

# **Implementación de una Solución Telemática para Apoyar Procesos de *e-learning* en Entornos Desconectados de Zonas Rurales del Departamento del Cauca**



Monografía

**Jairo Cesar Cisneros Rojas  
Manuel Ortiz Villamarín**

Director: Mag. Mario Fernando Solarte Sarasty

**Universidad del Cauca  
Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones  
Departamento de Telemática  
Línea de Investigación Aplicaciones Soportadas en Internet  
Popayán, Noviembre de 2010**

## TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO .....	ii
ÍNDICE DE TABLAS .....	iv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iv
RESUMEN.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE .....	5
1.1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL .....	5
1.1.1. Educación Abierta y a Distancia.....	5
1.1.2. Aprendizaje Electrónico ( <i>e-learning</i> ) .....	7
1.1.3. Sistema de Gestión de Aprendizaje (Learning Management System - LMS) .....	8
1.1.4. Sistema de Administración de Contenidos de Aprendizaje (Learning Content Management System - LCMS) .....	10
1.1.5. Objetos de Aprendizaje Reutilizables (Reusable Learning Objects - RLO) .....	11
1.1.6. Aprendizaje por Computador (Computer Based Training - CBT) .....	12
1.1.7. Aprendizaje Mixto (Blended Learning - <i>b-learning</i> ) .....	12
1.1.8. Aprendizaje Móvil ( <i>m-learning</i> ).....	13
1.1.9. Aprendizaje Desconectado (Offline Learning).....	14
1.1.10. LRN (Learn Research Network) .....	15
1.2. ESTADO DEL ARTE .....	17
1.2.1. Comunicación de Bajo Costo para Casetas con Internet Rural Usando Viajes Mecánicos de Ida y Vuelta .....	18
1.2.2. Redes Tolerantes al Retardo (Delay Tolerant Networking - DTN) .....	19
1.2.3. Compartel.....	20
1.2.3.1. Conectividad a las Instituciones Públicas .....	20
1.2.3.2. Telefonía Rural .....	24
1.2.3.3. Telecentros.....	24
1.2.3.4. Ampliación y Reposición.....	25
1.2.4. Computadores para Educar - CPE.....	26
1.2.5. EHAS – Enlace Hispano Americano de Salud .....	28
1.2.5.1. EHAS-@LIS en el Departamento del Cauca .....	28
1.2.5.2. EHAS – Enlace Hispanoamericano de Salud Cusco, Perú .....	30
1.2.5.3. Red WiFi PAMAFRO EHAS .....	32
2. ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN .....	35
2.1. RED HACIA LA CUAL SE ORIENTA LA SOLUCIÓN .....	38
2.2. LINEAMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN <i>E-LEARNING</i> EN UN ENTORNO DESCONECTADO.....	41
2.2.1. Características de la Red .....	41
2.2.2. Características de los Equipos.....	41
2.2.3. Características de los Servicios que Debe Prestar la Plataforma .....	42

2.2.3.1.	Información de Usuario.....	43
2.2.3.2.	Información del Curso.....	43
2.2.3.3.	Repositorio de Documentos.....	43
2.2.3.4.	Foros .....	43
2.2.3.5.	Material de Aprendizaje .....	44
2.2.3.6.	Noticias.....	44
2.2.3.7.	Calendario .....	44
2.2.4.	Tamaño de Archivos a Enviar .....	44
2.3.	MODELO DE CASOS DE USO.....	45
2.3.1.	Diagrama de Casos de Uso del Sistema.....	46
2.3.2.	Plantillas Descriptivas de los Casos de Uso.....	48
2.3.3.	Diagrama de Clases del Paquete de Sincronización <i>sync</i> .....	51
2.4.	DIAGRAMA DE IMPLANTACIÓN .....	52
3.	VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO.....	54
3.1.	DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO .....	54
3.1.1.	Plantillas Descriptivas Extendidas de los Casos de Uso Implementados para el Prototipo .....	55
3.1.2.	Diagrama de Secuencia de Sincronización entre las Plataformas .....	75
3.1.2.1.	Diagrama de Secuencia de la Sincronización de Documentos....	76
3.1.2.2.	Diagrama de Secuencia de la Sincronización de Miembros de un Curso 78	
3.1.2.	Paquetes del Prototipo .....	79
3.2.	AMBIENTES DE PRUEBA.....	81
3.2.1.	Ambiente 1: conexión entre las dos plataformas sin restricciones de ancho de banda y pérdida de conexión controlada.....	82
3.2.2.	Ambiente 2: conexión con restricción del ancho de banda emulando una conexión con radio VHF como la de la red EHAS del Departamento del Cauca.....	82
3.2.3.	Ambiente 3: conexión con restricción de ancho de banda simulando una conexión mediante GPRS .....	83
3.2.4.	Ambiente 4: conexión mediante la red GPRS .....	84
3.3.	CONFIGURACIÓN DE UN EQUIPO DE CÓMPUTO PARA NAVEGAR EN INTERNET A TRAVÉS DE LA CONEXIÓN GPRS DE UN DISPOSITIVO MÓVIL .....	85
3.5.	RESULTADOS DE LAS PRUEBAS .....	87
3.5.1.	Pruebas de la Clase <i>sync-class-procs</i> .....	88
3.5.2.	Pruebas de la Clase <i>sync-member-procs</i> .....	88
3.5.3.	Pruebas de la Clase <i>sync-file-storage-procs</i> .....	89
3.5.4.	Pruebas de la Clase <i>sync-forums-procs</i> .....	90
3.5.5.	Prueba de Rendimiento del Equipo Servidor.....	91
3.6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	92
4.	CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....	94
4.1.	CONCLUSIONES.....	94
4.2.	TRABAJOS FUTUROS .....	95
	BIBLIOGRAFÍA.....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Caracterización de las instituciones públicas por tipo de conectividad ....	22
Tabla 2. Instituciones públicas beneficiadas con Conectividad del Programa Compartel .....	23
Tabla 3. Compartel de telefonía a conectividad .....	26
Tabla 4 - Condiciones del servidor virtual del enrutador .....	86
Tabla 5. Tiempos de sincronización de datos de un curso desconectado en los diferentes ambientes .....	88
Tabla 6. Tiempos de sincronización de datos de los miembros de un curso desconectado en los diferentes ambientes.....	88
Tabla 7. Tiempos de sincronización de un archivo de 100 KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes.....	89
Tabla 8. Tiempos de sincronización de un archivo de 350KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes.....	90
Tabla 9 - Tiempos de sincronización de un archivo de 1315KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes.....	90
Tabla 10 - Tiempos de sincronización de un foro de un curso desconectado en los diferentes ambientes .....	90
Tabla 11 - Consumo de RAM del servidor .....	91
Tabla 12 - Porcentaje máximo de consumo de procesador y aumento en el uso de RAM.....	91
Tabla 13 - Tiempos de sincronización con diferentes tamaños máximos para la transferencia de archivos.....	92

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estructura de .LRN .....	16
Figura 2 - Arquitectura de .LRN .....	17
Figura 3 - Ejemplos de topologías para la conexión a través de viajes mecánicos	19
Figura 4 - Departamentos que conforman las zonas norte y sur del Programa Compartel de Conectividad .....	21
Figura 5 - Puntos de Conectividad COMPARTEL en el Departamento del Cauca	24
Figura 6 - Porcentaje de procesadores Pentium donados .....	27
Figura 7 - Topología de la red EHAS en el Departamento del Cauca .....	28
Figura 8 - Red de acceso de bajo costo del Proyecto EHAS.....	29
Figura 9 - Esquema de educación para entornos desconectados .....	30
Figura 10 - Red EHAS implementada en Cusco, Perú .....	31
Figura 11 - Red troncal Napo.....	33
Figura 12 - Servidores de correo del EHAS-GTR .....	34
Figura 13 - Esquema del entorno de la red EHAS en el Departamento del Cauca	36

Figura 14 - Sincronización de plataformas usando correo electrónico.....	37
Figura 15 - Ejemplo de red con clientes desconectados a la cual el proyecto puede brindar soluciones <i>e-learning</i> .....	40
Figura 16 - Diagrama de casos de uso del sistema .....	46
Figura 17 - Diagrama de paquetes del sistema .....	51
Figura 18 - Vista de implantación de la arquitectura .....	53
Figura 19 - Distribución de red del prototipo .....	55
Figura 20 - Diagrama de comunicación para la replicación y sincronización de archivos de un Curso desconectado.....	76
Figura 21 - Diagrama de comunicación para la sincronización de los miembros de un Curso .....	78
Figura 22 - Diagrama de clases del paquete <i>sync</i> del prototipo .....	80
Figura 23 - Ambiente de pruebas 1.....	82
Figura 24 - Red VHF del Proyecto EHAS del Departamento del Cauca.....	83
Figura 25 - Red de <i>e-learning</i> simulando conexión GPRS con un celular como modem.....	84
Figura 26 - Topología de red Internet ADSL o cable modem.....	86
Figura 27 - Topología de red conexión GPRS .....	87

## RESUMEN

Este proyecto es la continuación de un proyecto desarrollado en la Universidad del Cauca, con el cual se pretende brindar una oportunidad de educación a personas de poblaciones rurales del Departamento del Cauca que por su ubicación geográfica tienen problemas al implementar cursos de educación técnica o tecnológica que puedan mejorar su nivel de vida y no poseen un adecuado acceso a la tecnología para brindar cursos de *e-learning* a sus habitantes.

La solución propuesta se basa en una arquitectura para implementar servicios de *e-learning* en sectores del Departamento del Cauca aislados geográficamente, usando como acceso la red EHAS del Departamento del Cauca, enlaces satelitales de Compartel y conexión GPRS (General Packet Radio Service); redes que poseen poco ancho de banda y que en las condiciones actuales no pueden brindar servicios de *e-learning* a la población rural.

La arquitectura propuesta permite implementar cursos de *e-learning* en zonas desconectadas o ampliar la cobertura de cursos existentes sin tener que ampliar el ancho de banda necesario para tal efecto. Para comprobar la arquitectura planteada se creó un prototipo que implementa algunos de los servicios propuestos para zonas desconectadas usando como plataforma de *e-learning* .LRN y protocolo de comunicación XML-RPC. De igual manera se llevaron a cabo pruebas en ambientes que simulan este tipo de entornos, lo cual permitió observar el posible comportamiento del prototipo en ambientes reales y también comparar y analizar los resultados del prototipo en los ambientes simulados.

## INTRODUCCIÓN

La popularización que ha tenido la educación en la última década, no sólo en los jóvenes, sino también en los adultos que quieren complementar su educación, apunta a que la educación tradicional (unos pocos estudiantes en un aula con un profesor) es insuficiente para atender la actual demanda y que su rigidez horaria puede desalentar a los posibles estudiantes que desempeñen labores diferentes a las académicas, por ello se hace necesario mirar hacia otros métodos y herramientas que permitan a la educación alcanzar su propósito [1].

Los requerimientos de las empresas y la dinámica actual del mundo globalizado obliga a las personas a capacitarse más allá de la educación secundaria, entre mayor sea el nivel educativo de una persona, mayores posibilidades tendrá de obtener un empleo y una mejor remuneración. Pero esta misma dinámica también propone condiciones extremas para los estudiantes, exigiendo de la educación mayor flexibilidad en cuanto a horarios y ubicación física del lugar donde se imparte la enseñanza, que se adapte a todos los alumnos y a los docentes.

El *e-learning* cubre estas exigencias de flexibilidad horaria y de planta física, por eso es ampliamente usado por empresas para reducir el costo de capacitación de su personal, por instituciones que históricamente se han dedicado a brindar educación a distancia y por instituciones educativas que lo usan como soporte para su proceso de enseñanza [2], pero no toda la población tiene acceso a la tecnología necesaria para vincularse a un proceso de *e-learning*.

