

**DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA BASADA EN COMPUTACIÓN GRID PARA
LA GESTIÓN DE REPOSITARIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE ONLINE
DE ACCESO PÚBLICO**

ABIGAÍL TELLO RÍOS

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MAESTRÍA EN TELEMÁTICA – MODALIDAD EN INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACIÓN PRISMA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD
BUCARAMANGA, ENERO DE 2014**

**DISEÑO DE UNA ARQUITECTURA BASADA EN COMPUTACIÓN GRID PARA
LA GESTIÓN DE REPOSITORIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAJE ONLINE
DE ACCESO PÚBLICO**

ABIGAÍL TELLO RÍOS

**Trabajo de grado para optar al título de magíster en Telemática, modalidad
investigación**

Director

M.Sc. Freddy Méndez Ortíz

co-Director

M.Sc. Juan Carlos García Ojeda

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BUCARAMANGA - UNAB
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
MAESTRÍA EN TELEMÁTICA – MODALIDAD EN INVESTIGACIÓN
GRUPO DE INVESTIGACIÓN PRISMA
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN TECNOLOGÍA Y SOCIEDAD
BUCARAMANGA, ENERO DE 2014**

Nota de aceptación:

Firma del Presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

Bucaramanga, 21 de Enero de 2014

DEDICATORIA

A ti mi señor y creador “Jesucristo” que conoces mis intenciones y anhelos, te doy gracias por lo recibido de tu mano poderosa, y tu intervención para el otorgamiento de la beca, a ti sea la honra, el honor y la gloria por los siglos de los siglos. Amén.

A ti hija mía, Luisa Fernanda, que te amo y te admiro por tu ingenuidad y paciencia. Gracias por comprender mis extensas jornadas de estudio y el poco tiempo que te dediqué. Este logro también es tuyo.

A mis padres. A ti madre por tus oraciones, por tu constante entrega y aliento en aquellos momentos cuando nulas fuerzas embargaban mi ánimo; a ti padre por estar pendiente de mi hija, por tus sabios consejos. De ustedes, también es este logro.

AGRADECIMIENTOS

A la Gobernación de Santander, especialmente, manifiesto un profundo y sincero reconocimiento por la gestión realizada para otorgar 22 becas a santandereanos interesados en crecer académica y profesionalmente, por creer en mis capacidades y apostarle al desarrollo de Santander.

Igualmente, mis más sinceros agradecimientos a los Ingenieros Freddy Méndez Ortiz, director de la tesis y, Juan Carlos García Ojeda, codirector; quienes me orientaron y apoyaron incondicionalmente para el desarrollo de este trabajo. También, a los maestros que a lo largo del programa, compartieron su conocimiento y desde sus áreas de acción aportaron un granito de arena a la consolidación de este trabajo.

Finalmente, agradezco a la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB por prestar sus laboratorios e instalaciones para llevar a cabo las prácticas y recibir las cátedras del programa, especialmente resalto, la labor realizada por la oficina de Educación Continua, Consultoría y Extensión Cultural al seguimiento y control del proceso administrativo y académico de los 22 estudiantes becados por la Gobernación de Santander.

CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. MARCO CONCEPTUAL	26
1.1 GRID DE CÓMPUTO	26
1.2 E-SCIENCE.....	28
1.3 OBJETO DE APRENDIZAJE	31
1.4 REPOSITARIOS.....	35
1.5 PLATAFORMA DE SOFTWARE PARA REPOSITARIOS INSTITUCIONALES	38
1.6 SOFTWARE DE UN REPOSITORIO INSTITUCIONAL.....	42
2. ESTADO DEL ARTE	44
2.1 REFERENTES INTERNACIONALES DE INICIATIVAS DE GRID.....	44
2.2 PRINCIPALES PROYECTOS INTERNACIONALES Y NACIONALES DE REPOSITARIOS	47

2.3	ARQUITECTURA DEL REPOSITORIO DE LA BIBLIOTECA DIGITAL COLOMBIANA - BDCOL.....	49
2.4	DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS EN LA BIBLIOTECA DIGITAL COLOMBIANA	50
3.	PROCESO INVESTIGATIVO.....	55
3.1	ASPECTOS METODOLÓGICOS.....	55
3.2	RELACIÓN DE OBJETIVOS CON INDICADORES, ACTIVIDADES Y RESULTADOS.....	57
4.	RESULTADOS.....	60
4.1	IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES Y SU GRADO DE PARTICIPACIÓN EN LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO.....	61
4.2	DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES PARA LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO.....	77
4.3	SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE REPOSITORIO PARA OBJETOS DE APRENDIZAJE.....	83
4.4	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA ARQUITECTURA GRID DISEÑADA.....	91
4.5	DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO BASADA EN COMPUTACIÓN GRID.....	99

4.6	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL REPOSITORIO	103
4.7	PROTOTIPO DE REPOSITORIO INSTALADO: “ <i>REPOSITORIO PARA ONDAS SANTANDER - ENLAZA2</i> ”	103
4.8	RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA ARQUITECTURA	111
4.9	RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS PARA EL REPOSITORIO ENLAZA2	115
5.	CONCLUSIONES	116
	BIBLIOGRAFÍA	118

LISTA DE CUADROS

pág.

Cuadro 1. Categorías y elementos de metadatos del estándar IEEE LOM.....	33
Cuadro 2. Descripción de los proyectos de biblioteca digital en Colombia.....	51
Cuadro 3. Software que utilizan las instituciones para implementar repositorio.....	53
Cuadro 4. Ranking de repositorios más importantes en Colombia.....	54
Cuadro 5. Relación de objetivos con indicadores, actividades y resultados.....	57
Cuadro 6. Clasificación de los actores de acuerdo a su contexto y vínculo con el repositorio.....	61
Cuadro 7. Actores Funcionales y No Funcionales.....	63
Cuadro 8. Caso de uso: Nivel de Registro - Administrador	67
Cuadro 9. Caso de uso: Nivel de Registro – Asesor Pedagógico	68
Cuadro 10. Caso de uso: Nivel de Registro – Maestro acompañante	68
Cuadro 11. Caso de uso: Nivel de Registro – Estudiantes investigadores.....	69
Cuadro 12. Caso de uso: Nivel de acceso - Administrador	70

Cuadro 13. Caso de uso: Nivel de acceso – Asesor Pedagógico	71
Cuadro 14. Caso de uso: Nivel de acceso – Maestro Acompañante	71
Cuadro 15. Caso de uso: Nivel de acceso - Estudiantes investigadores.....	72
Cuadro 16. Cuadro comparativo de software open source para repositorios.....	90
Cuadro 17. Características hardware de los equipos del clúster.....	92
Cuadro 18. Cuadro asignación de IPs públicas y privadas del nodo Grid UNAB	95
Cuadro 19. Puertos necesarios	96

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Evolución GRID.....	27
Figura 2. Arquitectura genérica que soporta la e-Ciencia.....	29
Figura 3. Estructura de Globus Toolkit.....	31
Figura 4. Componentes de un Objeto de Aprendizaje.....	32
Figura 5. Definición y tipos de repositorios.....	36
Figura 6. Proyecto DRIVER de la Unión Europea.....	47
Figura 7. Proyecto BDCOL.....	48
Figura 8. Arquitectura de la BDCOL.....	49
Figura 9. Fases metodológicas del proceso de investigación.....	55
Figura 10. Estructura Organizacional Departamental o Municipal del Programa Ondas Santander.....	63
Figura 11. Diagrama de caso de uso - Administrador.....	74
Figura 12. Diagrama de caso de uso – Asesor Pedagógico.....	75

Figura 13. Diagrama de caso de uso – Maestro Acompañante.....	76
Figura 14. Diagrama de caso de uso – Estudiante Registrado	76
Figura 15. Diagrama de caso de uso – Estudiante No Registrado.....	77
Figura 16. Diagrama todos los actores funcionales.....	77
Figura 17. Componentes de los Requerimientos Técnicos y de Software para el prototipo	78
Figura 18. Nodo Grid UNAB en funcionamiento.....	93
Figura 19. Estado del Clúster UNAB	97
Figura 20. Instalación del certificado de usuario en el CE.....	97
Figura 21. Solicitud de vinculación a una VO osgedu	98
Figura 22. Autenticación mediante globusrun al nodo Grid	98
Figura 23. Arquitectura diseñada para el repositorio	100
Figura 24. Distribución de equipos del nodo GRID UNAB para el repositorio	102
Figura 25. Interfaz Home de Repositorio para Ondas Santander - ENLAZA2.....	104
Figura 26. Estructura de datos en el repositorio.....	104
Figura 27. Diagrama de funcionamiento de Dspace	105

Figura 28. Home Page de las instituciones de Ondas Santander	106
Figura 29. Comunidades y Subcomunidades	107
Figura 30. Colecciones de comunidades y Subcomunidades	107
Figura 31. Colección creada Muéstranos tus experiencias	108
Figura 32. Colecciones de comunidades y subcomunidades en el repositorio	109
Figura 33. Ítem publicado para la colección Muéstranos tus experiencias.....	110
Figura 34. Ítem publicado para la colección Muéstranos tus experiencias.....	110
Figura 35. Plataforma Moodle de Programa Ondas	113
Figura 36. Búsqueda por materia en el repositorio.....	114

ANEXOS

	pág.
Anexo A. Especificaciones Técnicas del Repositorio	124
Anexo B. Cuadro Comparativo de Software Repositorios	145
Anexo C. Especificaciones Técnicas de la Arquitectura	154
Anexo D. Prototipo de la Arquitectura para el Repositorio	172
Anexo E. Instrumento de Evaluación	196

RESUMEN

Este trabajo introduce una arquitectura computacional basada en *grid computing* para el montaje, almacenamiento, y visualización de repositorios de objetos de aprendizaje (OAs) soportado en herramientas de código abierto, i.e., Dspace. La solución, aquí presentada, se ha implementado teniendo en cuenta, la descripción de las especificaciones técnicas y de usuario del repositorio, un cuadro comparativo de los distintos aplicativos de código abierto para la gestión de repositorios educativos/contenido digital publicable; y por último, el diseño de la arquitectura computacional donde opera el repositorio, y se ofrecen servicios. Para validar la solución, se considera un ecosistema digital que opera de manera independiente, i.e., Programa Ondas de Santander; el cual ofrece los actores y medios necesarios para incentivar el trabajo colaborativo y el máximo aprovechamiento de la arquitectura. En síntesis, este documento describe en detalle el diseño de una arquitectura computacional y un repositorio operacional, los cuales pueden aprovechar al máximo los servicios tecnológicos de la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada – RENATA; y de esta manera contribuir al fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica de los sectores estratégicos del Departamento de Santander.

PALABRAS CLAVES: telemática, repositorio, arquitectura, grid, objetos de aprendizaje

GLOSARIO

ARQUITECTURA: estructura global del sistema que consta del diseño y desarrollo de los componentes computacionales y la interconexión entre ellos. (Singh, 2013)

GRID: infraestructura de hardware y de software que provee un acceso confiable, seguro, consistente, de gran alcance y barato a recursos de cómputo distribuidos. (Foster & Kesselman, 1998).

OBJETO DE APRENDIZAJE: entidad digital utilizada o referenciada durante un proceso de enseñanza – aprendizaje apoyado a través de las tecnologías. (Morales & Agüera, 2002)

PROGRAMA ONDAS: estrategia fundamental de Colciencias orientada a la apropiación de la ciencia y la tecnología en la población infantil y juvenil mediante la coordinación de esfuerzos realizados por diversas instituciones y el diseño de una metodología encaminada a conquistar el interés y la pasión en la población infantil y juvenil por la investigación científica y tecnológica. (Programa Ondas Santander, 2013)

PROTOTIPO: modelo (representación, demostración o simulación) fácilmente ampliable y modificable de un sistema planificado, probablemente incluyendo su interfaz y su funcionalidad de entradas y salidas. (Floría, 2000)

REPOSITORIO: sitio web centralizado donde se almacena y mantiene información digital, habitualmente bases de datos o archivos informáticos. Pueden contener los

archivos en su servidor o referenciar desde su web al alojamiento originario.
(Recolecta, 2007)

INTRODUCCIÓN

Este trabajo de investigación se fundamenta en el compromiso asumido con la Gobernación de Santander en el marco de la convocatoria regional publicada en el mes de Julio de 2011 cuyo objeto era otorgar 22 becas para realizar estudios de maestría en la Universidad Autónoma de Bucaramanga - UNAB a jóvenes santandereanos; a fin de contribuir con el desarrollo científico, tecnológico e innovador de los sectores estratégicos del Departamento de Santander. Por otra parte, el Plan de Desarrollo Departamental 2012 – 2015 *Santander en Serio, el Gobierno de la Gente*, mediante Ordenanza N° 013 del 23 de Abril de 2012, (pág. 260), definió para la línea estratégica Santander Conectado, el programa denominado Santandereanos en TIC, el cual establece como meta para el próximo cuatrenio “Crear y mantener un repositorio *on line* (vía web) de objetos educacionales de acceso público en varios formatos y para todos los niveles de formación”.

Ahora bien, se analizan dos panoramas bastante significativos de considerar, un panorama regional y otro nacional. En cuanto a lo regional, se evidencia un fuerte crecimiento en la educación virtual; actualmente en el Departamento de Santander se ofrecen 61 programas actualmente activos en modalidad virtual para diferentes niveles de formación, técnico, tecnológico, especialización y maestría (Ministerio de Educación Superior, 2013). El nacimiento de programas académicos en modalidad virtual ha sido una estrategia que se ha fortalecido en el tiempo, porque ha aumentado el interés de formación en los individuos sin importar su lugar de residencia y acceso. De manera que, la mayoría de instituciones están produciendo material educativo que requiere estar disponible siete días a la semana por veinticuatro horas al día (7x24) para que los estudiantes accedan a ellos, pero aún no se cuenta con una infraestructura robusta que sea capaz de almacenar el material educativo y de mantenerlos online, por ello los repositorios, lucen precisos para

resguardar los OA¹. No obstante, el DANE (2012), las tecnologías de la información y la comunicación –TIC están siendo actualmente subutilizadas, la proporción de usuarios que utilizaron internet para actividades de entretenimiento varió en 3.1% de un año a otro a nivel nacional, en otras palabras, para el año 2010 fue del 62,6% mientras que para el año 2011 fue del 65,7%.

En cuanto, al panorama nacional, se tiene un acelerado crecimiento de la educación y el empuje que le fue otorgado a una de las locomotoras, “la innovación”, descrita en el Plan de Desarrollo Nacional “Prosperidad para Todos” 2010 - 2014 del Presidente Santos, el Ministerio de Educación Nacional² ha presentado una estrategia en aras de potenciar los procesos de innovación, la renovación de la competitividad y robustez de la capacidad del sistema educativo en Colombia, sin duda alguna, se vislumbra un horizonte de mejora de condiciones de acceso público a la información y al conocimiento para las comunidades educativas de las Instituciones de Educación Superior (IES), y para ello se desglosará un abanico de repositorios digitales que cumplan tales condiciones.

Teniendo en cuenta lo analizado, surge la pregunta de investigación que fundamenta el desarrollo de éste trabajo de maestría ¿Cómo se puede aprovechar la GRID para la definición de un repositorio de objetos de aprendizaje para Santander?

Ahora bien, en atención a ésta problemática, el presente trabajo proporciona el diseño de una arquitectura de cómputo basada en GRID, que emplea una malla computacional a escala nacional permitiendo aglutinar los pocos y dispersos recursos con los que cuenta algunas de las instituciones nacionales y en conjunto con aquellas que disponen de elementos robustos, e incluso permitirá optimizar su

¹ OA: Objeto de Aprendizaje

² <http://www.mineducacion.gov.co/cvn/1665/w3-article-315944.html>

uso y aplicación, para apoyar labores de investigación y actividades académicas. Por ello, el fundamento de la investigación se orienta en poner a disposición una herramienta que sea útil para la comunidad educativa, utilizando una plataforma tecnológica y que permite la disponibilidad y accesibilidad de objetos educativos, siendo estos resultados de las experiencias de investigación de niños y niñas del Programa Ondas. En la actualidad, los repositorios existentes son privados, estos se hallan en plataformas donde su disponibilidad es limitada y con extremas restricciones de acceso, además, que estos son demasiado pesados para su descarga y requieren suficiente espacio de almacenamiento en servidores para ser alojados, de manera que, el aporte científico y tecnológico que promete la propuesta de proyecto de grado, es proponer una arquitectura basada en computación Grid que apoye la creación de un repositorio on line (vía web) de objetos educacionales de acceso público en varios formatos para todos los niveles de formación que haga uso de la infraestructura y servicios de RENATA.

El modelo de arquitectura se ajusta a la iniciativa de Recursos Educativos Abiertos (REA), la cual recomienda que las instituciones educativas ofrezcan abiertamente los materiales de sus cursos y otros recursos educativos, aumentando las oportunidades de aprendizaje a todos los niveles para los autodidactas y los entornos educativos menos favorecidos, reduciendo la exclusión social, contribuyendo a la construcción de una base de conocimiento global, facilitando la reutilización de contenidos y por tanto mejorando el retorno de la inversión realizada en su creación, y al mismo tiempo, potenciando la visibilidad y el prestigio de la institución por su calidad social y educativa.

De otra parte, el portal Colombia Aprende³ del Ministerio de Educación Nacional de la República de Colombia, se define un Objeto de Aprendizaje u OA, como: “Un conjunto de recursos digitales, autocontenible y reutilizable, con un propósito

³ <http://www.colombiaprende.edu.co>

educativo y constituido por al menos tres componentes internos: contenidos, actividades de aprendizaje y elementos de contextualización. El objeto de aprendizaje debe tener una estructura de información externa (metadatos) que facilite su almacenamiento, identificación y recuperación”. Al referirse a una estructura de información externa, quiere decir, que es apto de adjuntar etiquetas o descriptores a un OA, para que estos puedan ser clasificados, seguidos, buscados y secuenciados.

En un contexto de investigación, Colombia ha participado en el proyecto internacional EELA-2, sin duda el más relevante en el tema de computación en Grid para la región. Como requisito para participar, dado el vasto alcance que se quería lograr, este proyecto exigía que varias instituciones de un mismo país se agruparan bajo una figura de consorcio – JRU⁴ que facilitara la gestión del proyecto. En Colombia la JRU original la conformaron Uniandes, UIS y U. de Antioquia con el aval de RENATA. El proyecto EELA-2 inició actividades con 14 JRUs y más de 50 instituciones participantes.

Uno de los objetivos de EELA-2 era buscar que lo que se lograra construir durante su ejecución perdurara; aún después de terminada la financiación del proyecto (Abril 2008-Marzo 2010) y; por eso su énfasis en las JRU en quienes recaía la sostenibilidad del proyecto. En Colombia se ha aprovechado tal participación y en el año 2009 nuevas universidades se incorporaron a la JRU nacional: Universidad Javeriana de Bogotá, Universidad Católica y la Universidad Autónoma de Bucaramanga –UNAB.

En Febrero del 2009 la UNAB participó en Proceedings of the First EELA-2 Conference con el poster titulado: *G-Knowledge: Towards a LMS System over GRID*.

⁴ JRU: Joint Research Unit

No obstante, para el mismo año, en el marco de la convocatoria 487 de Colciencias denominada “*Convocatoria Nacional para la conformación del banco de proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que hagan uso de la infraestructura y servicios de la Red Nacional Académica de Tecnología Avanzada – RENATA*” se da inicio al proyecto de investigación denominado: “*Grid Colombia: Servicio de Computación en Grilla Nacional a través de RENATA*” (GridColombia, 2010). El grupo de investigación “Preservación e Intercambio Digital de Información y Conocimiento – PRISMA” y con el liderazgo de los ingenieros Eduardo Carrillo Zambrano y Abigaíl Tello Ríos emprendieron la tarea de apoyar este proyecto, de modo que, la Universidad Autónoma de Bucaramanga – UNAB, fue una de las doce (12) instituciones educativas a nivel nacional que presentó ésta iniciativa de investigación y; como resultado colaborativo de las 12 instituciones se constituyó la organización Grid Colombia⁵.

En el sitio web del proyecto GridColombia: Servicio de Computación en Grilla Nacional a través de RENATA (2010) define a “Grid Colombia es una organización en formación, con una base fundamentalmente académica, destinada originalmente a centralizar los esfuerzos para la puesta en operación del primer Grid de cómputo de alcance nacional que facilite el establecimiento y desarrollo de la e-ciencia en Colombia usando las Redes de Tecnología Avanzada (RENATA) a escala regional y nacional. Esta meta implica la generación del diseño, tanto técnico como organizacional, de un modelo Grid nacional y la puesta en marcha y evaluación de un prototipo funcional”, este concepto da a conocer el propósito de Grid Colombia, en ese sentido, el grupo PRISMA en búsqueda del fortalecimiento de una de sus líneas de investigación Tecnología y Sociedad, para la cual se inscribió el anterior proyecto, ha centrado esfuerzos en continuar desarrollando proyectos de investigación para convocatoria institucional UNAB, así como propuestas de investigación para trabajos de grado en programas de maestría: Gestión, Aplicación y Desarrollo de Software, Telemática y Software libre que utilicen los recursos de la grilla computacional.

⁵ GridColombia: Servicio de Computación en Grilla Nacional a través de RENATA

Cabe enunciar las tesis de investigación que han sido desarrolladas como trabajos de grado en el grupo de investigación Prisma: *ATENEA: arquitectura de software para la captura digital de cursos presenciales y virtuales*, desarrollado por Araque Bayona (2013); *ATenEa–Aplicación de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en Soluciones para la Captura Digital de Clases Presenciales y Virtuales en Instituciones de Educación Superior como Herramienta Tecnológica para la Generación de Impacto en la Enseñanza* proyecto de convocatoria interna UNAB desarrollado por García Ojeda (2011); *Effects of Using Video, Audio-Only, or Mixed Channels for Learner Interactions in a Synchronous eLearning Environment*, trabajo de Sarmiento Porras (2013) en University of Illinois.

