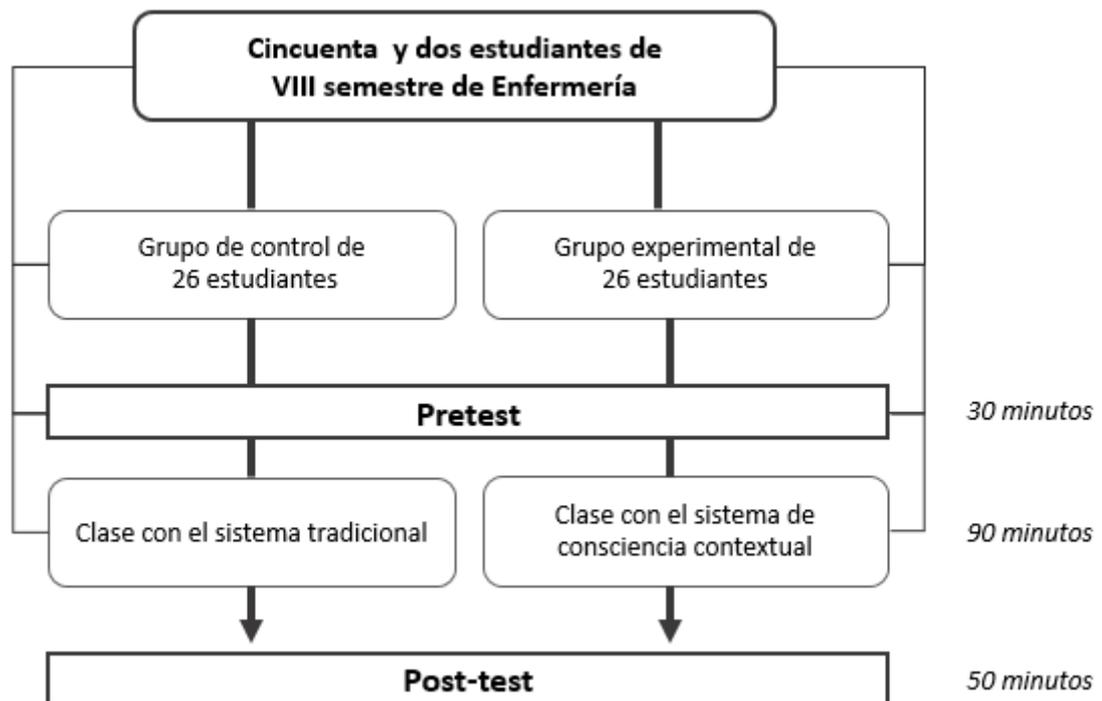


Figura 5-49. Flujo de experimentación en Enfermería

Descripción de la actividad

El docente del grupo de control desarrolla las actividades en una clase magistral.

En el grupo experimental, el profesor organiza una práctica de colocación de catéter periférico vesical y para cumplir este objetivo el sistema de consciencia contextual realiza las siguientes acciones:

- Actividades antes de la práctica: El sistema le proporciona objetos de aprendizaje sobre los procedimientos médicos como la medición de presión arterial, toma de pulso, métodos para colocar un catéter, técnicas asépticas y el protocolo que se sigue para adelantar este tipo de prácticas. El alumno debe haber estudiado esta información antes de llegar a la práctica. El sistema anticipadamente, basado en la caracterización del contexto temporal y de acuerdo con la planificación de la actividad, le envía al estudiante la información asociada a la actividad de aprendizaje.
- En la práctica: El estudiante de cuarto año de enfermería llega al hospital y se dirige a una habitación etiquetada con NFC. La lectura de una etiqueta utilizando su *tablet* le indica que se encuentra en la unidad de cuidados intensivos. El sistema de detección del contexto reconoce que el estudiante ya se encuentra en el sitio y empieza a generar notificaciones asociadas a las actividades por desarrollar. A continuación, el estudiante hace lectura de la etiqueta NFC de un paciente y, en respuesta, el sistema le indica que debe aplicar un catéter superficial vesical siguiendo el protocolo hospitalario, guiándolo a través de animaciones en el procedimiento a seguir. En las Figuras 5-50 y 5-51 se aprecia el etiquetado de los objetos en el hospital.
- Después de la práctica: Al finalizar la experiencia, el sistema le asigna un conjunto de actividades para reforzar el conocimiento adquirido en la práctica, incluyendo una evaluación.

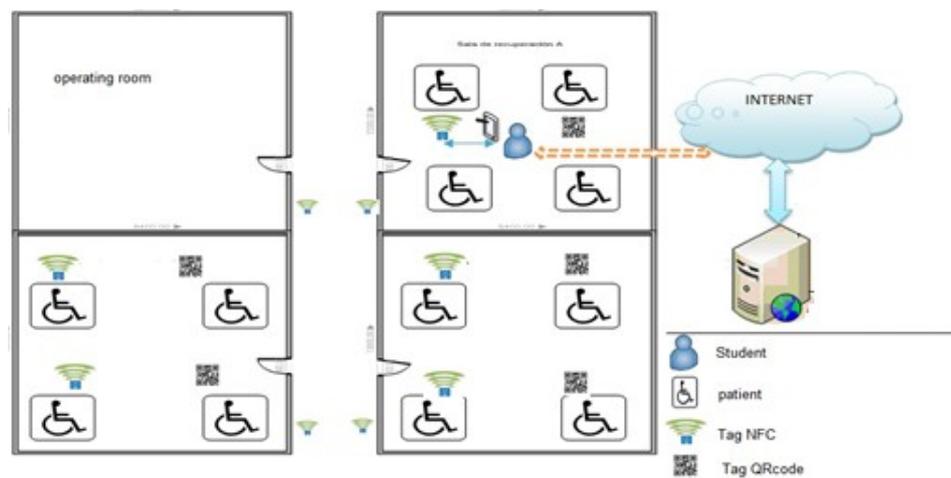


Figura 5-50. Etiquetado del contexto para experiencia en Enfermería



Figura 5-51. Experiencias de aprendizaje en Enfermería

5.2.5.3. Experiencia II – programa Ingeniería de Sistemas

Unidad de aprendizaje

La unidad de aprendizaje desarrollada en el experimento es Corriente Continua y Circuitos, incluida en la asignatura Física III.

Para ambos grupos se programó la actividad sobre corriente continua y circuitos. El pre-test tuvo una duración de 30 minutos. Las sesiones de clase utilizando la metodología de enseñanza tradicional y la metodología aplicando la arquitectura duraron 120 minutos. El post-test tuvo una duración de 60 minutos. En la Figura 5-52 se puede apreciar la distribución de los grupos con sus respectivas actividades.

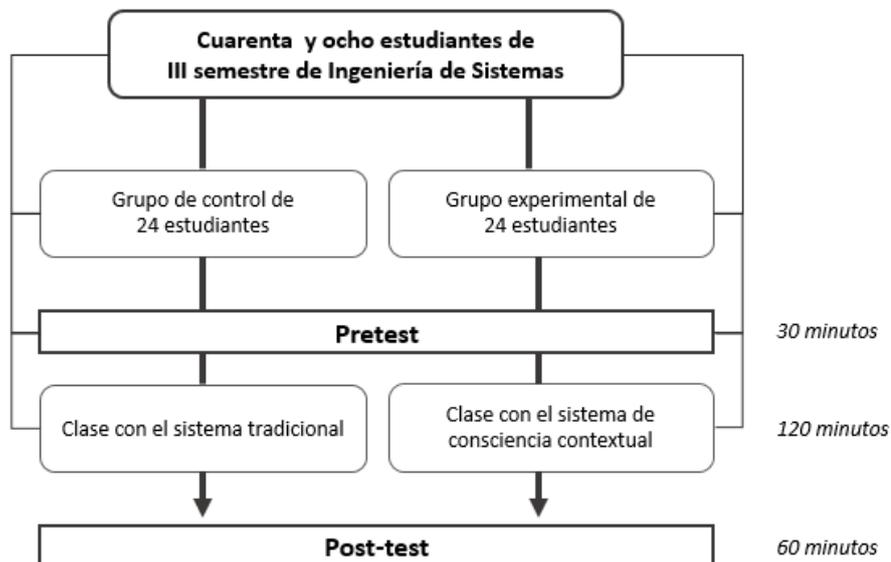


Figura 5-52. Flujo de experimentación en Ingeniería de Sistemas

Descripción de la actividad

El docente del grupo de control desarrolla las actividades en clase magistral.

En el grupo experimental el profesor organiza una práctica sobre corriente continua y circuitos. Para tal propósito el sistema de consciencia contextual realiza las siguientes acciones:

- Actividades antes de la práctica: El sistema le proporciona objetos de aprendizaje sobre circuitos y corriente continua como magnitudes, Ley de Ohm, energía y potencia, resistencias, generadores, redes y leyes de Kirchoff. El alumno debe haber estudiado esta información antes de llegar a la práctica. El docente etiqueta el laboratorio de física con sensores BLE, NFC y *QRCode* para identificar la ubicación. Dentro del laboratorio hace lo mismo con los instrumentos de medición como se puede apreciar en la Figura 5-53.
- En la práctica: El estudiante es guiado al laboratorio de física mediante el GPS que es leído por el sistema de consciencia contextual instalado en su teléfono inteligente o *tablet*. Una vez ubicado en el laboratorio, el estudiante hace la lectura de las etiquetas BLE, NFC y *QRCode* utilizando su dispositivo. El sistema le indica el conjunto de actividades a realizar mediante instrucciones que recibe en su dispositivo móvil. Además, el sistema le sugerirá leer etiquetas que identifican diversos objetos físicos, incluyendo instrumentos de medición y materiales como resistencias, capacitores, entre otros. En la medida en que avance con las prácticas en el laboratorio, el sistema lo estará guiando para que finalice sus actividades de forma satisfactoria.
- Después de la práctica: Al finalizar la experiencia, el sistema le asigna un conjunto de actividades para reforzar el conocimiento adquirido en la práctica, incluyendo una evaluación.



Figura 5-53. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería de Sistemas

5.2.5.4. Experiencia II – programa Ingeniería Eléctrica

Unidad de aprendizaje

La unidad de aprendizaje desarrollada en el experimento es Fundamentos de Ingeniería Eléctrica, incluida en la asignatura Introducción a la Ingeniería.

Para ambos grupos se programó la actividad sobre Transformadores. El pre-test tuvo una duración de 30 minutos. Las sesiones de clase utilizando la metodología de enseñanza tradicional y la metodología propuesta duraron 120 minutos. El post-test tuvo una duración de 60 minutos. En la Figura 5-54 se puede apreciar la distribución de los grupos con sus respectivas actividades.

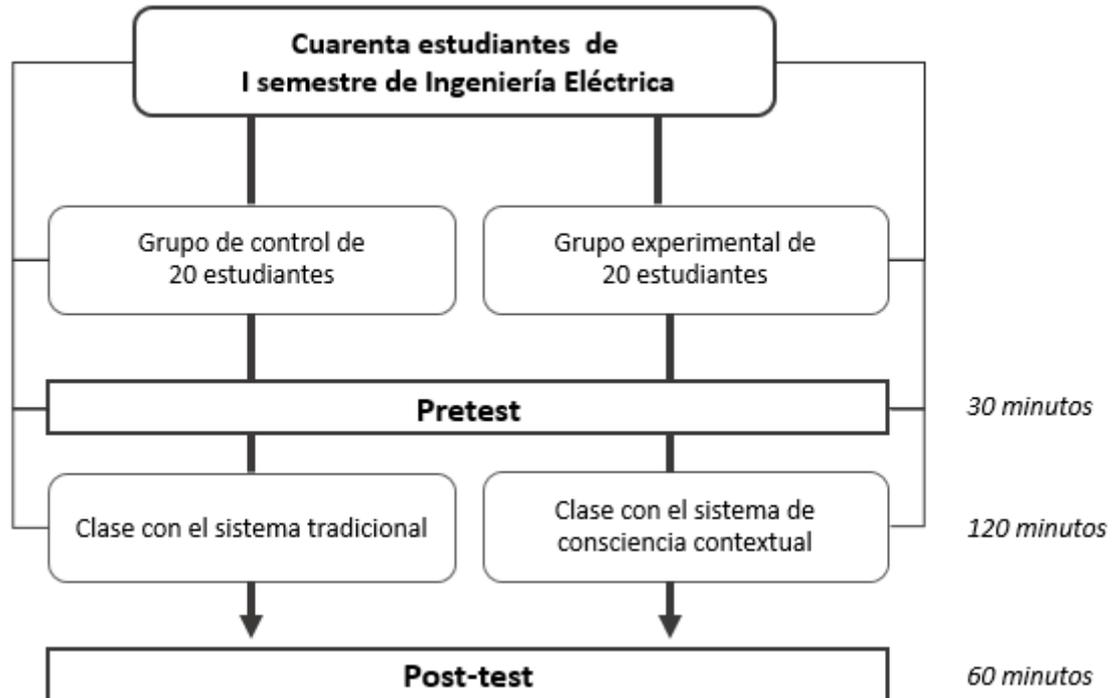


Figura 5-54. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Eléctrica

Descripción de la actividad

El docente del grupo de control desarrolla las actividades en una clase magistral.

En el grupo experimental, el profesor organiza una práctica sobre transformadores, generadores de energía, circuitos magnéticos y acumuladores. El sistema de consciencia contextual realiza las siguientes acciones:

- Actividades antes de la práctica: El sistema le proporciona objetos de aprendizaje sobre voltajes de entrada y de salida, circuitos magnéticos y acumuladores. El alumno debe haber estudiado esta información antes de llegar a la práctica. El docente etiqueta el laboratorio de Ingeniería Eléctrica con sensores BLE, NFC y *QRCode* para identificar la ubicación, los instrumentos de medición, transformadores y tableros de control. En la Figura 5-55 se puede apreciar la experiencia.
- En la práctica: El estudiante es guiado al laboratorio de Ingeniería Eléctrica mediante el GPS del dispositivo móvil. En el laboratorio el estudiante hace la lectura de las etiquetas BLE, NFC y *QRCode* utilizando su dispositivo. El sistema le indica el conjunto de actividades a realizar mediante instrucciones que recibe en su dispositivo móvil. Además, el sistema le sugerirá leer

etiquetas que identifican diversos objetos físicos como transformadores, tableros de control y equipos de medición.

- Después de la práctica: Al finalizar la experiencia el sistema le asigna un conjunto de actividades de refuerzo.

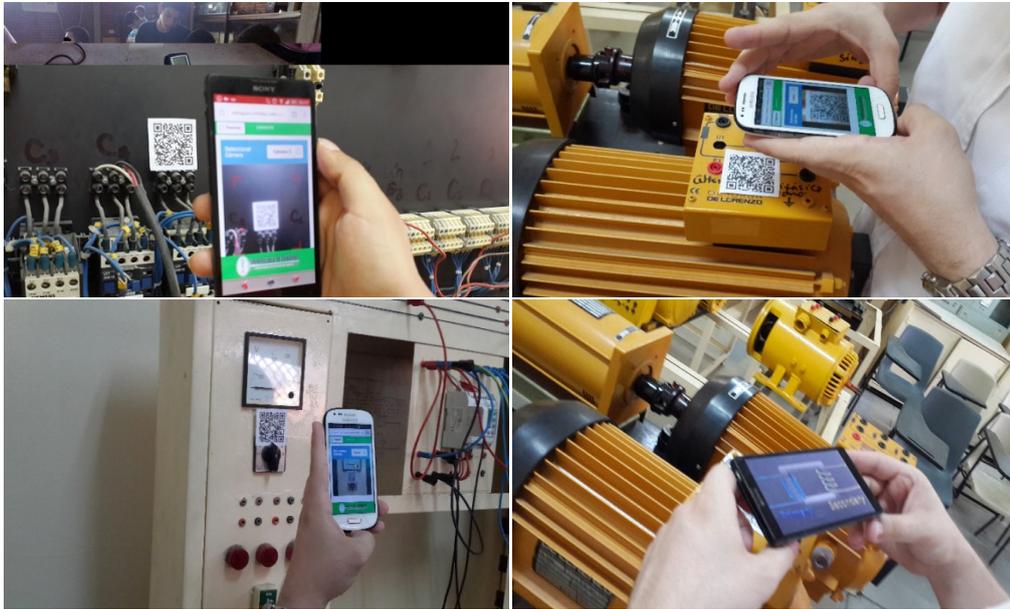


Figura 5-55. Experiencias de aprendizaje en Ingeniería Eléctrica

5.3. Resultados

En esta sección se presentan los resultados de las experiencias descritas anteriormente en los diferentes programas académicos. Se presentan los resultados obtenidos al calcular la confiabilidad de los instrumentos utilizados. También se muestran los análisis de la opinión de los estudiantes y los resultados en el pre-test y en el post-test aplicado a los estudiantes de los grupos experimental y de control. Se hace un análisis de la equivalencia inicial y, finalmente, se presentan los contrastes entre estos datos con el objeto de aceptar o rechazar la hipótesis propuesta al inicio de esta tesis doctoral.