En Colombia, aunque gran parte del territorio posee acceso a las tecnologías de la información también existen amplias zonas en las cuales el acceso a estas tecnologías es escaso, porque no existe conexión a Internet o si existe es de bajo ancho de banda o intermitente, estas zonas son conocidas como entornos desconectados.

En estas zonas sin acceso a Internet se han implementado planes para conectar la población, como el programa Compartel de la Presidencia de la República cuyos objetivos son: brindar cobertura de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) en las regiones apartadas y estratos bajos del país e incentivar a los operadores de telecomunicaciones para que presten sus servicios en estas zonas y la fundación EHAS que promueve el uso apropiado de las TIC para mejorar los procesos de salud en zonas rurales aisladas de países en desarrollo [21] [34]. Pero el ancho de banda de estas soluciones es escaso.

Para un usuario navegar con baja velocidad puede ser decepcionante y frustrante, en especial si desea hacer parte de un grupo de *e-learning*, ya que los tiempos de

espera para cargar una página o para descargar un documento pueden causar distracción y pérdida de interés por el proceso de aprendizaje.

En la Universidad del Cauca se planteó una solución para estas poblaciones que poseen acceso a redes de bajo costo y bajo ancho de banda; mediante la adición de un paquete al Entorno Virtual de Aprendizaje (EVA) de la universidad y otro paquete a una plataforma .LRN-Desconectada instalada en un equipo final en una zona con conectividad limitada o conectividad intermitente, entre las cuales se replican y sincronizan contenidos, noticias, información del curso y otras utilidades de .LRN [3].

Además de la red EHAS del Departamento del Cauca existen otras formas de acceso a la red para este tipo de zonas como la brindada por el programa Compartel de la Presidencia de la República, el cual brinda conexión a Internet de manera satelital para estos sectores pero de poco ancho de banda o con una cobertura realmente pequeña, limitándose a unos pocos equipos por conexión. También existe la posibilidad de conectarse mediante un celular que posea conexión GPRS; red que al igual que la anterior proporciona un ancho de banda bajo y más en las zonas rurales.

Para estas zonas poder contar con una plataforma dentro de su red que provea servicios de *e-learning* a buena velocidad sin importar que su conexión a Internet sea de baja velocidad o intermitente mejora en muchos aspectos su proceso de formación. Esta **Plataforma Desconectada** se comunica con la plataforma con conexión (denominada de ahora en adelante **Plataforma con Conexión**) de tal manera que los datos que se introducen o modifican en cualquiera de ellas se introducen o modifican en la otra automáticamente después de un lapso de tiempo configurado por el profesor o el administrador del curso.

El objetivo general del proyecto consiste en diseñar y construir una aplicación telemática para la prestación de servicios estructurados de *e-learning* en ambientes rurales desconectados con acceso a redes sin conectividad permanente y con bajo ancho de banda. Para cumplir este objetivo se trazaron varios objetivos específicos:

- Generar los lineamientos para implementar una versión ligera de una plataforma de *e-learning* que se adapte a las características técnicas tanto de equipos como de infraestructura de acceso propias de las regiones rurales del Departamento del Cauca.
- Implementar un prototipo usando XML-RPC que facilite la gestión de aprendizaje a los usuarios de las regiones rurales del Departamento del Cauca beneficiarios del proyecto EHAS.



- Verificar el sistema desarrollado, mediante su implementación en campo, de manera que permita observar y comparar su desempeño en dos técnicas de acceso en zona rural del Departamento del Cauca (GPRS y enlaces de datos VHF de la red del proyecto EHAS).

Aunque inicialmente el segundo objetivo se propuso con la implementación de *web services*, esto no fue posible ya que no existe un paquete estable que provea la comunicación mediante esta tecnología para .LRN y no es propósito del trabajo de grado su creación.

El cumplimiento de los objetivos anteriormente mencionados partió con la realización del marco teórico y el estado del arte relacionado con el *e-learning* en zonas desconectadas. Luego, implementando el Modelo para la Construcción de Soluciones (MCS) [4], se creó una arquitectura que es la encargada de guiar la construcción de un prototipo que permita brindar cursos de *e-learning* en entornos desconectados del Departamento del Cauca.

El sistema de gestión de aprendizaje utilizado tanto para la **Plataforma Desconectada** como para la **Plataforma con Conexión** fue .LRN, en ellas se instalaron dos paquetes que fueron diseñados específicamente para llevar a cabo el proceso de sincronización entre las plataformas. La **Plataforma Desconectada** es aquella que se monta en un telecentro, escuela o puesto de salud de una zona rural con conexión intermitente a Internet y bajo ancho de banda. Por otro lado la **Plataforma con Conexión** se instala en un servidor con buen ancho de banda para acceso a Internet ubicado en la institución donde se imparten los cursos y a la cual tienen acceso a través de Internet todos los alumnos, profesores y administradores de la plataforma.

Aunque en el prototipo no se implementó la replicación y sincronización de la totalidad de servicios sugeridos en la arquitectura para el manejo de un curso apoyado en *e-learning*, se implementó la sincronización y replicación de los servicios que den una visión del comportamiento de la arquitectura en tres ambientes diferentes, uno con buen ancho de banda y conectividad intermitente, un segundo ambiente con ancho de banda como el brindado por la red EHAS del Departamento del Cauca y un tercer ambiente con ancho de banda como el brindado por una conexión GPRS en el Departamento del Cauca.

En todos los escenarios y a pesar de no tener conexión a Internet fue posible interactuar con la **Plataforma Desconectada desde la red local** a una buena velocidad y las modificaciones que se hicieron en una plataforma se vieron reflejadas en la otra en cuanto se cumplió el tiempo programado para la sincronización de las plataformas y hubo conexión entre las plataformas, los tiempos de sincronización no cambiaron considerablemente cuando se trató de la sincronización de datos pequeños, pero varió considerablemente en el paso de archivos entre las plataformas, otro factor que afecta la sincronización es la

capacidad del equipo servidor, ya que si no tiene buenas prestaciones o se encuentra haciendo operaciones que demanden demasiados recursos los tiempos de sincronización aumentan considerablemente dependiendo de la situación.

Lamentablemente en la Universidad del Cauca se ha determinado no continuar con los procesos que se venían desarrollando en la red EHAS del Departamento del Cauca por el escaso ancho de banda que esta proporciona a la población beneficiada y los problemas producidos a raíz del cambio constante de personal en los puestos de salud, por tal razón no fue posible uno de nuestros objetivos que era probar el prototipo implementado a partir de la arquitectura propuesta bajo las condiciones reales de la red.

## 1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

### 1.1. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

Para tener una idea clara del tema de estudio que es el *e-learning* sobre entornos desconectados, se deben tener claros los conceptos que lo conforman, como el *e-learning* y sus antecedentes, así como las tecnologías que permiten su desarrollo.

El *e-learning* hace parte de un sistema de educación mucho más amplio y que tiene ya mucho tiempo implantado: la educación a distancia, la cual es considerada como el punto medio entre la educación tradicional y el aprendizaje autodidacta, donde gran parte del proceso de educación corre por cuenta del propio estudiante con apoyo de material proporcionado por un tutor, material que debe tener unas cualidades especiales para poder dar un soporte adecuado al proceso de aprendizaje del estudiante y debe ser acorde con las posibilidades tecnológicas del medio que se use como comunicación entre las partes [1].

Con objeto de lograr la flexibilidad que se requiere para satisfacer una amplia gama de necesidades individuales, el sistema educativo debe permitir y fomentar el empleo efectivo de toda la tecnología posible. El sistema educativo debe estar en condiciones de superar la distancia entre el personal docente y los alumnos, utilizando esa distancia como elemento positivo para el desarrollo de la autonomía en el aprendizaje [5].

Esto es posible gracias al uso de las TIC, las cuales permiten distintos modos de acceso a la educación a poblaciones que no pueden tomar clases de modo tradicional mediante el *e-learning* y sus distintas modalidades, como el aprendizaje por computador, aprendizaje móvil (por medio de dispositivos móviles), aprendizaje online (aprendizaje usando Internet), aprendizaje mixto (soportar las clases tradicionales con algún tipo de aprendizaje electrónico); e incluso *e-learning* para entornos desconectados.

#### 1.1.1. Educación Abierta y a Distancia

Se considera como Educación a Distancia, aquel sistema didáctico en que las conductas docentes se realizan diferente lugar de las conductas discentes (persona que cursa estudios y recibe enseñanzas), de modo que la comunicación profesor - alumno queda diferida en el tiempo, en el espacio o en ambos a la vez, se trata de un proceso de enseñanza - aprendizaje que requiere de todas las condiciones generales de los sistemas de enseñanza: planificación previa, orientación del proceso, evaluación y retroalimentación pero todos ellos

dependientes de las posibilidades y límites específicos del medio de que se valga la comunicación: textos impresos, teléfono, computador, radio o televisión [6].

En la Educación a Distancia, al no darse contacto directo entre el educador y educando, se requiere que los contenidos estén tratados de un modo especial, es decir, tengan una estructura y organización que los haga fácil de aprender, esa necesidad de tratamiento especial exigida por la distancia es la que da valor al diseño de instrucción en tanto que es un modo de tratar y estructurar los contenidos para hacerlos fáciles de aprender, al ponerse en contacto el estudiante con el "material estructurado", es decir, en contenidos organizados según su diseño, es como si en el texto o material, y gracias al diseño, estuviera presente el propio profesor [7].

La Educación a Distancia surgió como modalidad de enseñanza hace varias décadas, con iniciativas privadas y gubernamentales motivadas por la necesidad de ofrecer oportunidades de desarrollo a poblaciones que tradicionalmente resultaron desfavorecidas con los sistemas de enseñanza convencional, trabajadores de la industria, amas de casa, jornaleros y en general adultos y adolescentes que vieron disminuidas sus posibilidades de estudio, encuentran en la Educación a Distancia la alternativa ideal para buscar mejores horizontes en sociedades que cada vez resultan más competitivas [7].

El objetivo de hacer llegar la educación a todo aquel que la necesita ha exigido siempre la existencia de un elemento mediador entre el docente y el discente. Generalmente, este mediador ha sido una tecnología que ha ido variando en cada momento. Si históricamente se refería el correo convencional, que establecía una relación postal entre el profesor y el estudiante, con el tiempo se han ido introduciendo nuevas tecnologías que, por su costo y su accesibilidad, permiten evolucionar en esta relación a distancia [7].

Según algunos autores existen tres grandes teorías acerca de la educación a distancia:

- Basadas en la autonomía y la independencia del estudiante.
- Basadas en el proceso de industrialización de la educación.
- Basadas en la interacción y la comunicación.

Sin embargo, siempre aparecerán unos elementos en juego comunes en todos los casos. El primero de éstos es el objeto de cualquier sistema educativo: el estudiante. Un segundo elemento es el docente y el tercer elemento son los recursos que se ponen a disposición de los estudiantes para el aprendizaje.

Mientras que uno de los factores impulsores que se promueven en la Educación a Distancia es el alcance geográfico que se tiene en la población, existen otros factores relevantes que se deben considerar y promover como grandes beneficios y ventajas educativas que se reconocen en la población objetivo:

- Asesores expertos en las distintas áreas del conocimiento: acercando al estudiante las prácticas de aplicación más exitosas.
- Equipos de trabajo colaborativo: rompiendo barreras de tiempo, espacio, edad y circunstancias, promoviendo un aprendizaje sin fronteras.
- Flexibilidad de tiempo y espacio para la instrucción: generando la oportunidad de una educación sin limitaciones impuestas por las zonas horarias y los espacios de instrucción tradicionales.
- Facilidad en el uso efectivo del tiempo: ofreciendo al estudiante avanzar progresivamente de acuerdo a sus necesidades individuales, personales y profesionales.
- Flexibilidad en el uso de recursos educativos de apoyo a la instrucción: tales como catálogos de bases de datos con materiales impresos, servicios de biblioteca digital, videoteca, recursos multimedia y audiovisuales, documentos hipermedia, etc.