Se encuentran productos y estrategias concretas de investigación que prometen dar visibilidad a la producción académica en Colombia, i.e. La Biblioteca Digital Colombiana – BDCOL, lanzada el 4 de Junio de 2012 en las instalaciones de la Universidad del Rosario en Bogotá, como resultado del esfuerzo de doce (12) instituciones de educación superior del país. La Biblioteca Digital Colombiana - BDCOL (2008) “*es la Red Colombiana de Repositorios y Bibliotecas Digitales que indexa toda la producción académica, científica, cultural y social de las instituciones de educación superior, centros de investigación, centros de documentación y bibliotecas en general del país*”; allí se encuentran alrededor de 85.000 documentos digitales distribuidos en 73 repositorios institucionales de las diferentes regiones del país, cabe mencionar que, RENATA, es un actor estratégico para crecimiento de BDCOL.

Ahora bien, los anteriores trabajos y los proyectos mencionados, dieron origen a la investigación que aquí se describe, con la cual se espera contribuir al fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica de los sectores estratégicos del Departamento de Santander.

Este trabajo de grado planteó como objetivo general: Diseñar una arquitectura de cómputo basada en GRID para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje online de acceso público que pueda ser validada a nivel de prototipo en una institución vinculada al programa Ondas de Santander. Así mismo, se propusieron cuatro (4) objetivos específicos:

- Identificar los actores y documentar los requerimientos funcionales y no funcionales de una arquitectura de cómputo basada en GRID para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje.
- Analizar las diferentes configuraciones de almacenamiento, transmisión y acceso de la arquitectura GRID que permita seleccionar la más apropiada.
- Diseñar una arquitectura de cómputo basada en GRID para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje online de acceso público.
- Probar, configurar y evaluar la arquitectura GRID para demostrar su funcionalidad a nivel de prototipo con al menos una institución vinculada al programa Ondas de Santander.

A continuación, se presenta una descripción del desarrollo del trabajo de grado, empleando una estructura organizada y definida en cuatro (4) capítulos, así: un capítulo cero contiene la introducción, concentrando una relación entre antecedentes, planteamiento del problema, hipótesis, pregunta de investigación, objetivos general y específicos; el capítulo uno, extracta conceptos y temáticas de relevancia en computación Grid y las herramientas más exploradas para gestionar repositorios de datos. El segundo capítulo, comprende un estado del arte revisado a partir de una perspectiva nacional y describe los diferentes proyectos financiados principalmente, por el Ministerio de Educación Nacional y Colciencias. El tercer capítulo señala la metodología empleada, explicando cada una de las fases metodológicas, y a través de una tabla enuncia los resultados finales por cada objetivo definido. El cuarto capítulo, describe los resultados de la investigación, presentado en detalle el procedimiento que se empleó para alcanzar cada objetivo, incluyendo el procedimiento técnico y práctico. Y finalmente, se plantean algunas

recomendaciones para tenerse en cuenta en futuros trabajos; y desde luego, las conclusiones de la investigación y la bibliografía.

1. MARCO CONCEPTUAL

La revisión conceptual de este estudio se compone de una literatura y teorías pertenecientes a varias disciplinas y ámbitos del conocimiento, y sólo entendiéndolos de forma conjunta y multidisciplinar se pueden abordar el objeto de la investigación.

1.1 GRID DE CÓMPUTO

En una primera aproximación un Grid de Cómputo o una Grilla computacional (término usado imparcialmente y como sinónimos las denominaciones en inglés y en español) se puede entender como "una infraestructura de hardware y de software que provee un acceso confiable, seguro, consistente, de gran alcance y barato a recursos de cómputo distribuidos" (Foster & Kesselman, 1998). Recientemente Foster (2002) propone, la que hoy se considera la definición de factor de lo que en adelante llamaré un Grid. Un Grid es un sistema de recursos de cómputo distribuido que cumple los siguientes criterios:

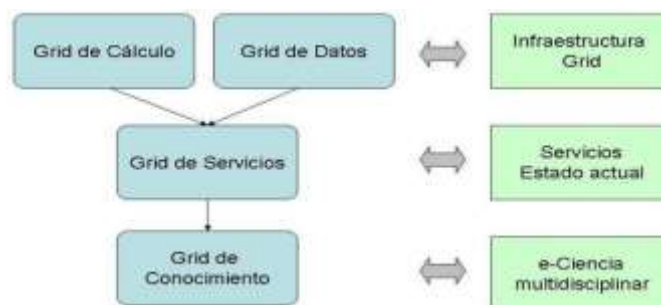
- Los recursos no están sometidos a un control centralizado. Esto es lo que sucede por ejemplo en ambientes de computación en Clusters o en otras redes de recursos académicos y corporativos en las que un *frontend* provee servicios especiales de acceso y administración de los recursos.
- Una Grid usa interfaces y protocolos que satisfacen estándares establecidos, son abiertos y tienen un propósito general. Este criterio garantiza que una red de recursos pueda orientarse a un trabajo amplio y multidisciplinario y no simplemente para la ejecución de aplicaciones específicas que resuelven un número limitado de problemas.
- Una Grid debe ofrecer condiciones de Calidad de Servicio (QoS) no triviales. El uso de los recursos del Grid involucra una negociación y un control de

acceso a los recursos altamente complejo. Estas condiciones se deben realizar en la práctica ofreciendo un nivel de QoS que garanticen que el sistema como un todo ofrezca verdaderas ventajas respecto a la suma de sus partes.

1.1.1 Evolución Grid. Tras el acelerado crecimiento de Internet durante los últimos treinta años y la expansión de la corriente del World Wide Web, se desarrolla el concepto de Grid de cálculo con el fin de compartir y utilizar recursos de computación. Este concepto se amplía con la utilización de recursos de almacenamiento masivo distribuido, dando lugar a Grid de datos (Osiris & Casas, 2008).

Los primeros pasos en el concepto de Grid evolucionaron para constituir el llamado Grid de servicios, que depende de cada área temática con servicios específicos; actualmente la Grid se encuentra en este estado. Se espera que para el futuro el proceso evolutivo continúe hasta la Grid de conocimiento para compartir no sólo cálculo, datos o servicios sino también experiencias y conocimiento científico y técnico, así como la describe la Figura 1, este concepto justifica el nombre de e-Ciencia.

Figura 1. Evolución GRID



Fuente: (Osiris & Casas, 2008)

1.1.2 Seguridad en Mallas Computacionales. Los sistemas de cómputo tradicionales han impuesto retos a los administradores en aspectos relacionados con la seguridad informática. Tales retos son evidentemente críticos al hacer uso de nuevas infraestructuras de computación, como la computación en Grid, que implica el uso compartido de recursos ofreciendo poder de cómputo y flexibilidad. Por otra parte presenta problemas de complejidad en su instalación y administración. Las organizaciones virtuales (VO) facilitan el diseño de grandes aplicaciones distribuidas que involucran el uso intensivo de recursos compartidos. La construcción de una organización virtual presenta consideraciones de administración como la admisión o revocación de miembros, labor crítica debido su naturaleza distribuida (Wu By (reprint author), 2005).

El aspecto más importante a tener en cuenta consiste en que los diversos sitios que conforman la malla están normalmente administrados por diferentes organizaciones, cada una con sus propios mecanismos y políticas de seguridad, presentando mayor dificultad que si los componentes de la malla estuvieran localizados en una sola red de área local (Palmieri, 2006). El hecho de compartir datos y código a través de una red pública impone consideraciones de seguridad, como es el uso de mecanismos de autenticación y autorización, éstos mecanismos deben garantizar plenamente la identificación de usuarios y recursos que deben tener los permisos suficientes al hacer uso de una plataforma computacional por demanda que no impone límites geográficos. La transferencia de datos y su almacenamiento se convierte en otro aspecto clave de seguridad a tener en cuenta (Burruss & Thompson, 2005).

1.2 E-SCIENCE

Según el Libro Blanco de e-Ciencia en España (FECYT, 2004), ésta “se entiende como el conjunto de actividades científicas desarrolladas mediante el uso de recursos distribuidos accesibles a través de Internet”. Diferentes aplicaciones como en cálculo, almacenamiento e información, entre otros, constituyen los principales

recursos utilizados y compartidos mediante la red. La evolución de las redes de comunicaciones de alta velocidad dedicadas a la investigación y de las tecnologías y aplicaciones colaborativas está creando un escenario idóneo para la interacción entre investigadores. Astronomía y Espacio, Biomedicina y Ciencias de la Salud, Ciencia y Tecnología de Materiales, Ciencias de la Tierra, Estudio del Clima, Física, Ingeniería, Química y Tecnologías para la Sociedad de la Información podrán beneficiarse del desarrollo de la e-Ciencia. Sin dejar atrás beneficios que el programa de e-Ciencia aportaría a otras aplicaciones y áreas de la investigación.

La arquitectura que sustenta la e-Ciencia (Figura 2) se soporta en tres capas horizontales que corresponden a los recursos accesibles (de cálculo, de almacenamiento, de información y otros recursos), las redes de comunicación que permiten el acceso a éstos, y el **middleware** o software intermediario. Esta última capa permite a las aplicaciones utilizar de forma conjunta, coordinada y transparente los recursos disponibles en localizaciones remotas. La e-Ciencia utiliza la tecnología Grid para simplificar el acceso a los recursos y aprovechar su utilización, aunque no es el único método para conseguirlo. Otras tecnologías como el telnet, el ftp o el P2P permiten también la accesibilidad a recursos distantes. Sin embargo, la tecnología Grid es la más adecuada debido a su orientación a servicios que encapsula los recursos haciendo más fácil y transparente su utilización por parte de los usuarios finales.

Figura 2. Arquitectura genérica que soporta la e-Ciencia



Fuente: Osiris & Casas (2008)

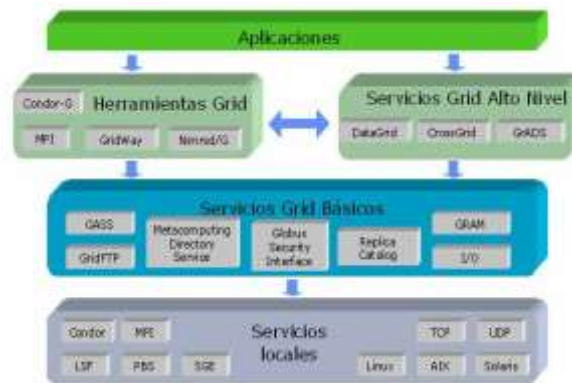
Para el desarrollo de la e-Ciencia, se requiere de una infraestructura básica que será común para todas las aplicaciones. Actualmente la arquitectura de *middleware* más utilizada es la de Globus (

Figura 3). El Globus Toolkit® comprende un conjunto de módulos. Cada módulo define una interfaz, la cual utiliza servicios del más alto nivel para invocar los mecanismos del módulo y proveer una implementación, y funcionalidades de bajo nivel para implementar estos mecanismos en diferentes ambientes (Foster, Ian & Kesselma Carl, 1996). Los módulos más importantes son:

- Ubicación y asignación de recursos: Es necesaria ya que por lo general ninguna aplicación sabe dónde se encuentran ubicados los recursos requeridos, en particular cuando la carga y los recursos pueden variar.
- Comunicaciones: Permite la implementación eficiente de varios mecanismos que necesitan comunicación como son paso de mensajes, llamado a procedimientos remotos, memoria compartida distribuida, stream-based, y multicast.
- Servicio de Información de Recursos Unificado: Este componente provee un mecanismo uniforme para obtener información en tiempo real acerca del estado y la estructura del metasistema.
- Interfaz de autenticación: Sirve para el acceso seguro tanto de usuarios como de procesos; está relacionada con todos los módulos de seguridad del sistema.
- Creación de proceso: Este componente es utilizado para iniciar la computación sobre un recurso una vez es localizado y asignado. Esta tarea incluye configuración de ejecutables, creación de un ambiente de ejecución, comenzar un ejecutable, paso de argumentos, integración del nuevo proceso al resto de la computación, manejo de terminación y proceso de apagado.

- Acceso de Datos: Este componente es responsable de proveer acceso remoto de alta velocidad, para almacenaje persistente tales como archivos. (Díaz C. , 2009).

Figura 3. Estructura de Globus Toolkit



Fuente: (Foster & Kesselman, The grid: Blueprint for a new computing infrastructure, 1998)

1.3 OBJETO DE APRENDIZAJE

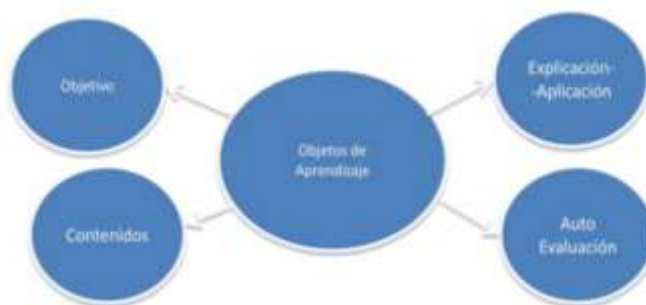
Existen distintas definiciones de Objeto de Aprendizaje, sin embargo, no todas tienen la misma orientación.

En un sentido amplio, se tiene la concepción desde aquellos que involucran personas, procesos, objetivos y organizaciones, hasta los que estiman que un objeto de aprendizaje es cualquier entidad digital utilizada o referenciada durante un proceso de enseñanza – aprendizaje apoyado a través de las tecnologías (Morales & Agüera, 2002)

Una de las primeras definiciones difundida y considerablemente divulgada la desarrolló Wiley⁶, definiendo objeto de aprendizaje como: “Cualquier recurso digital que se pueda reutilizar para apoyar el aprendizaje” (Wiley, 2007).

Los objetos de aprendizaje deben tener unos rasgos pedagógicos que hacen posible su uso para el aprendizaje: unos objetivos de aprendizaje, unas características educativas en forma de metadatos y un componente de evaluación (Figura 4). El concepto de objetos de aprendizaje con un fuerte componente tecnológico ha sido ampliamente criticado por distintas razones, e incluso se ha dicho que esta aproximación resulta inadecuada desde el punto de vista educativo. Han surgido algunos intentos de superar las dificultades del concepto de objetos de aprendizaje, mediante el planteamiento del diseño de aprendizaje. Pero también se han planteado alternativas a este enfoque, con el objetivo de fomentar la apertura, intercambio y reutilización de contenidos educativos.

Figura 4. Componentes de un Objeto de Aprendizaje



Fuente: (Chiu, 2013)

Boyle (2008) argumenta que la ambigüedad en la definición de los objetos de aprendizaje se debe a la confusión entre las definiciones basadas en la interoperabilidad técnica y la búsqueda de unidades pedagógicas básicas. El

⁶ David Wiley, uno de los máximos promotores de los objetos de aprendizaje y el movimiento a favor de la educación abierta. Wiley sostiene que la idea misma de la propiedad intelectual es incompatible con la idea de enseñanza ya que ésta es sinónimo de compartir.

enfoque de interoperabilidad técnica pretende desarrollar estructuras de software que puedan gestionar de forma universal todas las unidades de aprendizaje y educación.

1.3.1 Taxonomía de un Objeto de Aprendizaje. Morales, R.& Agüera, A., (2002) proponen una serie de atributos esenciales que distinguen un objeto de aprendizaje de simples piezas de información:

- Debe ser un objeto educativo.
- Debe proporcionar una cantidad de conocimientos o habilidades relativamente pequeñas.
- Debe ser autocontenido.
- Debes ser útil en más de una secuencia de instrucción.
- Debe ser fácil de identificar y por tanto de buscar.
- Debe ser independiente de un sistema administrador de aprendizaje.

1.3.2 Metadatos para Objetos Educativos, LOM. Learning Object Metadata (LOM) o Metadatos para Objetos Educativos, es un estándar desarrollado por el comité de estandarización de las tecnologías aplicada al aprendizaje (Learning Technologies Standards Committee, LTSC) perteneciente a IEEE⁷. Este estándar multi-parte define un esquema conceptual de datos para la especificación de las instancias de los metadatos para los OA. Las instancias de metadatos son aquellas que definen las características relevantes de un OA, permitiendo su reutilización y gestión.

El estándar LOM define 9 categorías de metadatos, los cuales se definen en la Cuadro 1 y se mencionan los elementos que las conforman.

Cuadro 1. Categorías y elementos de metadatos del estándar IEEE LOM

Categoría	Elementos de metadatos
-----------	------------------------

⁷ The Institute of Electrical and Electronics Engineers

Categoría	Elementos de metadatos
1. General: Agrupa la información general que describe los objetos de aprendizaje como un todo.	1.1 Identificador 1.2 Título 1.3 Idioma 1.4 Descripción 1.5 Palabra clave 1.6 Cobertura 1.7 Estructura 1.8 Nivel de agregación
2. Ciclo de vida: Agrupa las características relacionadas con la historia y estado actual de los LOs ⁸ y todo lo que fueron afectados durante su evolución.	2.1 Versión 2.2 Estado 2.3 Participantes
3. Meta-metadatos: Agrupa información acerca del metadato en sí mismo (en lugar del LO que el metadato describe).	3.1 Identificador 3.2 Participantes 3.3 Esquema de metadatos 3.4 Idioma de registro de metadatos
4. Técnica: Agrupa los requisitos y características técnicas de los LO.	4.1 Formato 4.2 Tamaño 4.3 Localización 4.4 Requisitos 4.5 Comentarios para la instalación 4.6 Otros requisitos de la plataforma 4.7 Duración
5. Educacional: Agrupa las características educacionales y pedagógicas del LO.	5.1 Tipo de interactividad 5.2 Tipo de recurso educativo 5.3 Nivel de interacción 5.4 Densidad semántica 5.5 Destinatario 5.6 Contexto 5.7 Rango Típico de Edad 5.8 Dificultad 5.9 Tiempo Típico de Aprendizaje 5.10 Descripción
6. Derechos: Agrupa los derechos de propiedad intelectual y condiciones para el uso de los LOs	6.1 Coste 6.2 Derechos de Autor y otras Restricciones 6.3 Descripción
7. Relación: Agrupa las características que definen la relación entre el LO y otros relacionados.	7.1 Tipo 7.2 Recurso 7.2.1 Identificador 7.2.1.1. Catálogo 7.2.1.2. Entrada 7.2.2. Descripción
8. Anotación: Agrupa las características que definen la relación entre el LO y otros	8.1 Entidad 8.2 Fecha

⁸ Learning Object (Objeto de Aprendizaje, OA)

Categoría	Elementos de metadatos
relacionados.	8.3 Descripción
9. Clasificación de categorías: Describe estos Los con relación a un sistema de clasificación particular.	9.1 Propósito 9.2 Ruta Taxonómica 9.2.1. Fuente 9.2.2. Taxón 9.2.2.1. Identificador 9.2.2.2 Entrada 9.3 Descripción 9.4 Palabras Clave

Fuente: (Morales M. Erla, 2001)

1.4 REPOSITORIOS

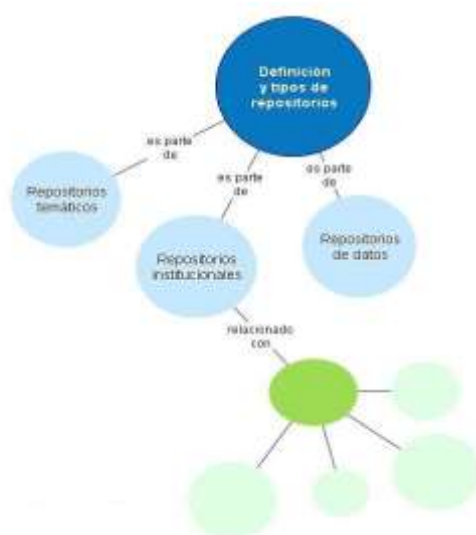
1.4.1 Definición. Un repositorio, depósito o archivo es un sitio web centralizado donde se almacena y mantiene información digital, habitualmente bases de datos o archivos informáticos. Pueden contener los archivos en su servidor o referenciar desde su web al alojamiento originario, (Recolecta, 2007).

El primer reto para una institución es la conformación de un repositorio digital que permita almacenar y gestionar documentos digitales. Se encuentra en Colombia la primera dificultad, ya que son muy pocas las instituciones que han dado a la tarea de ejercer procesos de conformación de este tipo proyectos, justificando este hecho en factores como poco contenido digital disponible, comprensión de conceptos como derechos de autor y propiedad intelectual y finalmente el desconocimiento de plataformas software para su implementación.

1.4.2 Tipos de Repositorios. Existen dos tipos principales de repositorios de Acceso Abierto: **repositorios temáticos** –repositorios creados para aglutinar material de disciplinas en particular o temas específicos. Los dos repositorios temáticos más conocidos son arXiv and PubMed Central, pero en general hay más de 200 de estos

repositorios. Los **repositorios Institucionales** –creados por instituciones como universidades, centros de investigación y laboratorios, que reúnen, preservan y publican la producción intelectual de la institución. En la actualidad hay aproximadamente 1500 repositorios institucionales en todo el mundo. Ahora bien, un tercer tipo de repositorios está adquiriendo cada vez más relevancia: los **repositorios de datos**, creados por diferentes tipos de organizaciones para reunir, preservar y facilitar el intercambio y la posibilidad de compartir los datasets resultantes de las actividades de investigación (Proyecto NECOBELAC, 2010).

Figura 5. Definición y tipos de repositorios



Fuente: (Proyecto NECOBELAC, 2010)

1.4.3 Repositorio de Acceso Abierto. En diferentes fuentes los autores plantean que el concepto de Repositorio es intrínseco a los Objetos de Aprendizaje. No es posible pensar en objetos de aprendizaje si no se los concibe albergados en repositorios. Como objetos aislados no tienen ninguna relevancia ni significado real (Varas, 2007).

Las bibliotecas digitales se han propagado y han sido un importante complemento para las bibliotecas tradicionales, maestros y alumnos recurren a éstas para tener

acceso a contenidos digitales que ayuden en sus actividades de formación. Las bibliotecas tradicionales han adoptado a la biblioteca digitales como una excelente opción para la gestión de los recursos digitales y para ofrecer nuevos servicios a más usuarios. Hoy día, en los ambientes de aprendizaje basados en e-learning, las bibliotecas digitales son un recurso externo que no se integra de manera natural con las aplicaciones desarrolladas. De igual forma, tampoco cumplen con los requisitos particulares para la real explotación de los objetos de aprendizaje ya que son de aplicación muy general. Así que se ha buscado una solución particular que facilite la recopilación, el acceso y el compartir recursos educativos, en la que, apeándose a las necesidades específicas del sector, se tenga un sistema de almacenamiento de contenidos que se integre y comunique fácilmente con los otros sistemas que operan en los ambientes de aprendizaje en línea (McLean & Lynch, 2003). Es aquí en donde los Repositorios de Objetos de Aprendizaje tienen su origen y para comprender el impacto que pueden tener dentro de los entornos e-learning, a continuación se dará su definición, los tipos y características principales que lo hacen una aplicación particular de las bibliotecas digitales, también se explicará el esquema de metadatos que se recomienda utilizar y se hará mención también de las iniciativas más relevantes de los proyectos de este tipo de repositorios.