5.3.1. Cálculo de la confiabilidad de los instrumentos de medición

Para el cálculo de la confiabilidad de los instrumentos de opinión de los estudiantes se utiliza la prueba estadística de Alfa de Cronbach. Para el cálculo de la confiabilidad de los instrumentos pre-test y post-test fue utilizado el método de mitades partidas (*split-halves*). Las pruebas piloto con las cuales se calcularon la confiabilidad y validez de los instrumentos se realizaron con estudiantes diferentes de los sujetos experimentales y en semestres, horarios y fechas distintas.

5.3.1.1. Instrumento opinión de estudiantes

La Tabla 5-13 muestra los resultados obtenidos al aplicar la prueba estadística de Alfa de Cronbach al instrumento de medición de la opinión de estudiantes.

Tabla 5-13. Estadísticas de fiabilidad del instrumento

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en los elementos tipificados	N de elementos	Casos válidos	Caso excluidos
0,8002	0,8075	6	24	0

La prueba realizada obtiene un Alfa de Cronbach de 0,80, lo que permite asegurar que el instrumento evaluado tiene un alto nivel de confiabilidad.

5.3.1.2. Pre- test para Medicina

A continuación se muestra la verificación de la normalidad de las partes A y B del pre-test realizada mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,0421889 < 0,05$ indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos no se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,0610811 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-14 y 5-15. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba de Wilcoxon, asumiendo que los datos no se distribuyen normalmente. El p-valor $0,63384 < 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el pre-test es confiable según se observa en la Tabla 5-16.

Tabla 5-14. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Medicina

Prueba	Estadístico	Valor-P
W de Shapiro-Wilk	0,913717	0,0421889

Tabla 5-15. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Medicina

Prueba	Estadístico	Valor-P
W de Shapiro-Wilk	0,920731	0,0610811

Tabla 5-16. Comparación de medianas pre-test-Medicina

Hipótesis Nula:	Hipótesis Alt.:	Estadístico W:	valor-P
$mediana1 = mediana2$	$mediana1 \neq mediana2$	311,5	0,63384

5.3.1.2. Post- test para Medicina

La verificación de la normalidad de las partes A y B del post-test se realizó mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,17067 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,314048 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-17 y 5-18. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba t, asumiendo que los datos se distribuyen normalmente. El p-valor $0,927228 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el post-test es confiable según se observa en la Tabla 5-19.

Tabla 5-17. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Medicina

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,940334	0,17067

Tabla 5-18. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Medicina

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,952502	0,314048

Tabla 5-19. Comparación de medias post-test-Medicina

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico t:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	-0,091835	0,927228

5.3.1.3. Pre-test Enfermería

Se realizó la verificación de la normalidad de las partes A y B del pretest mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,393432 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,127226 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-20 y 5-21. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba t, asumiendo que los datos se distribuyen normalmente. El p-valor $0,802975 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el pre-test es confiable según se observa en la Tabla 5-22.

Tabla 5-20. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Enfermería

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,962043	0,393432

Tabla 5-21. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Enfermería

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,942798	0,127226

Tabla 5-22. Comparación de medias pre-test-Enfermería

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	0,250644	0,802975

5.3.1.4. Post-test Enfermería

La verificación de la normalidad de las partes A y B del post-test aplicado en el programa de Enfermería se realizó mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,187384 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,055975 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-23 y 5-24. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba t, asumiendo que los datos se distribuyen normalmente. El p-valor $0,726072 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el post-test es confiable según se observa en la Tabla 5-25.

Tabla 5-23. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Enfermería

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,949128	0,187384

Tabla 5-24. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Enfermería

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,929704	0,055975

Tabla 5-25. Comparación de medias post-test-Enfermería

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	-0,352056	0,726072

5.3.1.5. Pre-test en Ingeniería de Sistemas

Con respecto al pre-test aplicado en el programa de Ingeniería de Sistemas, se muestra la verificación de la normalidad de las partes A y B realizada mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,0415936 < 0,05$ indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos no

se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,130854 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-26 y 5-27. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba de Wilcoxon. El p-valor $0,422187 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el pre-test es confiable según se observa en la Tabla 5-28.

Tabla 5-26. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,925008	0,0415936

Tabla 5-27. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,943253	0,130854

Tabla 5-28. Comparación de medias pre-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	395,5	0,422187

5.3.1.6. Post-test en Ingeniería de Sistemas

Referente al post-test aplicado en Ingeniería de Sistemas, la verificación de la normalidad de las partes A y B del post-test se realizó mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,0334776 > 0,05$ indica que se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos no se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,402144 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-29 y 5-30. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba de Wilcoxon. El p-valor $0,528021 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el post-test es confiable según se observa en la Tabla 5-31.

Tabla 5-29. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,921574	0,0334776

Tabla 5-30. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,962454	0,402144

Tabla 5-31. Comparación de medias post-test-Ingeniería de Sistemas

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	493,0	0,528021

5.3.1.7. Pre-test para Ingeniería Eléctrica

La verificación de la normalidad de las partes A y B fue realizada mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,123579 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,707945 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-32 y 5-33. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba t. El p-valor $0,841564 > 0,05$ indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el pre-test es confiable según se observa en la Tabla 5-34.

Tabla 5-32. Pruebas de normalidad para parte_A pre-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,923725	0,123579

Tabla 5-33. Pruebas de normalidad para parte_B pre-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,968083	0,707945

Tabla 5-34. Comparación de medias pre-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	0,201266	0,841564

5.3.1.8. Post-test para Ingeniería Eléctrica

La verificación de la normalidad de las partes A y B del post-test se realizó mediante la aplicación de pruebas de Shapiro-Wilk. Para la parte A, el p-valor $0,212956 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente. Para la parte B, el p-valor $0,411135 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que los datos obtenidos se distribuyen normalmente como se observa en las Tablas 5-35 y 5-36. Posteriormente, se comparan las medias de las partes A y B mediante una prueba t. El p-valor $0,900644 >$

0,05 indica que no hay diferencia en los promedios de las partes A y B, lo que nos permite afirmar que el post-test es confiable según se observa en la Tabla 5-37.

Tabla 5-35. Pruebas de normalidad para parte_A post-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,934103	0,212956

Tabla 5-36. Pruebas de normalidad para parte_B post-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Prueba</i>	<i>Estadístico</i>	<i>Valor-P</i>
Estadístico W de Shapiro-Wilk	0,950634	0,411135

Tabla 5-37. Comparación de medias post-test-Ingeniería Eléctrica

<i>Hipótesis Nula:</i>	<i>Hipótesis Alt.:</i>	<i>Estadístico W:</i>	<i>valor-P</i>
<i>media1 = media2</i>	<i>media1 <> media2</i>	-0,125732	0,900644

5.3.2. Resultados de la validación en experiencias piloto

A continuación se presenta la validación de la arquitectura propuesta mediante el desarrollo de experiencias que permitieron demostrar la hipótesis planteada en el presente trabajo.

5.3.2.1. Experiencia I – programa de Medicina

- Análisis resultados de pre-test

El pre-test se aplicó a los estudiantes del grupo experimental y grupo de control antes de iniciar el desarrollo de la unidad de aprendizaje seleccionada. En la Tabla 5-38 se muestra el resultado del pre-test realizado en ambos grupos.

Tabla 5-38. Resultados del pre-test en Medicina

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	3,8	3,4
2	2	3,8
3	2,5	3,1
4	2,8	3,8
5	1,5	3,1
6	3,5	3
7	2	4
8	2	3
9	2,1	3
10	2,8	3,1
11	2	3
12	2,1	3,8
13	2,1	3,8
14	2,4	3
15	2,4	2,5
16	2	2,5
17	3,8	1,5
18	2,8	1
19	2,85	1,87
20	2,6	1,87
21	3,8	1,25
22	1,8	1
23	2,37	1,87
24	2,8	1,25

La aplicación del pre-test tiene como objetivo determinar la equivalencia inicial de conocimiento comparando la varianza del pre-test del grupo experimental con la varianza obtenida en el grupo de control. Se calculan las varianzas en cada grupo mediante la prueba de Bartlett para determinar homogeneidad de varianzas. El p-valor = 0,0661226 > 0,05 indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios del pre-test del grupo de control frente al experimental mediante una

prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El p-valor = 0,6397837 > 0,05, indica que no hay diferencia en los promedios, lo que significa que los grupos experimental y de control estaban en igualdad de condiciones al iniciar el experimento. En la Tabla 5-39 se pueden apreciar los resultados del análisis.

Tabla 5-39. Análisis pre-test Medicina

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	24	24
Promedio	2,53417	2,64625
Desviación estándar	0,652466	0,96577
Coficiente de variación	25,7468%	36,4958%
Mínimo	1,5	1,0
Máximo	3,8	4,0
Rango	2,3	3,0
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	0,471	0,639
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	3,377	0,066

- Análisis resultados de post-test

El post-test se aplicó a los estudiantes de los grupos de control y experimental después de las sesiones de clase, utilizando las respectivas actividades de la metodología tradicional y aplicando el sistema de consciencia contextual propuesto. En la Tabla 5-40 se muestra el resultado del post-test realizado en ambos grupos.

Tabla 5-40. Resultados del post-test en Medicina

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	5	3,75
2	4,25	2,75
3	5	5
4	5	4,25
5	4,5	4,75
6	3,75	4
7	4	4,5
8	4,5	5
9	4,25	3,5
10	3,75	4,25
11	4,75	4,5
12	4	4,25
13	4,75	3,75
14	4,75	4
15	4,5	4
16	5	4
17	4,75	3,5
18	5	3,75
19	5	4,25
20	5	3,25
21	5	3,25
22	5	4,25
23	5	4,25

24	3	4
----	---	---

El propósito de la prueba post-test es determinar la existencia o no de diferencias significativas en el conocimiento final de los estudiantes que conforman los grupos de control y experimental. Se comparan las varianzas del rendimiento académico obtenidas de la aplicación del post-test en ambos grupos. Mediante la prueba de Bartlett se determina la homogeneidad de las varianzas. El p-valor $0,9626188 > 0,05$ indica que no se rechaza la hipótesis nula, es decir, se asume que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios de rendimiento académico del grupo control contra el experimental mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El p-valor pequeño ($0,0013859 < 0,01$) indica que hay diferencia en los promedios. En la Tabla 5-41 se aprecian los resultados del análisis del post-test y en la Figura 5-56 se observa el comportamiento de ambos grupos.

Tabla 5-41. Análisis post-test Medicina

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	24	24
Promedio	4,5625	4,03125
Desviación estándar	0,537961	0,543302
Coefficiente de variación	11,7909%	13,4772%
Mínimo	3,0	2,75
Máximo	5,0	5,0
Rango	2,0	2,25
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	3,4039	0,001386
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	0,0021966	0,9626

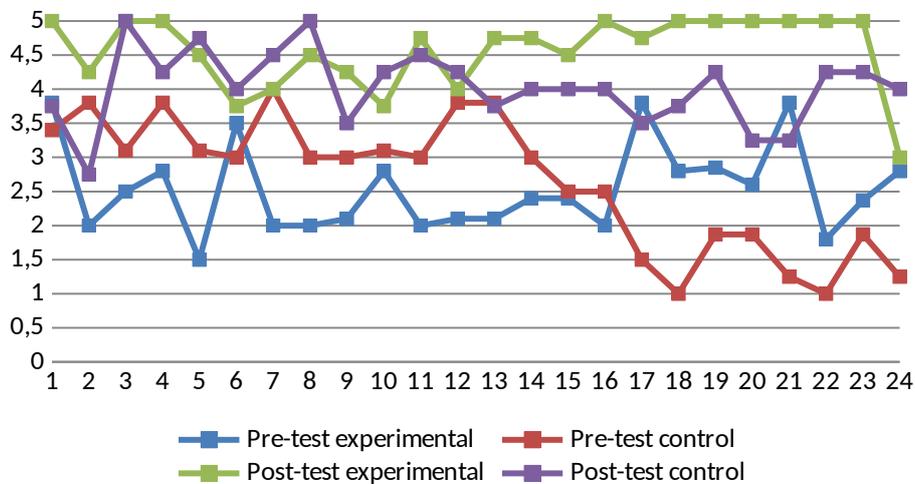


Figura 5-56. Resultados grupos control y experimental en Medicina

Por último, se aplica el modelo que incluye covarianza para determinar si el conocimiento inicial (pre-test) denominado covariable, influye en el rendimiento académico de los estudiantes de Medicina (post-test) como variable dependiente.

El intercepto (se interpreta como la media del rendimiento académico cuando el conocimiento inicial es cero), para el grupo de control es de 3,7904 y para el experimental es de 4,3319. El modelo que se ha ajustado asume que ese incremento es el mismo para ambos grupos. El p-valor es de 0,0012. Este valor es inferior al 5%, por lo que no es significativo. Esto indica que el puntaje inicial (pre-test o conocimiento inicial) no es un factor que explica la puntuación final del estudiante. En la Figura 5-57 se puede apreciar el modelo de covariable.

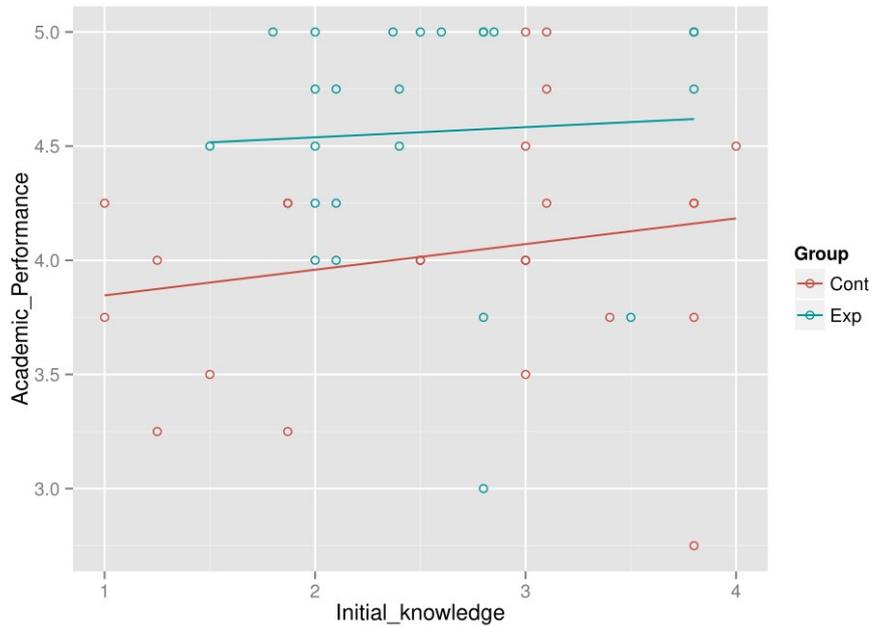


Figura 5-57. Modelo de covariable para Medicina

- **Análisis de opinión de estudiantes de Medicina**

En la Tabla 5-42 se puede apreciar el resultado de la opinión de los estudiantes del grupo experimental de Medicina.