Si hasta hace relativamente poco la Educación a Distancia era observada como una educación de carácter compensatorio, a la cual estaban “condenadas” aquellas personas que no tenían la posibilidad de asistir a escenarios de educación presencial, la emergencia del uso social de las TIC, conjuntamente a la conceptualización de la educación como un proceso que se extiende a lo largo de la vida, han hecho que la Educación a Distancia pueda considerarse en estos momentos, como una alternativa real a la educación presencial.

### **1.1.2. Aprendizaje Electrónico (*e-learning*)**

En algunas ocasiones el *e-learning* es tratado como aprendizaje en línea, aprendizaje virtual o aprendizaje basado en web, pero estos términos no pueden remplazar el término *e-learning*, ya que el *e-learning* va más allá, se refiere a cualquier actividad educativa que involucre dispositivos electrónicos, puede ser de manera sincrónica o asincrónica, en línea (online) o fuera de línea (offline).

Algunas definiciones para *e-learning* [2]:

- Por definición, el *e-learning* es el suministro de programas educacionales y sistemas de aprendizaje a través de medios electrónicos.
- Técnicamente, el *e-learning* es la entrega de material educativo vía cualquier medio electrónico, incluyendo la Internet, intranets, extranets, audio, vídeo, red satelital, televisión interactiva, CD y DVD, entre otros medios.
- Siendo breves y prácticos, el *e-learning* es el aprendizaje basado en tecnología.

El *e-learning* se basa en el uso de un computador u otro dispositivo electrónico (por ejemplo, un teléfono móvil) para proveer a las personas de material educativo. La Educación a Distancia creó las bases para el desarrollo del *e-learning*, el cual viene a resolver algunas dificultades en cuanto a tiempos, sincronización de agendas, asistencia y viajes, problemas típicos de la educación tradicional.

Así mismo, el *e-learning* puede involucrar una mayor variedad de equipo que la educación en línea. El término de *e-learning* o educación electrónica abarca un amplio paquete de aplicaciones y procesos, como el aprendizaje basado en web, capacitación basada en computadores, salones de clases virtuales y colaboración digital (trabajo en grupo).

*e-learning* es una combinación de la electrónica y la enseñanza, pero está todo el tiempo dirigido por la pedagogía. La tecnología algunas veces permite pedagogías nuevas, pero aun así, la pedagogía debe ser bien definida y luego le debe proporcionar la dirección a la tecnología. Si la pedagogía acogida en un sistema de *e-learning* es pobre o inexistente, las herramientas pueden ser poco efectivas, si la tecnología es complicada la experiencia de *e-learning* puede ser frustrante. Para que sea efectivo el *e-learning*, la pedagogía efectiva debe estar combinada con la tecnología fidedigna, fácil de usar.

Las tendencias a usar el *e-learning* parecen provenir de varias direcciones, entre estas están las organizaciones que tradicionalmente se han dedicado a brindar Educación a Distancia de modo simple, dual o mixta, las cuales ven la incorporación del aprendizaje en línea como una extensión lógica de sus actividades de Educación a Distancia. El sector corporativo por otra parte está interesado en el *e-learning* como una forma de racionalizar los costos de sus actividades de entrenamiento de su personal interno, de igual manera *e-learning* es de interés para organizaciones educativas basadas en campus residenciales que ven al *e-learning* como una forma de mejorar el acceso a sus programas y también como una manera de cultivar nichos del mercado.

Un escenario de *e-learning* debe considerar varios aspectos para una correcta implantación: diseño institucional, pedagógico, interfaz, evaluación, gerencia, soporte y ética de uso.

Durante los últimos años la tecnología ha progresado en una serie de etapas evolutivas que han tenido un impacto sobre la creación de contenidos, el costo, la flexibilidad y las ventajas de las soluciones del *e-learning*. Por un lado, la funcionalidad de los LMS (Learning Management Systems) ha mejorado, además de la aparición de los LCMS (Learning Content Management Systems), como plataformas de integración.

### **1.1.3. Sistema de Gestión de Aprendizaje (Learning Management System - LMS)**

Los avances en el campo de las TIC: aumento del ancho de banda, crecimiento del número de proveedores de Internet, abaratamiento de los equipos, etc., han promovido un gran incremento de la utilización de herramientas tecnológicas para apoyar el aprendizaje virtual en general y la creación de comunidades de aprendizaje en particular. Los primeros desarrollos de este tipo de herramientas

basados en la distribución de contenidos de aprendizaje soportada por los CMS (Content Management Systems) han dado paso a un segundo tipo de tecnología más orientadas a las comunicaciones entre los participantes y al seguimiento de sus procesos mediante los LMS.

Los LMS son un software que automatiza la administración de acciones de formación. Un LMS, por lo general no incluye posibilidad de autoría (creación de contenidos propios del sistema), sino que se centra en gestionar contenidos creados por gran variedad de fuentes.

Un LMS es una aplicación residente en un servidor de páginas web, en la que se desarrollan las acciones formativas. Es el lugar donde alumnos, profesores o coordinadores se conectan a través de Internet para descargar contenidos, ver el programa de asignaturas, enviar correos al profesor, charlar con compañeros, debatir un foro, participar en una tutoría, etc. [8].

Los LMS permiten planificar el aprendizaje de acuerdo a las necesidades de los usuarios, sean estos estudiantes, trabajadores, empresas, etc; es posible adaptar la formación a los requisitos de la empresa y al propio desarrollo profesional.

Todas las plataformas en línea funcionan de manera diferente, tienen diferentes apariencias y ofrecen diferentes prestaciones. La mayoría de entornos facilitan el desarrollo y presentación de páginas web, además de anuncios y foros. Algunos entornos ofrecen gran parte de las funciones que se desearía para toda clase de aprendizaje en línea, como prestaciones multimedia y asincrónicas o herramientas de evaluación, pero otros son más limitados.

Los LMS incluyen una serie de funciones que van más allá de la enseñanza y el aprendizaje, como pueden ser la matrícula de estudiantes, el registro de calificaciones, valoraciones y las transacciones asociadas con la información estudiantil y financiera. Los LMS también hacen un seguimiento y registro sobre el progreso de los estudiantes en sus programas.

Los sistemas de gestión de aprendizaje aportan importantes herramientas al proceso educativo, los principales aportes de un LMS generalmente son:

- *Herramientas de gestión y distribución de contenidos:* permiten almacenar, organizar, recuperar y distribuir contenidos educativos y estructurarlos en contenidos de mayor complejidad y alcance temático.
- *Herramientas de administración de usuarios:* facilitan el registro de los usuarios del sistema para el posterior control de acceso y presentación personalizada de los contenidos y cursos.
- *Herramientas de comunicación:* salas de conversación, foros, correo electrónico, anuncios, permiten la comunicación entre estudiante y tutores en una vía o en doble vía, sincrónica o asincrónicamente.
- *Herramientas de evaluación y seguimiento:* apoyan la construcción y presentación de evaluaciones mediante la utilización de diferentes tipos de

preguntas: abiertas, falso o verdadero, selección múltiple, múltiple opción, completar y apareamiento entre otras. Algunas veces permite la creación de bancos de preguntas más usadas para seleccionar aleatoriamente preguntas para el estudiante.

#### **1.1.4. Sistema de Administración de Contenidos de Aprendizaje (Learning Content Management System - LCMS)**

Los Sistemas de Administración de Contenidos de Aprendizaje o LCMS tienen su origen en los CMS cuyo objetivo es simplificar la creación y la administración de los contenidos en línea, han sido utilizados principalmente en publicaciones periódicas (artículos, informes, fotografías, etcétera) [9]. En la mayoría de los casos lo que hacen los CMS es separar los contenidos de su presentación o estilo en pantalla y también facilitar un mecanismo de trabajo para la gestión de una publicación web. Los LCMS siguen el concepto básico de los CMS, que es la administración de contenidos, pero enfocados al ámbito educativo, administrando y concentrando únicamente recursos educativos y no todo tipo de información.

En esencia, se define entonces un LCMS como un sistema basado en web que es utilizado para crear, aprobar, publicar, administrar y almacenar recursos educativos (como los objetos de aprendizaje) y cursos en línea. Los principales usuarios son los diseñadores instruccionales que utilizan los contenidos para armar los cursos, los profesores que utilizan los contenidos para complementar su material de clase e incluso los alumnos en algún momento pueden acceder a la herramienta para desarrollar sus tareas o completar sus conocimientos.

Los contenidos usualmente se almacenan como objetos descritos e identificables de forma única. En un LCMS se tienen contenedores o repositorios para almacenar los recursos que pueden ser utilizados de manera independiente o directamente asociados a la creación de cursos dentro del mismo sistema, es decir, el repositorio puede estar disponible para que los profesores armen los cursos, pero también pueden estar abiertos para que cualquier usuario recupere recursos no vinculados a ningún curso en particular, que les pueden ser de utilidad para reforzar lo aprendido sobre algún tema. El proceso de trabajo dentro de un LCMS requiere de control en cada fase del contenido, esto conlleva un proceso editorial para controlar la calidad de los contenidos creados y para permitir organizar su publicación.

El mercado de los LCMS es mucho más reducido que el de los LMS, entre los productos más comunes se encuentra ATutor8, distribuido como software libre y compatible con estándares *e-learning* para la exportación e importación de contenidos con otras plataformas y con Repositorios de Objetos de Aprendizaje.



### **1.1.5. Objetos de Aprendizaje Reutilizables (Reusable Learning Objects - RLO)**

Los Objetos de Aprendizaje también llamados objetos didácticos surgen con el interés de compartir recursos y para su reutilización en el ámbito educativo, originados bajo el paradigma de la orientación a objetos [10].

El termino Objeto de Aprendizaje Reutilizable es aplicado a materiales digitales creados como pequeñas piezas de contenido o de información, con la finalidad de maximizar el número de situaciones educativas en que el recurso pueda ser utilizado. Otra definición que muestra más claramente su utilización es la que plantea que un Objeto de Aprendizaje es: “La unidad mínima de experiencia de instrucción que contiene un objetivo, una actividad de aprendizaje y una evaluación” [9].

Un componente importante para la reutilización de un objeto es que esté adecuadamente descrito, en este caso a través de sus correspondientes metadatos. Un registro de metadatos consiste en “un conjunto de atributos o elementos necesarios para describir el recurso en cuestión”. Para la implementación de los metadatos de contenidos educativos el estándar más utilizado actualmente es LOM (Learning Object Metadata).

Los Objetos de Aprendizaje son agrupados y almacenados en Repositorios de Objetos de Aprendizaje. Muchos autores plantean que la idea del repositorio es intrínseca a los Objetos de Aprendizaje, que no es posible pensar en Objetos de Aprendizaje si no se los concibe albergados en repositorios; como objetos aislados no tienen ninguna relevancia.

Desde la perspectiva de la reusabilidad, la definición de componentes hace decrecer el tiempo y el costo de desarrollo de contenidos; desde la perspectiva de distribución, un alto nivel de individualización permite la personalización curricular de acuerdo con los intereses y necesidades individuales. Además, el uso de Objetos de Aprendizaje en el desarrollo de cursos favorece la implementación de más y mejores sistemas de categorización y búsqueda, mecanismos robustos para actualización y envío de datos y la estructuración y definición de recursos educativos. La estrategia de granular los contenidos educacionales en pequeños Objetos de Aprendizaje es un avance significativo en la producción de materiales educativos, pero esto por sí solo no es suficiente. Para su real utilidad se requiere que estos objetos sean compatibles con diversos ambientes y sistemas de administración de aprendizaje, fáciles de migrar de una plataforma a otra, fáciles de localizar, acceder, archivar y reutilizar.