“Resulta cuestionable por qué si los repositorios operan como bibliotecas digitales no son llamados “bibliotecas de objetos de aprendizaje” y se identifican más bajo el término de repositorios. García (2000) considera que un repositorio es un concepto tan amplio que va desde sencillos sistemas de almacenamiento hasta complejos entornos que incorporan, además de los sistemas de almacenamiento, conjuntos de herramientas que ayudan al proceso de reutilización. Dado el origen conceptual que tienen los OA a partir de filosofías de programación informáticas (Wiley, 2002), puede pensarse que el término de repositorio también se hereda de este campo, en el que se conciben como bases de datos para el almacenamiento de “unidades de contenido” pero que han evolucionado hacia complejos métodos de almacenamiento, búsqueda, navegación, evaluación.”

“El programa CANARIE (2001) dice que los ROA “son un catálogo electrónico/digital que facilita las búsquedas en Internet de objetos digitales para el aprendizaje”. Daniel (2004), a partir de los términos “repositorio digital”, “objeto de aprendizaje” y “metadato” dice que “los repositorios de objetos de aprendizaje son bases de datos con búsquedas que alojan recursos digitales y/o metadatos que pueden ser utilizados para el aprendizaje mediado”. El JORUM+ project (2004)

adopta la siguiente definición: “Un ROA es una colección de OA que tienen información (metadatos) detallada que es accesible vía Internet. Además de alojar los OA los ROA pueden almacenar las ubicaciones de aquellos objetos almacenados en otros sitios, tanto en línea como en ubicaciones locales”. Las definiciones, en su sentido general no difieren mucho entre sí y dejan ver claramente que estos repositorios, sean bases de datos o catálogos, están creados para ser utilizados en un proceso de enseñanza, lo cual lleva a que los ROA se vean como facilitadores claves para incrementar el valor de los recursos de aprendizaje dando la oportunidad la reutilizar, reorientar y hacer reingeniería para cubrir las necesidades del usuario final (Porter, Curry, Muirhead & Galan, 2002). (López Guzmán & García Peñalvo, 2006)

Para construir los ROA la comunidad de estándares del e-learning ha creado sistemas descriptivos especializados diferentes, pero compatibles, con los que hasta ahora se habían utilizado en las bibliotecas digitales, como se ha mencionado anteriormente Dublin Core es uno de ellos. En la práctica, los ROA disponibles hoy día pueden apegarse a distintas esquemas pero la tendencia es utilizar LOM o algún esquema compatible o derivado de éste, como se verá más adelante.

1.5 PLATAFORMA DE SOFTWARE PARA REPOSITORIOS INSTITUCIONALES

En el plano educativo, el tema de repositorios tiene más de una década. Inició con la creación de repositorios de objetos de aprendizaje, entendidos como bases de datos que almacenan y gestionan colecciones de recursos educativos digitales, con funciones específicas que permiten la difusión y la reutilización de contenidos; así como pasarelas a contenidos educativos, que si bien no almacenan los objetos en sí mismos, sí ofrecen un servicio de acceso unificado y organizado a un conjunto seleccionado de recursos disponibles en línea (Bueno de la Fuente, 2010).

Al hablar de sistemas de repositorios educativos, JORUM (The JORUM Team,2006) distingue al menos cuatro tipos de herramientas que han sido utilizadas para desarrollar repositorios de contenidos educativos muy diversos: dos de propósito

general para la gestión de contenidos digitales, como son los CMS (Content Management Systems) y los DMS (Document Management Systems); y dos específicas para contenidos digitales educativos, los LOR (Learning Object Repositories) y los LCMS (Learning Content Management Systems).

En cuanto a los DMS y CMS, ambos tienen la capacidad de almacenar y recuperar ficheros electrónicos, y tienen funcionalidades similares, incluyendo la automatización de flujos de trabajo, el control de versiones y el uso de motores de búsqueda potentes.

Ahora bien, los DMS o “Sistemas de Gestión Documental”, se centran en el almacenamiento, seguimiento y recuperación de ficheros en una organización o parte de ella, contando con esquemas de metadatos adaptados a sus necesidades y al tipo de contenidos que gestionan, y su enfoque principal es la seguridad de los contenidos y no la interoperabilidad. Por su parte, los CMS o gestores de contenido, a los que ya hicimos mención al abordar las herramientas para la gestión del aprendizaje, no se centran en documentos individuales sino en piezas de contenido de menor tamaño, y su principal aplicación es la gestión de sitios web o contenidos en formato web.

Los sistemas específicamente diseñados para los contenidos educativos, como son los Repositorios de Objetos de Aprendizaje o Learning Object Repositories (LOR) a menudo poseen las cualidades de los sistemas de gestión de documentos o de contenidos (DMS y CMS), como búsqueda simple, búsqueda avanzada, previsualización o flujo de trabajo. Sin embargo, su énfasis principal se centra en la interoperabilidad del sistema en sí mismo y del contenido que almacena. Para ello, deben cumplir con estándares de metadatos y especificaciones para el empaquetado de contenido educativo. Además, deben ser capaces de recopilar información de otros repositorios empleando tecnologías estandarizadas, y asegurar que su propio contenido e información se exponen mediante métodos similares.

Por último, los Learning Content Management Systems (LCMS), como ya se analizó en el epígrafe anterior, son una combinación efectiva de un LOR y un sistema de gestión del contenido (CMS), que configura el núcleo de su arquitectura. Su objetivo no es únicamente el almacenamiento y recuperación de contenido, sino también la distribución, seguimiento y gestión de las relaciones entre el contenido y los usuarios.

Muchos LCMS son versiones comerciales de plataformas o sistemas de gestión del aprendizaje (LMS) que han implementado funcionalidades de repositorio de aprendizaje en la estructura del sistema.

Seleccionar la aplicación de repositorio educativo más adecuada para una institución resulta muy complejo, puesto que los proveedores comerciales de este tipo de aplicaciones emplean una variada jerga técnica para su denominación por razones de ventaja competitiva con otros productores. A esto se añade otro problema, y es que, a pesar de ser tan importante el cumplimiento de estándares y especificaciones para considerarlos sistemas de repositorio, como estas especificaciones están abiertas a la interpretación, los desarrolladores proporcionan funcionalidades basadas en su propia interpretación de los estándares, resultando en sistemas que pueden no ser completamente interoperables.

Algunos de los sistemas de repositorios educativos comerciales más conocidos son ***Harvest Road Hive, Learn eXact, Equella, IntraLibrary, Desire2Learn Learning Repository, o Blackboard Content System*** el repositorio integrado en BlackBoard.

Además de los sistemas comerciales, existen otras soluciones de software libre, como DOOR (Digital Open Object Repository), SCAM Repository o Planet DR, e incluso, soluciones desarrolladas a medida para distintas instituciones.

1.5.1 Componentes esenciales de un repositorio institucional. Los componentes esenciales para un repositorio institucional son:

- Interfaz para añadir contenido al sistema.

- Interfaz para buscar/ comprobar/ recuperar contenido.
- Base de datos para almacenar contenido
- Interfaz administrativa para apoyar la gestión de las colecciones y las actuaciones de conservación.

Una característica adicional puede ser la integración con otros sistemas de carácter universitario o de investigación incluidos cursos en línea (courseware), etc.

1.5.2 Cómo elegir una plataforma de software. Para elegir una plataforma de software para repositorio de tipo institucional, sería provechoso contar con un equipo conformado por los usuarios involucrados en el proceso de administración y las personas que tendrán a cargo el diseño y la configuración del sistema. Cada miembro aporta experiencia sobre cómo debería funcionar el sistema y las características necesarias, tanto las de servicio (metadatos, aportación de datos, tipos de contenido etc.) como las relacionadas con los servidores subyacentes (sistemas operativos, bases de datos, mecanismos de búsqueda, etc.) (Barton, 2005).

Los requisitos a tener en cuenta y los puntos fuertes de las plataformas de los principales repositorios institucionales disponibles en la actualidad:

- Tecnología básica de un Repositorio Institucional.
- Características del producto.
- Modelos de producto.
- Otros aspectos técnicos sobre el funcionamiento de un servicio.
- Pasos para la implementación.
- Consideración de los costes.
- Principales proveedores de software de repositorio institucional.
- Listas con las características principales.

1.5.3 Tecnología básica y estándares de un repositorio institucional. Un sistema de repositorio institucional consta de los siguientes bloques de creación tecnológica:

- Servidores Windows o Unix/Linux Servers.
- Servidor Web, como Apache y herramientas de aplicación web relacionadas.
- Bases de datos, como MySQL, DB2, Oracle, Postgres, servidor SQL.

En cuanto a estándares requeridos para un repositorio se encuentra, el desarrollo del protocolo para la recolección de metadatos: Open Archives Initiative – Protocol for Metadata Harvesting (OAI-PMH), definido por primera vez en 1999. El protocolo OAI-PMH es el estándar fundamental para asegurar la exposición, agregación, acceso e interoperabilidad de los contenidos depositados en los repositorios. El protocolo OAI-PMH es muy sencillo y requiere el uso de otros estándares y protocolos, como el protocolo HTTP (protocolo Web) y el estándar Dublin Core para el formato de los metadatos que permite la interoperabilidad entre los repositorios. El grupo Open Archives Initiative desarrolló el protocolo OAI-ORE (Open Archives Initiative Object Reuse and Exchange) que define estándares para la descripción e intercambio de los componentes de los objetos digitales.

1.6 SOFTWARE DE UN REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Antes de seleccionar el software para el repositorio es necesario determinar qué tipo de repositorio se creará. Ahora bien, es significativo establecer criterios tecnológicos y observaciones como que se necesiten varios servidores para este servicio, para cada una de estas fases de desarrollo, prueba y producción se desarrollen exitosamente.

1.6.1 Características del producto. Aspectos a tener en cuenta de evaluación cuando se considere seleccionar una plataforma de software (Barton, 2005):

- Apoyo a formatos de archivo: textos, imágenes, conjuntos de datos, vídeo, audio, etc.
 - Estándares de metadatos (descriptivo, técnico, de conservación, derechos).
 - Interoperatividad: OAI compliance, Z39.50, SRW, etc.
 - Dirección o localizador permanente del artículo (ej., persistente URL).
 - Búsqueda/vista de metadatos.
 - Búsqueda de texto completo.
 - Volumen de trabajo, aportación para la aprobación del contenido.
- Autenticación y autorización del usuario:
- Usuario administrador: proveedor de contenido, editor, administrador, editor de metadatos.
 - Usuario final: acceso al contenido.
- Personalización: API (interfaz de aplicación de la programación) para personalizar el software, aumentar las características según sea necesario.

1.6.2 DSpace: Software Libre para Repositorios de Acceso Abierto. Es un software de código abierto que provee herramientas para la administración de colecciones digitales, y comúnmente es usado como solución de repositorio institucional. Es capaz de soportar una gran variedad de datos, incluyendo libros, tesis, fotografías, video, datos de investigación y otras formas de contenido. Los datos son organizados como ítems que pertenecen a una colección; cada colección pertenece a una comunidad (DSpace, 2002).

DSpace fue liberado en el 2002, como producto de una alianza de HP y el MIT. Es liberado bajo una licencia BSD y totalmente compatible con el protocolo OAI-PMH. El estado del arte que se describe en este capítulo presenta las distintas investigaciones e iniciativas a nivel nacional e internacional que han abordado la temática con miradas particulares e institucionales desde lo metodológico, tecnológico y administrativo.

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 REFERENTES INTERNACIONALES DE INICIATIVAS DE GRID

El tema de las iniciativas de grid nacionales (NGIs – National Grid Initiatives) ha venido tomando cada vez más fuerza en el mundo. Ya muchos países han pasado por el desarrollo de iniciativas de este tipo y se pueden encontrar referencias de buenas prácticas a la hora de establecer una propuesta de este estilo. En (Prnjat, O., 2009) se pueden encontrar recomendaciones para el diseño e implementación de una NGI fruto de la experiencia de varios países en el sur de Europa.

Se enumeran a continuación algunos referentes internacionales de importancia para considerar en la construcción de una iniciativa de Grid nacional. En (Martínez, 2008) se encuentra un estudio más completo de las iniciativas nacionales a nivel mundial.

- EGEE: Enabling Grids for E-science formado por más de 90 instituciones en 32 países alrededor del mundo busca ofrecer a los científicos en diferentes disciplinas, una infraestructura de Grid para e-Sciences. En su segunda fase presta servicios a campos de investigación en áreas tan diversas como la tecnología multimedia, la astrofísica, la arqueología y la química computacional, entre otros. El Grid EGEE consiste en más de 20000 CPUs disponibles 7 por 24, sostiene una capacidad de almacenamiento de casi 5 PB y mantiene 20000 trabajos concurrentes en promedio (EGEE II., 2009).
- PRAGMA: Pacific Rim Applications and Grid Middleware Assembly se ha fundado como una organización abierta en la cual las instituciones de la costa Pacífica de los Estados Unidos comparten recursos de datos, cómputo, entre otros. PRAGMA viene realizando colaboraciones y conexiones entre investigadores individuales y promoviendo visitas a programas escolares,

formalizando acuerdos de recursos compartidos y continuando el despliegue de la red trans-Pacífica (PRAGMA, 2009).

- TeraGrid es una infraestructura abierta de descubrimiento científico que combina recursos del más alto nivel en nueve instituciones socias a través de los estados Unidos. TERAGRID se vale de redes de alta velocidad para integrar plataformas de alto desempeño y otras facilidades experimentales. Integrados, estos recursos producen más de 102 Teraflops de capacidad de cómputo y más de 15 petabytes de almacenamiento online de datos con accesos rápidos. TeraGrid es considerada la más grande y comprensiva ciber-infraestructura para investigación científica en el mundo (TeraGrid, 2009).

- OSG, Open Science Grid es una infraestructura de computación distribuida para la investigación científica a gran escala. Fue construida y es operada por un consorcio de universidades, laboratorios nacionales, colaboraciones científicas y desarrolladores de software en los Estados Unidos. Actualmente está conformada por más de 50 instituciones en Estados Unidos, Asia y Sudamérica. El OSG incluye dos tipos de Grids: un Grid de integración y un Grid de producción. El Grid de integración es utilizada para probar nuevas aplicaciones de Grid, sites y tecnologías; mientras que el Grid de producción provee un ambiente estable y soportado en el cuál los investigadores corren sus aplicaciones científicas (OSG, Open Science Grid, 2009).

- EELA-2, E-science grid facility for Europe and Latin America: es la segunda fase del proyecto EELA que busca continuar ese trabajo para consolidar una infraestructura de grid con calidad de producción. Esto permitiría levantar un puente digital entre las iniciativas de e-Infraestructura que están en proceso de consolidación en Europa, en el marco del Proyecto EEEG y aquellas que están emergiendo en América Latina. El proyecto busca la creación de una red de colaboración que compartirá una infraestructura de Grid para apoyar el desarrollo y prueba de aplicaciones avanzadas [EGE2009]. EELA establece

una red de colaboración dentro de la cual es posible identificar y promover un marco de sostenibilidad para la e-Ciencia en Latino América. Esta iniciativa es considerada estratégica para reforzar la colaboración entre América Latina y Europa, tomando ventaja de la ya establecida conexión y de la red avanzada que ha sido desarrollada gracias al proyecto ALICE: RedCLARA, la primera red regional de investigación y educación de latino América (EELA, 2009).

- IRISGrid, en España es la infraestructura de grid nacional española. Corre por la NREN española Red IRIS (Red IRIS, 2009). Sus objetivos son, entre otros, proporcionar Servicios avanzados de Middleware que permitan el desarrollo e Innovación Tecnológica y la diseminación tecnológica a las Instituciones Afiliadas. El IRISGrid cuenta con más de 300 instituciones incluyendo universidades, centros de investigación y otros organismos. El testbed de IRISGrid pretende aportar los estándares, protocolos, procedimientos y guías de "buenas prácticas" necesarios para construir dentro de España un Grid de investigación y producción (IRISGrid, 2009).
- CLGrid es la iniciativa nacional de Grid en Chile. Fue creado originalmente en 2005 por el CMM Centro de Modelamiento Matemático buscando desarrollar una infraestructura para correr aplicaciones científicas de interés nacional. El Grid corre sobre REUNA la RENATA Chilena. Desde su constitución han realizado diversas actividades de capacitación y divulgación. También han trabajado en la programación del Grid con testbeds usando GridRPC y GridMPI. En estos momentos CLGrid cuenta con 5 clusters y un testbed utilizando NinfG. Entre las nuevas aplicaciones que correrán sobre el Grid están aplicaciones en Bioinformática, exploración del cielo y análisis de imágenes (para saber más (CLGrid, 2009)). CLGrid ha manifestado un apoyo incondicional a la Iniciativa de Grid Nacional en la que se enmarca este proyecto, Grid Colombia.

2.2 PRINCIPALES PROYECTOS INTERNACIONALES Y NACIONALES DE REPOSITORIOS

Los beneficios más impactantes de los repositorios, se ven representados cuando estos se unen para conformar redes de bibliotecas y repositorios digitales, por diferentes intereses y coberturas. Desde redes regionales, nacionales e internacionales, hasta redes temáticas por algún tipo de tipología documental. El nivel de desarrollo a nivel internacional es importante, implementándose redes nacionales como la presente en México llamada “Red Abierta de Bibliotecas Digitales – RABID⁹” (RABID, 2008), la de Brasil llamada “Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD” (2010), por ejemplo la Figura 6, en Europa con el proyecto DRIVER (DRIVER, 2007), España con el proyecto Recolecta (Recolecta, 2007) o la Red Mundial de Tesis y Disertaciones (NDLTD) (2007) y, en Colombia, la Biblioteca Digital Colombiana – BDCOL¹⁰ (2008), Figura 7.

Figura 6. Proyecto DRIVER de la Unión Europea



Fuente (DRIVER, 2007)

⁹ Es una Red Abierta que permite el acceso federado a colecciones y servicios digitales disponibles, y facilita la participación de nuevas bibliotecas digitales.

¹⁰ Proyecto financiado por el Ministerio de Educación Nacional y la Red Nacional de Tecnología Avanzada (RENATA), a través de la convocatoria Colciencias No 397 de 2007.

Figura 7. Proyecto BDCOL



Fuente: (BDCOL, 2008)

- Proyecto Ariadne¹¹

Es una fundación dedicada a brindar acceso a la mayor cantidad posible de contenido educativo. Para esto, una de sus principales tareas ha sido fomentar el uso de especificaciones y estándares para la compartición de dichos recursos y la interoperabilidad de repositorios (Santos, Ochoa, Parra, & Duval, 2011).

Además, ARIADNE ofrece una serie de herramientas de código libre que, soportando dichas especificaciones, facilitan el intercambio de recursos; desde el proceso de almacenaje de recursos educativos a través de un repositorio o el intercambio a través del harvester, hasta el compartir o intercambiar colecciones a través de un registro de las mismas.

¹¹ <http://www.ariadne4art.eu/page/proyecto-ariadne/>

2.3 ARQUITECTURA DEL REPOSITORIO DE LA BIBLIOTECA DIGITAL COLOMBIANA - BDCOL

El modelo o arquitectura de la BDCOL inicia de las siguientes premisas, (BDCOL, 2008), ver Figura 8:

- Cada Biblioteca Digital (BD) mantendrá sus propios documentos digitales (datos distribuidos).
- Una institución puede participar con una o más colecciones.
- Se recolectan los metadatos en uno o más servidores centrales vía el protocolo OAI-PMH o HTTP.
- Existen múltiples colecciones.
- En los servidores principales de BDCOL se ofrecerá gran variedad de servicios a los usuarios, entre ellos:
 - Búsqueda y localización basada en los metadatos.
 - Recuperación del contenido directamente de los repositorios institucionales.
 - Proveedor de datos a través del protocolo OAI-PMH (proveedor de datos de otras redes).

Figura 8. Arquitectura de la BDCOL



Fuente: (BDCOL, 2008)

Las Bibliotecas Digitales (BiDi) y Repositorios Digitales (ReDi) se están convirtiendo en los principales medios de acceso a la información digital dada su naturaleza de organización y estructuración. Es igualmente, el principal medio para que una institución, región o país tenga mayor visibilidad y reconocimiento de su producción académica y científica.

Una BiDi o ReDi están compuestas por una o más colecciones organizadas y clasificadas por metadatos de documentos digitales que a través de un conjunto de servicios digitales, permite a los usuarios acceder a información relevante de acuerdo a su necesidad de información.

2.4 DESCRIPCIÓN DE PROYECTOS EN LA BIBLIOTECA DIGITAL COLOMBIANA

Se considera importante mencionar los proyectos que dentro de ésta temática se han desarrollado en Colombia, de manera que, el

Cuadro 2; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** describe un informe que expresa los resultados de una encuesta aplicada a las instituciones que pertenecen a RENATA respecto al uso y planes de desarrollo en sistemas de información documental, repositorios o bibliotecas digitales (BDCOL, 2008) . Su propósito es dar a conocer el estado del arte nacional en cuanto al desarrollo de las bibliotecas digitales en Colombia.

La obtención de la información se realizó mediante la utilización de las siguientes herramientas básicas:

- Diseño y aplicación de la encuesta.
- Tabulación de la encuesta.