Tabla 5-42. Resultados opinión en estudiantes de Medicina

Preguntas	Promedio	SD
P1	4,25	0,531609533
P2	4,166666667	0,637022057
P3	4,333333333	0,761386988
P4	4,125	0,612372436
P5	4,291666667	0,750603622
P6	4,625	0,710939366
<i>Cronbach Alpha = 0,8366</i>		

En la primera pregunta, los resultados sugieren que los estudiantes están de acuerdo con que el sistema permite desarrollar actividades de aprendizaje de forma fácil con un promedio de 4,25. En la segunda pregunta, responden con un promedio de 4,166, lo que indica que están de acuerdo con que el sistema presenta los contenidos de aprendizaje de forma adecuada. En la tercera pregunta, los estudiantes respondieron con un promedio de 4,33, de acuerdo con esta valoración ellos consideran que el sistema tiene una interfaz fácil y amigable. En la cuarta pregunta, respondieron con un promedio de 4,125, ellos consideran que el sistema permite la interacción con el contexto. En la quinta pregunta, respondieron con un promedio de 4,291, ellos consideran que el sistema permite la ejecución de actividades de aprendizaje dentro y fuera del campus universitario. En la sexta pregunta, respondieron con un promedio de 4,62, lo que indica que el sistema permite el desarrollo de actividades de aprendizaje activo.

Conclusiones del análisis en Medicina

Basados en los resultados del pre-test y el post-test se infiere que los estudiantes que hicieron uso del sistema de consciencia contextual, basado en la arquitectura propuesta, obtuvieron un mejor desempeño académico de 4,56 con respecto a los estudiantes del grupo de control que tuvieron un desempeño promedio de 4,03. Lo anterior demuestra la hipótesis planteada para este trabajo de investigación. Frente a la apreciación de los estudiantes con respecto al sistema propuesto, los resultados analizados permiten inferir que el grado de aceptación es muy alto.

5.3.2.2. Experiencia II – programa de Enfermería

- Análisis resultados de pre-test

El pre-test se aplicó a los estudiantes del grupo experimental y grupo de control antes de iniciar el desarrollo de la unidad de aprendizaje seleccionada. En la Tabla 5-43 se muestra el resultado de la prueba pre-test realizada en ambos grupos.

Tabla 5-43. Resultados del pre-test en Enfermería

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	1,5	2
2	2,25	2
3	1	2,5
4	1,5	2
5	2,75	2,75
6	2,25	1,5
7	2	2
8	1,75	2
9	1,5	1,5
10	2,25	1,75
11	1,5	1,75
12	0,5	2
13	2	2,5
14	2	1,75
15	1,5	1,5
16	1,25	1
17	2,5	1,5
18	1,25	1,5
19	1,75	2
20	1,25	2
21	2	2
22	1	1,75
23	2,25	2,5
24	1	2,5
25	2	1,75
26	2,25	2

El objetivo del pre-test es determinar si existe equivalencia inicial en conocimiento entre los dos grupos, experimental y control. Se calculan las varianzas en cada grupo mediante la prueba de Bartlett para determinar homogeneidad de varianzas. El p-valor = 0,1251 > 0,05 indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios del pre-test del grupo de control frente al experimental mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El p-valor = 0,1334 > 0,05, indica que no hay diferencia en los promedios, lo que significa que el grupo experimental y el control estaban en igualdad de condiciones al iniciar el experimento. En la Tabla 5-44 se puede apreciar el resultado del pre-test.

Tabla 5-44. Análisis pre-test Enfermería

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	26	26
Promedio	1,72115	1,92308
Desviación estándar	0,544642	0,398555
Coefficiente de variación	31,644%	20,7249%
Mínimo	0,5	1,0
Máximo	2,75	2,75
Rango	2,25	1,75
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	-1,5256	0,1334
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	2,3523	0,1251

- Análisis resultados de post-test

El post-test se aplicó a los estudiantes de los grupos de control y experimental después de las sesiones de clase, utilizando las respectivas actividades de la metodología tradicional y aplicando el sistema de consciencia contextual propuesto. En la Tabla 5-45 se muestra el resultado del post-test realizado en ambos grupos.

Tabla 5-45. Resultados del post-test en Enfermería

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	3,5	2,65
2	3,5	3
3	3	2,75
4	3,75	3,25
5	5	1,5
6	4,45	2,5
7	4,5	2,9
8	3,6	4
9	3,95	3,5
10	4,95	4
11	4	3
12	5	3,5
13	5	3,8
14	4,4	2,5
15	4,5	3,6
16	5	2,5
17	3,9	3,8
18	3,2	3,8
19	4	3,9
20	2,9	4
21	4,4	2,15
22	3	4,3
23	5	3,3
24	4,3	2
25	4,3	4
26	3,8	3,6

El propósito de la prueba post-test es determinar la existencia o no de diferencias significativas en el conocimiento final de los estudiantes que conforman los grupos de control y experimental. Se comparan las varianzas del rendimiento académico obtenidas de la aplicación del post-test en ambos grupos. Mediante la prueba de Bartlett se determina la homogeneidad de las varianzas. El $p\text{-valor} = 0,6880 > 0,05$ indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios de rendimiento académico del grupo control contra el experimental mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El $p\text{-valor}$ pequeño ($0,0001 < 0,01$) indica que hay diferencia en los promedios. En la Tabla 5-46 se muestran los resultados del análisis del post-test y en la Figura 5-58 se puede apreciar el comportamiento de ambos grupos.

Tabla 5-46. Análisis post-test Enfermería

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	26	26
Promedio	4,11154	3,22308
Desviación estándar	0,675471	0,732561
Coefficiente de variación	16,4287%	22,7286%
Mínimo	2,9	1,5
Máximo	5,0	4,3
Rango	2,1	2,8
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	-4.546	0,0001
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	0,161	0,6880

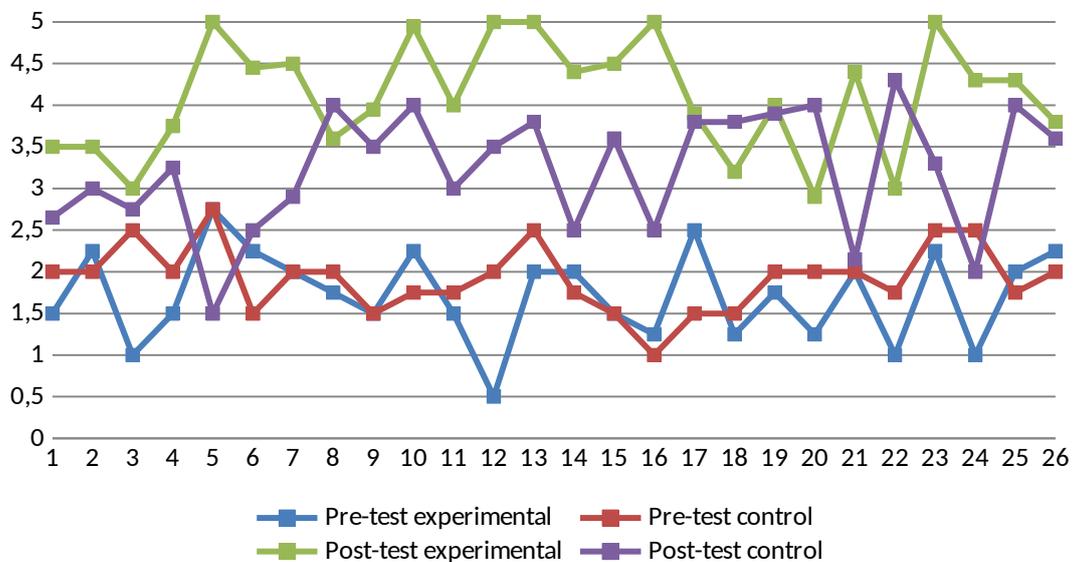


Figura 5-58. Resultados grupo control y experimental en Enfermería

Finalmente, se aplica el modelo que incluye covarianza para determinar si el conocimiento inicial (pre-test), denominado covariable, influye en el rendimiento académico de los estudiantes de Enfermería (post-test) como variable dependiente.

El intercepto (se interpreta como la media del rendimiento académico cuando el conocimiento inicial es cero), para el grupo de control es de 3,053 y para el experimental es de 3,960. El modelo que se ha ajustado asume que ese incremento es el mismo para ambos grupos. El p-valor es de 0. Este valor fue inferior al 5%, por lo que no es significativo. Esto indica que el puntaje inicial (pre-test o conocimiento inicial) no es un factor que explica la puntuación final del estudiante. En la Figura 5-59 se puede apreciar el modelo que incluye covariable.

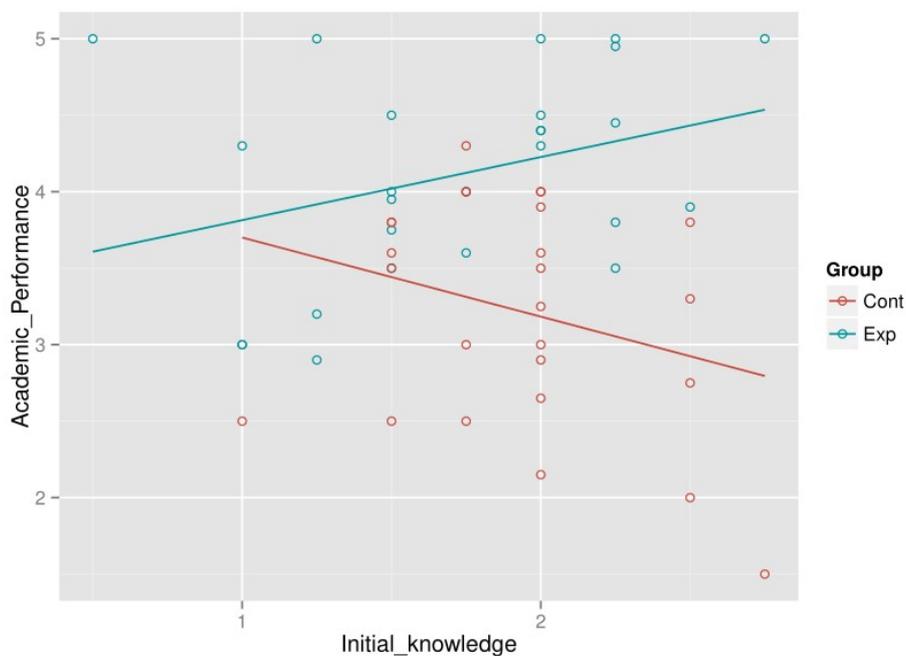


Figura 5-59. Modelo de covariable en Enfermería

- Resultados encuesta de opinión en estudiantes de Enfermería

En la Tabla 5-47 se puede apreciar el resultado de la opinión de los estudiantes del grupo experimental de Enfermería.

Tabla 5-47. Resultados opinión en estudiantes de Enfermería

Preguntas	Promedio	SD
P1	4,230769231	0,5144078
P2	4,153846154	0,61268639 2
P3	4,346153846	0,74524131 4
P4	4,192307692	0,63367062 5
P5	4,346153846	0,68948141
P6	4,576923077	0,64330875 5
<i>Cronbach Alpha = 0,8103</i>		

En la primera pregunta, los resultados sugieren que los estudiantes están de acuerdo con que el sistema permite desarrollar actividades de aprendizaje de forma fácil con un promedio de 4,23. En la segunda pregunta, los estudiantes responden con un promedio de 4,153, lo que indica que están de acuerdo con que el sistema presenta los contenidos de aprendizaje de forma adecuada. En la tercera pregunta, un promedio de 4,346, lo que sugiere que los estudiantes consideran que el sistema tiene una interfaz fácil y amigable. En la cuarta pregunta, respondieron con un promedio de 4,1923, lo que indica que los estudiantes consideran que el sistema permite la interacción con el contexto. En la quinta pregunta, respondieron con un promedio de 4,346, lo que indica que los estudiantes consideran que el sistema permite la ejecución de actividades de aprendizaje dentro y fuera del campus universitario. En la sexta, respondieron con un promedio de 4,576, lo que indica que el sistema permite el desarrollo de actividades de aprendizaje activo.

Conclusiones del análisis en Enfermería

Los resultados del pre-test y el post-test sugieren que los estudiantes estimulados con el uso del sistema de consciencia contextual propuesto, obtuvieron un mejor desempeño académico de 4,11 con respecto a los estudiantes del grupo control que tuvieron un desempeño promedio menor de 3,22. Lo anterior confirma que los estudiantes de Enfermería que hicieron uso del sistema consciencia contextual obtuvieron mejores resultados que sus pares que siguieron la clase tradicional. La

apreciación de los estudiantes de Enfermería muestra un alto grado de aceptación del sistema propuesto, debido a que les permite mejorar su desempeño académico.

5.3.2.3. Experiencia III – programa Ingeniería de Sistemas

- Análisis resultados de pre-test

El pre-test se aplicó a los estudiantes del grupo experimental y grupo de control antes de iniciar el desarrollo de la unidad de aprendizaje seleccionada. En la Tabla 5-48 se muestra el resultado de la prueba pre-test realizada en ambos grupos.

Tabla 5-48. Resultados del pre-test en Ingeniería de Sistemas

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	2	1
2	1	2
3	1	1
4	1	2
5	2	1
6	1	2
7	1	1
8	1	1
9	1	3
10	1	1
11	2	2,5
12	1	3
13	2	1
14	1	2,6
15	1	2
16	2	2
17	1	1
18	1	1
19	1	1
20	2	1
21	2	1
22	4	1
23	3	2
24	3	2

La finalidad del pre-test es determinar si existe equivalencia inicial en conocimiento entre los dos grupos, experimental y control. Se calculan las varianzas en cada grupo mediante la prueba de Bartlett para determinar homogeneidad de varianzas. El p-valor = 0,452 > 0,05 indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios del pre-test del grupo de control frente al experimental mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El p-valor = 0,985 > 0,05 indica que no hay diferencia en los promedios, lo que significa que el grupo experimental y el de control estaban en igualdad de condiciones al iniciar el experimento. En la Tabla 5-49 se puede apreciar el resultado del pre-test.

Tabla 5-49. Análisis pre-test Ingeniería de Sistemas

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	24	24
Promedio	1,58333	1,5875
Desviación estándar	0,829702	0,707913
Coefficiente de variación	52,4022%	44,593%
Mínimo	1,0	1,0
Máximo	4,0	3,0
Rango	3,0	2,0
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	0,018	0,985
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	0,565	0,452

- Análisis resultados de post-test

El post-test se aplicó a los estudiantes de los grupos de control y experimental después de las sesiones de clase, utilizando las respectivas actividades de la metodología tradicional y aplicando el sistema de consciencia contextual propuesto. En la Tabla 5-50 se muestra el resultado del post-test realizado en ambos grupos.

Tabla 5-50. Resultados del post-test en Ingeniería de Sistemas

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	3	1
2	2,5	4
3	1,5	4
4	3	4,5
5	3,5	3,5
6	4	2,5
7	4,5	2,5
8	3,5	1,5
9	4	4,5
10	4	3,5
11	4	1
12	3	1
13	4,5	2,5
14	2	4
15	2,5	3,5
16	3	4
17	3,5	4,5
18	4	3,5
19	4	1,5
20	4	1
21	3,5	1
22	4,5	1

23	4	4
24	4,5	1

El propósito del post-test es determinar si los estudiantes del grupo experimental tuvieron o no diferencias significativas en el conocimiento final respecto a los del grupo de control. Se comparan las varianzas del rendimiento académico obtenidas de la aplicación del post-test en ambos grupos. Mediante la prueba de Bartlett se determina la homogeneidad de las varianzas. El p-valor = 0,014 < 0,05 indica que las varianzas no son iguales. Luego, se comparan los promedios de rendimiento académico del grupo de control contra el experimental, asumiendo que las varianzas son distintas mediante una prueba Welch t (Moser y Stevens, 1992) para muestras independientes. El p-valor = 0,017738 < 0,01 indica que hay diferencia en los promedios. En la Tabla 5-51 se observan los resultados del análisis del post-test y en la Figura 5-60 se puede apreciar el comportamiento de ambos grupos.