La satisfacción de estos requisitos dará una vida útil más larga a los materiales didácticos electrónicos y su valor será mayor. De ahí la importancia de la utilización de estándares para el diseño y descripción de los Objetos de Aprendizaje.

### **1.1.6. Aprendizaje por Computador (Computer Based Training - CBT)**

CBT (Computer Based Training) se refiere a cualquier tipo de entrenamiento cuyo principal mecanismo de apoyo es el computador, que puede acompañarse de discusiones o ejercicios bien definidos (por ejemplo otras aplicaciones, equipos especializados o interacción con otros individuos) [11]. En este contexto también se asocia al término CBT la palabra courseware.

CBT consiste en un programa de computador que presenta la información utilizando recursos multimedia (texto, audio, imágenes, animaciones, música y vídeo). La capacitación basada en computador está orientada a lograr dos objetivos: alcanzar el aprendizaje de nuevos conceptos y desarrollar habilidades y destrezas para lograr un mejor desempeño.

Con lo anterior podemos y debemos enfatizar que: "El CBT no es un libro electrónico sino toda una experiencia de aprendizaje". La capacitación por medio del computador es una de las formas más efectivas de capacitar al personal, muchas empresas la están utilizando porque mejora significativamente la efectividad del proceso de aprendizaje, reduciendo dramáticamente los costos de capacitación.

Las aplicaciones desarrolladas bajo este concepto contienen teoría, ejercicios prácticos y simulaciones que le permiten a cada empleado aprender por medio de experiencias como si estuviera en su trabajo, pero en un ambiente libre de riesgos. También se puede registrar el tiempo de aprendizaje y realizar evaluaciones frecuentes con el propósito de asegurar el avance en el conocimiento [11].

### **1.1.7. Aprendizaje Mixto (Blended Learning - *b-learning*)**

La incorporación de las TIC en el aula ha supuesto un cambio en la enseñanza tradicional a nivel metodológico y de actitud, tanto para los profesionales de la enseñanza, como para los propios alumnos. Los mejoramientos que la web provee pueden ser utilizados para preparar estudiantes antes de la clase, para retención en el aprendizaje y para proveer un depósito útil de los materiales del curso. Cuando la instrucción tradicional en el aula es combinada con tecnología web, se le conoce como "inserción de tecnología" o mejoramiento en web. Actualmente, es uno de los segmentos más populares y de más extenso crecimiento en la educación superior.

Recientemente esta innovación a dado lugar a un nuevo modelo denominado *b-learning* (Blended Learning), donde no se trata solo de agregar tecnología a la clase, sino de reemplazar algunas actividades de aprendizaje con otras apoyadas con tecnología [11]. Es decir, se trata de un modelo adaptable compuesto por instrucción presencial y funcionalidades del aprendizaje electrónico o *e-learning*, con la finalidad de potenciar las fortalezas y disminuir las limitaciones de ambas

modalidades. Este modelo permite permanecer menos tiempo en el aula, propicia un potencial ahorro de espacios físicos e incrementa la participación de los estudiantes como responsables de su propio aprendizaje entre otros beneficios [12].

El Aprendizaje Mixto no es un concepto nuevo. Durante años se han estado combinando las clases magistrales con los ejercicios, los estudios de casos, juegos de rol y las grabaciones de vídeo y audio, por no citar el asesoramiento y la tutoría. El *b-learning* no surge del *e-learning* sino desde la enseñanza tradicional por razones de pertinencia y de calidad en la educación.

En *b-learning* el formador asume de nuevo su rol tradicional, pero usa en beneficio propio el material didáctico que la informática e Internet le proporcionan para ejercer su labor en dos frentes: como tutor en línea (tutorías a distancia) y como educador tradicional (cursos presenciales). La forma en que combine ambas estrategias depende de las necesidades específicas del curso, dotando así a la formación en línea de una gran flexibilidad.

#### **1.1.8. Aprendizaje Móvil (*m-learning*)**

Los dispositivos computacionales móviles, como el teléfono celular, las PDA (Asistentes Personales Digitales) o Tablet-PC aplicados a entornos educativos son una alternativa innovadora que puede apoyar una mejora en los procesos de enseñanza - aprendizaje.

A la intersección de la educación en línea y los dispositivos electrónicos móviles se le conoce como “Aprendizaje Móvil” (*m-learning* - Mobile Learning) [13]. Las ventajas que ofrece es que promete el acceso frecuente e integral a las aplicaciones software que apoyan el aprendizaje “en cualquier momento y en cualquier lugar”. Dicho de otra forma, el Aprendizaje Móvil puede ser visto como la utilización de dispositivos móviles en el proceso de aprendizaje.

El Aprendizaje Móvil se ha utilizado en cursos de educación formal y también en educación no formal, como puede ser la visita a un museo o jardín botánico. Lo interesante de estas tecnologías es que permite aprovechar sus características únicas y las nuevas oportunidades que brindan para un uso innovador de la interacción, comunicación y conexión entre los estudiantes, el tutor y los sistemas de gestión del aprendizaje.

El Aprendizaje Móvil nos da la opción de aprovechar los “tiempos muertos”; por ejemplo: al usar el transporte público el estudiante puede utilizar ese tiempo para hacer alguna revisión, tomar notas y algunas otras actividades de aprendizaje. El principal objetivo del Aprendizaje Móvil es apoyar el “aprendizaje en cualquier momento, en cualquier lugar”, lo que no excluye al salón de clases, donde el enfoque es proporcionar apoyo para que los estudiantes manejen conceptos

complejos explorando datos e ideas, tengan más autonomía y colaboren de forma más efectiva.

La ventaja que tiene la utilización de dispositivos computacionales móviles es que pueden usarse en el salón de clases para compartir datos e información mediante rayos infrarrojos, Bluetooth o WiFi sin necesidad de utilizar los laboratorios o la infraestructura de conectividad alambrada.

### **1.1.9. Aprendizaje Desconectado (Offline Learning)**

Las comunicaciones de datos se llevan a cabo generalmente en redes que deben cumplir con ciertos requisitos, como una ruta punto a punto existente entre una fuente de datos y su cliente, el tiempo máximo de viaje de los datos entre un par de nodos de la red es muy corto y la probabilidad de pérdida del paquete debe ser muy pequeña. Desafortunadamente en una red con condiciones extremas se puede violar uno o más de estos criterios. Los ejemplos incluyen [14]:

*Las Redes Móviles Terrestres:* una cierta cantidad de estas redes pueden quedar inesperadamente segmentadas debido al desplazamiento entre nodos o los cambios en la intensidad de la señal, mientras otros pueden estar segmentados de una manera periódica, previsible. Por ejemplo, un autobús interurbano podría actuar como un interruptor de mensajes con sólo capacidad de comunicación de RADIOFRECUENCIA de rango limitado. Como viaja de un lugar a otro, provee una forma de servicio de conmutación de mensajes a sus clientes cercanos.

*Las Redes en Medios Exóticos:* los medios exóticos de comunicación incluyen comunicaciones por satélite cercanos a la Tierra, también radios de largo alcance o enlaces ópticos, enlaces acústicos en aire o agua y algunas comunicaciones ópticas de espacio libre. Estos sistemas pueden estar sujetos a las latencias altas con interrupción previsible (por ejemplo debido a la dinámica planetaria o la transición de un barco programado), pueden sufrir interrupción sólo ocasionalmente debido a las condiciones medioambientales (por ejemplo el clima), o pueden proveer un servicio de almacenamiento y envío predeciblemente.

*Las Redes Ad Hoc Militares:* estos sistemas pueden funcionar en ambientes hostiles donde la movilidad, los factores medioambientales o la interferencia intencional pueden ser causa de la desconexión. Además, el tráfico de datos en estas redes puede tener que competir por ancho de banda con otros servicios de más alta prioridad. Tales sistemas también pueden tener requisitos de protección de infraestructura especialmente fuertes.

*Las Redes de Sensores/Accionadores:* estas redes son frecuentemente caracterizadas por sus limitaciones en potencia, memoria y capacidad de la CPU. Además, son visualizadas para existir a gran escala, con posiblemente miles o millones de nodos por red. La comunicación dentro de estas redes está a menudo programada para ahorrar energía.

El Aprendizaje Desconectado hace referencia al uso de material de aprendizaje sin tener una conexión constante con el proveedor de este material. En el esquema de Aprendizaje Desconectado, los alumnos pueden realizar actividades de aprendizaje mientras están desconectados de sus redes, cuando el alumno se conecta de nuevo a la red, se re-sincronizan los contenidos y registros de actividad con el fin de continuar el aprendizaje en línea.

En las zonas rurales es muy común que existan zonas donde la conexión a una red de telecomunicación es deficiente y no es constante, así que el estudiante debe descargar los contenidos de aprendizaje en el momento en que haya conexión y desarrollarlos sin estar conectado con el distribuidor de estos contenidos y mucho menos tener contacto con el profesor o monitor que esté a cargo del curso; cuando tenga la posibilidad de conectarse nuevamente con el distribuidor actualizar los datos que sean necesarios o descargar nuevos.

#### **1.1.10. .LRN (Learn Research Network)**

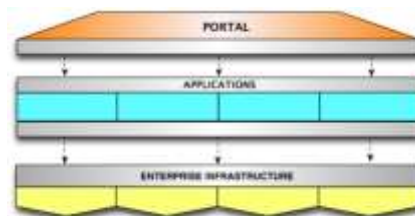
.LRN (Learn Research Network) [15], es un software de código abierto de clase empresarial ampliamente adoptado a nivel mundial para el soporte de *e-learning* y comunidades digitales. Desarrollado en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT - Massachusetts Institute of Technology) y usado en el mundo por alrededor de medio millón de usuarios en entornos de educación superior, gobierno, comunidades sin ánimo de lucro y educación primaria y secundaria.

.LRN es respaldado por su consorcio denominado ".LRN Consortium". Conformado por 17 instituciones entre las que se destacan: Universidad de Bergen de Noruega, Universidad de Heidelberg de Alemania, Universidad de Sydney de Australia, Universidad de Valencia de España, entre otras; consorcio sin ánimo de lucro comprometido con el avance innovador en tecnología educacional a través de los principios de código abierto, que trabaja para dar soporte a los desarrollos de la plataforma, como también acelerar y expandir la adopción y desarrollo de .LRN, asegurando también la calidad del software mediante certificaciones ".LRN-compliant", coordinación de planes de desarrollo y manteniendo un contacto muy estrecho con OpenACS (Open Architecture Community System) [16], la herramienta de código abierto que forma las bases de .LRN y que permite construir aplicaciones web escalables y orientadas a comunidades.