Cuadro 2. Descripción de los proyectos de biblioteca digital en Colombia

Nombre de la Institución	Describa brevemente su proyecto de biblioteca digital. (va a la pregunta n0.21)
Universidad Autónoma del Occidente	La Universidad Autónoma del Occidente, hace parte del proyecto de concepción, diseño e implementación de la Biblioteca Digital Colombiana. Para dar respuesta a esta iniciativa, se ha consolidado un equipo humano interdisciplinario al interior de la Universidad, trabajando para dar vida a la Biblioteca Digital UAO (BDUAO), proyecto con el que se pretende, entre otros objetivos estratégicos, definir, identificar, clasificar, catalogar y difundir la producción intelectual de la UAO.
Universidad EAN	Digitalización de las publicaciones propias de la Institución.
Corporación Universitaria Lasallista	En este momento nos encontramos en proceso administrativo para ejecución de presupuesto para la realización de la Biblioteca Digital, para ello contamos con el desarrollo de la Universidad Eafit (Biblioteca Digital de Nueva Generación BDNG) para comenzar a trabajar en la digitalización de los contenidos.
Universidad CES	Incluir los documentos electrónicos como tesis y material creado en clases como estudios de casos, hasta el momento se está instalando el servidor.
Colegio Mayor del Cauca	No es un proyecto para crear una biblioteca digital. Se tiene un medio magnético algunos trabajos de grado y cds de algunos libros.
Universidad Libre Seccional Barranquilla	El Comité de Biblioteca de la Red RUMBA Caribe, al cual pertenece la Universidad, programó la elaboración del proyecto de Biblioteca Digital, que incluirá las publicaciones de las Instituciones, monografías de grado y documentos sobre la región.
Pontificia Universidad Javeriana-Biblioteca General	Conformar la Biblioteca digital con la producción intelectual y demás formas de pensamiento que la Universidad Javeriana produce, con el fin de dar visibilidad de estos contenidos a la comunidad nacional e internacional interesados en estos temas. Se integrará material científico: tesis doctorales; trabajos de grado; revista de la PUJ; investigaciones de la PUJ; material pedagógico como objetos virtuales de aprendizaje y repositorios de textos digitales; material multimedia como videos, audio, fotos e imágenes; libros antiguos y valiosos; catálogo de la Editorial Javeriana.
Corporación Universitaria de la Costa	Son los documentos de investigación de la Institución.
Universidad Autónoma del Caribe	Digitalizar la memoria institucional y publicaciones, e incluir algunos proyectos instituciones que pretenden digitalizar objetos virtuales.
Universidad Santiago de Cali	La idea de iniciar con la creación de repositorio de trabajos de grado de

Nombre de la Institución	Describa brevemente su proyecto de biblioteca digital. (va a la pregunta n0.21)
	los estudiantes que van a obtener el título profesional, el motivo por el cual no se ha iniciado con la actividad es que aún la Universidad no tiene desarrollado el Estatuto completo de Propiedad Intelectual. Donde en un párrafo del contenido se debe autorizar la publicación de las monografías.
Universidad de Santander UDES	Optimizar los medios de consulta de la información de los trabajos de grado de egresados en todos los programas académicos y de la producción bibliográfica de la Institución.
Fundación olitecnica Grancolombiano, Institución Universtaria	Actualmente estamos en el proceso de desarrollo del repositorio digital de contenidos con miras a formar nuestra comunidad.
Universidad del Cauca	Hemereoteca Digital.
Universidad Pontificia Bolivariana	Proyecto que propone la creación de Repositorio Dgital Institucional de la Universidad Pontifica Bolivariana, donde se almacene, se administre, se preserve y difunda la producción académica generada por toda su comunidad.
Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano	Actualmente tenemos las monografías de grado del programa de Biología Marina y comenzamos con Arquitectura en la sede de Caribe de Cartagena. Nos encontramos en la etapa de definición de trabajo que involucre a toda la institución.
Colegio de EstudiosSuperiores de Administración -CESA	Organización memoria digital insttucional de CESA en todos los formatos.
Universidad Autónoma de Bucaramanga, UNAB	La propuesta de la elaboración del proyecto de creación de la biblioteca digital de la UNAB surgió en el 2005 gracias a la iniciativa de la Oficina de Proyectos Institucionales, Educación Virtual, Sistema de Información Bibliográfica y Desarrollo Tecnológico de la UNAB. Desde sus incios, el proyecto es considerado de gran importancia para el desarrollo y planeación estratégicos de la Universidad y su impacto sobre los aspectos de enseñanza-aprendizaje, investigación, nuevos modelos de educación, tales como dual, virtual y semi-presencial.
Universidad Simón Bolívar	Digitalizar en acervo bibliográfico de la Biblioteca Museo Bibliográfico Bolivariano, que cuenta con más de 3.500 volúmenes y el 25 porciento de estos recursos son de dominio público.
Universidad de Boyacá	Estamos trabajando la parte de derechos de autor para los trabajos de grado de nuestros egresados, los cuales harían parte de nuestra biblioteca digital.

Fuente: (BDCOL, 2008)

Así mismo a éstas instituciones se les consultó qué tipo de plataforma o producto software utilizan para implementar la biblioteca o repositorio digital?. En relación con el producto software utilizado por las bibliotecas digitales se presenta que el 50% ha realizado desarrollos propios, un 44% se distribuye de igual proporción entre el uso de Dspace y múltiples sistemas, únicamente el 19% usan el software de Open Journal Systems-OJS.

Para otros se especifica el siguiente software: Docuware, Drupal, BDNG-Exist, Aleph, así como se observa en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Software que utilizan las instituciones para implementar repositorio

Software	Frecuencia	%
Desarrollo Propio	8	50%
Otro (por favor especifique)	7	44%
Dspace	7	44%
OJS	3	19%
Greenstone	0	0%
Fedora	0	0%
Total general: 16 Instituciones		

Otro	Frecuencia
Docuware	1
Drupal	2
BDNG-Exist	1
ALEPH	1
Sin información	2

Fuente: (BDCOL, 2008)

Entonces, de los anteriores repositorios más los existentes, ¿Cuáles son los más importantes en Colombia? Actualmente existen 26 repositorios en el país, recolectados en ROAR; por número de documentos, los 10 primeros son:

Cuadro 4. Ranking de repositorios más importantes en Colombia

Nombre del Repositorio	Universidad en Colombia
Biblioteca Digital	Universidad Icesi
Portal de Revistas UN	Universidad Nacional de Colombia
Repositorio Institucional UN	Universidad Nacional de Colombia
Universidad de La Sabana	
Repositorio Digital de la Universidad del Norte	Universidad del Norte
edocUR	Universidad del Rosario
Biblioteca Digital Icaro	Pontificia Universidad Javeriana
Repository of Javeriana University	Pontificia Universidad Javeriana
Colecciones Digitales Uniminuto	
DSpace	Corporación Universitaria Minuto de Dios

Fuente: (BDCOL, 2008)

3. PROCESO INVESTIGATIVO

3.1 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Para el desarrollo de este proyecto se optó por utilizar investigación exploratoria e investigación aplicada que permitiera cumplir satisfactoriamente los objetivos propuestos y permitiera avalar la hipótesis planteada. En ese sentido, las fases metodológicas se concentran en presentar un modelo de arquitectura computacional basada en Grid que permita instalar, configurar y finalmente, gestionar un repositorio de objetos de aprendizaje.

El proceso de investigación se desarrolló en tres (3) grandes fases, ilustradas y descritas de la siguiente manera, Figura 9:

Figura 9. Fases metodológicas del proceso de investigación



Fuente: Autora del proyecto

Primera Fase: Exploratoria

La investigación comienza con una fase exploratoria que abarca la consulta de fuentes bibliográficas y la construcción del marco teórico de la propuesta, con el fin de describir las especificaciones técnicas del repositorio de los OA, este escenario encapsula la búsqueda, ubicación, almacenamiento y la descarga efectiva y eficiente del OA, para lo cual se adicionan los metadatos o ficha de catalogación digital que permitirá valorar y conocer el contenido del OA, igualmente, se revisa los aspectos de accesibilidad de la arquitectura para determinar el software de gestión de almacenamiento en Grid, en ese sentido, se da cumplimiento a los objetivos específicos uno (1) y dos (2).

Segunda Fase: Análisis y Diseño

La segunda fase se enfoca en el desarrollo del diseño de la arquitectura Grid para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje online de acceso público, de manera que se da cumplimiento al objetivo específico tres (3).

Tercera Fase: Aplicación

La tercera y última fase permitirá probar, configurar y evaluar la arquitectura Grid a nivel de prototipo que permitirá demostrar su funcionalidad con al menos una institución vinculada al programa Ondas de Santander, para ello se hará uso de un instrumento de evaluación, así mismo, se documentarán las pruebas del funcionamiento de la arquitectura incluyendo recomendaciones y mejoras.

De otra parte, esta fase faculta el envío a sometimiento de un artículo de investigación en revista nacional indexada que plasme los resultados del trabajo de grado. Un resultado adicional, es el registro de la arquitectura de cómputo ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor.

3.2 RELACIÓN DE OBJETIVOS CON INDICADORES, ACTIVIDADES Y RESULTADOS

A continuación, se describe en detalle todas las actividades que conformaron cada fase metodológica, así como, sus resultados y entregables.

Cuadro 5. Relación de objetivos con indicadores, actividades y resultados

	OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	SUPUESTOS
Fase 1: Exploratoria	Identificar los actores y documentar los requerimientos funcionales y no funcionales de una arquitectura de cómputo basada en GRID para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje	<ul style="list-style-type: none"> - El anteproyecto cuenta con una revisión de literatura de los últimos 8 años y referencias en línea de almacenamiento en Grid y Repositorios Digitales. - Consulta de al menos 2 investigaciones o proyectos en universidades nacionales o internacionales acerca de almacenamiento en Grid y Repositorios Digitales. 	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar artículos de acuerdo al número de citas y pertinencia al tema - Determinar motores de búsqueda, base de datos y periodo de tiempo - Seleccionar las palabras claves - Revisar cuáles son los actores y los requerimientos funcionales y no funcionales relevantes para la investigación - Búsqueda de software de gestión de almacenamiento en GRID 	<ul style="list-style-type: none"> - Caracterización del escenario: Marco teórico y Estado del arte - Cuadro que soporte la toma de decisiones para determinar el software de gestión de almacenamiento en la tecnología GRID dependiendo de las configuraciones de usuario - Documento con las especificaciones técnicas del repositorio de objetos de aprendizaje - Primer bosquejo del artículo de investigación 	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con las bases de datos proporcionadas por la UNAB - Los artículos, investigaciones y proyectos que el grupo PRISMA ha desarrollado acerca del tema - Tiempo disponible para el desarrollo de los documentos

	OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	SUPUESTOS
Fase 1: Exploratoria	Analizar las diferentes configuraciones de almacenamiento, transmisión y acceso de la arquitectura GRID que permita seleccionar la más apropiada.	<ul style="list-style-type: none"> - Revisar las especificaciones de almacenamiento en GRID - Documento con las especificaciones técnicas del repositorio de objetos de aprendizaje 	<ul style="list-style-type: none"> - Analizar las configuraciones de almacenamiento de la arquitectura GRID (integración de recursos de información local y remota con una variedad de servicios de localización o descubrimiento) - Analizar las configuraciones de transmisión de la arquitectura GRID - Analizar las configuraciones de accesibilidad de la arquitectura GRID - Definir y documentar las principales actividades de arquitectura, los atributos de calidad y las restricciones que debe presentar la arquitectura 	Documento con las especificaciones técnicas de la arquitectura GRID	La universidad cuenta con un clúster que hace parte de la GRID Colombia
Fase 2: Análisis y Diseño	Diseñar una arquitectura de cómputo basada en GRID para la gestión de repositorios de objetos de aprendizaje online de acceso público	<ul style="list-style-type: none"> - Existencia de diagrama de uso, o de actividad, o de secuencia definiendo el diseño - Contenido seleccionado para aplicación piloto. - El grupo piloto cumpla con el tamaño de la muestra calculada como válida. 	<ul style="list-style-type: none"> - Definir las variables - Definir el segmento de utilización de la arquitectura - Diagramar la arquitectura con las variables técnicas - Documentar del diseño - Implementar sobre la GRID del software seleccionado 	Prototipo de la Arquitectura GRID para la gestión de un repositorio de objetos de aprendizaje online.	<ul style="list-style-type: none"> - Participación activa y ética de los usuarios del grupo piloto. - Datos seleccionados para la prueba - Entrega de resultados del grupo piloto

	OBJETIVO ESPECÍFICO	INDICADOR	ACTIVIDAD	RESULTADOS ESPERADOS	SUPUESTOS
Fase 3: Aplicada	Probar, configurar y evaluar la arquitectura GRID que permita demostrar su funcionalidad a nivel de prototipo con al menos una institución vinculada al programa Ondas de Santander.	<ul style="list-style-type: none"> - La prueba aplicada incluye el 75% del funcionamiento de la arquitectura - La evaluación debe ser aplicada a un grupo piloto - Prueba del prototipo con resultados mayores al 70% de satisfacción de los actores y requerimientos validados - Existencia del documento de recomendaciones y mejoras - Artículo sometido a una revista nacional indexada 	<ul style="list-style-type: none"> - Seleccionar una institución de Ondas Santander - Pruebas de la arquitectura GRID - Documentar la evaluación a partir de las pruebas de la arquitectura en el grupo piloto - Elaborar el documento de recomendaciones y mejoras - Elaborar la versión final del artículo de investigación 	<ul style="list-style-type: none"> - Arquitectura válida en su funcionalidad a nivel de prototipo - Instrumento de evaluación de la funcionalidad de la arquitectura validada - Documento de recomendaciones y mejoras. - Versión final del artículo de investigación - Sometimiento de un artículo de investigación que plasme los resultados de la tesis de maestría. - Participación con una ponencia en un evento local organizado por UNIRED. - Registro de la arquitectura de cómputo ante la Dirección Nacional de Derechos de Autor 	<ul style="list-style-type: none"> - Se cuenta con tiempo suficiente para el término de la prueba - Disponibilidad del clúster UNAB y la Grid nacional

Fuente: Autora del proyecto

4. RESULTADOS

En este capítulo se describen los resultados que se generaron en cada uno de los objetivos de la investigación.

Para poder compartir efectivamente los objetos de aprendizaje, se hizo necesario tener claridad en donde serán almacenados y cómo serán buscados los OA, es decir, deben agruparse y organizarse en un lugar específico denominado repositorio, el cual requirió de un previo diseño de arquitectura capaz de soportar almacenamiento e interoperabilidad de todos los recursos ubicados en los diferentes escenarios. En esta investigación, se plantea una arquitectura de cómputo basada en Grid la cuál soporta un repositorio que contiene ítems y objetos de aprendizaje, permite la búsqueda y hallazgo de estos, de modo que, los OA fueron etiquetados y catalogados de acuerdo a convenciones comunes para la mayor cantidad posible de usuarios potenciales.

Los objetos de aprendizaje que se pueden utilizar en el repositorio son:

- Guías de Cátedra
- Ejercicios y guías de clase
- Material audiovisual (videos, audios, imágenes)
- Apuntes de clase
- Presentaciones usadas en clase
- Evaluaciones online
- Guías de laboratorios de clase

De otra parte, para determinar la estructura del sistema se hizo necesario esbozar los aspectos funcionales y no funcionales de la arquitectura de software, y para ello, se identificaron los elementos del software de gestión, las propiedades de tales elementos y las relaciones entre ellos.

4.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS ACTORES Y SU GRADO DE PARTICIPACIÓN EN LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO

El diseño de la arquitectura exigió primeramente, identificar para quiénes sería importante que se diseñara, y también, quiénes verdaderamente la utilizarían; a continuación se clasifican los actores en un entorno local, regional, nacional e internacional y se determina el grado de vinculación directa o indirecta del actor con la arquitectura, tal como se puede encontrar en el Anexo A. de este documento.

4.1.1 Clasificación de actores desde un contexto global.

Cuadro 6. Clasificación de los actores de acuerdo a su contexto y vínculo con el repositorio

Clasificación y localización de los actores				Grado de Participación de los actores
LOCAL	REGIONAL	NACIONAL	INTERNACIONAL	
Programa Ondas	Gobernación de Santander			Directa
Colegios de Bucaramanga	Secretaría de Educación de Santander			Directa
Grupo de Investigación PRISMA				Directa
UNAB	Secretaría TIC de Santander	RENATA	OSG	Indirecta
UNIRED		Biblioteca Digital Colombiana – BDCOL		Indirecta
		Ministerio de Educación Nacional		Indirecta

		Ministerio de TIC		Indirecta
		Grid Colombia		Indirecta
Estudiantes de Maestría				Indirecta

Fuente: Autora del Proyecto

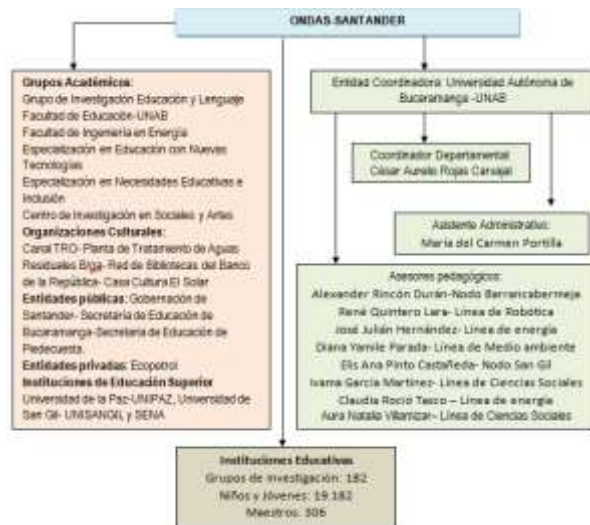
4.1.2 Actores Funcionales y Actores No Funcionales. Una vez clasificados los actores desde una perspectiva global, como se mostró en el

Cuadro 6, se pudo determinar que los coordinadores del programa, el asesor pedagógico, maestros acompañantes y estudiantes, podrán acceder de manera directa al material educativo, es decir, con acceso libre, estos privilegios están otorgados para quienes se denominan **actores funcionales**.

Otro tipo de participantes son los denominados **actores no funcionales**, estos interactúan indirectamente con el repositorio, para efectos de diseño y operación de éste, no son tenidos en cuenta, sin embargo, se declaran.

En la Figura 10, se observa la estructura organizacional del Programa Ondas de Santander. En base a ella, se extraen tres principales actores considerados directos con el repositorio en razón a su actividad investigativa en el proceso educativo.

Figura 10. Estructura Organizacional Departamental o Municipal del Programa Ondas Santander



Fuente: (Ondas Santander, 2013)

Cuadro 7. Actores Funcionales y No Funcionales

	Roles	Niveles de Registro	Niveles de Acceso
ACTORES FUNCIONALES	Administrador	Registrado	Privado
	Coordinadores Ondas	Registrado	Privado
	Maestro acompañante	Registrado	Público y Privado
	Estudiante	Registrado	Público
ACTORES NO FUNCIONALES	Delegado del Organismo Gubernamental	No Registrado	Público

Fuente: Autora del proyecto

Por otra parte, a los actores funcionales y no funcionales se les atribuye un *perfil de usuario*, que en adelante se denominará **rol**, con el cual se identificarán en la plataforma. Cabe resaltar que, todo usuario que desee descargar recursos en la plataforma estará obligado a registrarse; esta condición de registro, le permitirá al administrador y al coordinador, la elaboración de informes para seguimiento y estadísticas de ingreso y uso de la plataforma.

El software de gestión seleccionado para construir el repositorio, es descrito en la sección 0 del documento.

La estructura del programa Ondas se compone de un (1) **coordinador departamental** encargado de dirigir el programa, ocho (8) **asesores pedagógicos**, encargados de orientar a los profesores y estudiantes de cada colegio a culminar exitosamente el proyecto de investigación que formulen. Así mismo, se encuentran los profesores, estos reciben el nombre de **“maestros acompañantes”**; encargados de convocar y guiar a los estudiantes durante el proceso investigativo, además, los acompañan en presentaciones y eventos de divulgación que organice el programa Ondas. Finalmente, se encuentran los estudiantes, quienes son llamados dentro del programa **“estudiantes investigadores”**, ellos son los encargados de desarrollar el proyecto de investigación y de presentar resultados cuando sea necesario.

La anterior información se consideró relevante, puesto que, ayudó a la asignación de roles, para cada una de las personas que intervienen dentro de este programa de formación departamental.

Desde un contexto tecnológico, el administrador de la plataforma será el encargado de gestionar el repositorio, por lo cual se considera un actor funcional, y estará en capacidad de:

- Registrarse por primera vez
- Logearse en el sistema

- Crear comunidades y subcomunidades
- Crear colecciones
- Realizar consultas
- Agregar nuevos recursos
- Borrar recursos guardados
- Modificar recursos guardados
- Publicar nuevos recursos
- Listar los recursos guardados
- Listar los recursos enviados
- Realizar descargas de recursos guardados
- Gestionar usuarios
- Realizar Backups
- Realizar actualizaciones al sistema

Para este caso de estudio, la estudiante de maestría quien hace parte del grupo de investigación PRISMA, tomará el rol de Administrador para una configuración inicial del repositorio y realizar las pruebas requeridas. En cuanto al coordinador del programa Ondas se le otorgarán funciones de administrador.

Otro actor funcional es el **asesor pedagógico**, asignado a cada institución; este actor tomará el rol de supervisor o gestor en la plataforma y, estará en capacidad de realizar las siguientes acciones:

- Registrarse por primera vez
- Logearse en el sistema
- Crear colecciones en comunidades
- Realizar consultas
- Agregar nuevos recursos
- Borrar recursos guardados
- Modificar recursos guardados

- Publicar nuevos recursos
- Listar los recursos enviados
- Listar los recursos guardados
- Realizar descargas de recursos guardados
- Gestionar usuarios

Los profesores o también llamados **“maestros acompañantes”** dentro del programa Ondas, adoptan dentro de la plataforma el rol de profesor, y son los encargados de alimentar el sistema y poseen ciertos privilegios tales como:

- Registrarse por primera vez
- Logearse en el sistema
- Crear colecciones en comunidades
- Realizar consultas
- Agregar nuevos recursos
- Borrar recursos guardados
- Modificar recursos guardados
- Listar los recursos enviados
- Listar los recursos guardados
- Realizar descargas de recursos guardados

Un caso particular, puede ser un usuario profesor afiliado a la institución que no posea privilegios en la plataforma, éste tiene la facultad de realizar consultas, acciones por defecto del aplicativo.