Tabla 5-51. Análisis pos-test Ingeniería de Sistemas

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	24	24
Promedio	3,52083	2,70833
Desviación estándar	0,813997	1,38247
Coefficiente de variación	23,1194%	51,0452%
Mínimo	1,5	1,0
Máximo	4,5	4,5
Rango	3,0	3,5
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	-2,481	0,017
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	6,041	0,014

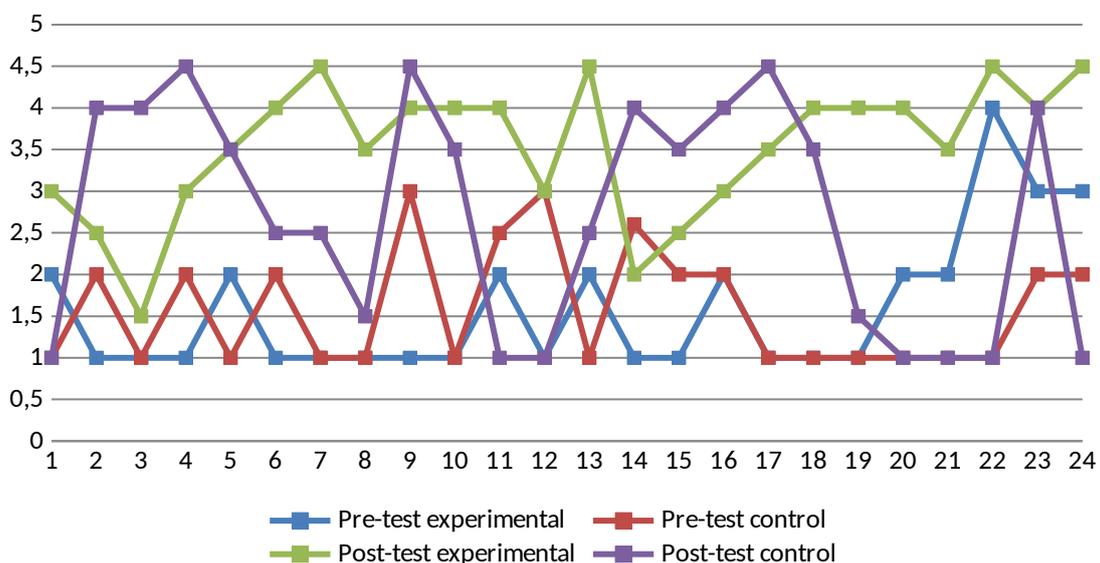


Figura 5-60. Resultados grupo control y experimental en Ingeniería de Sistemas

Finalmente, se aplica el modelo que incluye covarianza para determinar si el conocimiento inicial (pre-test), denominado covariable, influye en el rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería de Sistemas (post-test) como variable dependiente.

El intercepto (se interpreta como la media del rendimiento académico cuando el conocimiento inicial es cero), para el grupo de control es de 2,074 y para el experimental es de 2,889. El modelo que se ha ajustado asume que ese incremento es el mismo para ambos grupos. El p valor es de 0,0141. Este valor fue inferior al 5%, por lo que no es significativo. Esto indica que el puntaje inicial (pre-test o conocimiento inicial) no es un factor que explica la puntuación final del estudiante. En la Figura 5-61 se puede apreciar el modelo de covariable.

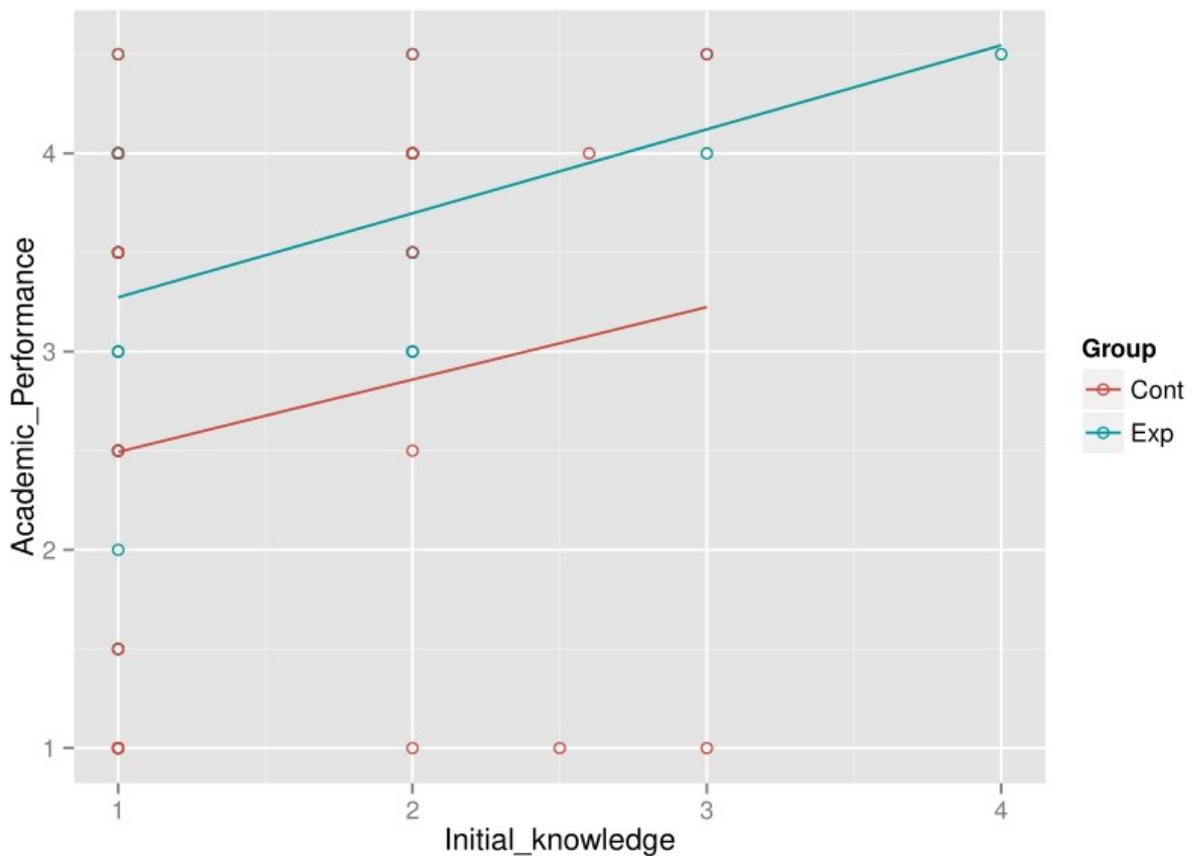


Figura 5-61. Modelo de covariable en Ingeniería de Sistemas

- **Resultados encuesta de opinión en Ingeniería de Sistemas**

La encuesta de opinión fue aplicada a los estudiantes del grupo experimental, luego de realizar la experiencia. En la Tabla 5-52, se puede apreciar el resultado de la opinión de los estudiantes del grupo experimental de Ingeniería de Sistemas.

Tabla 5-52. Resultados opinión en Ingeniería de Sistemas

Preguntas	Promedio	SD
P1	4,208333333	0,721060009
P2	4,083333333	0,880546602
P3	4,416666667	0,775531608
P4	4,375	0,769669607
P5	4,291666667	0,624093546
P6	4,00	0,780189498
<i>Cronbach Alpha = 0,863</i>		

En la primera pregunta, los resultados sugieren que los estudiantes están de acuerdo con que el sistema permite desarrollar actividades de aprendizaje de forma fácil con un promedio de 4,208. En la segunda pregunta, respondieron con un promedio de 4,083, lo que indica que están de acuerdo con que el sistema presenta los contenidos de aprendizaje de forma adecuada. En la tercera pregunta, respondieron con un promedio de 4,416, lo que sugiere que los estudiantes consideran que el sistema tiene una interfaz fácil y amigable. En la cuarta pregunta, respondieron con un promedio de 4,375, lo que indica que los estudiantes consideran que el sistema permite la interacción con el contexto. En la quinta pregunta, respondieron con un promedio de 4,291, lo que indica que los estudiantes consideran que el sistema permite la ejecución de actividades de aprendizaje dentro y fuera del campus universitario. En la sexta pregunta, respondieron con un promedio de 4,00, lo que indica que el sistema permite el desarrollo de actividades de aprendizaje activo.

Conclusiones del análisis en Ingeniería de Sistemas

Basados en los resultados del pre-test y el post-test se infiere que los estudiantes que hicieron uso del sistema de conciencia contextual, basado en la arquitectura propuesta, obtuvieron un mejor desempeño académico (3,52), con respecto a los

estudiantes del grupo de control que tuvieron un desempeño promedio menor (2,70). Lo anterior confirma que los estudiantes de Ingeniería de Sistemas que hicieron uso del sistema conciencia contextual obtuvieron mejores resultados que sus pares que siguieron la clase tradicional. Sobre el grado de aceptación del sistema conciencia contextual por los estudiantes, tuvo una valoración en promedio por encima de cuatro.

5.3.2.4 Experiencia IV – programa Ingeniería Eléctrica

- Análisis resultados de pre-test

El pre-test se aplicó a los estudiantes del grupo experimental y grupo de control antes de iniciar el desarrollo de la unidad de aprendizaje seleccionada. En la Tabla 5-53 se muestra el resultado de la prueba pre-test realizada en ambos grupos.

Tabla 5-53. Resultados de pre-test en Ingeniería Eléctrica

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	1,8	2,1
2	1,5	1,4
3	3,6	1,2
4	2,1	1,9
5	2,6	2,8
6	3,1	3,1
7	2,8	3
8	2,6	2,3
9	2,2	1,6
10	3,3	2
11	1	3
12	1,3	2,8
13	1,8	1,1
14	1,5	1,5
15	1,6	2,7
16	1,8	2,4
17	2	3,5
18	2,3	3,4
19	3,1	1,6
20	1,5	3

La finalidad del pre-test es determinar si existe equivalencia inicial en conocimiento entre los dos grupos, experimental y control. Se calculan las varianzas en cada grupo mediante la prueba de Bartlett para determinar homogeneidad de varianzas. El p-valor = 0,882 > 0,05 indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios del pre-test del grupo control frente al experimental mediante una prueba t para muestras independientes, asumiendo varianzas iguales. El p-valor = 0,539 > 0,05 indica que no hay diferencia en los promedios, lo que significa que el grupo experimental y el de control estaban en igualdad de condiciones al iniciar el experimento. En la Tabla 5-54 se puede apreciar el resultado del pre-test.

Tabla 5-54. Análisis pre-test Ingeniería Eléctrica

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	20	20
Promedio	2,175	2,32
Desviación estándar	0,728282	0,753658
Coefficiente de variación	33,4842%	32,4852%
Mínimo	1,0	1,1
Máximo	3,6	3,5
Rango	2,6	2,4
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	0,618734	0,539783
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	0,021712	0,8829

- Análisis resultados de post-test

El post-test se aplicó a los estudiantes de los grupos de control y experimental después de las sesiones de clase, utilizando las respectivas actividades de la metodología tradicional y aplicando el sistema de consciencia contextual propuesto. En la Tabla 5-55 se muestra el resultado del post-test realizado en ambos grupos.

Tabla 5-55. Resultados del post-test en Ingeniería Eléctrica

ID	Grupo experimental	Grupo control
1	4,8	4
2	4	2,3
3	4,5	2,6
4	2,9	3,7
5	5	3,9
6	4,3	3,5
7	4,4	3,5
8	5	4
9	4,5	3,5
10	4,8	2,7
11	4,9	3,4
12	4	3,6
13	3,6	3,1
14	3	3,5
15	3	3,2
16	2,1	2,9

17	3,6	3,1
18	3,8	3,3
19	4,9	3,1
20	3,6	3,2

El propósito del post-test es determinar si los estudiantes del grupo experimental tuvieron o no diferencias significativas en el conocimiento final respecto a los del grupo de control. Se comparan las varianzas de rendimiento académico obtenidas de la aplicación del post-test en ambos grupos. Mediante la prueba de Bartlett se determina la homogeneidad de las varianzas. El $p\text{-valor} = 0,012 > 0,05$ indica que las varianzas son iguales. Luego, se comparan los promedios de rendimiento académico del grupo de control contra el experimental, asumiendo que las varianzas son distintas mediante una prueba t para muestras independientes. El $p\text{-valor} = 0,001 < 0,01$ indica que hay diferencia en los promedios. En la Tabla 5-56 se pueden apreciar los resultados del análisis del post-test y en la Figura 5-62 se observa el comportamiento de ambos grupos.

Tabla 5-56. Análisis post-test Ingeniería Eléctrica

Resumen descriptivo e inferencial	Grupo experimental	Grupo control
Recuento	20	20
Promedio	4,035	3,305
Desviación estándar	0,826072	0,453611
Coefficiente de variación	20,4727%	13,725%
Mínimo	2,1	2,3
Máximo	5,0	4,0
Rango	2,9	1,7
Prueba t de dos muestras	t	p-valor
	-3,46412	0,00133354
Prueba de Bartlett	B stat	p-valor
	6,2883	0,0121

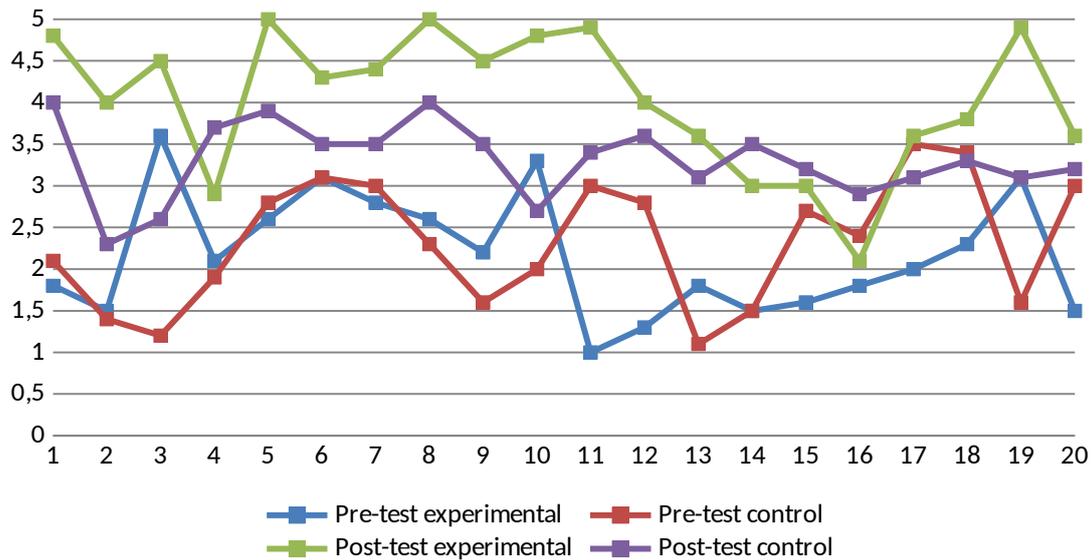


Figura 5-62. Resultados grupo control y experimental en Ingeniería Eléctrica

Finalmente, se aplica el modelo que incluye covarianza para determinar si el conocimiento inicial (pre-test), denominado covariable, influye en el rendimiento académico de los estudiantes de Ingeniería Eléctrica (post-test), como variable dependiente.

El intercepto (se interpreta como la media del rendimiento académico cuando el conocimiento inicial es cero), para el grupo de control es de 2,52 y el experimental es de 3,30. El modelo que se ha ajustado asume que ese incremento es el mismo para ambos grupos. El p-valor es de 0,0004. Este valor fue inferior al 5%, por lo que no es significativo. Esto indica que el puntaje inicial (pre-test o conocimiento inicial) no es un factor que explica la puntuación final del estudiante. En la Figura 5-63 se puede apreciar el modelo de covariable.