Debido a que .LRN es una plataforma de alta escalabilidad orientada a comunidades, esta es ideal para los procesos de enseñanza, investigación y gestión ya que los usuarios y administradores de la plataforma pueden definir diferentes clases de comunidades y cada comunidad puede ser equipada con diferentes recursos y herramientas para el trabajo en grupo, dialogo y exploración. Las herramientas y recursos con los que puede contar cada una de estas comunidades son: foros, almacenamiento de archivos, calendario, noticias,

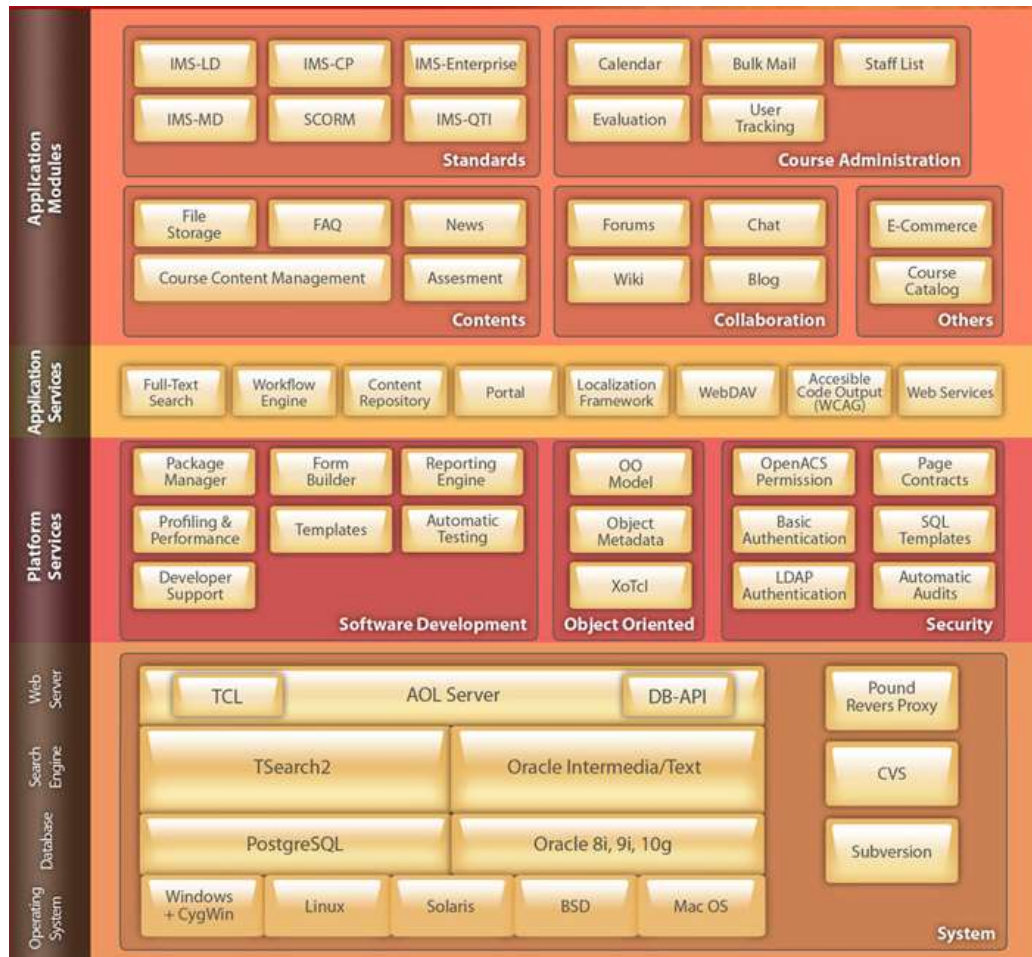
preguntas frecuentes (FAQ - Frequently Ask Questions), envío de correo electrónico, módulos para weblogs, tareas, evaluaciones, editor HTML, editor de presentaciones WimpyPoint, álbum de fotos y un repositorio de Objetos de Aprendizaje que permiten adicionar más funcionalidades a la plataforma, también incluye un modulo de internacionalización que posibilita la presentación de las interfaces en 41 idiomas diferentes y la escogencia de la zona horaria correspondiente.

La estructura de .LRN consta de un sistema robusto de portales, una gama de aplicaciones colaborativas y un nivel de infraestructura empresarial basado en estándares abiertos, Figura 1.



**Figura 1 - Estructura de .LRN**

La arquitectura de .LRN, mostrada en la Figura 2, permite decir que la plataforma puede integrar y usar características de la Web 2.0 posibilitando la utilización de librerías de AJAX en cualquier parte de esta. El sistema de plantillas da la flexibilidad de usar diferentes temas dentro de los grupos o cursos creados en la plataforma. La Internacionalización (i18n) da soporte para múltiples lenguajes, dialectos y zonas horarias y los Estándares Internacionales en los que se basa .LRN brindan mayor seguridad respecto a la expansión y adaptación de la plataforma en diferentes entornos de aprendizaje.



**Figura 2 - Arquitectura de .LRN**

La Universidad del Cauca brinda cursos y capacitaciones a través de su plataforma de *e-learning* EVA, la cual tiene como base .LRN. Llegar con este tipo de servicios a zonas en las cuales la conexión a Internet es intermitente, la disponibilidad de las redes que lo proveen baja y además con anchos de banda pequeños es uno de los enfoques que tiene este trabajo de grado. Para poder ofrecer este tipo de enseñanza la cual es conocida como Aprendizaje Desconectado, en este caso, al igual que la universidad también se hace uso de .LRN como herramienta para ofrecer servicios de *e-learning*.

## 1.2. ESTADO DEL ARTE

En los últimos años se ha experimentado un gran avance en cuanto a la penetración de las TIC en la sociedad Colombiana, espacios como los café Internet, parques y centros comerciales con acceso a Internet inalámbrico a través de redes WiFi, así como también equipos con acceso a Internet en entornos educativos como lo son colegios y universidades son muestra evidente del impacto creciente de las TIC, todo esto generado por la tendencia a nivel mundial de la inclusión digital, impulsada principalmente por los gobiernos de cada país y

que busca en primera instancia la reducción de la brecha de acceso y de calidad, queriendo lograr el acceso a las tecnologías de la información a todas las personas, en especial a aquellas que por su condición social o ubicación geográfica se encuentren excluidos o aislados.

Con base en lo anterior, es necesario explorar y estar al tanto de las soluciones que para entornos menos favorecidos y generalmente aislados, o con conectividades intermitentes existen tanto en Colombia, como también a nivel internacional, es por ello que a continuación se presenta un estudio de ciertas unidades de análisis que permiten establecer una aproximación al estado actual del conocimiento, enfocado principalmente a las soluciones de *e-learning*, telecentros e infraestructura de las redes que complementan el proceso de inclusión digital.

### **1.2.1. Comunicación de Bajo Costo para Casetas con Internet Rural Usando Viajes Mecánicos de Ida y Vuelta**

Esta solución fue implementada para las casetas de los pueblos ubicados en sectores rurales en los cuales las conexiones a Internet por lo general son de bajas prestaciones y con tendencia a fallas (acceso a Internet por línea telefónica, satélite o enlaces WiFi). Inicialmente fue puesta en marcha en Anandpuram, un pueblo en el sur de India ubicado a 20Km de la ciudad de Vishakapatnam, y busca proveer comunicación de bajo costo, potencializando los diversos servicios que se prestan en estas casetas como lo son el correo electrónico, transacciones financieras y no financieras y el acceso a sistemas que proveen servicios del gobierno para los ciudadanos, como lo son consulta sobre problemas médicos y agrícolas; teniendo como base el trabajo pionero realizado por Daknet [17], y usando autobuses y vehículos como herramienta para el transbordo de datos desde y hacia las casetas, los cuales realizan un ‘viaje de ida y vuelta mecánico’ o ‘mechanical backhaul’ hacia un lugar que brinde acceso a Internet de alta velocidad, se realiza una extensión a la arquitectura propuesta por el grupo de investigación en DTN [18], que tiene repercusiones en cada una de las capas que componen la pila de protocolo de la arquitectura, como también en la arquitectura de la red misma. De una manera superficial, el sistema utiliza el protocolo para la Gestión de la Comunicación Oportunista (OCMP) [19], lo cual permite la transferencia de información de manera inalámbrica entre las estaciones ubicadas en el vehículo y la caseta mientras la conexión este presente, de tal forma que cuando el vehículo encuentre la otra estación que le brinde acceso a Internet de alta velocidad, este pueda transmitir la información obtenida desde la caseta [20], Figura 3.



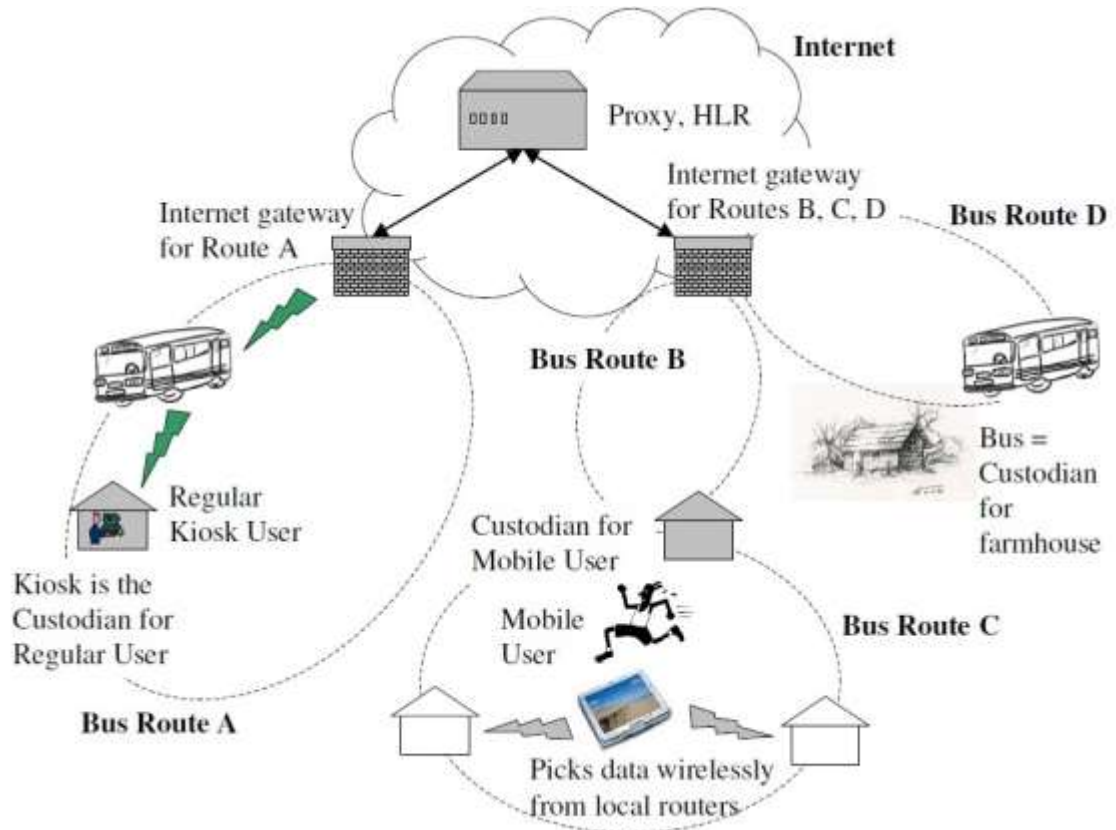


Figura 3 - Ejemplos de topologías para la conexión a través de viajes mecánicos

### 1.2.2. Redes Tolerantes al Retardo (Delay Tolerant Networking - DTN)

DTN es impulsado por El DTNRG (Grupo de Investigación de Redes Con Tolerancia a Retardos), es un grupo de investigación contratado por el IRTF (Fuerza de Trabajo de Investigación de la Internet). Los miembros de DTNRG están ocupados de como direccionar los principios de diseño de la arquitectura y el protocolo partiendo de la necesidad de brindar interoperabilidad y comunicación con y entre ambientes extremos en condiciones desafiantes donde la conectividad continua punto a punto no es posible e interconectar redes heterogéneas entre sí sin importar no tener conexión punto a punto constante.