El usuario con rol de estudiante está sujeto a:

- Registrarse por primera vez
- Logearse en el sistema
- Realizar consultas
- Listar los recursos guardados

- Listar los recursos enviados
- Realizar descargas de recursos guardados

La plataforma le permite al usuario registrarse por primera vez y luego le permitirá logearse, de acuerdo a lo descrito en el Cuadro 7. Los niveles de logeo pueden ser **Registrado** y **No Registrado**. El registro condiciona la interacción del usuario en la plataforma.

4.1.3 Descripción de casos de uso

a. Niveles de Registro o Logeo

Cuadro 8. Caso de uso: Nivel de Registro - Administrador

Identificador	01
Caso de Uso	Usuario con privilegios
Actores	Estudiante de Maestría del Grupo de investigación PRISMA
Rol	Administrador
Nivel de Registro	Registrado
Propósito	Gestionar la base de datos de la aplicación y control total de la plataforma
Resumen	Este formulario le proporciona al administrador gestionar los recursos OA almacenados, los usuarios creados en la base de datos, realizar backups y actualizaciones al sistema
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar categorías	Permite clasificar al actor de acuerdo al rol que desempeñe, comunidades y colecciones
Administrar usuarios	Permite agregar, editar o eliminar usuarios registrados en el sistema

Administrar recursos OA	Permite agregar, modificar, eliminar, listar, consultar y publicar recursos OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 9. Caso de uso: Nivel de Registro – Asesor Pedagógico

Identificador	02
Caso de Uso	Usuario con privilegios
Actores	Asesor Pedagógico Ondas
Rol	Supervisor o Gestor
Nivel de Registro	Registrado
Propósito	Efectuar consultas, agregar, modificar, eliminar, publicar y listar recursos OA en el sistema
Resumen	Este formulario le proporciona al usuario consultar, subir y desmontar en la aplicación los recursos OA
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar recursos OA	Permite realizar consultas, agregar, modificar, eliminar, publicar y listar recursos OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 10. Caso de uso: Nivel de Registro – Maestro acompañante

Identificador	03
Caso de Uso	Usuario con privilegios
Actores	Profesores de colegios de Bucaramanga
Rol	Maestro acompañante
Nivel de Registro	Registrado

Propósito	Efectuar consultas, agregar, modificar, eliminar, publicar y listar recursos OA en el sistema
Resumen	Este formulario le proporciona al usuario consultar, subir y desmontar en la aplicación los recursos OA
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar recursos OA	Permite realizar consultas, agregar, modificar, eliminar, publicar y listar recursos OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 11. Caso de uso: Nivel de Registro – Estudiantes investigadores

Identificador	04
Caso de Uso	Usuario normal
Actores	Estudiantes de colegios de Bucaramanga
Rol	Estudiante investigador
Nivel de Registro	Registrado
Propósito	Realizar búsquedas y descargar recursos sobre la plataforma
Resumen	Este formulario le permite al usuario realizar consultas y descargar recursos OA en el sistema
Tipo	Básico
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema

Visualizar recursos OA	Permite al usuario efectuar consultas, listando los recursos OA encontrados en el sistema
Descargar recursos OA	Permite al usuario descargar los recursos OA encontrados en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

b. Niveles de acceso

Cuadro 12. Caso de uso: Nivel de acceso - Administrador

Identificador	01-01
Caso de Uso	Usuario con privilegios
Actores	Estudiante de Maestría del Grupo de investigación PRISMA
Rol	Administrador
Nivel de Acceso	Privado
Propósito	Alimentar la aplicación: agrega, modifica y elimina recursos OA
Resumen	Este formulario le proporciona al usuario agregar y eliminar información actuando sobre la base de datos en lo relacionado a OA
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar recursos OA	Permite consultar, agregar, modificar o eliminar OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 13. Caso de uso: Nivel de acceso – Asesor Pedagógico

Identificador	02-01
Caso de Uso	Usuario con privilegios
Actores	Profesores de colegios de Bucaramanga
Rol	Maestro acompañante
Nivel de Acceso	Público y Privado
Propósito	Alimentar la aplicación: agrega, modifica y elimina recursos OA
Resumen	Este formulario le proporciona al usuario agregar y eliminar OA actuando sobre la base de datos
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar recursos OA	Permite consultar, agregar, editar o eliminar OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 14. Caso de uso: Nivel de acceso – Maestro Acompañante

Identificador	03-01
Caso de Uso	Usuario con privilegios

Actores	Profesores de colegios de Bucaramanga
Rol	Maestro acompañante
Nivel de Acceso	Público y Privado
Propósito	Alimentar la aplicación: agrega, modifica y elimina recursos OA
Resumen	Este formulario le proporciona al usuario agregar y eliminar OA actuando sobre la base de datos
Tipo	Avanzado
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Administrar recursos OA	Permite consultar, agregar, editar o eliminar OA en el sistema
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

Cuadro 15. Caso de uso: Nivel de acceso - Estudiantes investigadores

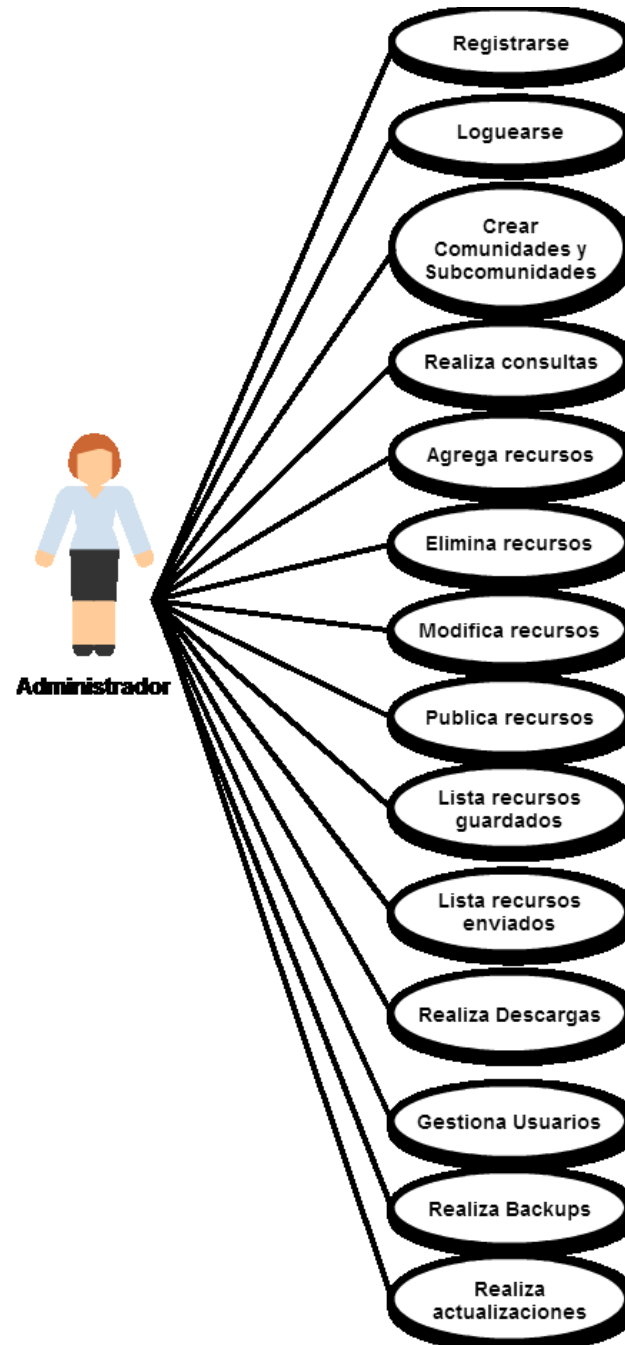
Identificador	04-01
Caso de Uso	Usuario Normal
Actores	Estudiantes de colegios de Bucaramanga
Rol	Estudiante investigador
Nivel de Acceso	Público
Propósito	Realizar consultas de recursos OA

Resumen	Este formulario permite que el usuario envíe peticiones de búsqueda a la base de datos
Tipo	Público
CURSO NORMAL DE LOS EVENTOS	
Acción del actor	Respuesta del sistema
Búsqueda y visualiza recursos OA	Permite al usuario efectuar consultas, listando los OA encontrados para descargar
Cursos alternos	

Fuente: Autora del proyecto

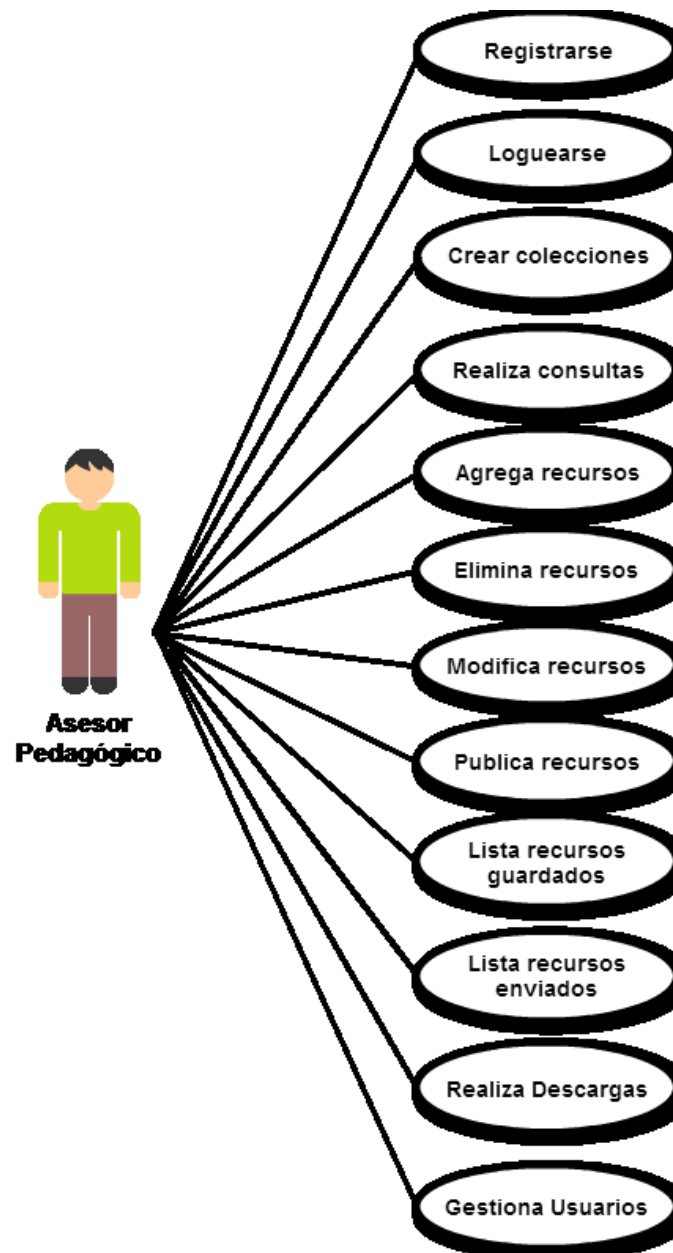
4.1.4 Diagrama de casos de uso

Figura 11. Diagrama de caso de uso - Administrador



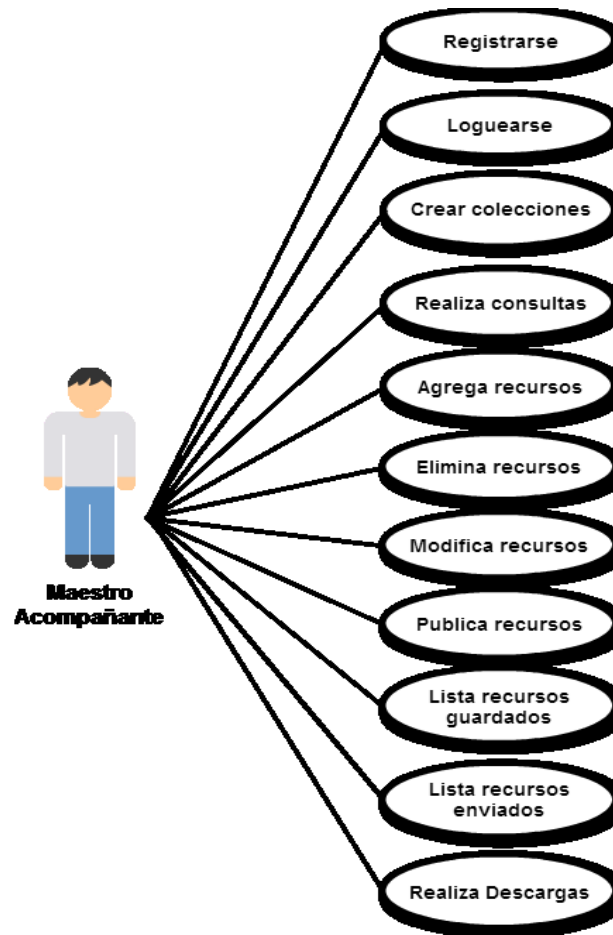
Fuente: Autora del proyecto

Figura 12. Diagrama de caso de uso – Asesor Pedagógico



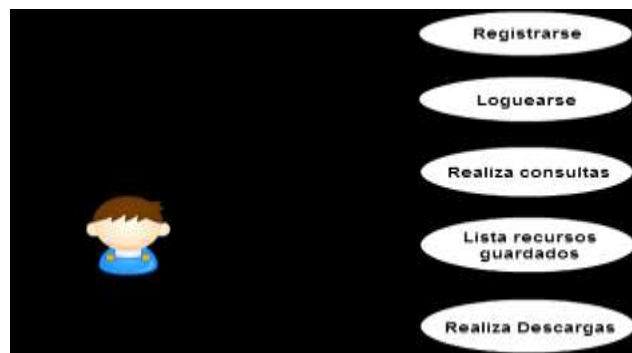
Fuente: Autora del proyecto

Figura 13. Diagrama de caso de uso – Maestro Acompañante



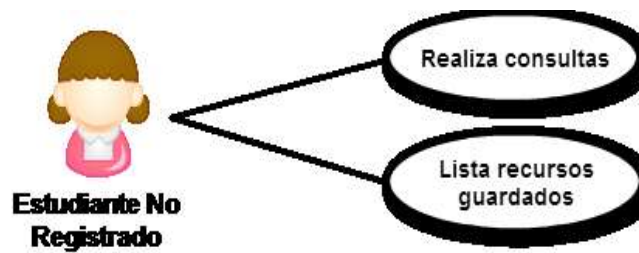
Fuente: Autora del Proyecto

Figura 14. Diagrama de caso de uso – Estudiante Registrado



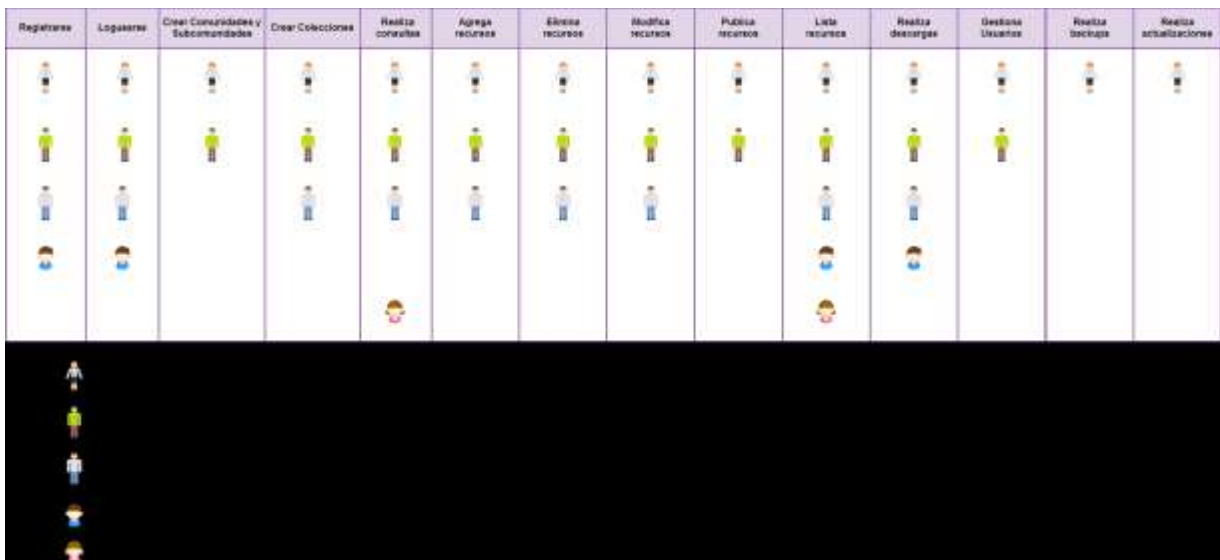
Fuente: Autora del proyecto

Figura 15. Diagrama de caso de uso – Estudiante No Registrado



Fuente: Autora del proyecto

Figura 16. Diagrama todos los actores funcionales



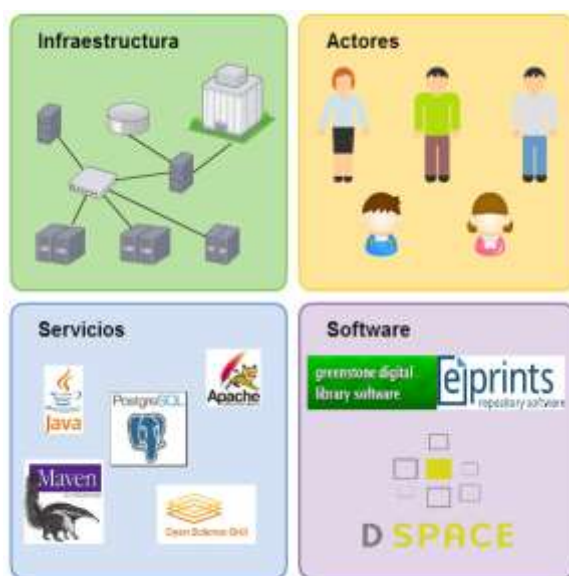
Fuente: Autora del proyecto

4.2 DEFINICIÓN DE REQUERIMIENTOS FUNCIONALES Y NO FUNCIONALES PARA LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO

Para definir cuáles son los criterios fundamentales para que la herramienta sea funcional, es importante, desde un punto de vista pedagógico, clarificar qué elementos operarán en ella, para este caso son los objetos de aprendizaje- OA y

asegurarse que estos conserven sus características primarias; ahora bien, desde lo técnico, cual es la capacidad de la grilla computacional para integrar y soportar el repositorio de objetos de aprendizaje, de modo que, cuando se realicen consultas puedan ser hallados los OA, es decir, los objetos de aprendizaje deben manejar una estructura definida y sincronizada con el clúster UNAB para luego adherirse a la Grid nacional, y el software de gestión seleccionado. Ver Figura 17.

Figura 17. Componentes de los Requerimientos Técnicos y de Software para el prototipo



Fuente: Autora del Proyecto

Cabe recordar que se espera encontrar en la plataforma las actividades investigativas que desarrollan los colegios, así como se detalla al inicio del capítulo 6, y en ese sentido, se proyecta el diseño de la arquitectura tecnológica.

4.2.1 Requerimientos Funcionales de la Arquitectura

a. Requerimientos Funcionales de Software

Se determinan los siguientes componentes de software como requerimientos funcionales encargados de mantener activo el sistema, entre otras, la condición **“online de acceso público”** definida originalmente para el repositorio, teniendo en cuenta la comunidad beneficiada.

- **Carácter Institucional: Código abierto**

Uno de los requisitos de la Gobernación de Santander señala que el repositorio de objetos de aprendizaje debe caracterizarse para ser **“online de acceso público”**. Para dar cumplimiento con este pre-requerimiento se toma como referente la definición de Budapest Open Access Initiative (2002) presentada originalmente por la BOAI:

“Por “acceso abierto” [a la literatura científica revisada por pares], nos referimos a su disponibilidad gratuita en la Internet pública, que permite a cualquier usuario leer, descargar, copiar, distribuir, imprimir, buscar o añadir un enlace al texto completo de esos artículos, rastrearlos para su indización, incorporarlos como datos en un software, o utilizarlos para cualquier otro propósito que sea legal, sin barreras financieras, legales o técnicas, aparte de las que son inseparables del acceso mismo a la Internet. La única limitación en cuanto a reproducción y distribución, y el único papel del copyright (los derechos patrimoniales) en este ámbito, debería ser la de dar a los autores el control sobre la integridad de sus trabajos y el derecho a ser adecuadamente reconocidos y citados.”
(Budapest Open Access Initiative, 2002).

Los metadatos que utilizará el repositorio para filtrar la información son:

- Título de la obra

- Autor(es)
 - Fecha de creación
 - Descripción de la obra
 - Url para la descarga
- **Compatibilidad**

Los elementos de almacenamiento que el repositorio tendrá compatibilidad son:

- Documentos (pdf, doc, ppt, ...)
- Imágenes (jpeg, gif, png, ...)
- Video (mpeg, avi, ...)
- Audio (mp3, wav, ...)
- Los objetos de aprendizaje (SCORM, ...)

Se espera que el repositorio no se perciba como un sistema de gestión documental como en otros escenarios se ha considerado (Bueno de la Fuente, 2010), sino que pueda ser empleado como apoyo en ambientes virtuales de aprendizaje y especialmente, para la adquisición y apropiación de conocimiento en profesores y estudiantes de la región.

De otra parte, se requirió de un análisis previo para clasificar los actores que tendrían vínculo directo con la aplicación, definiendo también los niveles de acceso y registro.

- **Integridad**

Este aspecto hace mención a la integración del software de repositorio seleccionado, debidamente funcional en el clúster UNAB y luego, su unificación a la GRID Nacional. Relevar compatibilidad de la infraestructura con el software de repositorio seleccionado (soporte hardware y software, sistema operativo, base de datos, servidor de aplicaciones, servidor web, etc.).

Los sistemas e-learning modernos utilizan estándares para crear y reutilizar contenidos educativos digitales, uno de ellos es el estándar SCORM, basado en

XML y facilita métodos comunes de descripción, identificación y búsqueda de los objetos de aprendizaje; SCORM fue desarrollado por Advanced Distributed Learning (ADL) y se propone en iniciativas como la IEEE Learning Technology Standards Committee (LTSC), Learning Object Metadata Working Group y IMS Global Learning Consortium; de modo que, el repositorio que aquí se propone, está en condiciones de emplear el estándar SCORM.