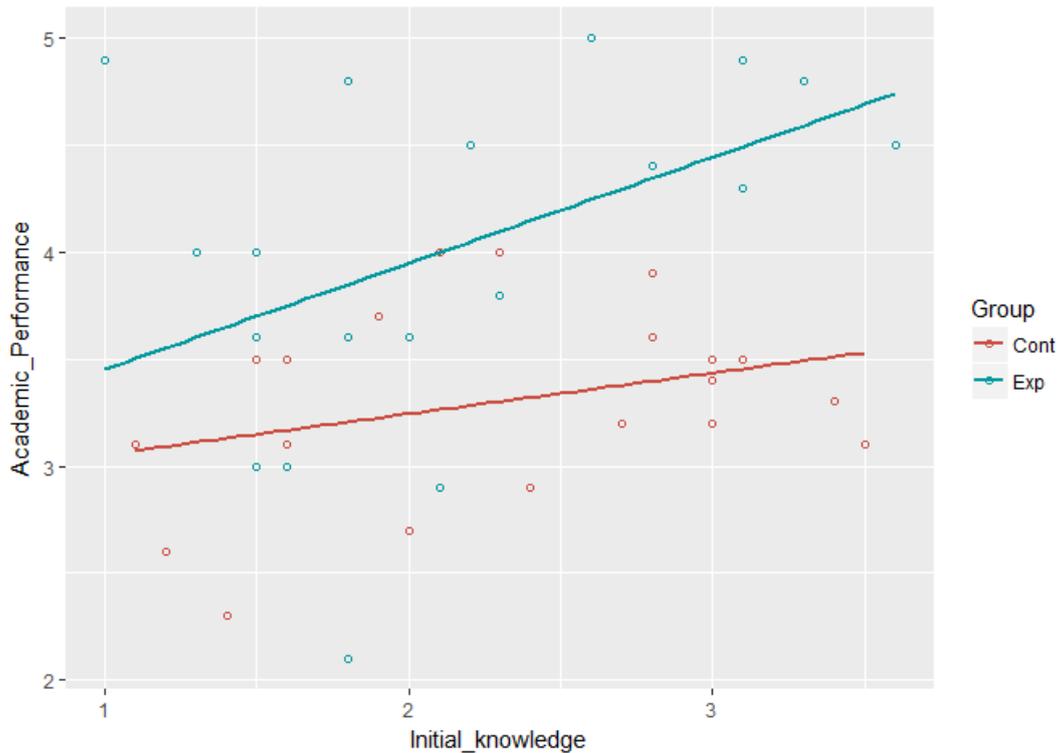


Figura 5-63. Modelo de covariable Ingeniería Eléctrica

Conclusiones del análisis en Ingeniería de Eléctrica

Basados en los resultados del pre-test y el post-test se infiere que los estudiantes que hicieron uso del sistema de consciencia contextual, basado en la arquitectura propuesta, obtuvieron un mejor desempeño académico (4,03) con respecto a los estudiantes del grupo de control que tuvieron un desempeño promedio menor (3,30). Lo anterior confirma que los estudiantes de Ingeniería Eléctrica que hicieron uso del sistema consciencia contextual obtuvieron mejores resultados que sus pares que siguieron la clase tradicional.

Resumen

Los resultados en los cuatro grupos experimentales ratifican la hipótesis planteada para este trabajo de investigación. Es decir, la arquitectura propuesta facilita la entrega de contenidos de aprendizaje y mejora la interacción del estudiante con el contexto, reflejándose en su aprendizaje en relación con los que usan métodos de enseñanza tradicional. Independientemente de los grupos donde se aplicó y las diferencias en las áreas de conocimiento, los resultados fueron satisfactorios en todas las experiencias. Lo que permite inferir que el sistema propuesto es una herramienta de apoyo a la docencia que mejora la interacción del estudiante con el contexto.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

6.1. Conclusiones

Las tendencias actuales en educación requieren la creación de nuevas técnicas, metodologías, lúdicas, entre otras, que permitan generar espacios de aprendizaje significativos en donde el estudiante sea el eje central en el proceso de formación. En el desarrollo de esta tesis doctoral se pudo evidenciar que la inclusión de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la educación mejoraron significativamente el desempeño académico de los estudiantes. A través de la revisión de literatura se logró determinar que numerosos trabajos basados en los conceptos del aprendizaje ubicuo y los sistemas de consciencia contextual han contribuido a facilitar el acceso al conocimiento para que el estudiante aprenda en cualquier momento y en cualquier lugar. Sin embargo, a pesar de la existencia de importantes trabajos de investigación y sus aportaciones, no existen modelos absolutos en cuanto a teorías de aprendizaje, metodologías, didácticas, estrategias, que permitan garantizar el éxito académico en los estudiantes. Debido a la naturaleza misma de la complejidad que implican los procesos de enseñanza-aprendizaje.

La educación es un insumo determinante para adelantar una gran diversidad de investigaciones, con el objetivo de aportar contribuciones en aras de mejorar el aprendizaje en los estudiantes. Partiendo de esa premisa, en este trabajo de investigación se planteó una arquitectura con capacidad de entregar contenidos de aprendizaje en entornos inteligentes soportados en la consciencia contextual, derivando en las siguientes contribuciones:

- Un modelo de contexto ontológico en el cual se plantean esencialmente seis dimensiones, tales como el tiempo, la ubicación, el perfil del estudiante, las actividades, los dispositivos y objetos de aprendizaje. Con el propósito de permitir sugerir contenidos de aprendizaje basados en aspectos relacionados con el contexto y las actividades que el estudiante este realizando. La dimensión del tiempo no sólo considera el tiempo real sino también la asociación a las actividades que realiza el estudiante (duración prevista, plazos, tiempo faltante, entre otras). La dimensión de las actividades es vista de forma individual y colaborativa, dependiendo de la naturaleza de la

asignatura o curso que se esté adelantando. El modelo ontológico permite al sistema de aprendizaje basado en el contexto, sugerir de forma apropiada contenidos de aprendizaje a los estudiantes.

- Se planteó una arquitectura con el propósito de mejorar la interacción del estudiante con el contexto. Dentro de esta propuesta, el contexto abarca el espacio o ubicación donde el estudiante desarrolla sus actividades de aprendizaje apoyado en sensores de detección de ubicación como el sistema de posicionamiento global (GPS), Comunicación de Campo Cercano (NFC), códigos QR y sensores *Bluetooth Low Energy* (BLE). El contexto computacional es asociado a los sistemas de cómputo como los teléfonos inteligentes, *tablets* y portátiles. Mediante estos dispositivos se obtienen las características como capacidad de memoria, resolución de la pantalla, sistema operativo y tipo de conexión a la red. Los objetos físicos son asociados a objetos de aprendizaje etiquetados con tecnologías NFC, *QRCode* y BLE. De igual forma, la información contextual del estudiante permite identificar el perfil. La arquitectura está constituida en cuatro capas distribuidas así en orden ascendente: la primera capa es la unidad de persistencia que permite el almacenamiento de la base de datos académica y la de objetos de aprendizaje. La segunda capa se encarga del mapeo y recuperación de información de los modelos relacionales al ontológico. La tercera capa corresponde a la base de conocimiento almacenada en la ontología. Finalmente, la capa de gestión del contexto cuenta con los módulos de detección del contexto, notificación y presentación, *broker* o mediador, gestión de perfil del estudiante, planificador de actividades y gestión de objetos de aprendizaje. La función de esta capa es la administración de la información contextual que permite ofrecer recursos de aprendizaje apropiados a los estudiantes de acuerdo con los datos obtenidos del contexto.

Al implementar la arquitectura propuesta se realizaron diversos experimentos con el objetivo de validar la hipótesis de investigación planteada en esta tesis doctoral. Se adelantaron cuatro experiencias en estudiantes de educación superior en las Universidades de Córdoba y del Sinú (Colombia). Dos experiencias se hicieron al interior de los programas de Enfermería y Medicina. Los resultados demostraron que los estudiantes que tuvieron acceso al sistema de consciencia contextual planteado, mejoraron significativamente el desempeño académico (grupos experimentales), con respecto a los que recibieron las clases de forma tradicional. También se realizaron experiencias en los programa de Ingeniería Eléctrica e

Ingeniería de Sistemas, obteniendo mejores resultados los estudiantes que accedieron a las clases con el sistema propuesto en relación con los del grupo control que tuvieron menor rendimiento. En conclusión, se acepta la hipótesis: la arquitectura propuesta facilita la entrega de contenidos de aprendizaje y mejora la interacción del estudiante con el contexto.

A los estudiantes que interactuaron con el sistema de consciencia contextual de los diferentes grupos de Medicina, Enfermería, Ingeniería Eléctrica e Ingeniería de Sistemas se les aplicó un instrumento de opinión para evaluar la forma en que percibieron las clases apoyadas con la tecnología planteada. En todas las experiencias los estudiantes consideraron que el sistema facilita la interacción con el contexto en el cual las actividades de aprendizaje toman lugar.

De acuerdo con los resultados de rendimiento académico de los grupos experimentales se logra ver claramente que los grupos de Medicina y Enfermería obtuvieron mejores notas que los dos grupos experimentales de Ingeniería. Aunque los grupos de Ingeniería de Sistemas e Ingeniería Eléctrica tienen más contacto con teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras y sensores entre otros, no incidió para alcanzar mejores resultados frente a los estudiantes del área de la salud.

Por otra parte, en los resultados obtenidos en la experimentación se puede afirmar que la arquitectura propuesta contribuye a mejorar los espacios de aprendizaje y el rendimiento académico. Se evidencia también que el sistema proporciona adecuadamente los contenidos de aprendizaje sin importar el programa académico que lo utilice. Finalmente, para poder implementar sistemas de consciencia contextual como apoyo al aprendizaje se requiere de la sinergia de diferentes áreas del conocimiento que permitan apoyar los procesos de enseñanza-aprendizaje, así como una infraestructura tecnológica que permita hacer posible la interacción entre los estudiantes, docentes y contenidos de aprendizaje.

6.2. Trabajos futuros

Los trabajos futuros derivados de esta investigación son:

- Evaluar la arquitectura propuesta en términos de tiempo de respuesta de acceso, interacción y entrega de recursos de aprendizajes.

- Implementar un motor de recomendación basado en filtrado colaborativo y de contenido para lograr una mejor precisión en la entrega de contenidos de aprendizaje.

Referencias bibliográficas

- Abech, M., da Costa, C. A., Barbosa, J. L. V., Rigo, S. J., & da Rosa Righi, R. (2016). A model for learning objects adaptation in light of mobile and context-aware computing. *Personal and Ubiquitous Computing*, 20(2), 167-184.
- Allen, J. F. (1984). Towards a general theory of action and time. *Artificial intelligence*, 23(2), 123-154.
- Armstrong, T. (2009). Multiple intelligences in the classroom. Ascd.
- Baccari, S., & Neji, M. (2016, Diciembre). Design for a context-aware and collaborative mobile learning system. In Computational Intelligence and Computing Research (ICCIC), 2016 IEEE International Conference on (pp. 1-6). IEEE, Chennai, India.
- Badii, A., Crouch, M., & Lallah, C. (2010, Agosto). A context-awareness framework for intelligent networked embedded systems. In 2010 Third International Conference on Advances in Human-Oriented and Personalized Mechanisms, Technologies and Services (pp. 105-110). IEEE, Nice, France.
- Bettini, C., Brdiczka, O., Henricksen, K., Indulska, J., Nicklas, D., Ranganathan, A., & Riboni, D. (2010). A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing*, 6(2), 161-180.
- Bizer, C., & Seaborne, A. (2004, Noviembre). D2RQ-treating non-RDF databases as virtual RDF graphs. In Proceedings of the 3rd international semantic web conference (ISWC2004) (Vol. 2004). Proceedings of ISWC2004, Francia.
- Bomsdorf, B. (2005). Adaptation of learning spaces: Supporting ubiquitous learning in higher distance education. In Dagstuhl Seminar Proceedings, Dagstuhl, Alemania.
- Botts, M., & Robin, A. (2007). OpenGIS sensor model language (SensorML) implementation specification. OpenGIS Implementation Specification OGC, 7(000). Descargado de: <http://www.opengeospatial.org/standards/sensorml>.
- Braine, M. D., & O'Brien, D. P. (Eds.). (1998). Mental logic. Mahawah, New Yersey, Londres: Lawrence Erlbaum Associates.
- Brown, P. J., Bovey, J. D., & Chen, X. (1997). Context-aware applications: from the laboratory to the marketplace. *IEEE personal communications*, 4(5), 58-64.
- Carliner, S. (2004). Overview of online learning. Amherst, MA: Human Resource Development Press.
- Chandra, S., Nelaturu, B., Kambham, R., Karna, N. J., Parupalli, R., Mandula, K. (2010, Julio). Building intelligent campus environment utilizing ubiquitous

- learning. Technology for Education (T4E), International Conference, Mumbai, India.
- Chen, H., Finin, T., Joshi, A., Kagal, L., Perich, F., & Chakraborty, D. (2004a). Intelligent agents meet the semantic web in smart spaces. *IEEE Internet computing*, 8(6), 69-79.
- Chen, H., Perich, F., Finin, T., & Joshi, A. (2004b, Agosto). Soupa: Standard ontology for ubiquitous and pervasive applications. In *Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Services, 2004. MOBIQUITOUS 2004. The First Annual International Conference on* (pp. 258-267). IEEE, Boston, Estados Unidos.
- Chen, Y.S., Kao, T.C., Sheu, J.P. and Chiang, C.Y. (2002, Agosto) A mobile scaffolding-aid-based bird – watching learning system, *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless & Mobile Technologies in Education (WMTE'02)*, pp.15–22. IEEE, Tokushima, Japón.
- Cheng, Z., Sun, S., Kansen, M., Huang, T., & He, A. (2005, Marzo). A personalized ubiquitous education support environment by comparing learning instructional requirement with learner's behavior. In *Advanced Information Networking and Applications, 2005. AINA 2005. 19th International Conference on* (Vol. 2, pp. 567-573). IEEE, Taipei, Taiwan.
- Chin, K. Y., & Chen, Y. L. (2013). A mobile learning support system for ubiquitous learning environments. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 73, 14-21.
- Ching-bang, Y. (2010, Febrero). Personalized guidance and ubiquitous learning in intelligent library with multi- agent. *Computer and Automation Engineering (ICCAE). The 2nd International Conference on*, Singapore.
- Curtis, M., Luchini, K., Bobrowsky, W., Quintana, C. and Soloway, E. (2002, Agosto) Handheld use in K-12: a descriptive account. *Proceedings of IEEE International Workshop on Wireless & Mobile Technologies in Education (WMTE'02)*, pp.23–30. IEEE, Tokushima, Japón.
- De Bruijn, J. (2003). Using Ontologies - Enabling Knowledge Sharing and Reuse on the Semantic Web. Tech. Rep. Technical Report DERI-2003-10-29, Digital Enterprise Research Institute (DERI), Austria, October.
- Dean, A., Voss, D., & Draguljić, D. (1999). *Design and analysis of experiments*. New York: Springer.
- Dey A., Abowd G., (1999, Noviembre). Towards a Better Understanding of context and context awareness. *International Symposium on Handheld and Ubiquitous Computing*, Karlsruhe, Alemania.
- Dey, A. K. (2001). Understanding and Using Context. *Personal and Ubiquitous Computing*, 5(1): 4-7.

- Dey, A. K., Abowd, G. D., & Salber, D. (2001). A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications. *Human-Computer Interaction*, 16(2-4), 97-166.
- Drost, E. A. (2011). Validity and reliability in social science research. *Education Research and perspectives*, 38(1), 105.
- Esprit Project 26900. Technology for enabling Awareness (TEA). www.omega.it/tea/, 1999
- Fernández, M., Gómez, A., & Juristo, N. (1997, Marzo). Methontology: from ontological art towards ontological engineering. AAAI-97 Spring Symposium Series, Stanford University, Estados Unidos.
- Fischer, G., & Konomi, S. (2005, Noviembre). Innovative media in support of distributed intelligence and lifelong learning. In null (pp. 3-10). IEEE, Tokushima, Japón.
- Galán, M. A. G., & López, E. L. (1985). Factores del rendimiento universitario. *Revista Española de Pedagogía*, 497-519.
- Gardner, H., & Hatch, T. (1989). Educational implications of the theory of multiple intelligences. *Educational researcher*, 18(8), 4-10.
- Gasparini, I., Pimenta, M. S., & de Oliveira, J. P. M. (2011, Noviembre). How to apply context-awareness in an adaptive e-learning environment to improve personalization capabilities?. In Chilean Computer Science Society (SCCC), 2011 30th International Conference of the (pp. 161-170). IEEE, Curico, Chile.
- Gliem, J. A., & Gliem, R. R. (2003). Calculating, interpreting, and reporting Cronbach's alpha reliability coefficient for Likert-type scales. Midwest Research-to-Practice Conference in Adult, Continuing, and Community Education, Ohio, Estados Unidos.
- Gómez, S., Zervas, P., Sampson, D. G., & Fabregat, R. (2014). Context-aware adaptive and personalized mobile learning delivery supported by UoLmP. *Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences*, 26(1), 47-61.
- Gruber, T. R. (1993). A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge acquisition*, 5(2), 199-220.
- Gu, T., Wang, X. H., Pung, H. K., & Zhang, D. Q. (2004, Enero). An ontology-based context model in intelligent environments. In Proceedings of communication networks and distributed systems modeling and simulation conference (Vol. 2004, pp. 270-275).
- Haya, P., Alamán, X., & Montoro, G. (2001). A Comparative Study of Communication Infrastructures for the Implementation of Ubiquitous Computing. UPGRADE, *The European Journal for the Informatics Professional*, 2(5), 1-6.