La habilidad de transportar o enrutar datos de una fuente a un destino es una habilidad fundamental que todas las redes de comunicación deben tener. Las redes tolerantes al retardo y a la interrupción son caracterizadas por su falta de conectividad constante, dando como resultado una falta instantánea de rutas extremo a extremo. En estos ambientes los protocolos tradicionales no pueden establecer rutas. Esto es debido a que los enrutadores tratan de establecer primero la ruta y luego envían los datos. Sin embargo, cuando las rutas de extremo a extremo son difíciles o imposibles de establecer, derrotando totalmente a los protocolos, se debe recurrir al "almacenamiento y envío", donde los datos son movidos y almacenados a lo largo de la red esperando que eventualmente

alcance su destino. Una técnica común usada para garantizar que un mensaje sea transferido exitosamente es reproducir muchas copias del mensaje con la esperanza que uno tendrá éxito y alcanzará su destino. Esto es factible solo en redes con grandes capacidades de almacenamiento local y ancho de banda entre nodos relativo al tráfico previsto.

DTN es una aproximación a una red de computadores que trata de solucionar asuntos técnicos de redes heterogéneas que tienen problemas de conexión como: conexiones intermitentes, grandes tiempos de retardo, asimétricas *data rates* o altas *error rates*. Ejemplo de estas redes son aquellas operando en ambientes móviles y terrenos extremos o redes proyectadas al espacio [18].

### **1.2.3. Compartel**

Compartel [21], creado por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia, cuyos objetivos son dar cobertura de las tecnologías de las telecomunicaciones en las regiones apartadas y estratos bajos del país, como también incentivar a los operadores de telecomunicaciones para que presten sus servicios de telefonía e Internet en estas zonas, ha sido una de las iniciativas que ha permitido ver los progresos que se han realizado con la inclusión digital. Es así como sus programas de Conectividad a las Instituciones Públicas, Telefonía Rural, Telecentros y de Ampliación y Reposición que se explican más adelante son muestra del alto impacto que han tenido en los últimos años en la sociedad colombiana.

#### **1.2.3.1. Conectividad a las Instituciones Públicas**

Estrategia por medio de la cual se ofrece infraestructura y capacitación para proveer y adoptar Internet como una herramienta de trabajo necesaria para el desarrollo de las distintas regiones de Colombia. Esta estrategia está adelantada en conjunto con los Ministerios de Educación Nacional, Protección Social, Agricultura y Desarrollo Rural, Defensa Nacional, Cultura, así como los demás programas del Ministerio de las Nuevas Tecnologías de la Información, Computadores para Educar, Gobierno en Línea, con los cuales se trabaja en el desarrollo e implementación de contenidos para una adecuada utilización de la herramienta dada [22].

Para la ejecución de cada una de las fases del Programa Compartel de Conectividad a las Instituciones Públicas, el país se ha dividido en dos grandes zonas, la norte y la sur, Figura 4.



**Figura 4 - Departamentos que conforman las zonas norte y sur del Programa Compartel de Conectividad**

- *Zona norte:* Antioquia, Atlántico, Bolívar, Caldas, Cesar, Chocó, Córdoba, La Guajira, Magdalena, Norte de Santander, Quindío, Risaralda, San Andrés y Providencia, Santander y Sucre. En la Fase I; Arauca, Boyacá y Casanare hacen parte de la zona norte.
- *Zona sur:* Amazonas, Arauca, Boyacá, Caquetá, Casanare, Cauca, Cundinamarca, Guainia, Guaviare, Huila, Meta, Nariño, Putumayo, Tolima, Valle del Cauca, Vaupés y Vichada.

**Primera Fase:** se beneficiaron 5597 instituciones públicas distribuidas así: 587 Alcaldías, 1 Casa de Cultura, 31 Guarniciones Militares, 4857 Instituciones Educativas y 121 Centros de Salud. Para la zona norte la fecha de inicio de esta fase fue el 14 de Marzo de 2004 y su finalización es el 14 de Septiembre de 2010; para la zona sur el inicio de esta fase fue el 6 de Abril de 2004 y la finalización es el 6 de Octubre de 2010 [23].

**Segunda Fase:** se beneficiaron 6513 instituciones públicas: 403 Alcaldías, 363 Bibliotecas, 1 Casa de Cultura, 100 Concejos Municipales, 55 Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial (CPGA), 24 Guarniciones Militares, 85 establecimientos del Instituto Colombiano de Bienestar Familiar (ICBF), 4802 Instituciones Educativas, 4 establecimientos del Instituto Nacional Penitenciario y Carcelario (INPEC), 660 Centros de Salud y 16 SIES. El comienzo de esta fase para ambas zonas fue el 26 de Enero de 2006, la finalización para la zona norte es el 31 de Diciembre de 2011 y para la zona sur el 26 de Marzo de 2011 [24].

**Tercera Fase:** se beneficiaron 3467 instituciones educativas. Tanto para las zonas norte y sur la fecha de inicio de esta fase fue 29 de Noviembre de 2007 y la de finalización es el 29 de Noviembre de 2011 [25].

Cada una de las instituciones beneficiadas por la tercera fase del programa Conectividad a las Instituciones Públicas tiene asignado un tipo de conectividad, que puede ser A, B ó C, el cual viene determinado por parámetros como el número de estaciones de trabajo ó computadores que tienen acceso a Internet, velocidades mínima y máxima del canal de acceso, factor de re-uso y factor de asimetría permitido, estas características se especifican en la Tabla 1 para cada uno de los diferentes tipos [26].

**Tabla 1. Caracterización de las instituciones públicas por tipo de conectividad**

<b>Tipo de Conectividad</b>	<b>Tipo A</b>	<b>Tipo B</b>	<b>Tipo C</b>
Rango de estaciones de trabajo (computadores) para determinar el tipo de conectividad	3 a 4	5 a 10	11 a 15
Máximo número de estaciones de trabajo en las que se podrá configurar Internet	6	15	23
Velocidad mínima del canal de acceso, download (Kbps)	1024	1024	1024
Velocidad mínima del canal de acceso, upload (Kbps)	256	256	256
Velocidad mínima garantizada de navegación, download (Kbps)	120	160	240
Velocidad mínima garantizada de navegación, upload (Kbps)	30	40	60
Máximo factor de re-uso	4	4	4
Máximo factor de asimetría permitido (download/upload)	4 a 1	4 a 1	4 a 1

**Cuarta Fase - Banco de Proyectos:** las instituciones que sean beneficiadas por esta fase deben cumplir con condiciones mínimas de infraestructura en la cual se adecuarán los equipos, no haber sido beneficiada en las Fases I, II o III del Programa Compartel de Conectividad para Instituciones Públicas, contar mínimo con 15 estudiantes, no contar con servicio de conectividad a Internet dedicado y contar con fluido eléctrico, por lo menos en las horas del horario académico y/o prestación de servicio a la comunidad.

En el desarrollo del Banco de Proyectos de Conectividad, serán beneficiadas 6499 instituciones públicas en 32 departamentos, a través de 9 operadores que serán los encargados de la instalación, configuración, operación, mantenimiento y prestación del servicio de conectividad a Internet disponible 24 horas al día sin cobro del servicio a la institución beneficiada, entre las cuales se encuentran 1106 Instituciones Educativas beneficiadas por el programa Computadores para Educar, 4880 Instituciones Educativas no beneficiadas por el programa Computadores para Educar, 12 Centros Regionales de educación Superior (CERES), 166 Juzgados, 82 Concejos, 31 Instituciones de Salud y 22 de otro tipo de Institución Públicas. Esta fase tendrá una duración de 18 meses contados a partir de la

terminación de la Fase de instalación y puesta en servicio de la Conectividad en las Instituciones Públicas seleccionadas en el marco del Banco de Proyectos de Conectividad para Instituciones Públicas [27].

El Programa Compartel de Conectividad a las Instituciones Públicas hasta Mayo de 2009 arroja las siguientes cifras, Tabla 2, [28]:

**Tabla 2. Instituciones públicas beneficiadas con Conectividad del Programa Compartel**

<b>TIPO INSTITUCION</b>	<b>TOTAL</b>
Instituciones Educativas	19.783
Alcaldías Municipales	1.037
Instituciones de Salud	829
Bibliotecas Públicas	377
Concejos Municipales	296
Centros Zonales del ICBF	87
Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial	60
Unidades Militares	54
Centros de Emergencia y Seguridad del Proyecto SIES	17
Establecimientos Carcelarios y Penitenciarios INPEC	4
Casas de la Cultura	1
Juzgados	899
Otras Instituciones	585
<b>TOTAL DE INSTITUCIONES PÚBLICAS</b>	<b>24.029</b>

De la anterior tabla, también es importante resaltar que con el programa de Conectividad a las Instituciones Públicas se está garantizando el acceso a Internet para aproximadamente 5.6 millones de personas, en su mayoría estudiantes, reduciendo así la brecha digital en Colombia y dinamizando el desarrollo del Internet en el país [28].

En el Departamento del Cauca el programa de conectividad es soportado con 345 puntos de conectividad, los cuales se observan en el siguiente mapa georeferenciado, Figura 5, [29].



Figura 5 - Puntos de Conectividad COMPARTEL en el Departamento del Cauca

### 1.2.3.2. Telefonía Rural

El proyecto de telefonía rural comunitaria tiene como objetivo fundamental instalar, operar y mantener puntos de telefonía rural comunitaria en localidades que carecen del servicio telefónico tales como corregimientos, inspecciones de policía, caseríos, resguardos indígenas, guarniciones militares, puntos fronterizos y parques naturales, a lo largo de todo el territorio nacional.

Por medio de soluciones satelitales, celulares e inalámbricas se logran conectar los teléfonos comunitarios en las localidades más apartadas del país con la red de telefonía pública conmutada y permitir así la comunicación desde y hacia el resto del país y el mundo.

### 1.2.3.3. Telecentros

El programa Compartel de Telecentros busca el acercamiento de las comunidades a la red mundial de datos y a las comunicaciones telefónicas con el resto del mundo, mediante la instalación, operación y mantenimiento de telecentros en localidades que tienen carencias en estas tecnologías y en lugares en los que se ha evidenciado la necesidad del servicio.

Los Telecentros cuentan con computadores con acceso dedicado a Internet y líneas telefónicas con capacidad de comunicación con el resto del mundo.

Dependiendo de la etapa de instalación de un telecentro, se pueden encontrar desde dos hasta 12 computadores y hasta tres líneas telefónicas. La mayoría de estos telecentros cuentan con tecnología satelital, que facilita el acceso a la telefonía y la Internet cuando las condiciones topográficas y las distancias son adversas.

#### **1.2.3.4. Ampliación y Reposición**

Programa que busca satisfacer la demanda de nuevas líneas telefónicas y mejorar la calidad de los servicios de telecomunicaciones en pequeñas ciudades y regiones apartadas de Colombia, Compartel estableció el programa de ampliación y reposición de redes beneficiando a una población aproximada de un millón cien mil habitantes de 63 municipios y 70 localidades con 145.659 líneas domiciliarias y 1212 líneas comunitarias, favoreciendo principalmente a los estratos 1 y 2.

Los proyectos más significativos que ha ejecutado Compartel se pueden repartir en tres grupos. Partiendo de una línea base en el año 2002 en el que se contaba con telefonía y telecentros, se pasa en los periodos siguientes a proyectos enfocados a la masificación de la conectividad a Internet. Es así que para el periodo 2006–2010 se enfoca la inversión en diversos proyectos de conectividad buscando aumentar el número de instituciones públicas conectadas y el despliegue de infraestructura para telecomunicaciones, Tabla 3, [30].