- **Accesibilidad**

Es muy importante que el repositorio tenga una interfaz gráfica y amigable para que quien lo consulte pueda hacerlo desde cualquier navegador web. De modo que, el software que se seleccione permitirá acceso al repositorio a través de un navegador y que facilita dos niveles de acceso a la plataforma, privado y público para los usuarios.

- Acceso Público: Es la condición que adopta el usuario normal para realizar consultas. Si el usuario está interesado en descargar el recurso educativo, el sistema le obligará a registrarse en el repositorio; posteriormente el usuario deberá loguearse para realizar las respectivas descargas.
- Acceso Privado: Es una condición bastante importante dentro de la aplicación; puede ser asumida por el administrador, asesor o el profesor encargado de subir y eliminar recursos. Este usuario posee gran responsabilidad sobre la información almacenada en la base de datos.
- Las descargas a través de una orden al sistema, la cual se ejecuta de forma transparente para el usuario mediante el envío de peticiones a la base de datos.

- **Disponibilidad**

Es un elemento que toma importancia significativa, la naturaleza de la Grid se concentra en compartir recursos informáticos dispersos, que conectados entre sí operan conjuntamente y ofrecen disponibilidad de tales recursos sin tener en cuenta la ubicación. A partir de esta consideración, la arquitectura que se diseñe

debe garantizar la disponibilidad tanto de los recursos físicos como de los recursos almacenados.

De manera que, este requerimiento coopera para que todos los actores que hacen parte del ecosistema digital de Santander, intervengan de manera sincronizada sobre el repositorio y se logre un aprovechamiento de los recursos físicos de la grilla computacional disponible.

b. Requerimientos Funcionales Operacionales

- *Sistema Operativo*

Un aspecto fundamental es el funcionamiento integral del sistema, el clúster UNAB está configurado actualmente con el sistema operativo Scientific Linux 5.3, y utiliza condorG versión 7.4.2 como middleware, soporta protocolos de red en Grid y Cloud. El software de repositorio debe garantizar compatibilidad con distribuciones de Linux/Unix, en este caso se utilizará Scientific Linux 5.3 que es una distribución de Linux Red Hat Enterprise a nivel de binario.

- *Instalación del software seleccionado para el repositorio*

Es indispensable que la instalación del software del repositorio que se seleccione sea compatible con las configuraciones previamente realizadas al CE y workers nodes que componen el nodo Grid UNAB. Los aspectos de compatibilidad, versiones y servicios de los diferentes software se describen en la sección 0.

4.2.2 Requerimientos No Funcionales de la Arquitectura

De los elementos no funcionales de la arquitectura de cómputo se consideran:

- ***El espacio físico***

La asignación de un espacio físico para adecuar el clúster UNAB, no es una pieza influyente para el diseño de la arquitectura. Así mismo, tampoco es relevante la ubicación física de los diferentes clústeres que hacen parte de la organización Grid Colombia.

- ***La operabilidad dedicada***

El nombramiento y asistencia permanente de una persona que se encargue de manipular tanto técnica como administrativa del software de aplicación, no es tampoco, un condicionante para determinar el diseño y funcionamiento de la arquitectura.

4.3 SELECCIÓN DEL SOFTWARE DE REPOSITORIO PARA OBJETOS DE APRENDIZAJE

Algunos estudios han detectado que un repositorio de objetos de aprendizaje puede ser visto como un sistema de gestión documental, donde el almacenamiento y administración de los recursos de aprendizaje se realiza de manera similar a este tipo de sistemas documentales, pero bien, si es observado desde un contexto educativo, es visto como un sistema de gestión de recursos educativos que contribuye en la consolidación de los procesos de docencia y aprendizaje (Bueno de

la Fuente, 2010), concepto que esta investigación pretende apropiar y delimita la selección del software del repositorio.

Ahora bien, existe un número significativo de aplicaciones que han evolucionado en los últimos veinte años desde el desarrollo de sistemas para la gestión básica de contenidos y control de versiones, hasta la innovación e inclusión de gestión del conocimiento.

En ese sentido, la identificación de los requerimientos funcionales y los actores directamente involucrados con la arquitectura son el soporte determinístico para cuantificar los elementos técnicos y de administración que debe contener la propuesta tecnológica, de manera que, se hace necesario comenzar con la caracterización de los software *open source* más utilizados en repositorios nacionales e internacionales ya construidos; luego, seleccionar el software más apropiado y concurrente con la infraestructura Grid que lo soportará, desde luego, el software seleccionado desde el punto de vista técnico como de software, debe cumplir satisfactoriamente con los requisitos de usuario y los requisitos funcionales definidos en el capítulo 4.2, así mismo, las funciones adicionales que éste ofrezca serán también un elemento relevante para su elección.

El Cuadro 16 presenta una descripción de los diferentes software más utilizados en implementación de repositorios, entre ellos se encuentran DSpace, Greenstone y E-prints. Los software de repositorio, además de servir para el almacenamiento y distribución de materiales educativos junto con otros estándares de tipo académico, se convierten en una alternativa para la construcción de repositorios institucionales, pero también, para la implementación de repositorios de objetos educativos.

– **Dspace**¹²

“Dspace es un sistema de información con arquitectura de repositorio digital que captura, almacena, ordena, preserva y distribuye material de investigación

¹² (Comunidad Duraspace, 2002)

digital con el propósito de garantizar que se preserve y distribuya toda la producción intelectual generado al interior de las instituciones que hacen uso de este”. (Ibai Sistemas S.A., 2007).

Creado por el MIT (Massachusetts Institute of Technology) y HP Labs.

Características Dspace

- Utiliza una interfaz basada en Web para depositar los archivos. Utiliza sistema operativo Linux, Solaris y Windows.
- Maneja cualquier formato de documento (doc, ppt, xls, odt, etc...).
- Los archivos de datos se organizan juntos en sistemas relacionados para su descripción. Los “metadatos”, información técnica sobre los datos, se almacenan junto a los documentos para apoyar la preservación.
- Facilita el trabajo con objetos digitales, que “encapsulan atómicamente”, los documentos del usuario, los metadatos agrupados, y los identificadores digitales.
- Los documentos se organizan en “comunidades” y “sub-comunidades” que se asocia a una estructura organizacional como departamentos, laboratorios, y escuelas.
- La arquitectura modular de DSpace permite la extensión de colecciones multidisciplinarias, también limitar políticas institucionales.
- Maneja conceptos de preservación funcional, los documentos se mantienen accesibles con formatos actuales, mientras se desarrollan y actualizan formatos nuevos.

Usuarios Dspace

Se recomienda que antes de administrar el DSpace se realice una planificación previa de las personas que interactuarán con él, puesto que, el Dspace en un contexto global permite acceso público, es decir, que no requiere de ningún registro y

permite la consulta de las colecciones y documentos públicos; pero también, permite un acceso registrado, que permite la consulta de colecciones restringidas.

Los usuarios permitidos pueden crearse de diferentes maneras:

- Usuario Administrador: Añade usuarios manualmente y también permite validarlos por medio de un directorio LDAP o a través de certificados digitales. Desde luego, el sistema permite asignar grupos y a cada grupo, se le asigna privilegios tales como (lectura, escritura, añadir, borrar y administrar) por comunidades, colecciones o ítems concretos.
- Usuario E-Group: Contiene varios E-Person y otros E-Groups. El administrador puede asignar permisos de lectura, escritura y borrado.
- Usuario E-Person: El sistema concede consultas sin previa suscripción de un usuario, a este E-person se le conoce como Anonymous. También, el sistema admite a un usuario para registro; este tipo de estado de registro se requiere cuando el usuario es asignado a un E-Group con ciertos privilegios.

- **Greenstone**¹³

Desarrollado por la Universidad de Waikato en Nueva Zelanda. Greenstone es un conjunto de programas de software diseñado para crear y distribuir colecciones digitales a los usuarios que lo demanden, especialmente en universidades, bibliotecas y otras instituciones de servicio público. (Proyecto Biblioteca Digital de Nueva Zelanda, 2005)

Características Greenstone

- Se accede a las colecciones mediante un navegador Web Internet Explorer y Netscape o Firefox; es funcional sobre sistema operativo Windows, Unix y Linux
- Búsqueda en texto completo y por campos

¹³ (Greenstone Digital Library Software, 2007)

- Es altamente interoperable usando estándares internacionales
- Incorpora un servidor que puede servir para cualquier colección basado en el Protocolo Open Archives Protocol para Metadata Harvesting (OAI-PMH).
- Los plugins utilizan para incorporar los documentos a las colecciones..para los documentos en formato texto se utilizan: PDF, PostScript, Word, RTF, HTML, Plain text, Latex, ZIP archives, Excel, PPT, Email (varios formatos), fuente y código. Para los documentos en formato multimedia ,existen: Images (cualquier formato ,incluyendo GIF, JIF, JPEG, TIFF), MP3 audio, Ogg Vorbis audio, y un plugin genérico que puede ser configurado para formatos de audio , MPEG, MIDI, y otros.

Usuarios Greenstone

- Administrador: Controla globalmente el sistema, puede crear usuarios y colbuilder
- Colbuilder: Crea colecciones donde se agrupan los items
- Los usuarios en general pueden consultar listas de autores, listas de títulos, listas de fechas, estructuras de clasificación, etc.
- **E-prints¹⁴**

E-prints es una aplicación cliente/servidor que se puede gestionar a través de la web, desde luego, se accede a ella, en navegadores Firefox, Chrome, Opera e Internet Explorer.

Adicionalmente, es una de las herramientas más populares para la creación y gestión integral de repositorios digitales de acceso abierto. Sus características, atributos y versatilidad lo convierten en una aplicación informática muy interesante para poner en marcha repositorios institucionales OAI-compliant. (WizIQ Inc., 2013).

Características E-prints

¹⁴ (University of Southampton- UK, 2012)

- Utiliza entorno web y funciona sobre sistema operativo Linux, Windows, Solaris y Mac.
- Es una herramienta muy flexible y brinda gran libertad para ampliar su funcionalidad.
- Posee un sistema de plugins robusto.
- Permite manipular una gran variedad de objetos digitales, desde objetos textuales a objetos multimediales.
- Permite la creación de “colecciones virtuales” flexibles a partir de metadatos (creador, año, tema, etc).
- Sistema de chequeo y alertas sobre posibles datos duplicados.
- Dispone de una API (Application Programming Interface) para programar rutinas propias: programar un plugin, personalizar la manera como e-prints filtra la información en la página.
- Registra automáticamente a los accesos a los registros bibliográficos y a los textos completos y los archiva en una tabla de la base de datos del repositorio.

Usuarios E-prints

La herramienta provee usuarios y roles así:

- Administrador: Gestiona integralmente el sistema
- Editor: Acepta, rechaza y elimina archivos o depósitos
- Usuario depositante: Deposita ítems
- Usuario mínimo: Busca, navega y guarda búsquedas

A continuación, el Cuadro 16 sintetiza las características de los software Dspace, Greenstone y Eprints previamente descritos, información que se detalla en el Anexo B. de este documento.

Para sintetizar, el cuadro ha permitido descubrir que el **Dspace** es el software de gestión de almacenamiento más ajustado para instalarse y funcionar sobre el clúster UNAB, teniendo en cuenta las configuraciones de usuario, la documentación

disponible en la web y por ser la aplicación de mayor uso para repositorios de código abierto.

4.3.1 Cuadro Comparativo de Software Open Source para Repositorios

Cuadro 16. Cuadro comparativo de software open source para repositorios

SOFTWARE	DESCRIPCIÓN	FECHA DE CREACIÓN	REQUERIMIENTOS DE INSTALACIÓN	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES					
				Código Abierto	Compatibilidad	Accesibilidad Navegador / Tipo	Disponibilidad	Sistema operativo	Autenticación
DSpace	Desarrollado por el Massachusetts Institute of Technology y Hewlett-Packard Labs	2002	Apache Tomcat	✓	Texto: pdf, doc, wpd, css, txt, asc, ps, html, rtf, tex, eps, ai Imagen: bmp, jpeg, jpg, gif, png, tiff, pcd Presentaciones: pps, ppt Video: mpeg, mpg, mpe, quicktime, Audio: mp3, wav, au, snd, aifc, aif, aifc, ra, ram Comprimidos: zip,gz	Firefox Chrome Internet Explorer	✓ Sistema de almacenamiento Storage Resource Broker (SRB)	Linux Windows	✓
	Apache Maven								
Arquitectura Modular	JRE (Java Runtime Environment)	Público Privado							
Base de datos: Oracle/PostgreSQL									
Greenstone	Desarrollado por la Biblioteca Digital de Nueva Zelanda de la Universidad de Waikato.	2004	Apache Tomcat	✓	Texto: pdf, PostScript, Word, rtf, html, txt, latex, xls, ppt, email (varios formatos), fuente y código. Imagen: gif, jif, jpeg, tiff), Audio: mp3, Ogg Vorbis audio, mpeg, midi Comprimidos: zip	Internet Explorer Netscape o Firefox	✓ Sistema de almacenamiento múltiple	Linux Windows Mac OS	✓
	JRE (Java Runtime Environment)								
	Arquitectura Modular		C++			Público Privado			
Paquetes Perl									
E-prints	Desarrollado por la Universidad de Southampton (Reino Unido).	2000	Apache Tomcat	✓	Texto: pdf, doc, docx, odt, txt, ps, html, rtf Imagen: bmp, jpeg, gif, png, tiff Presentaciones: ppsx, ppt, pptx Video: avi, flv, mpeg, quicktime Audio: flac, pm3, ogg, wav, wma Comprimidos: bz2, tgz, zip	Firefox Chrome Opera Internet Explorer	✓ Sistema de almacenamiento genérico	Linux	✓
	Base de datos: MySQL								
	Arquitectura LAMP Linux, Apache, Mysql y Perl, PHP o Python		Otros paquetes: mod_perl, XML, DOM, RDF, CodeMirror, Flowplayer, CPAN			Público Privado			
	Paquetes Perl								

Fuente: Autora del proyecto

Por lo anterior resulta:

- DSpace es la solución más ajustada para configurar el repositorio de objetos de aprendizaje y se puede integrar a la Grid gracias a su arquitectura modular y sistema de almacenamiento distribuido (SRB). Además, facilita la incorporación de diferentes tipos de documentos, y dispone de una variedad de perfiles de usuarios gracias a su versatilidad. Por otra parte, las estadísticas elaboradas por la BDCOL descritas en el Cuadro 3 del estado del arte reflejan que el 44% de las instituciones que han implementado un repositorio lo hicieron utilizando Dspace como gestor de ficheros, de manera que, se haría posible la integración de estos repositorios.
- Aun no se ha definido que tan favorable puede ser Greenstone para un implementar un repositorio de objetos de aprendizaje, ya que este ha sido utilizando para construir bibliotecas digitales en la mayoría de casos.
- Eprints sería la aplicación correcta cuando se necesite implementar una colección de revistas digitales específicamente, aunque puede ajustarse a otras necesidades como repositorios institucionales.

4.4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA LA ARQUITECTURA GRID DISEÑADA

La arquitectura funciona bajo el modelo de sistema distribuido compuesto por tres (3) workers nodes, un equipo cliente y un Computer Element (en adelante llamado CE) que hace las veces de servidor de aplicaciones, de manera que, en conjunto concentran servicios de red e integran recursos como discos duros, memoria, procesos y unidades centrales de proceso, todos, como si fueran una sola máquina;

la mayor ventaja, funcionan de manera transparente para el usuario. En tal sentido, los estudiantes y maestros acompañantes accederán al repositorio digitando la url del hostname del CE, este se encarga de autenticar usuarios para luego acondicionar la información almacenada. De modo que, los usuarios consultarán los recursos o ítems, sin enterarse del directorio en el que están almacenados.

Ahora bien, Scientific Linux 5.3 es el sistema operativo instalado en los equipos de cómputo, debido a que es la versión más ajustada y compatible con Cónдор, que es el software de clusterización; igualmente, todos los nodos de la grilla nacional emplean las mismas herramientas de configuración.

4.4.1 Preparando el nodo GRID UNAB. A continuación, en el Cuadro 17 se describen las características del procesador, memoria y disco duro que poseen los equipos que componen la arquitectura.

Cuadro 17. Características hardware de los equipos del clúster

Datos Técnicos	
Equipos de Cómputo	
Nodos Disponibles	3 (cada uno con 2 cores)
Tipo de Procesador	Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E7400 @ 2.80GHz
Memoria Disponible	4 GB
Disco Duro	500 GB
Switch	Switch 3COM 4200G 24 puertos
KVM	KVM 8 puertos Trendnet

Fuente: Autora del proyecto

La infraestructura del clúster se encuentra alojada en el Centro de Investigación en Ingeniería y Organizaciones – CIIO¹⁵ de la UNAB, por consiguiente, los equipos utilizan el canal de conexión de RENATA, y los demás nodos de la grilla también aprovechan el canal. Por consiguiente, la estructura propuesta consume servicios de la Red Académica de Tecnología de RENATA.

Figura 18. Nodo Grid UNAB en funcionamiento



Fuente: Autora del proyecto

El equipo `gc1-ce.unab.edu.co` es el computer element de la arquitectura, y ha sido el seleccionado como servidor para alojar el repositorio. En este equipo se encuentran instalados la mayoría de paquetes para el correcto funcionamiento del nodo Grid y es el encargado de enviar trabajos a los nodos, como también contiene varias herramientas junto con globus para crear el gatekeeper.

Por otra parte, es indispensable para la conexión de la arquitectura, la asignación de direcciones públicas para el computer element y equipo cliente. La configuración de

¹⁵ <http://ciio.unab.edu.co>

una red interna privada para crear comunicación entre el computer element, el cliente y los workers nodos y finalmente, la apertura de puertos y servicios activos, así:

4.4.2 Paquetes y servicios a instalar

- **LINUX:** Se utilizó sistema operativo Scientific Linux 5.3 que es una distribución de Linux Red Hat Enterprise a nivel de binario. Linux fue instalado en todos los equipos de cómputo de la arquitectura diseñada. Sistema operativo multitarea y multiusuario.
- **SSH:** Establece conexiones de confianza entre los worker nodos y el CE sin necesidad de autenticarse nuevamente en cada uno de ellos.
- **GLOBUS:** Permite ejecutar trabajos en sitios remotos. Este servicio se implementó en el gc1-cli.unab.edu.co. Este servicio se activa para los casos de envío de trabajos de procesamiento, a otros nodos de la grilla nacional.
- **NFS:** Es un protocolo a nivel de aplicación. Facilita el despliegue rápido de los equipos tanto de los workers nodes como de cualquier otro equipo que cumpla alguna función específica en el clúster UNAB. También permite que los equipos del nodo Grid, compartan carpetas y se conecten a ellas. Utiliza el protocolo RCP.
- **CONDOR:** Es el software de clusterización. Es el encargado de realizar la planeación y asignación de recursos de procesamiento y de memoria en los worker nodos.
- **PACMAN:** Es el gestor de descarga de paquetes, mapeados en un archivo o en grupo, y se encarga de que las versiones instaladas sean compatibles con las ya instaladas.
- **JAVA JDK:** Dspace está escrito sobre Java. Tiene una interfaz (JSPUI) que usa JSP y Java Servlet API.
- **APACHE MAVEN:** Es usado para resolver las dependencias online de DSpace para el CE. Se usa en la primera etapa de construcción del Dspace.
- **APACHE ANT:** Se requiere para la segunda fase de construcción del proceso.

- **POSTGRESQL:** Es un paquete que permite crear la base de datos y el usuario de la BD para el repositorio. Dspace utiliza base de datos relacional.
- **APACHE TOMCAT:** Motor de Servlet y JSP.
- **SMTP:** Servicio requerido para enviar correos electrónicos en el repositorio, suele ser atendido por el demonio sendmail.

4.4.3 Asignación de IPs públicas y privadas

Cuadro 18. Cuadro asignación de IPs públicas y privadas del nodo Grid UNAB

IP	PÚBLICA / PRIVADA	HOSTNAME / RECURSO
201.245.186.13	Pública	gc1-ce.unab.edu.co
172.16.208.133	Privada	
190.68.254.6	Privada	
201.245.186.14	Pública	gc1-cli.unab.edu.co
172.16.208.173	Privada	
190.68.254.7	Privada	
192.168.50.2	Privada	gc1-c001.unab.edu.co
192.168.50.3	Privada	gc1-c002.unab.edu.co
192.168.50.4	Privada	gc1-c003.unab.edu.co
192.168.50.1	Privada	Switch 3 COM 24 puertos

Fuente: Autora del proyecto

4.4.4 Apertura de puertos

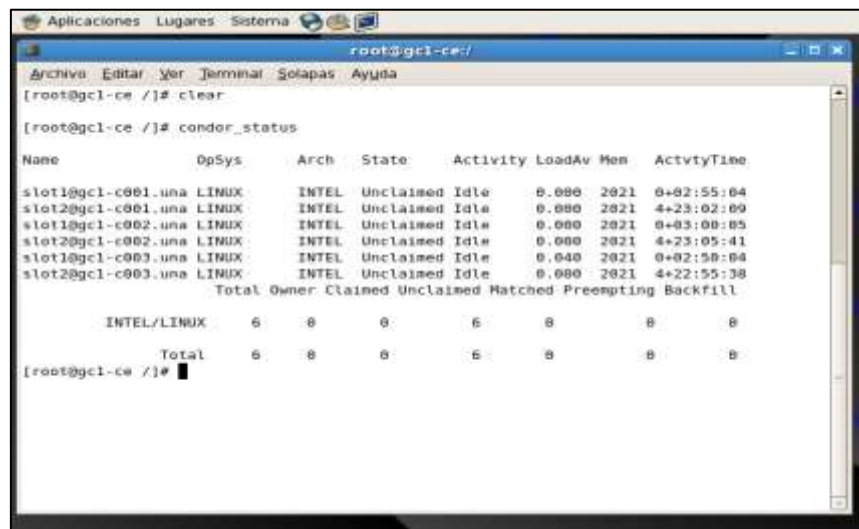
Cuadro 19. Puertos necesarios

PUERTO	SERVICIO ASOCIADO
22/TCP	SSH (Administración Remota)
25/TCP	SENDMAIL
111/TCP	RCPBIND
9618/TCP	CONDOR
2219	GLOBUS GATEKEEPER
2811	GRIDFTP
80/TCP	HTTP
8080	Apache TOMCAT
20000:22000	GLOBUS_TCP_PORT_RANGE (Envía petición aprobada)
23000:25000	GLOBUS_TCP_SOURCE_RANGE (Gatekeeper)
5432	BASE DE DATOS POSTGRES

Fuente: Autora del proyecto

4.4.5 Test de conectividad del nodo Grid UNAB. En la Figura 19, se visualiza por consola desde el equipo `gc1-ce.unab.edu.co`, el estado de conectividad y disponibilidad del clúster UNAB, mediante la utilización del comando `condor_status`. Nótese el pool de máquinas del clúster, tres (3) nodos o slots, cada uno con dos núcleos de procesamiento.