- Henricksen, K., Indulska, J., & Rakotonirainy, A. (2002, Agosto). Modeling context information in pervasive computing systems. In International Conference on Pervasive Computing (pp. 167-180). Springer: Berlin.
- Hsu, T. Y., Chiou, C. K., Tseng, J. C., & Hwang, G. J. (2016). Development and evaluation of an active learning support system for context-aware ubiquitous learning. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 9(1), 37-45.
- Hwang, G. J. (2014). Definition, framework and research issues of smart learning environments-a context-aware ubiquitous learning perspective. *Smart Learning Environments*, 1(1), 4.
- Hwang, G. J., Tsai, C. C., & Yang, S. J. H. (2008). Criteria, strategies and research issues of context-aware ubiquitous learning. *Educational Technology and Society*, 11(1), 81-91.
- Kim, T. J., & Kim, M. C. (2008, Junio). Context awareness using semantic web technology in the ubiquitous learning service. In International Conference on Computational Science and Its Applications (pp. 501-515). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Lenat, D. 1998. The Dimensions of Context Space. Tech. rept. Invited talk at the conference Context 99. Technical report, CYCorp. Descargado de: <http://www.onto-med.de/Archiv/ontomed2002/de/lehre/ont-eng-2005-ss/protectedFiles/lenat-d-1998--a.pdf>.
- Lieberman, H., & Selker, T. (2000). Out of context: computer systems that adapt to, and learn from, context. *IBM Systems Journal*, 39, 617-631.
- Lonsdale, P., Baber, C., Sharples, M., & Arvanitis, T. N. (2004). A context awareness architecture for facilitating mobile learning. Londres: Learning with mobile devices: Research and development.
- Luna, V., Quintero, R., Torres, M., Moreno-Ibarra, M., Guzmán, G., & Escamilla, I. (2015). An ontology-based approach for representing the interaction process between user profile and its context for collaborative learning environments. *Computers in Human Behavior*, 51, 1387-1394.
- Lyytinen K., Yoo Y. (2002). Issues and challenges in ubiquitous computing. *Communications of ACM*, 45(12), 63-65.
- McCarthy, J. (1993). Notes on formalizing context. In Proceedings of the Thirteenth International Joint Conference on Artificial Intelligence.
- Montgomery, D. C. (2013). Design and analysis of experiments. Arizona: John Wiley & sons.
- Montgomery, D. C., & Runger, G. C. (2010). Applied statistics and probability for engineers. Arizona: John Wiley & Sons.

- Moore, P., & Hu, B. (2006, Mayo). A context framework with ontology for personalised and cooperative mobile learning. In *International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design* (pp. 727-738). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Noy, N. F., & McGuinness, D. L. (2001). *Ontology development 101: A guide to creating your first ontology*. Descargado de: http://www.corais.org/sites/default/files/ontology_development_101_aguide_to_creating_your_first_ontology.pdf.
- Nurmi, P., & Floréen, P. (2004). Reasoning in context-aware systems. Helsinki Institute for Information Technology, Position paper. Descargado de: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/46379670/positionpaper.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1537762903&Signature=Z8B4aXRrbwnfHu4QIX4EunDDhXs%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DReasoning_in_context-aware_systems.pdf.
- O'Malley, C., Vavoula, G., Glew, J. P., Taylor, J., Sharples, M., Lefrere, P., & Waycott, J. (2005). Guidelines for learning/teaching/tutoring in a mobile environment. Descargado de: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00696244/document>.
- Ogata H., Akamatsu R., Yano Y. (2004). Computer supported ubiquitous learning environment for vocabulary learning using rfid tags, Dept. of Information Science and Intelligent Systems. Tokushima University, Tokushima, Japón.
- Paul, B., Marcombes, S., David, A., Andreasen, S., Lotte. N., Yannick, L. (2012). A context-aware user interface for wireless personal area network assistive environments. *Wireless Personal Communications*, 69(1), 427-447.
- Polfliet, S., & Ichise, R. (2010, Noviembre). Automated mapping generation for converting databases into linked data. In *Proc. 9th International Semantic Web Conference (ISWC2010)*. 9th International Semantic Web Conference, Shanghai, China.
- Ranganathan, A., McGrath, R. E., Campbell, R. H., & Mickunas, M. D. (2004). Use of ontologies in a pervasive computing environment. *The Knowledge Engineering Review*, 18(03), 209-220.
- Rao, R., Ye, G., & You, J. (2007, Agosto). HCAM: A context-aware middleware to support logic-based context conflict detection. In *Communications and Networking in China, 2007. CHINACOM'07. Second International Conference on* (pp. 170-174). IEEE, Shanghai, China.
- Brickley, D. (2004). *RDF vocabulary description language 1.0: RDF schema*. Disponible en: <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>.
- Sama, M., Rosenblum, D. S., Wang, Z., & Elbaum, S. (2008, Noviembre). Model-based fault detection in context-aware adaptive applications. In *Proceedings of*

- the 16th ACM SIGSOFT International Symposium on Foundations of software engineering (pp. 261-271). ACM, Atlanta.
- Sauermann, L., & Schwarz, S. (2005). Gnowsisi adapter framework: Treating structured data sources as virtual rdf graphs. In International Semantic Web Conference (pp. 1016-1028). Springer Galway, Irlanda.
- Schmidt, A. (2007). Impact of context-awareness on the architecture of learning support systems. Estados Unidos: Idea-Group Publishing.
- Schmidt, A., & Van Laerhoven, K. (2001). How to build smart appliances?. *IEEE Personal Communications*, 8(4), 66-71.
- Schmidt, A., Beigl, M., & Gellersen, H. W. (1998). There is more to context than location. *Computers & Graphics*, 23(6), 893-901.
- Sheng, Q. Z., & Benatallah, B. (2005, Julio). ContextUML: a UML-based modeling language for model-driven development of context-aware web services. In Mobile Business, 2005. ICMB 2005. International Conference on. IEEE, Sydney, Australia.
- Souali, K., Afia, A. E., Faizi, R., & Chiheb, R. (2011, Abril). A new recommender system for e-learning environments. Multimedia computing and systems (ICMCS), International conference on Ouarzazate. IEEE, Ouarzazate, Marruecos.
- Staab, S., Studer, R., Schnurr, H. P., & Sure, Y. (2001). Knowledge processes and ontologies. *IEEE Intelligent systems*, 16(1), 26-34.
- Strang, T., & Linnhoff-Popien, C. (2004). A context modeling survey. in workshop on advanced context modelling. *Reasoning and Management*, 4, 34-41.
- Suárez, M. C. (2010). NeOn Methodology for building ontology networks: specification, scheduling and reuse. Tesis doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Sudhana, K. M., Raj, V. C., & Suresh, R. M. (2013, Enero). An ontology-based framework for context-aware adaptive e-learning system. In Computer Communication and Informatics (ICCCI), 2013 International Conference on. IEEE, Coimbatore, India.
- Thomas, S. (2005, Marzo). Pervasive, persuasive eLearning: modeling the pervasive learning space. In Pervasive Computing and Communications Workshops, 2005. PerCom 2005 Workshops. Third IEEE International Conference on . IEEE, Kauai Island, Estados Unidos.
- Uschold, M., & Gruninger, M. (1996). Ontologies: Principles, methods and applications. *The knowledge engineering review*, 11(02), 93-136.
- Uschold, M., King, M., Moralee, S., & Zorgios, Y. (1998). The enterprise ontology. *The knowledge engineering review*, 13(1), 31-89.

- Wagner, A., Barbosa, J. L. V., & Barbosa, D. N. F. (2014). A model for profile management applied to ubiquitous learning environments. *Expert Systems with Applications*, 41(4), 2023-2034.
- Weiser, M. (1991). The Computer for the 21st Century. *Scientific American*, 265(3), 94-104.
- Yang, S. J., Huang, A. F., Chen, R., Tseng, S. S., & Shen, Y. S. (2006, Junio). Context model and context acquisition for ubiquitous content access in ulearning environments. IEEE, Taichung, Taiwan.
- Yao, C. B. (2015). Constructing a user-friendly and smart ubiquitous personalized learning environment by using a context-aware mechanism, *IEEE Transactions on Learning Technologies*, no.99.
- Yau, J. Y. K. (2011). A mobile context-aware learning schedule framework with Java learning objects. Tesis doctoral. Universidad de Warwick, Coventry.
- Yin, C., Ogata, H., Tabata, Y., & Yano, Y. (2010). Supporting the acquisition of Japanese polite expressions in context-aware ubiquitous learning. *International Journal of Mobile Learning and Organization*, 4(2), 214-234.
- Zhang, G., Jin, Q., & Lin, M. (2005, Marzo). A framework of social interaction support for ubiquitous learning. In 19th International Conference on Advanced Information Networking and Applications, AINA 2005, Taipei, Taiwan.
- Zheng, Y., Li, L., & Zheng, F. (2009, Diciembre). Context-awareness support for content recommendation in e-learning environments. Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, International Conference, Xi'an, China.
- Zhou, J. (2010, Enero). Context-aware pervasive service composition, Intelligent Systems, Modelling and Simulation (ISMS), International Conference, Liverpool.
- Zimmerman, A., Lorenz, A., Specht, M. (2003). User modeling in adaptive audio-augmented museum environments. User Modeling, Lecture Notes in Computer. International Conference on User Modeling, Springer, Johnstown, Estados Unidos.
- Zimmermann, A., Specht, M., & Lorenz, A. (2005). Personalization and context management. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 15(3-4), 275-302.

ANEXOS

ANEXO A. TEST DE INTELIGENCIAS MULTIPLES

- Adaptado de (THOMAS ARMSTRONG)

Lingüístico

- ___ Los libros son muy importantes para mí.
- ___ Puedo escuchar palabras en mi cabeza antes de leer, hablar o escribir.
- ___ Saco más provecho de escuchar la radio o un audio que de televisión o películas.
- ___ Muestro una aptitud para juegos de palabras como rompecabezas, anagramas o contraseña.
- ___ Me gusta entretenerme a mí mismo o a los demás con trabalenguas, rimas sin sentido o juegos de palabras.
- ___ Otras personas a veces tienen que detenerme en la conversación y pedirme que explique el significado de las palabras que uso en mi diálogo, escritos y oraciones.
- ___ El inglés, las ciencias sociales y la historia fueron más fáciles para mí en la escuela que las matemáticas o las ciencias.
- ___ Cuando manejo por una autopista presto más atención a las palabras escritas en las carteleras, que al paisaje.
- ___ Mi conversación incluye referencias frecuentes a cosas que he leído u oído.
- ___ He escrito algo recientemente de lo que me sentí particularmente orgulloso o que me mereció el reconocimiento de los demás.

Lógica matemática

- ___ Puedo calcular números fácilmente en mi cabeza.
- ___ Matemáticas y/o ciencias fueron algunas de mis materias favoritas en la escuela.
- ___ Disfruto jugando juegos o resolviendo acertijos que requieren pensamiento lógico.
- ___ Me gusta configurar pequeños experimentos "¿y si?" (Por ejemplo, "¿qué sucede si duplico la cantidad de agua que le doy a mi rosal cada semana?")
- ___ Mi mente busca patrones, regularidades o secuencias lógicas en las cosas.
- ___ Estoy interesado en nuevos desarrollos en ciencia.
- ___ Creo que casi todo tiene una explicación racional.
- ___ A veces pienso en conceptos claros, abstractos, sin palabras, sin imágenes.
- ___ Me gusta encontrar fallas lógicas en cosas que las personas dicen y hacen en casa y en el trabajo.

- ___ Me siento más cómodo cuando algo ha sido medido, categorizado, analizado o cuantificado de alguna manera.

Interpersonal

- ___ Soy el tipo de persona a la que las personas acuden en busca de consejo y asesoría en el trabajo o en mi vecindario.
- ___ Prefiero deportes grupales como fútbol, voleibol o softbol a deportes en solitario como nadar y correr.
- ___ Cuando tengo un problema, es más probable que busque a otra persona en busca de ayuda que intente resolverlo por mi cuenta.
- ___ Tengo al menos tres amigos cercanos.
- ___ Prefiero pasatiempos sociales como juegos de mesa o paseos en grupo sobre recreaciones individuales como videojuegos y solitario.
- ___ Me gusta el desafío de enseñarle a otra persona o grupos de personas, lo que sé hacer.
- ___ Me considero un líder (u otros me han llamado así).
- ___ Me siento cómodo en medio de una multitud.
- ___ Me gusta involucrarme en actividades sociales relacionadas con mi trabajo, iglesia o comunidad.
- ___ Prefiero pasar las tardes en una animada reunión social que quedarme solo en casa.

Intrapersonal

- ___ Regularmente paso tiempo solo meditando, reflexionando o pensando en preguntas importantes de la vida.
- ___ He asistido a sesiones de asesoramiento o seminarios de crecimiento personal para aprender más sobre mí.
- ___ Tengo un *hobby* o interés especial que guardo para mí.
- ___ Tengo algunas metas importantes para mi vida en las que pienso regularmente.
- ___ Tengo una visión realista de mis fortalezas y debilidades (a partir de los comentarios de otras fuentes).
- ___ Preferiría pasar un fin de semana solo en una cabaña en el bosque que en un complejo lujoso con mucha gente alrededor.
- ___ Me considero fuerte de voluntad e independiente.
- ___ Guardo un diario personal o diario para registrar los eventos de mi vida interior.
- ___ Trabajo por mi cuenta o al menos he pensado seriamente en comenzar mi propio negocio.

Espacial

- ___ A menudo veo imágenes claras cuando cierro los ojos.
- ___ Soy sensible al color.
- ___ Con frecuencia uso una cámara o videocámara para grabar lo que veo a mi alrededor.
- ___ Me gusta hacer rompecabezas, laberintos y otros acertijos visuales.

- ___ Tengo sueños vívidos en la noche.
- ___ Generalmente puedo encontrar mi camino en un territorio desconocido.
- ___ Me gusta dibujar o garabatear.
- ___ La geometría fue más fácil para mí que el álgebra en la escuela.
- ___ Puedo imaginar cómo podría aparecer algo si se mirara desde arriba directamente a vista de pájaro.
- ___ Prefiero mirar el material de lectura que está muy ilustrado.

Corporal-Kinestésico

- ___ Participo en al menos un deporte o actividad física regularmente.
- ___ Me resulta difícil quedarme quieto por largos períodos de tiempo.
- ___ Me gusta trabajar con las manos en actividades concretas como coser, tejer, tallar, carpintería o modelar edificios.
- ___ Mis mejores ideas a menudo vienen a mí cuando salgo a caminar o trotar, o cuando estoy involucrado en algún otro tipo de actividad física.
- ___ A menudo me gusta pasar mi tiempo libre al aire libre.
- ___ Con frecuencia uso gestos con las manos u otras formas de lenguaje corporal al conversar con alguien.
- ___ Necesito tocar cosas para aprender más sobre ellas.
- ___ Me gustan los juegos de atracciones temerarios o experiencias físicas emocionantes similares.
- ___ Me describiría a mí mismo como bien coordinado.
- ___ Necesito practicar una nueva habilidad en lugar de simplemente leer sobre ella o ver un video que la describe.

Musical

- ___ Tengo una agradable voz para cantar.
- ___ Puedo decir cuando una nota musical está fuera de tono.
- ___ Frecuentemente escucho música en la radio, discos, reproductores de audio o CD.
- ___ Toco un instrumento musical.
- ___ Mi vida sería peor si no hubiera música en ella.
- ___ A veces me veo caminando por la calle con un tintineo de televisión u otra melodía corriendo por mi mente.
- ___ Puedo fácilmente mantener el ritmo de una pieza de música con un simple instrumento de percusión.
- ___ Sé las melodías de muchas canciones o piezas musicales diferentes.
- ___ Si escucho una selección musical una o dos veces, generalmente puedo cantarla con bastante precisión.
- ___ A menudo hago sonidos de *tapping* o canto pequeñas melodías mientras trabajo, estudio o aprendo algo nuevo.