**Tabla 3. Compartel de telefonía a conectividad**

PROYECTO	LINEA BASE 2002	2002-2006	2006-2010
<b>Telefonía Rural</b>	<b>6745</b> puntos	<b>3300</b> llegando a 10045 localidades	
<b>Telecentros</b>	<b>940</b> telecentros	<b>550</b> Telecentros 100% municipios	<b>3563</b> Telecentros, de los cuales 1669 se ubican en escuelas oficiales
<b>Conectividad</b>		<b>4925</b> instituciones conectadas	<b>21461</b> instituciones conectadas
		<b>150293</b> líneas de TPBC aptas para Banda Ancha en estratos 1, 2 y zonas rurales	<b>71411</b> líneas de TPBC aptas para Banda Ancha en estratos 1, 2 y zonas rurales <b>40188</b> MIPYMES conectadas <b>39.456</b> usuarios de Banda Ancha en Estratos 1 y 2, y rurales

#### 1.2.4. Computadores para Educar - CPE

CPE [31], que son las siglas de Computadores Para Educar, es un programa de re-uso tecnológico que busca brindar acceso a las TIC a instituciones educativas públicas del país, mediante el re-acondicionamiento, ensamble y mantenimiento de equipos computacionales, promoviendo de igual manera su uso y aprovechamiento en los procesos educativos, a través de la implementación de estrategias de acompañamiento educativo y apropiación de las TIC. CPE ha establecido un estándar unificado el cual define las características hardware y software mínimas que un equipo donado por el programa puede prestar [32], que se muestran a continuación:



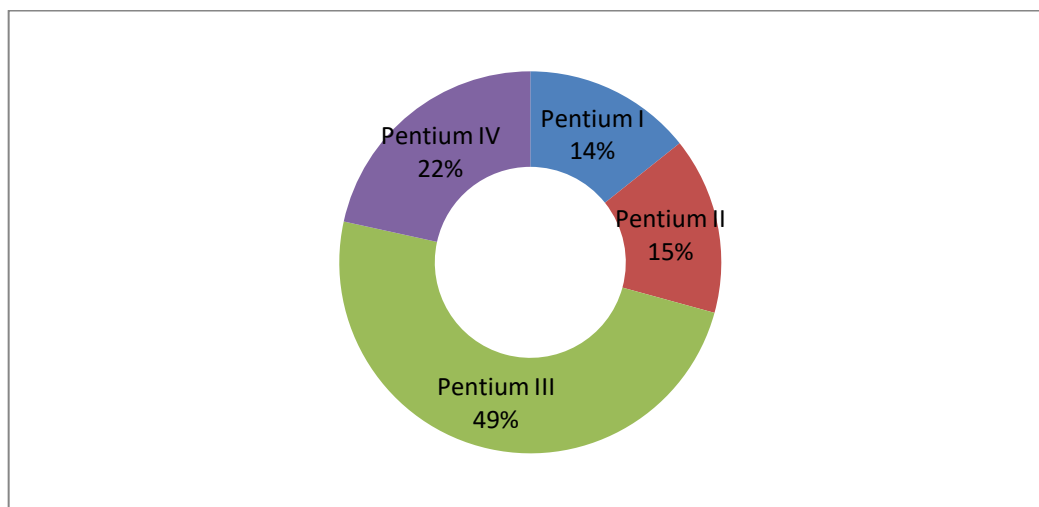
**Hardware:**

- Procesador Pentium II 300 MHz o superior.
- Memoria 128 MB.
- Disco duro de 10 GB.
- Unidad de disquete 3.5 HD.
- Monitor CRT ó LCD Color.
- Multimedia: Tarjeta de Sonido, CD-ROM o CD-RW o superior, parlantes y micrófono.
- Tarjeta de red 10/100 ó tarjeta inalámbrica de 54 Mbps.
- Mouse PS/2.
- Teclado PS/2.

**Software:**

- Sistema Operativo, Windows 2000 Pro (Incluido dentro convenio Alianza por la educación).
- Suite de oficina, Office 2000.
- Antivirus F-prot actualizado.
- Multimedia “Descubra su computador”.
- Jclíc.

CPE reportó que el año 2008, 82% de las donaciones tuvieron especificaciones superiores al Pentium III, lo que represento un incremento de los equipos aptos del 67% al 80%, Figura 6. En cuanto a logros se refiere, hasta septiembre de 2009, 883 sedes han sido beneficiadas en el Departamento del Cauca, entregándoles 11452 equipos. En el orden nacional, 33.36% de las sedes educativas oficiales del país se les ha sido beneficiados con equipos de cómputo en 1101 municipios [33].



**Figura 6 - Porcentaje de procesadores Pentium donados**

### 1.2.5. EHAS – Enlace Hispano Americano de Salud

La Fundación EHAS [34], institución sin ánimo de lucro que promueve el uso apropiado de las TIC para mejorar los procesos de salud en zonas rurales aisladas de países en vía de desarrollo, plantea cuatro grandes líneas de acción como lo son: la investigación y el desarrollo de nuevas tecnologías de comunicación y sistemas de acceso e intercambio de información adaptadas a las zonas rurales de países en desarrollo; asesoramiento, desarrollo y evaluación de protocolos de actuación para la mejora de los procesos de atención de salud en las zonas rurales; diseño y ejecución de proyectos de cooperación para el desarrollo y validación de las tecnologías y protocolos anteriormente mencionados; y finalmente el desarrollo de actividades de formación, difusión, transferencia e incidencia política para promover el uso adecuado de las TIC en el sector salud rural de países en desarrollo, todo esto realizado desde hace algunos años en Perú, Colombia y Cuba, de lo cual se resaltan los siguientes proyectos:

#### 1.2.5.1. EHAS-@LIS en el Departamento del Cauca

El proyecto EHAS-@LIS en el Departamento del Cauca ha contado con la participación de la Universidad del Cauca en el desarrollo [35], puesta en marcha y mantenimiento de la red EHAS, demostrando la viabilidad del desarrollo de tecnologías de bajo costo encaminadas a facilitar el acceso a servicios de comunicación, asegurando comunicación de voz entre el personal de salud en las zonas rurales y en menor medida transferencia de datos; hasta el momento se han instalado cinco subredes que cubren cinco hospitales rurales, dos centros de salud y veintisiete puestos de salud, Figura 7, los hospitales están conectados a Internet mediante los enlaces satelitales de Compartel y WiFi, y la mayoría de los centros y puestos de salud se comunican con los hospitales utilizando equipos de radio VHF; a estos radios se conectan radio-modems para establecer enlaces de datos de baja velocidad (2,5 a 9,6 Kbps), Figura 8.

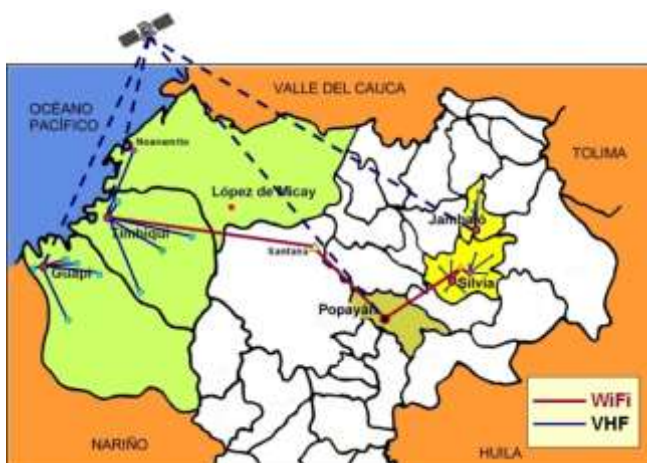
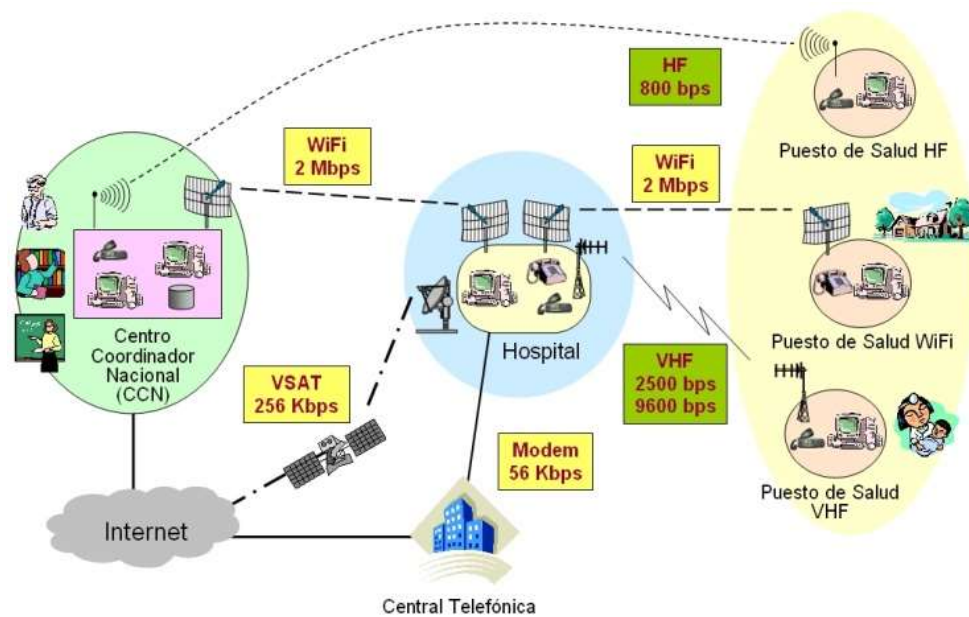


Figura 7 - Topología de la red EHAS en el Departamento del Cauca

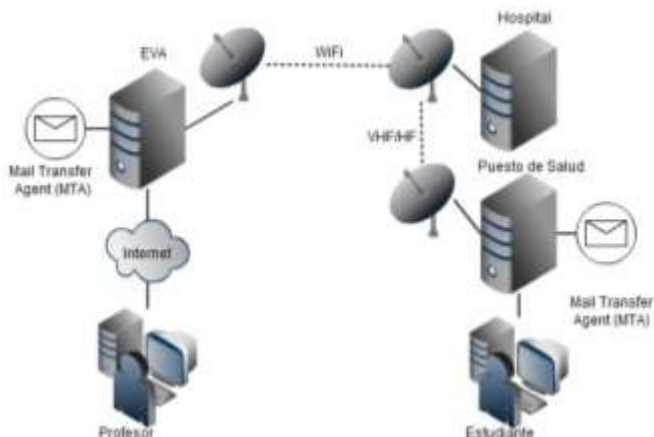


**Figura 8 - Red de acceso de bajo costo del Proyecto EHAS**

En un principio la red EHAS en el Departamento del Cauca fue utilizada para dar servicios de educación al personal de los puestos de salud y hospitales utilizando como herramienta principal el envío de correos electrónicos y archivos adjuntos. Esta forma de aprendizaje no tuvo éxito ya que al no contar con una plataforma de *e-learning* que diese soporte a este objetivo, no había la posibilidad de realizar un seguimiento a los estudiantes, de tal manera que el éxito del aprendizaje a través de este método dependía exclusivamente del aprendiz. Adicionalmente el constante traslado del personal de salud hacia otras cedes después de cierto tiempo generaba finalmente el abandono por parte del usuario de esta forma de enseñanza.

El Grupo de Ingeniería Telemática de la Universidad del Cauca diseñó una solución para entornos desconectados [3], basada en las características de un sistema de gestión de aprendizaje como .LRN (distribución de contenidos, facilidades de interacción y seguimiento del proceso educativo), que aprovecha la infraestructura de telecomunicaciones del proyecto EHAS en el Departamento del Cauca para la implementación de un servicio de capacitación para el personal de salud y que se enfrenta a las limitaciones de este tipo de redes como lo son la no conectividad permanente y bajo ancho de banda. En el esquema mostrado, Figura 9, el profesor mediante una conexión a Internet ingresa los contenidos a la plataforma de enseñanza electrónica de la universidad EVA (basada en .LRN), y mediante un mecanismo de replicación y sincronización con una plataforma .LRN-Desconectada instalada en un equipo final en la red EHAS, que utiliza como agente para la transferencia de la información el correo electrónico, se lleva a cabo el proceso de seguimiento educativo; dicha información es estructurada usando XML y teniendo en cuenta que las limitaciones para la transferencia de archivos en este tipo de entornos no debe ser mayor a 150KB, se implementa un

protocolo el cual permite fraccionar los contenidos que luego serán actualizados en la plataforma del cliente.