Figura 19. Estado del Clúster UNAB



```
root@gcl-ce: /  
[root@gcl-ce /]# clear  
[root@gcl-ce /]# condor_status  


| Name               | OpSys | Arch  | State          | Activity | LoadAv | Mem        | ActvtyTime |
|--------------------|-------|-------|----------------|----------|--------|------------|------------|
| slot1@gcl-c001.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.000    | 2021   | 0+02:55:04 |            |
| slot2@gcl-c001.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.000    | 2021   | 4+23:02:09 |            |
| slot1@gcl-c002.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.000    | 2021   | 0+03:00:05 |            |
| slot2@gcl-c002.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.000    | 2021   | 4+23:05:41 |            |
| slot1@gcl-c003.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.040    | 2021   | 0+02:50:04 |            |
| slot2@gcl-c003.una | LINUX | INTEL | Unclaimed Idle | 0.000    | 2021   | 4+22:55:38 |            |

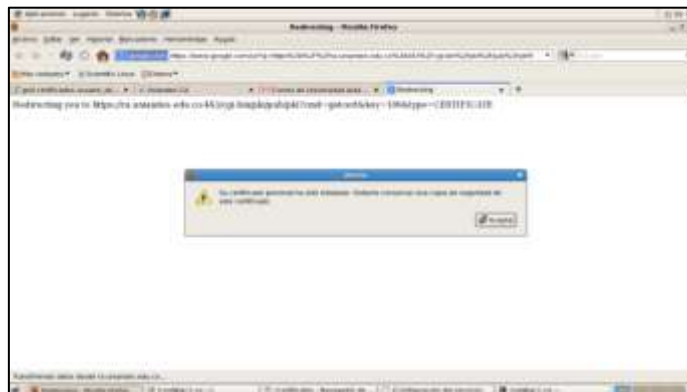

| Total       | Owner | Claimed | Unclaimed | Matched | Preempting | Backfill |
|-------------|-------|---------|-----------|---------|------------|----------|
| INTEL/LINUX | 6     | 0       | 0         | 6       | 0          | 0        |
| Total       | 6     | 0       | 0         | 6       | 0          | 0        |

  
[root@gcl-ce /]#
```

Fuente: Autora del proyecto

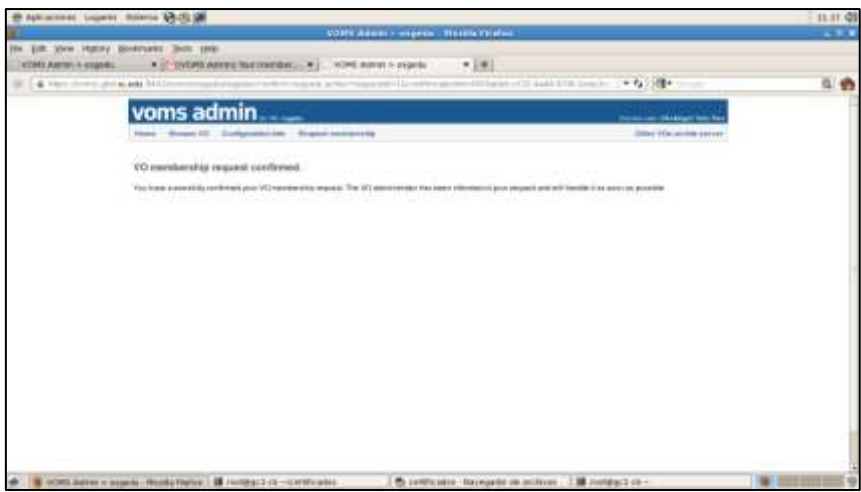
4.4.6 Solicitud e Instalación de los certificados usuario y máquina

Figura 20. Instalación del certificado de usuario en el CE



Fuente: Autora del proyecto

Figura 21. Solicitud de vinculación a una VO osgedu



Fuente: Autora del proyecto

Los certificados de usuario y máquina deben ser instalados tanto en el `gc1-ce.unab.edu.co` como en el cliente `gc1-cli.unab.edu.co`.

A continuación, se analiza el uso de las herramientas de línea de comando provistas por Globus para la transferencia de archivos desde y hacia la Grid. Para la interacción con el Nodo Grid se definen previamente los rangos de puertos de envío y recepción de datos.

```
$ export GLOBUS_TCP_PORT_RANGE=20000,22000  
$ export GLOBUS_TCP_SOURCE_RANGE=23000,25000
```

Figura 22. Autenticación mediante globusrun al nodo Grid



Fuente: Autora del proyecto

4.4.7 Utilizando globus-url-copy en gc1-cli.unab.edu.co. Esta herramienta soporta múltiples formatos de origen (gsiftp (GridFTP), ftp, http, https y file) y múltiples opciones para modificar su comportamiento.

El uso de los protocolos gsiftp y https requieren que el usuario cuente con un intermediario de su certificado digital.

La sintáxis general del comando es la siguiente:

```
$ globus-url-copy [opciones] URL_origen URL_destino
```

El siguiente es un ejemplo de transferencia del archivo item.bin ubicado localmente (protocolo file) en la ruta /informes hacia gc1-ce.unab.edu.co donde se ubicará con el nombre repositorio.bin bajo la ruta /home/sidesoft/repositorio utilizando el protocolo GSIFTP.

```
$ globus-url-copy -v file:///repositorio/item.bin gsiftp://gc1-ce.unab.edu.co/home/sidesoft/repositorio/item.bin
```

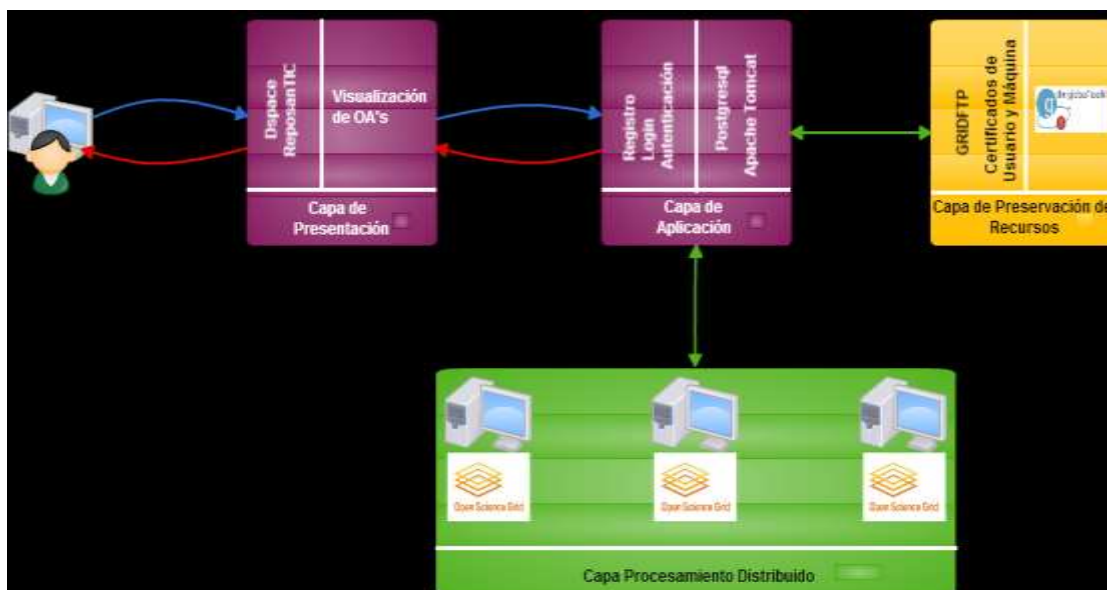
La conexión es valiosa cuando desde nodos externos al clúster UNAB envían trabajos haciendo uso del comando globusrun que permite la autenticación de usuarios, y para ello también se requieren de certificados de usuario y máquina para acceder al clúster y así autorizar el envío de tales trabajos utilizando GridFTP.

4.5 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CÓMPUTO BASADA EN COMPUTACIÓN GRID

La arquitectura aquí planteada se orienta bajo el modelo cliente - servidor y permite a los usuarios tener acceso independiente de la ubicación de datos; el usuario no necesita saber dónde se encuentran los archivos y la forma en que se almacenan. La arquitectura diseñada a nivel de prototipo para el repositorio se compone de una capa de presentación, una capa de aplicación, una capa de preservación de recursos

y una última capa para el procesamiento distribuido, tal como se muestra en Figura 23.

Figura 23. Arquitectura diseñada para el repositorio



Fuente: Autora del proyecto

- **Capa de Presentación:** En esta capa, el usuario accede a la interfaz del repositorio a través de un navegador web digitando la dirección url: <http://gc1-ce.unab.edu.co:8080/jspui>. El usuario puede utilizar cualquier navegador web que sirve de intermediario con el sistema, este acepta la entrada del usuario en caso de que este se logue, envía el job a la DB postgres y devuelve el job con el resultado esperado por el usuario. Se entiende por job: cualquier solicitud que haga el usuario al repositorio, consultas, envío y descarga de OA's, etc. El usuario accede al equipo gc1-ce.unab.edu.co de la arquitectura, a éste previamente le fue asignada una IP pública para que los usuarios tenga acceso desde el exterior.

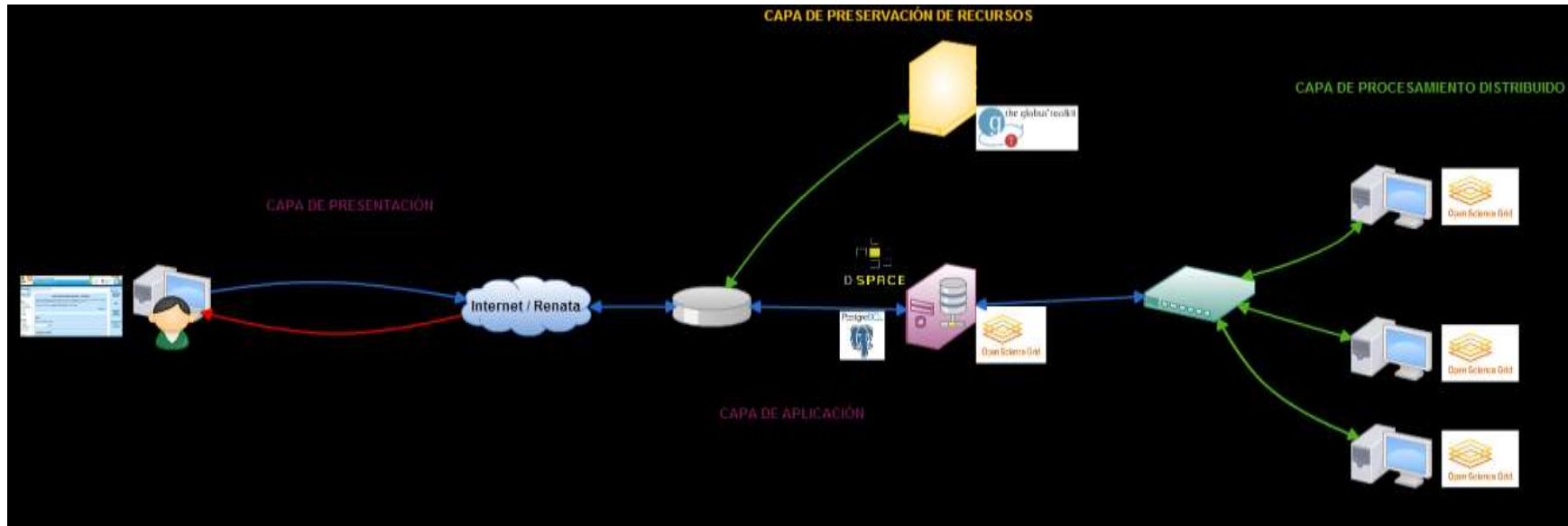
- **Capa de Aplicación:** Esta capa consiste en la autenticación de usuarios al repositorio, utiliza un conjunto de servicios de red (APACHE MAVEN, APACHE ANT, APACHE TOMCAT, SENDMAIL), servicios de clusterización (CONDOR, JAVA, NFS). Aquí se da una interacción entre la base de datos postgresql que utiliza el repositorio y servicios de la Grid, en ese sentido, ese recibe y analiza las respuestas para el job enviado desde el navegador web. Al lanzar una solicitud, los clientes pueden encontrar fácilmente los OA, descargar, agregar o sincronizar datos, entre otros.

- **Capa de Preservación de Recursos:** El equipo gc1-cli.unab.edu.co denominado en el nodo GRID UNAB como cliente, es el encargado en esta capa de preservar los OA y metadatos almacenados en postgresql mediante la utilización de globus toolkit. El proceso de transferencia de archivos se realiza cuando el administrador de la arquitectura posee los certificados de usuario y máquina que se deben instalar tanto en el gc1-ce.unab.edu.co y el gc1-cli.unab.edu.co. Los certificados serán aprobados por la unidad certificadora CA de la Grid nacional, actualmente es la Universidad de los ANDES a través del sitio ra.uniandes.edu.co. La persona que solicite certificados a la CA deberá estar previamente autorizada por la UNAB, institución que hace parte de Grid Colombia.

- **Capa de Procesamiento Distribuido:** Capa compuesta por los tres (3) workers nodes de la Grid, en los cuales se envían jobs para el procesamiento distribuido. Los workers nodes tienen instalado el servicio NFS y CONDOR que permite el despliegue rápido de los equipos.

4.5.1 Distribución de equipos del nodo GRID UNAB para el repositorio

Figura 24. Distribución de equipos del nodo GRID UNAB para el repositorio



Fuente: Autora del proyecto

La distribución de los equipos integra servicios de red, servicios de clusterización y servicios de Dspace para que un prototipo de repositorio de objetos de aprendizaje funcione bajo el esquema de **Grid Computing** utilizado en el macroproyecto de Grid Colombia (Castillo Rueda, Orjuela Cuadros, & Carrillo Zambrano, 2011). La descripción técnica de cada capa se encuentra en la sección 4.5 de este documento.

4.6 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PARA EL REPOSITORIO

Se requiere que previa a la instalación del repositorio, se cuente con los siguientes paquetes activos en el CE, si desea obtener una instalación exitosa del Dspace.

Para la descarga de estos paquetes se utilizó el comando yum y en los casos en que yum no encontraba tales paquetes, vía web se descargaron archivos .rpm.

```
[root@gc1-ce ~]# java -version
java version "1.6.0_23"
Java(TM) SE Runtime Environment (build 1.6.0_23-b05)
Java HotSpot(TM) Server VM (build 19.0-b09, mixed mode)
[root@gc1-ce ~]# mvn -version
Apache Maven 2.0.11 (r909250; 2010-02-12 00:55:50-0500)
Java version: 1.6.0_41 /*versión de java que está utilizando maven*/
Java home: /usr/java/jdk1.6.0_41/jre
Default locale: es_ES, platform encoding: UTF-8
OS name: "linux" version: "2.6.18-238.5.1.el5pae" arch: "i386" Family: "unix"
[root@gc1-ce ~]# ant -version
Apache Ant version 1.6.5 compiled on June 2 2005
[root@gc1-ce ~]# httpd -version
Server version: Apache/2.2.17 (Unix)
Server built: Feb 16 2011 17:37:11
```

En el Anexo C. se encuentra el proceso de instalación y configuración del Dspace como software de gestión para el repositorio aquí desarrollado.

4.7 PROTOTIPO DE REPOSITORIO INSTALADO: “**REPOSITORIO PARA ONDAS SANTANDER - ENLAZA2**”

Una vez instalado y configurado de acuerdo a los requerimientos de usuario, se observa en la Figura 25, el diseño del prototipo. El prototipo ha recibido el nombre de “**Repositorio para Ondas Santander -ENLAZA2**”.

Figura 25. Interfaz Home de Repositorio para Ondas Santander - ENLAZA2



Fuente: Autora del proyecto

4.7.1 Estructura de datos en Repositorio para Ondas Santander - ENLAZA2. El prototipo de repositorio contiene una estructura de datos tal como se describe en la Figura 26.

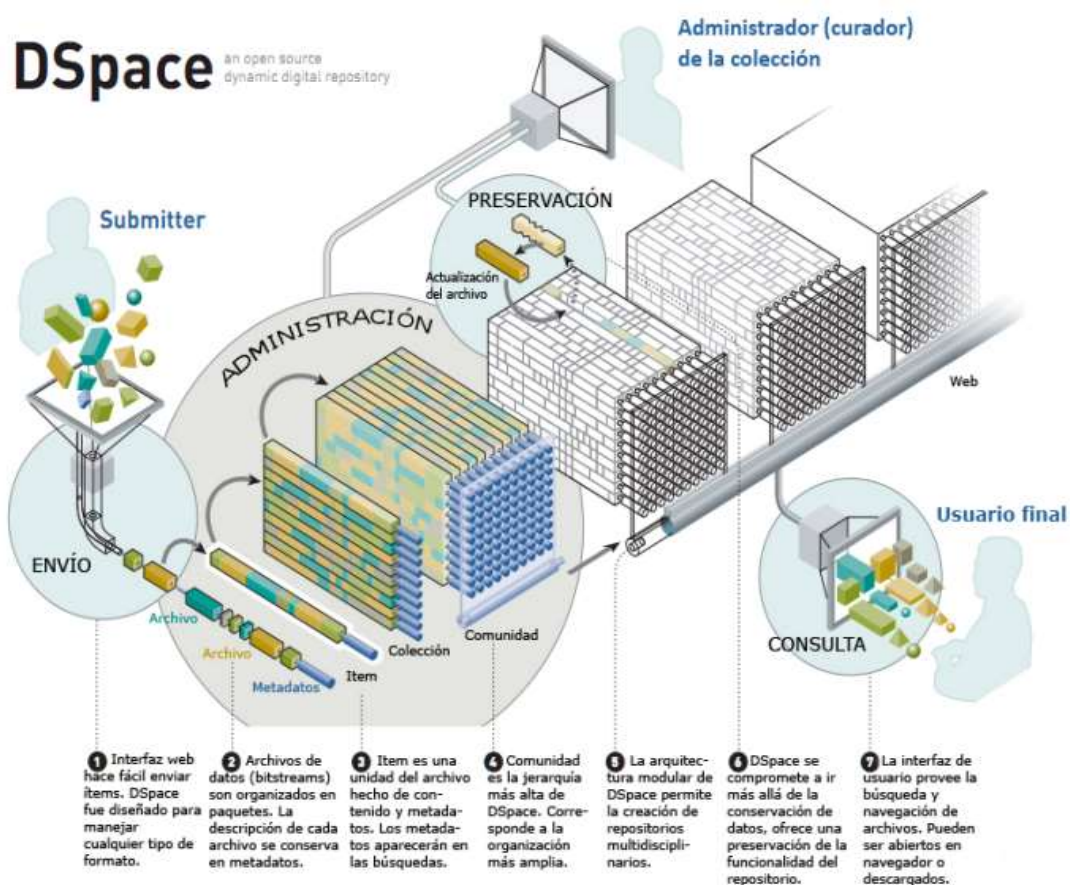
Figura 26. Estructura de datos en el repositorio



Fuente: Autora del proyecto

A continuación en la Figura 27 se describe el funcionamiento del Dspace desde que el usuario realiza peticiones al aplicativo y este las produce, genera y publica. Esta imagen es de vital importancia para que más adelante en el proceso de administración del aplicativo sean claros los privilegios y roles asignados.

Figura 27. Diagrama de funcionamiento de Dspace



Fuente: (México, 2012)

4.7.2 Comunidad y subcomunidades en el repositorio

Figura 28. Home Page de las instituciones de Ondas Santander



Fuente: Autora del proyecto

Se ha creado una comunidad¹⁶ llamada Instituciones de Ondas Santander como se visualiza en la Figura 28. Los coordinadores de Ondas son los encargados de crear comunidades en el repositorio, estas comunidades se ubican en el primer nivel de la gráfica como lo indica la Figura 26. A su vez cada comunidad incorpora subcomunidades¹⁷; en este caso se crearon siete (7) subcomunidades que involucran algunos colegios que hacen parte del programa Ondas.

¹⁶ Es la jerarquía más alta del aplicativo. Corresponde a la organización más amplia.

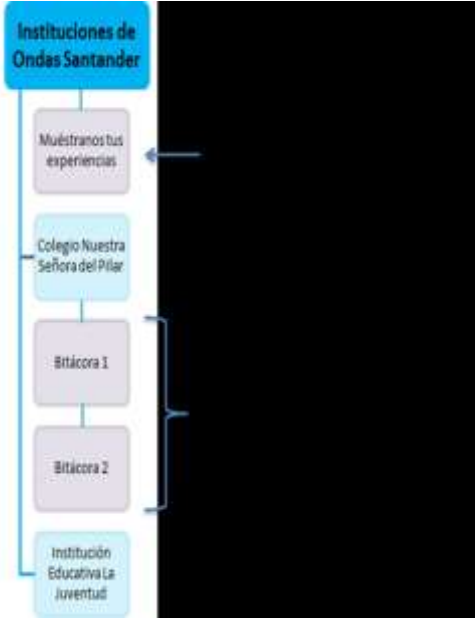
¹⁷ Son organizaciones que se incorporan a una más alta en el aplicativo.