Naturalista

- ___ Tengo un jardín y/o me gusta trabajar al aire libre.
- ___ Realmente me gusta ir de mochila y excursionismo.

- ___ Me gusta tener diferentes animales en la casa (además de un perro o un gato)
- ___ Tengo un *hobby* que involucra a la naturaleza.
- ___ Me gusta visitar zoológicos, centros naturales o lugares
- ___ Me emociono cuando estudio ecología, naturaleza, plantas o animales
- ___ Disfruto hacer proyecto de naturaleza como observando aves, insectos, estudio de árboles o crianza de animales.
- ___ Tengo buenos resultados en los temas que involucran seres vivos.
- ___ Me gusta hablar sobre el medio ambiente y contribuir para su conservación.
- ___ Me gusta todo lo relacionado con el cuidado de los animales.

ANEXO B. Manuales de usuario

En este anexo se presentan los manuales de usuario de las aplicaciones de estudiante y docente, derivadas de la implementación de la arquitectura propuesta en este trabajo. El nombre asignado para las aplicaciones fue AIDA (Ambiente Inteligente de Aprendizaje). A continuación se describen cada uno de los manuales.

Manual de usuario del estudiante

La aplicación de los estudiantes se desarrolló el sistema operativo Android para dispositivos móviles y se ejecuta en versiones superiores o iguales a 5.0. En las Figuras B-1 a la B-14 se visualiza la interacción del estudiante con la aplicación.



Figura B-1. Instalación de aplicación

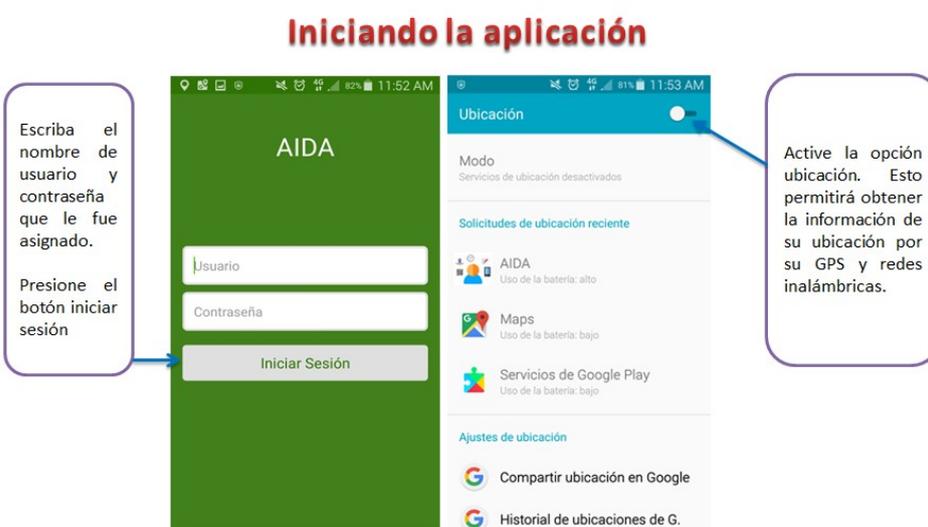


Figura B-2. Iniciando aplicación

Iniciando la aplicación

Al acceder por primera vez se presenta el test de inteligencias múltiples. Seleccione las opciones con las cuales usted se sienta identificado como lo muestra el ejemplo.

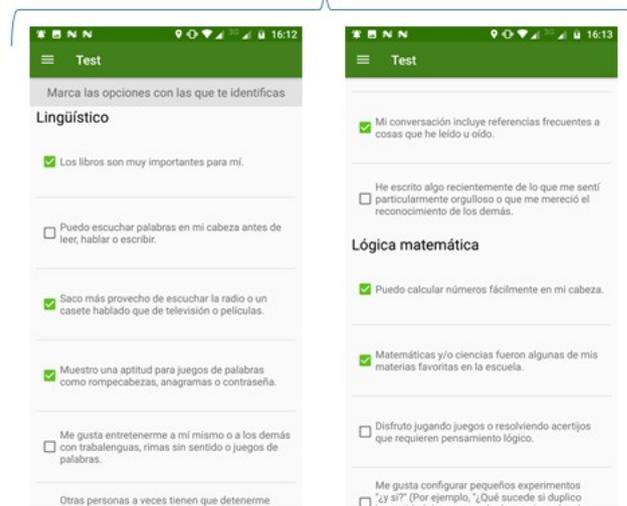


Figura B-3. Test de inteligencias múltiples

Navegando en la aplicación

En la pantalla de inicio seleccione el ícono de opciones. ☰

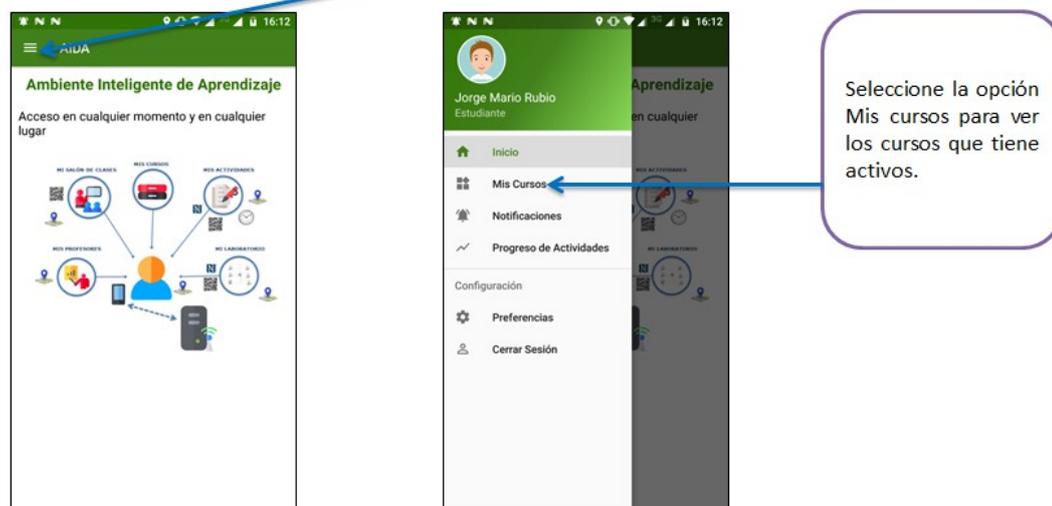
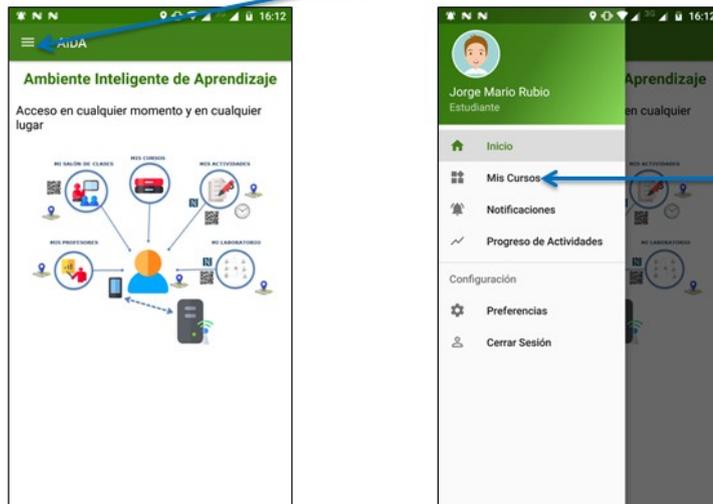


Figura B-4. Navegación en la aplicación

Navegando en la aplicación

En la pantalla de inicio seleccione el ícono de opciones. ☰

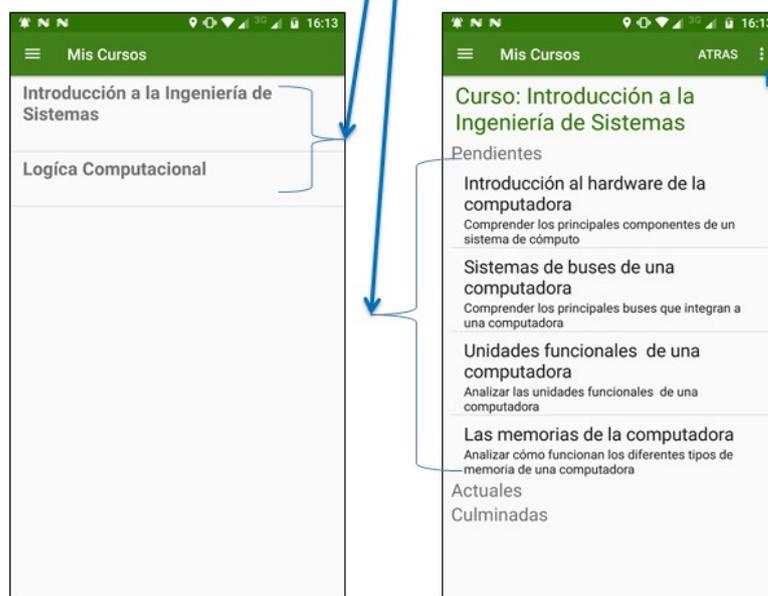


Seleccione la opción Mis cursos para ver los cursos que tiene activos.

Figura B-5. Seleccionando opciones en la aplicación

Mis cursos y actividades

En esta pantalla se muestran los cursos actuales. Al escoger uno de los cursos se presentan las actividades pendientes, actuales y culminadas.



En la opción de la parte superior derecha se puede apreciar el listado de compañeros de mi curso. ⋮

Figura B-6. Selección de cursos y actividades

Mis compañeros de curso

Presione en la opción Estudiantes para ver los compañeros de curso.

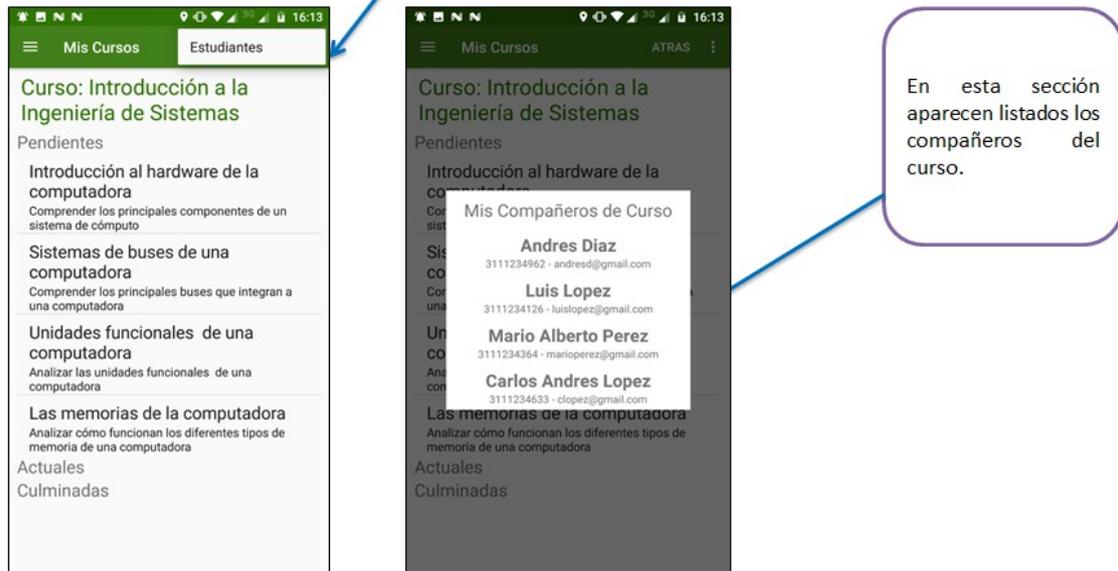


Figura B-7. Vista de compañeros de curso

Realizando las actividades

Al escoger una de las actividades pendientes en Mis Cursos, se presenta la actividad a desarrollar con información asociada a la misma. En las instrucciones de la actividad se le solicita la lectura de etiquetas QRCode y NFC.



Figura B-8. Realizar una actividad

Interactuando con la actividad

Estas son las opciones de lecturas de etiquetas NFC y QRCode de cada actividad.

Si el estudiante intenta leer un QRCode o una etiqueta NFC en otro sitio distinto al lugar donde se desarrolla la actividad, la aplicación le mostrará que no hay objetos cercanos para leer y la distancia en metros. Esto permite controlar los sitios y los objetos utilizados para desarrollar las actividades.

Cada vez que el estudiante lee una etiqueta queda un registro de la lectura del objeto. Esto permite al docente monitorear la actividad.

Figura B-9. Interactuando con la actividad

Objetos de aprendizaje de acuerdo al perfil

Dependiendo del tipo de inteligencia dominante del estudiante se pueden presentar algunas de estas opciones en la actividad.

Audio en MP3

Documento en PDF

Video

Figura B-10. Visualizando objetos de aprendizaje de acuerdo al perfil

Finalizando la actividad

Al finalizar la actividad el estudiante podrá depositar las respuestas de la actividad en la parte inferior de la pantalla.

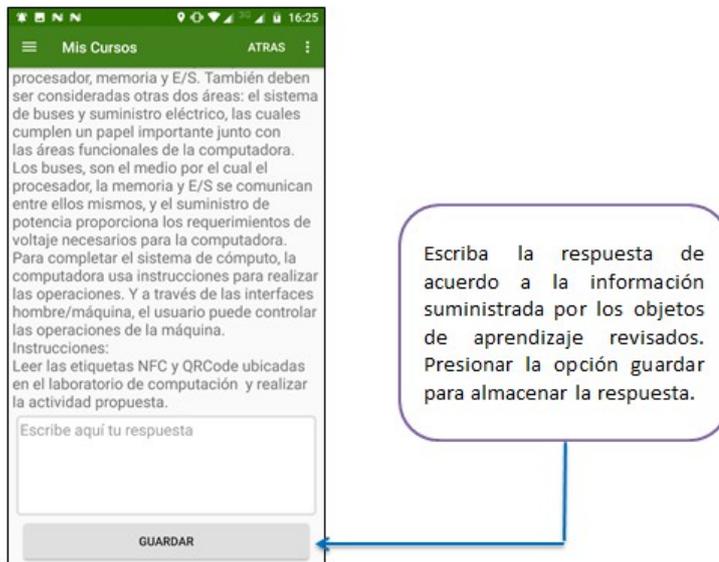


Figura B-11. Terminando una actividad

Notificaciones

A continuación se presentan algunas de las notificaciones.



Figura B-12. Recibiendo notificaciones

Sitios para hacer las actividades

A continuación se presentan algunas opciones para mostrar el sitio de la actividad y ubicación de compañeros de grupo de trabajo.

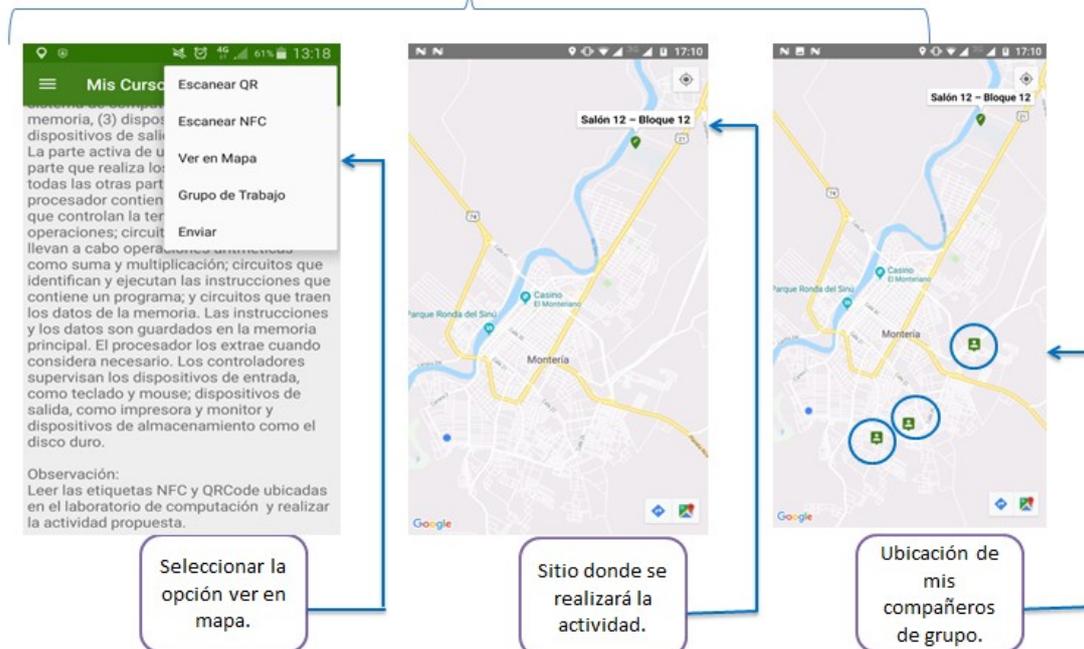


Figura B-13. Visualización de ubicaciones

Progreso de actividades

En la pantalla de inicio seleccione el ícono de opciones.