Figura 29. Comunidades y Subcomunidades



Fuente: Autora del proyecto

Figura 30. Colecciones de comunidades y Subcomunidades



Fuente: Autora del proyecto

4.7.3 Colección Muéstranos tus Experiencias. En una etapa inicial y para comenzar a alimentar el prototipo, se ha creado una colección denominada **“Muéstranos tus experiencias”** para la comunidad Instituciones de Ondas Santander. En esta colección se publican todos los registros fotográficos, presentaciones e informes de las experiencias vividas en las instituciones por cada investigación realizada durante el primer semestre de 2013, ver Figura 31. Cabe mencionar que cada institución puede crear sus propias colecciones; función que realiza el maestro acompañante y el asesor pedagógico.

Figura 31. Colección creada Muéstranos tus experiencias

Fecha de publicación	Título	Autor(es)
28-nov-2013	Archivos de Procha	Marcos Triguero, Constanza del Cid, Indira Gaitan
16-jun-2013	Estar En La ONDA	Diego Ezequiel Prieto Diaz, Leidy Johana Carrillo Suarez
30-nov-2013	Estar en Onda. Videos	Concepcion Rojas, María del Carmen Parilla
18-jun-2013	Exidencias	Ryan Anderson, Bárbara Avila
13-mar-2013	Expedientes de la Naturaleza	Diego J. Gonzalez, Paul E. Main
5-mar-2013	La problemática ambiental a causa de agentes contaminantes	Leidy Noya
	PLUGIN DE INTEGRACION DE UN WIKI EN LA PLATAFORMA C...	Diego Torres, Adyael Zerón, Sandra Poveda

Fuente: Autora del proyecto

El colegio Nuestra Señora del Pilar tiene dos colecciones, Bitácora 1 y Bitácora 2 que publican los avances de los proyectos de investigación que se desarrollan en la institución.

Figura 32. Colecciones de comunidades y subcomunidades en el repositorio



Fuente: Autora del proyecto

Las colecciones agrupan material educativo conformado por:

- Guías de Cátedra
- Ejercicios y guías de clase
- Material audiovisual (videos, audios, imágenes)
- Apuntes de clase
- Presentaciones usadas en clase
- Evaluaciones online
- Guías de laboratorios de clase

Ese material se conoce en el sistema como ítem¹⁸. Los ítems son aprobados por los maestros acompañantes y asesores pedagógicos.

¹⁸ Es una unidad del archivo hecho de contenido y metadatos

Figura 33. Ítem publicado para la colección Muéstranos tus experiencias



Fuente: Autora del proyecto

Tal como muestra la Figura 33, los usuarios no registrados verán en el aplicativo la información que se publique. Si los usuarios están interesados en descargar el ítem deberán registrarse en el sistema. En el Anexo D. se encuentra en detalle el proceso de administración para usuarios.

Figura 34. Ítem publicado para la colección Muéstranos tus experiencias



Fuente: Autora del proyecto

4.8 RESULTADOS DE LA EVALUACIÓN DE LA FUNCIONALIDAD DE LA ARQUITECTURA

La prueba aplicada se realiza gracias a la colaboración de tres (3) asesoras pedagógicas y el coordinador general de ondas Santander. Se invitó a un maestro acompañante del colegio Nuestra Señora del Pilar sede Mutis pero ésta persona no asistió a la sesión, por compromisos personales.

Para la sesión de pruebas se tuvo en cuenta un instrumento de evaluación que fue contestado por los invitados para verificar si el repositorio desempeñaba los requerimientos planteados. El instrumento de evaluación se encuentra en el Anexo E.

En la sesión de pruebas, primeramente se contextualiza a los asistentes sobre el objeto y desarrollo de la investigación, así como los resultados de la misma, en ese sentido, se reitera el apoyo esperado y la retroalimentación por parte de los asistentes en aras de plantear mejoras y recomendaciones para el repositorio y colocarlo en marcha.

Una vez realizada la introducción del proyecto, se presenta el repositorio de objetos de aprendizaje como una herramienta de apoyo al programa ondas con el fin de compartir y publicar la información resultante de los proyectos que realicen los colegios. Parte de la inducción del funcionamiento del repositorio es mostrar el proceso de envío y aceptación de un trabajo y los usuarios responsables de este proceso en el repositorio.

La administración del repositorio tiene un orden de envío, aceptación y aprobación de trabajos, propuesta que se describe en la sección 0 de este documento. Ahora bien, las personas invitadas del programa ondas explicaron la metodología que emplean en el aula clase; mostraron la plataforma tecnológica que actualmente utilizan los

colegios basada en Moodle¹⁹, es una plataforma que utilizan para guardar archivos y recopilar las bitácoras de investigación.

Indagando en cuanto a la metodología de aula de clase, las bitácoras están diseñadas mediante cuestionarios en Moodle, estas bitácoras son alimentadas por los líderes del grupo de estudiantes.

Las asesoras pedagógicas comienzan y realizan el proceso de envío y aprobación en el repositorio utilizando sus cuentas de usuario; este procedimiento se encuentra en el Anexo D.

Teniendo en cuenta, lo anterior, el coordinador y las asesoras recomiendan tener en cuenta las siguientes apreciaciones para la administración del repositorio.

- De acuerdo a la metodología de aula que se utiliza en Ondas y parte de la esencia del programa es que los niños y niñas son los encargados de subir la información, y ésta es supervisada por el maestro acompañante; de manera, que se hace necesario crear otra cuenta con privilegios para envío de trabajos donde los estudiantes líderes de cada grupo y colegio realicen esta labor en compañía de su maestro.
 - En el programa Ondas, cada institución se identifica por la producción que ésta genera, de igual manera, el repositorio debería diferenciar la producción por instituciones.
 - El maestro acompañante no debe tener privilegios para modificar, aceptar y aprobar trabajos en el repositorio.
 - Después de utilizar el repositorio y pensando en la utilidad para el programa, se percibe como un generador de doble trabajo para los estudiantes, ya que en Moodle los estudiantes alimentan los cuestionarios y posteriormente suben los archivos, los cuales son productos de su investigación, ahora bien, si cuentan con una nueva

¹⁹ <http://ondasantander.unab.edu.co/moodle>

herramienta que es el repositorio, tendrían que subir los archivos al mismo.

- Sí, existe un aplicativo en Moodle que posee información ya guardada - Figura 35, valdría la pena integrar las dos plataformas de manera que el repositorio pudiera exportar los archivos que se encuentran en Moodle, y de esta manera, no se daría el doble trabajo para los estudiantes.

Figura 35. Plataforma Moodle de Programa Ondas



Fuente: Autora del proyecto

- No es recomendable que los maestros acompañantes sean los encargados de aprobar y publicar la información que los niños han enviado al repositorio, puesto que los maestros no cuentan con suficientes conocimientos tecnológicos para gestionar el aplicativo, en ese sentido, se sugiere que los asesores sean los encargados de tal proceso.
- Es de considerarse, que el aplicativo presentado es un buen aporte para las instituciones y por supuesto al programa Ondas, de modo que, este resultado puede apoyar la propuesta que se presentó a Regalías, la cual iniciará el año entrante. Este proyecto espera involucrar más

instituciones, ubicadas en diferentes municipios de Santander, y de igual forma, se contribuirá al consumo de banda ancha de RENATA.

- El programa de Ondas clasifica temáticas abordadas mediante líneas de investigación, por consiguiente, la búsqueda planteada por materia puede modificarse para una búsqueda por línea. Se sugiere este cambio.

Figura 36. Búsqueda por materia en el repositorio



Fuente: Autora del proyecto

- Todas sugerencias aquí planteadas pueden darse como estrategia al interior del programa, en aras de conseguir que el aplicativo sea suficientemente útil para Ondas.

4.9 RECOMENDACIONES Y PERSPECTIVAS PARA EL REPOSITORIO ENLAZA2

- **Interoperabilidad:** Se recomienda para futuros trabajos, que el repositorio tenga cohesión con otras plataformas de aprendizaje virtual, en otras palabras, la arquitectura puede estar en capacidad de integrarse con otros repositorios ubicados en redes más amplias de cara a una mejor transferencia de los resultados de investigación.
- **Integración:** La plataforma de Moodle con la que ya cuenta el programa Ondas de Santander, puede integrarse con el Dspace para exportar el material educativo ya guardado en Moodle, de manera que se guarde la información simultáneamente en las plataformas.
- **Autenticación de usuarios:** Un sistema LDAP, sería favorable de implementar con el fin de unificar las cuentas de usuarios en las dos plataformas Moodle y Dspace, de manera que LDAP sincroniza usuarios y datos.
- **Adicionar widgets o plugins para redes sociales:** Proporcionar la adición de herramientas que faciliten la interacción entre usuarios y autores a fin de ofrecer un espacio que permita comentarios y testimonios alrededor de las investigaciones realizadas, y de esta manera, se está contribuyendo a una mejora del aprendizaje personal y colectivo.

5. CONCLUSIONES

- Para que se brinde el intercambio de recursos educativos y objetos de aprendizaje en el programa Ondas, se ofrece un aplicativo online de acceso público; el cual fue acondicionado mediante una arquitectura **Grid computing**. El diseño de la arquitectura brindó la posibilidad de explorar y consumir sus recursos, a través de la instalación y configuración de un software compatible.
- El aplicativo Enlaza2 fomenta la transferencia de conocimiento derivado de los proyectos de investigación que se desarrollan en el marco del Programa Departamental Ondas Santander. De hecho, el despliegue de estas publicaciones ha sido uno de los principales motores en el desarrollo de esta investigación, para efectos de mejora del acceso a la educación y la calidad del aprendizaje.
- El modelo desarrollado en esta investigación conlleva a promover cambios sustanciales en cada uno de los actores funcionales del programa Ondas, cambios que implican la adaptación a una nueva plataforma tecnológica, cambios a la metodología de trabajo en el aula de clase, y a los objetivos formativos del proyecto; así como la preparación más rigurosa de guías, presentaciones y objetos de aprendizaje.
- La labor de implementar la arquitectura y configurar un aplicativo como Enlaza2 incitó a la reaparición de la comunidad académica de Grid suscrita a RENATA y con ello se retoman esfuerzos para involucrar desarrollos sobre la grilla nacional. Desde luego, este estudio de maestría cooperó en la presentación de resultados estructurados y coherentes, de acuerdo con el desarrollo de procesos investigativos en la educación básica y media de la región.

- La revisión de la literatura y el estado del arte señalan que los repositorios educativos están cada vez más especializados. No obstante, este repositorio está dirigido a grupos específicos de usuarios, diferenciados por edades y niveles educativos en especial.

BIBLIOGRAFÍA

- Barton, M. R. (2005). *Cómo crear un repositorio institucional. LEADIRS II*. Cambridge-MIT.
- Bayona Araque, V. E. (2013). *ATENEA: arquitectura de software para la captura digital de cursos presenciales y virtuales*. Bucaramanga.
- BDCOL. (2008). Recuperado el 27 de Diciembre de 2012, de <http://www.bdcoll.org/>
- BDCOL. (2008). *Biblioteca Digital Colombiana*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2012, de <http://www.bdcoll.org/>
- BDCOL. (2008). *Estado del Arte-Bibliotecas Digitales-Ámbito Nacional*. Medellín, Colombia: BDCOL.
- BDTD. (2010). *Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações - BDTD*. Recuperado el 31 de Enero de 2013, de <http://bdttd.ibict.br/>
- Boyle T. (2008). The design of learning objects for pedagogical impact. *Information Science Reference*, 1, 391-405.
- Budapest Open Access Initiative. (2002). *Diez años desde la Budapest Open Access Initiative: hacia lo abierto por defecto*. Obtenido de <http://www.opensocietyfoundations.org/openaccess/boai-10-translations/spanish>
- Bueno de la Fuente, G. (2010). *Modelo de repositorio institucional de contenido educativo (RICE): la gestión de materiales digitales de docencia y aprendizaje en la biblioteca universitaria*. Getafe.
- Burruss, J., & Thompson, T. F. (2005). *Security in the US Fusion Grid*, General Atomics. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA.: Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA.
- Castillo Rueda, E. C., Orjuela Cuadros, H. A., & Carrillo Zambrano, E. (2011). Diseño e implementación de una arquitectura Grid de recursos para el sector educativo en la universidad autónoma de Bucaramanga, como parte del macroproyecto Grid Colombia. (U. A. Bucaramanga, Ed.) *Revista Colombiana de Computación - RCC*, 12(2).
- Chiu, L. B. (2013). El incremento de la productividad y competitividad en México: Innovación, conocimiento y desarrollo. *PAAKAT: Revista de Tecnología y*

- Sociedad*, ISSN: 2007-3607. Obtenido de <http://www.udgvirtual.udg.mx/paakat/index.php/paakat/article/view/210/303>
- CLGrid. (2009). Recuperado el 28 de Diciembre de 2012, de <http://www.clgrid.cl>
- Comunidad Duraspace. (2002). *Dspace*. Recuperado el 23 de Octubre de 2013, de <http://www.dspace.org/>
- Cornell University Library. (1991). *ArXiv.org*. Recuperado el 09 de Octubre de 2013, de <http://arxiv.org/>
- DANE. (Septiembre de 2012). *DANE*. Recuperado el 02 de 11 de 2012, de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/ech/ech/bol_ech_sep12.pdf
- DANE. (2012). *Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -TIC-*. Recuperado el 15 de Diciembre de 2012, Página 30, de http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/boletines/tic/prese_tic_2011.pdf
- Díaz, C. (2009). *Análisis comparativo de procesamiento distribuido de Alto Desempeño. Tesis de Maestría en ingeniería electrónica PUJ*.
- Díaz, F. J., Schiavoni, M. A., & Amadeo, A. P. (2011). Conformando un repositorio digital de acceso abierto a partir del material académico. En *XIII Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación* (págs. 932-936).
- DRIVER. (2007). *Digital Repository Infrastructure Vision for European Research*. Recuperado el 31 de Enero de 2013, de <http://www.driver-repository.eu/>
- DSpace. (2002). Recuperado el 12 de Enero de 2013, de <http://www.dspace.org/>
- DSpace Foundation. (2011). *DSpace*. Recuperado el 09 de Mayo de 2013, de DSpace: www.dspace.org
- EELA. (2009). Recuperado el 07 de Diciembre de 2012, de <http://www.eu-eela.org>
- EGEE II. (2009). Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de <http://www.eu-egee.org/>
- FECYT. (2004). En *Libro blanco, e-CIENCIA en España*.
- Floría, A. (2000). *Sid@r*. Recuperado el 08 de Septiembre de 2013, de <http://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/maner/Prototipado.htm>

- Foster, I. (20 de Julio de 2002). *Argonne National Laboratory & University of Chicago*. Recuperado el 07 de Diciembre de 2012, de <http://www-fp.mcs.anl.gov/~foster/Articles/WhatIsTheGrid.pdf>
- Foster, I., & Kesselman, C. (1998). En *The grid: Blueprint for a new computing infrastructure*. San Francisco, California.
- Foster, Ian & Kesselma Carl. (1996). *Globus: A Metacomputing Infrastructure Toolkit*.
- García Ojeda, J. C. (2011). *ATenEa—Aplicación de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación en Soluciones para la Captura Digital de Clases Presenciales y Virtuales en Instituciones de Educación Superior como Herramienta Tecnológica para la Generación de Impacto en la En*. Bucaramanga.
- García, F. J. (2000). Modelo de Reutilización Soportado por Estructuras Complejas de Reutilización Denominadas Mecanos. 53.
- Geraci. (1991). Propuesta de una norma mexicana para la interoperabilidad entre entornos para objetos de aprendizaje. México.
- Gobernación de Santander. (13 de Abril de 2012). *Plan de Desarrollo Departamental 2012 - 2015 “Santander en Serio, el Gobierno de la Gente”*, 282. Bucaramanga, Colombia. Recuperado el 27 de Diciembre de 2012
- Greenstone Digital Library Software*. (2007). Recuperado el Octubre 13 de 2013, de http://www.greenstone.org/index_es
- GridColombia. (03 de Septiembre de 2010). *GridColombia: Servicio de Computación en Grilla Nacional a través de RENATA*. Recuperado el 27 de Diciembre de 2012, de <http://www.gridcolombia.org/>
- Ibai Sistemas S.A. (2007). *libai Sistemas*. Recuperado el 12 de Octubre de 2013, de http://www.ibai.com/datos/files/documentacion_dspace.pdf
- IRISGrid*. (2009). Recuperado el 07 de Diciembre de 2012, de <http://www.irisgrid.es>
- López Guzmán, C. I., & García Peñalvo, F. (2006). Recursos en los entornos e-learning. (B. Universitaria, Ed.) *Revista de la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM*, 16(2), 99-107. Obtenido de <http://revistas.unam.mx/index.php/rbu/article/download/24912/23373>
- Martínez. (2008). *Hacia una iniciativa grid nacional en Colombia: infraestructura y aplicaciones*. Tesis de maestría, Universidad de los Andes.

- McLean, & Lynch. (2003). *Interoperability between Information and Learning Environments: Bringing the Gaps*. Recuperado el 05 de Febrero de 2013, de http://www.imsglobal.org/DLims_white_paper_publicdraft_1.pdf.
- Ministerio de Educación Superior. (2013). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior - SNIES*. Recuperado el 30 de Noviembre de 2013, de <http://snies.mineducacion.gov.co/consultasnies/programa/buscar.jsp?control=0.7040334455686125>
- Morales M. Erla. (2001). *Tesis Doctoral: "Gestión del conocimiento en sistemas e-learning, basado en objetos de aprendizaje, cualitativa y pedagógicamente definidos"*. Recuperado el 11 de Diciembre de 2012, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=18457>
- Morales, R., & Agüera, A. (2002). *Boletín IIE*. (I. d. Eléctricas, Ed.) Recuperado el 22 de Diciembre de 2012, de <http://www.iie.org.mx/2002a/tendencias.pdf>
- Nasrat, Hadeel. (s.f.). *University of Technology*. Recuperado el 02 de Diciembre de 2013, de <http://www.uotechnology.edu.iq/dep-eee/lectures/4th/Electronic/Microprocessor%20engineering%202/part1.pdf>
- NDLTD. (2007). *Red Mundial de Tesis y Disertaciones*. Recuperado el 02 de Febrero de 2013, de http://biblioteca.universia.net/html_bura/verColeccion/params/id/34182.html
- Ondas Santander. (2013). *Estructura Organizacional Departamental o Municipal del Programa Ondas Santander*. Bucaramanga, Colombia.
- Ondas Santander. (2013). *Organigrama departamental o municipal del Programa Ondas- Santander*. Bucaramanga, Colombia.
- OSG, *Open Science Grid*. (2009). Recuperado el 01 de Diciembre de 2012, de <http://www.opensciencegrid.org>
- Osiris, A. S., & Casas, S. I. (15 de 10 de 2008). Survey de Tecnologías Grid. *Ciencia Técnica y Administrativa ejournal*, 7(4). Obtenido de <http://www.cyta.com.ar/ta0704/v7n4a1.htm>
- Palmieri, F. (2006). Emerging trends in Information and Communication Security. (págs. 45-59). Proceedings LNCS 3995.
- Paredes, R., & Gómez, J. (20 de Noviembre de 2008). *Dspace en la Universidad de Alicante*. (C. s. Superior, Ed.) Recuperado el 24 de Octubre de 2013, de http://eprints.rclis.org/13610/1/Dspace_UA_conferencia_valencia_FINAL.pdf

- PRAGMA. (2009). Recuperado el 29 de Noviembre de 2012, de <http://www.pragma-grid.net>
- Prnjat, O. (2009). *FP7 - Deployment of eInfrastructures for scientific communities SEE-GRID-SCI*. Deliverable DNA2.2 NGI Cookbook.
- Programa Ondas Santander. (2013). Orientaciones para el asesor pedagógico del Programa Ondas Santander. Bucaramanga, Colombia.
- Proyecto Biblioteca Digital de Nueva Zelanda. (2005). *Greenstone Digital Library Software*. Recuperado el 10 de Mayo de 2013, de http://www.greenstone.org/index_es
- Proyecto NECOBELAC. (2010). Obtenido de <http://62.204.194.27/necobelac/generalesp.jsp?id=id5341>
- RABID. (2008). *Red Abierta de Bibliotecas Digitales - RABID*. Recuperado el 02 de Febrero de 2013, de <http://ict.udlap.mx/rabid/>
- Recolecta. (2007). *Recolecta - Recolector de Ciencia Abierta*. Recuperado el 09 de Febrero de 2013, de <http://www.recolecta.net/buscador/>
- Red IRIS. (2009). Recuperado el 07 de Diciembre de 2012, de <http://www.rediris.es/>
- Santos, J. L., Ochoa, X., Parra, G., & Duval, E. (2011). *La Experiencia de ARIADNE: Creando una Red*. Recuperado el 10 de Febrero de 2013, de https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/323465/1/201108_uploads_IEE-E-RITA.2011.V6.N3.A4.pdf
- Sarmiento Porras, R. E. (2013). *Effects of Using Video, Audio-Only, or Mixed Channels for Learner Interactions in a Synchronous eLearning Environment*.
- Singh, R. (2013). *Software Engineering Institute*. (C. M. University, Editor) Recuperado el 16 de Enero de 2014, de <http://www.sei.cmu.edu/architecture/start/glossary/community.cfm>
- TeraGrid. (2009). Recuperado el 01 de Diciembre de 2012, de <http://www.teragrid.org>
- University of Southampton- UK. (2012). *E-prints*. Recuperado el 23 de Octubre de 2013, de <http://www.eprints.org/>
- University of Southampton, U. (2012). *Eprints*. Recuperado el 10 de Mayo de 2013, de <http://www.eprints.org/>

- Varas, M. L. (2007). Recuperado el 09 de Enero de 2013, de http://cvonline.uaeh.edu.mx/Cursos/Especialidad/TecnologiaEducativaG13/Modulo4/unidad%204s1/lec_2_repositorio_de_oa.pdf
- Wiley, D. (2007). *The Instructional Use of Learning Objects*. Recuperado el 23 de Diciembre de 2012, de <http://reusability.org/read/chapters/wiley.doc>
- WizIQ Inc. (14 de Agosto de 2013). *WizIQ. education.online*. Recuperado el 23 de Octubre de 2013, de <http://www.wiziq.com/online-class/1334101-eprints-software-para-el-desarrollo-y-gesti%C3%B3n-de-repositorios-digital>
- Wu By (reprint author), T. H. (2005). Internet and network Economics. Proceedings LNCS 3828.