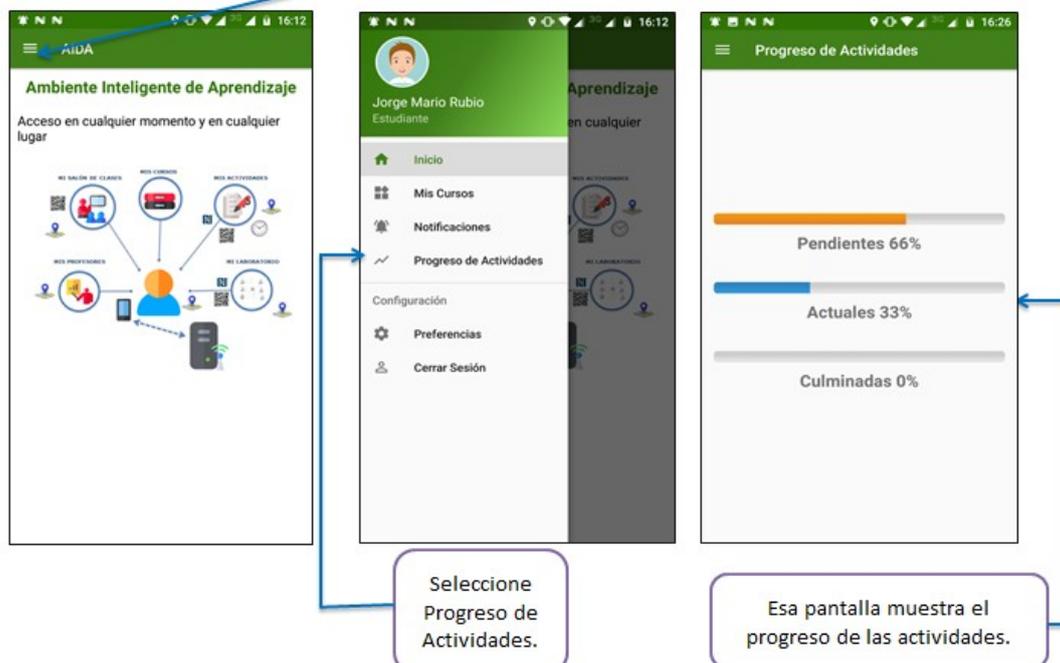


Figura B-14. Progreso de las actividades

Manual de usuario del docente

La aplicación del docente se desarrolló para entornos web. En las Figuras B-15 a la B-30 se visualiza la interacción del estudiante con la aplicación.

¿Cómo obtener información sobre los cursos?



Figura B-15. Información de los cursos

¿Cómo gestionar un curso?



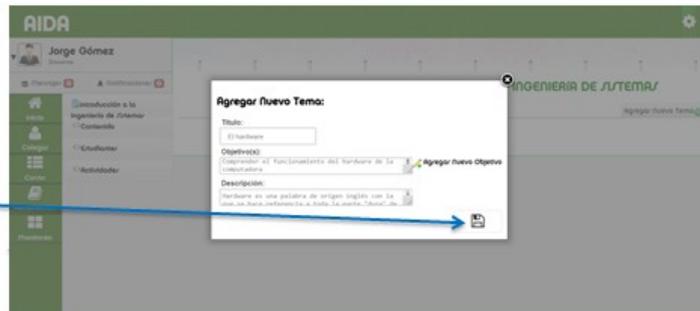
Figura B-16. Selección del curso

¿Cómo gestionar un curso?

En agregar temas completar los campos del formulario, como el título, los objetivos y la descripción.

Finalmente haga clic en el botón guardar.

Observación: si se desea adicionar más objetivos, se puede hacer clic en la opción agregar nuevo objetivo.



Después de haber guardado se listará en la pantalla el tema con la información "sin actividades".



Figura B-17. Agregar datos del curso

¿Cómo gestionar un curso?

Al hacer clic en el tema se puede apreciar la información detallada.

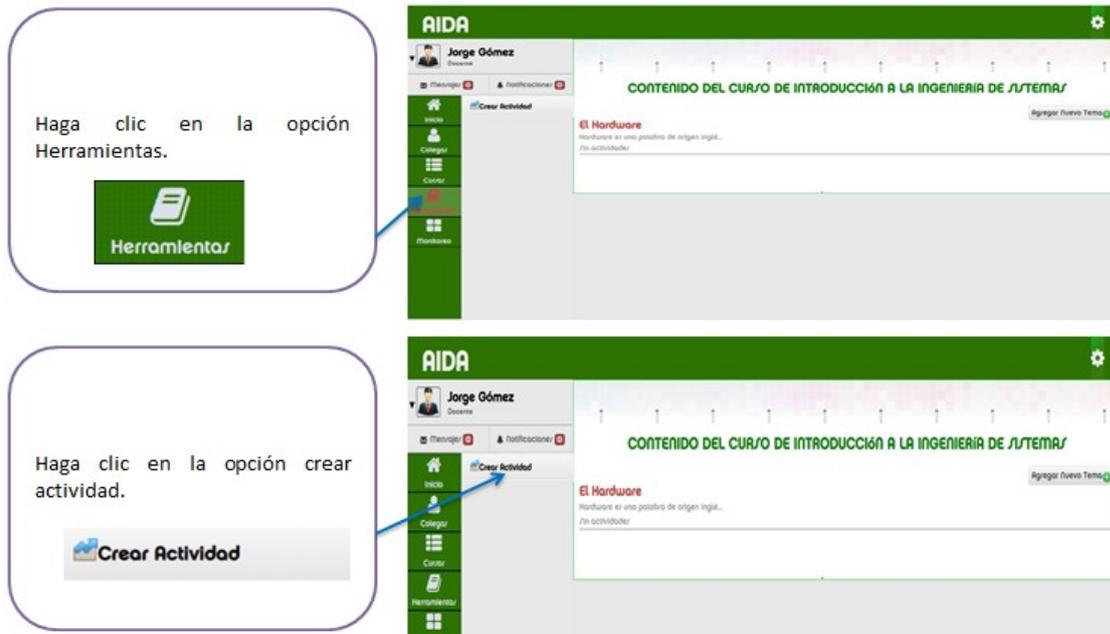


Figura B-14. Visualizar información del curso

¿Cómo gestionar una actividad?

Haga clic en la opción Herramientas.

Haga clic en la opción crear actividad.



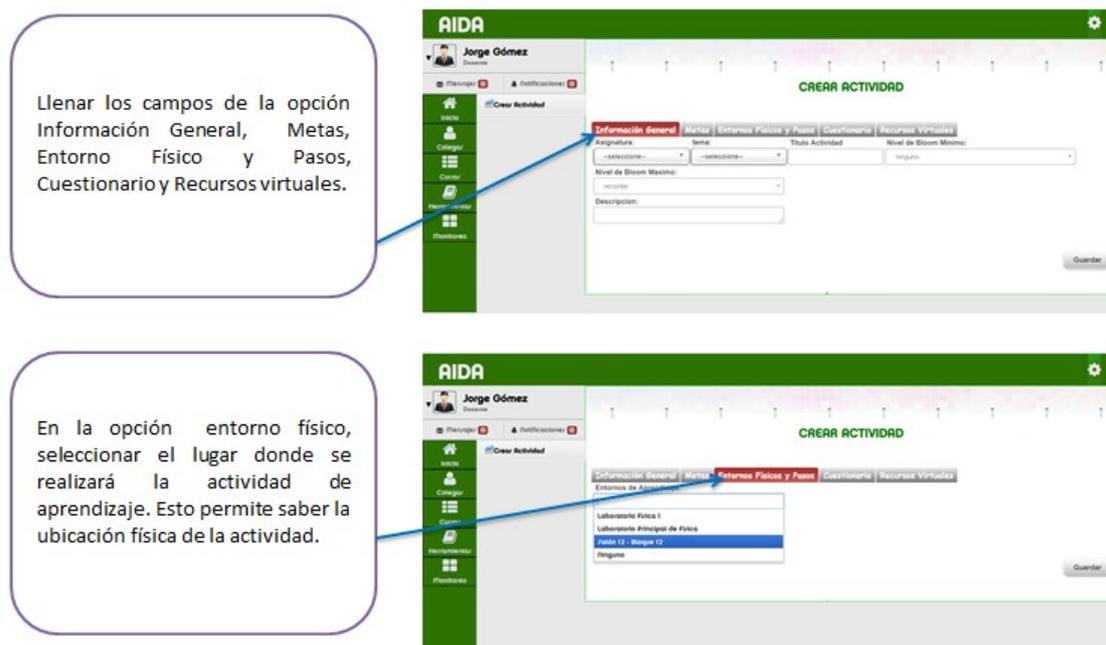
The figure consists of two screenshots of the AIDA web application. The top screenshot shows the 'Herramientas' (Tools) button in the left sidebar, which is highlighted with a blue arrow pointing to a callout box. The bottom screenshot shows the 'Crear Actividad' (Create Activity) button in the same sidebar, also highlighted with a blue arrow pointing to a callout box. Both screenshots show the main content area with the title 'CONTENIDO DEL CURSO DE INTRODUCCIÓN A LA INGENIERÍA DE SISTEMAS' and a section titled 'El Hardware'.

Figura B-19. Crear actividad

¿Cómo gestionar una actividad?

Llenar los campos de la opción Información General, Metas, Entorno Físico y Pasos, Cuestionario y Recursos virtuales.

En la opción entorno físico, seleccionar el lugar donde se realizará la actividad de aprendizaje. Esto permite saber la ubicación física de la actividad.

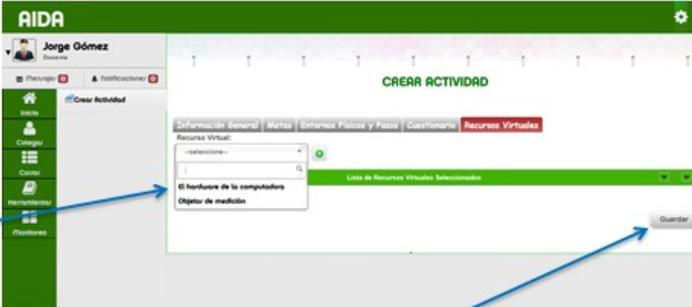


The figure consists of two screenshots of the AIDA web application showing the 'CREAR ACTIVIDAD' (Create Activity) form. The top screenshot shows the 'Información General' (General Information) tab selected, with fields for 'Asignatura', 'Nombre', 'Estado Actividad', 'Nivel de Bloom Mínimo', 'Nivel de Bloom Máximo', and 'Descripción'. The bottom screenshot shows the 'Entorno Físico y Pasos' (Physical Environment and Steps) tab selected, with a dropdown menu for 'Entorno de Aprendizaje' (Learning Environment) showing options like 'Laboratorio Físico I', 'Laboratorio Integral de Física', 'Físico I - Bloque I2', and 'Físico'.

Figura B-20. Llenar los datos de la actividad

¿Cómo gestionar una actividad?

En la opción recursos virtuales seleccione los objetos de aprendizaje que utilizara en la actividad.



Finalmente cuando termine de llenar todas las opciones haga clic en guardar.

Figura B-21. Asignar objetos virtuales a la actividad

¿Cómo gestionar una actividad?

Para visualizar las actividades que requieren planificación haga clic en la opción cursos.



Al hacer clic en la opción actividades. Se presenta el listado de actividades pendientes por asignar planificación.



ID Actividad	Título	Tema
1	Introducción al hardware de la computadora	Componentes internos de la computadora

Figura B-22. Visualización de actividades para asignar planificación

¿Cómo gestionar una actividad?

Para asignar la planificación a una actividad, seleccione en frente de ella la opción asignar actividad

✓

Llenar los campos de fecha inicio, hora inicio, fecha final y hora final y tiempo limite

Figura B-23. Asignar información de la planificación a la actividad

¿Cómo gestionar una actividad?

Para asignar una notificación que permita informar al estudiante sobre la actividad a desarrollar haga clic en agregar evento

Llenar los campos de fecha evento, hora inicio y hora final. Luego haga clic en guardar.

Figura B-24. Asignar datos del evento de la actividad

¿Cómo gestionar una actividad?



Luego de asignar la planificación a las actividades aparecerán el estado de las actividades que pueden ser: actuales, pendientes y culminadas.

Para asignar grupos de trabajos y evidencia de las actividades haga clic en la actividad actual.

Figura B-25. Vista para asignación de grupos de trabajo a la actividad

¿Cómo gestionar una actividad?



Luego de asignar la planificación a las actividades, aparecerán el estado de las actividades, que pueden ser: actuales, pendientes y culminadas.

Para asignar grupos de trabajos y evidencia de las actividades, hacer clic en la actividad actual.

En esta sección se muestra información de la actividad.



Figura B-26. Información general de la actividad

Además del contenido de la actividad, también se puede tener información sobre los grupos formados para la actividad, las evidencias subidas por los estudiantes y se pueden generar los QR para esa actividad .

Grupos de la Actividad

1. Para ver los grupos creados para una actividad, hacer clic en botón grupo, allí se le mostrara los grupos creados en la actividad y la administración de estos.

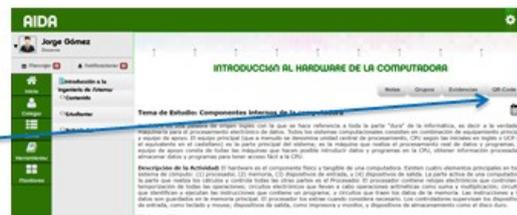
2. Para agregar estudiantes al grupo hacer clic en la opción + Miembros. Se muestra un cuadro donde se puede buscar por el nombre del estudiante que se desea a agregar al grupo, luego haga clic en la opción incluir.



Figura B-27. Asignación de grupos de trabajo para la actividad

QR de la Actividad

Para generar los QR de los objetos y el entorno físico de la actividad haga clic en el botón QRCode.



Esta etiqueta QRCode generada por la aplicación es ubicada en los objetos físicos del entorno de aprendizaje.

Figura B-25. Generador de QRCode para la actividad

¿Cómo monitorear los estudiantes?

Para hacer monitoreo de los estudiantes haga clic en el icono Monitoreo del menú de navegación, seleccionar el curso a monitorear.

Monitoreo por curso

- Para monitorear todo el haga clic en la lista desplegable donde por Curso y se mostrara todo lo que están haciendo los estudiantes del curso seleccionado.

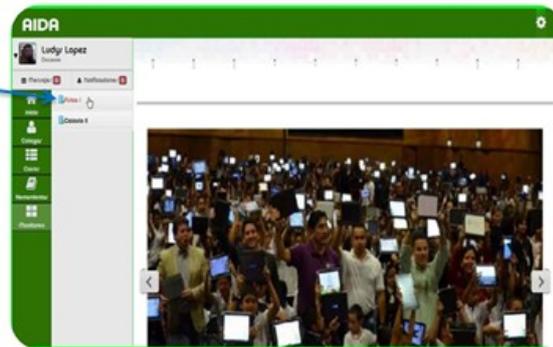


Figura B-29. Monitoreo de estudiantes por curso

Monitoreo por estudiante

- Para monitorear los estudiantes del curso, seleccione el ítem por estudiantes, luego una lista de los estudiantes inscritos al curso.

- Al seleccionar un estudiante de la lista se puede ver información de los pasos que ha realizado el estudiante en las diferentes actividades del curso.



Figura B-30. Monitoreo de estudiantes individual