**Figura 9 - Esquema de educación para entornos desconectados**

Aprovechando el agente para la transferencia de la información mencionado anteriormente, como lo es el correo electrónico dentro de la red EHAS, se implementó una solución denominada: Acceso a Bibliotecas Digitales desde Redes de Baja Velocidad [36], cuyo propósito fundamental es brindar acceso a los servicios y contenidos de bibliotecas digitales desde redes de este tipo, implementando un prototipo experimental para el contexto de la red EHAS en el Departamento del Cauca que tuvo como resultado la puesta en marcha de la "Biblioteca Digital EHAS - Universidad del Cauca", la cual sirve como repositorio de los documentos de interés del personal de salud y además como pasarela para el acceso a otras bibliotecas digitales. A grandes rasgos el sistema está diseñado bajo una arquitectura cliente-servidor, donde la aplicación cliente está localizada en la red de baja velocidad, más precisamente en los puestos de salud, y la aplicación servidor en la red sin limitaciones significativas en cuanto a conexión y velocidad de transmisión, es decir, la red de la Universidad del Cauca; el acceso a la interfaz web de la biblioteca se realiza a través del protocolo HTTP, el cual fue exclusivamente habilitado para tal fin, y el acceso a otras bibliotecas digitales se realiza a través de una pasarela entre los protocolos HTTP y Z39.50 [37] implementada dentro de la Biblioteca Digital EHAS, utilizando para la descarga de contenidos el correo electrónico y el protocolo que fracciona archivos mayores a 150KB.

#### **1.2.5.2. EHAS – Enlace Hispanoamericano de Salud Cusco, Perú**

En el marco del Programa @LIS (Alianza para la Sociedad de la Información), ejecutado por el Programa de Cooperación de la Unión Europea, la Fundación EHAS culminó en Febrero de 2006 la implementación y puesta en marcha de una Red de Telecomunicaciones en la Región de Cusco, Perú [38]. Esta red, concebida como una red piloto, nació con el objetivo de mejorar los procesos de atención de salud primaria de esta zona. El proyecto permitió la interconexión de 12 establecimientos de salud rurales, antes totalmente aislados entre sí tanto del

Hospital Regional de Salud de Cusco y la Red de Salud Cusco Sur, Figura 10. La tecnología empleada en esta red ha sido WiFi, adaptada para un escenario de distancias largas con enlaces de hasta 40Km. Además, dadas las altas prestaciones obtenidas (6.5Mbps obtenidos en los enlaces de 40km), se ha instalado un sistema de telefonía sobre IP (VoIP) que permite la comunicación de voz gratuita entre todos los establecimientos y la interconexión de todos ellos con la red telefónica conmutada exterior.

Una vez puesta en marcha la red de comunicaciones se ha procedido a implementar servicios que, entre otros, permitan la formación remota del personal de salud, promuevan la mejora del sistema de vigilancia epidemiológica y apoyen el sistema de referencia y contra-referencia de pacientes. De forma adicional, teniendo como base la infraestructura de la red y los servicios de comunicaciones brindados, se ejecuta un proyecto piloto de Telemedicina para la evaluación de la viabilidad técnica e institucional de la implementación de algunos servicios de telemedicina como estetoscopia, cardiología, dermatología y tele-consulta para primera y segunda opinión.

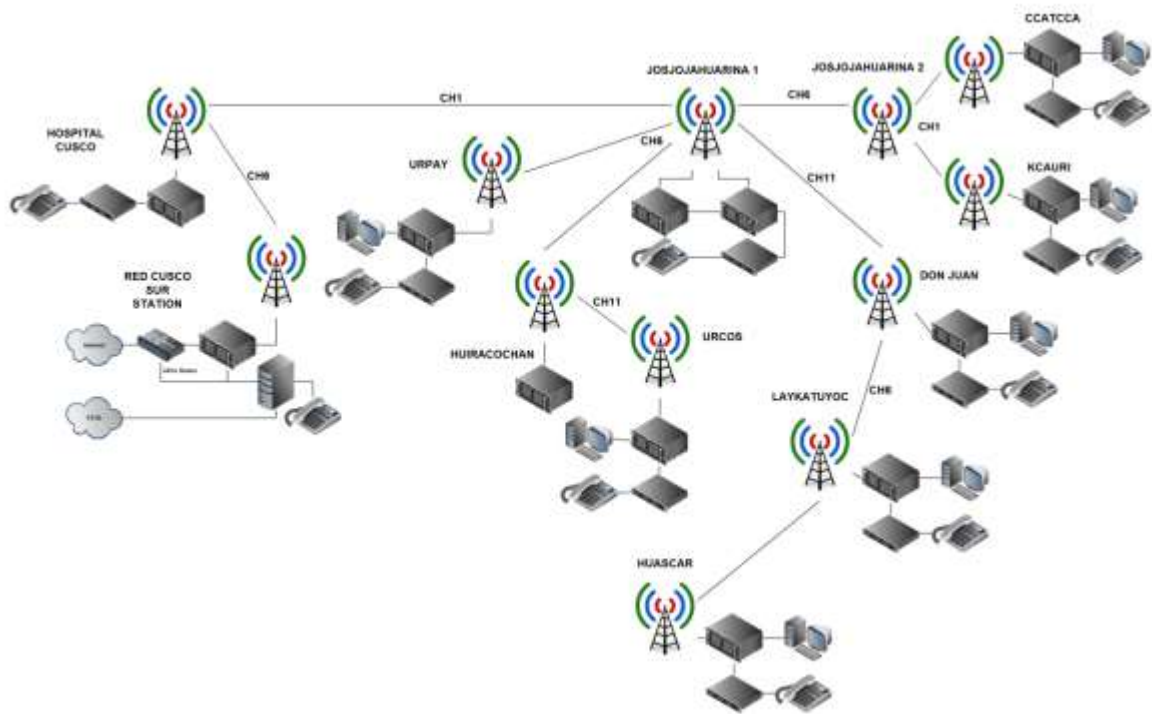


Figura 10 - Red EHAS implementada en Cusco, Perú

Los servicios básicos que ofrece el proyecto a los usuarios son:

- **Acceso a Internet:** El acceso se realiza de forma transparente para el usuario a través de su PC, los dos principales servicios de los que hacen uso los

usuarios de los establecimientos de salud son el navegador Web (Mozilla Firefox) y los programas de mensajería (Gaim).

- **Correo electrónico:** Se ha instalado un servidor de correo en Cusco, encargado de gestionar las cuentas de correo de cada uno de los usuarios. Una de las principales ventajas de manejar cuentas de correo electrónico siguiendo este esquema es que el servicio podrá seguir usándose aún cuando no exista conectividad con la red exterior, mientras que si se usan direcciones de correo de otros proveedores (yahoo, gmail, etc) o correo web, sería necesario tener acceso a Internet para poder usar el correo.
- **Ofimática y aplicaciones de usuario:** Se ha instalado el Sistema Operativo Linux Ubuntu en cada una de las computadoras, para las aplicaciones de ofimática se cuenta con la aplicación OpenOffice, de manera adicional se ha instalado en cada establecimiento una impresora con la que poder imprimir documentos e informes.
- **Comunicación de voz mediante telefonía IP (VoIP):** Se ha diseñado un sistema de VoIP basado en Asterisk, este sistema proporciona un servicio de comunicación de voz entre los 13 establecimientos de salud, teniendo la posibilidad de realizar llamadas entre ellos y además de poder hacer llamadas al exterior (telefonía pública) a través de tarjetas prepago y recibir llamadas del exterior, también se brinda la posibilidad de servicios adicionales como voicemail y conferencia.

En cuanto a las herramientas brindadas en los servicios y procesos de gestión en salud se encuentran:

- Plataforma de edición de cursos.
- Plataforma de educación a distancia.
- Sistema de gestión de información epidemiológica.
- Material docente para personal de salud rural.
- Cursos a distancia para personal de salud rural.

Así mismo se ha apoyado a los sistemas locales de salud en el aprovechamiento de los sistemas y servicios instalados para mejorar algunos de sus procesos de gestión en salud, gestión de emergencias, segunda opinión, gestión de información de stock de farmacia, dispensarización de la población y referencia-contrarreferencia de pacientes [38].

### 1.2.5.3. Red WiFi PAMAFRO EHAS

En el marco del “Proyecto de Control de la Malaria en las zonas fronterizas de la Región Andina: Un Enfoque Comunitario – PAMAFRO” [39], se desplegó una red en 2007 en la micro red de salud del Napo, ubicada en el Departamento de Loreto,



en la selva amazónica peruana. Esta red está compuesta por 11 establecimientos de salud a lo largo de una jurisdicción de 2 distritos, Napo y Torres Causana. Esta micro red está administrada por congregaciones sacerdotales desde hace más de 20 años y cuenta con el apoyo del Ministerio de Salud del Perú.

La red de telecomunicaciones se basa en el uso del estándar 802.11g en 2.4GHz de la banda ISM (WiFi). En los 11 poblados que forman parte de la red inalámbrica, se encuentran dos tipos de estaciones: estaciones cliente y repetidores. La estación repetidora se encuentra instalada en las torres y la estación cliente se encuentra instalada en el establecimiento de salud excepto en Copal Urco (en el botiquín comunal) y Tupac (en la escuela), Figura 11.

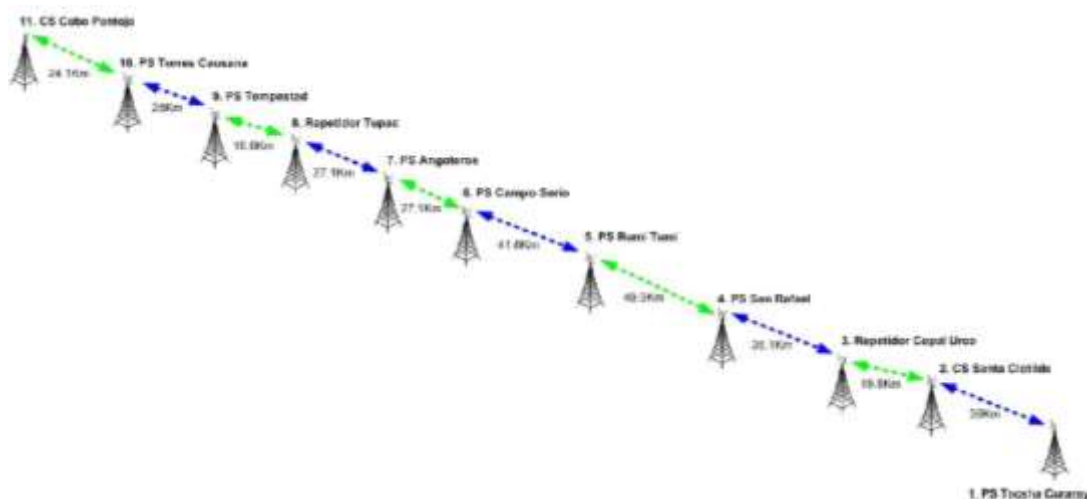


Figura 11 - Red troncal Napo

Los principales servicios que la red WiFi en toda su plenitud ofrece, son:

- **VoIP:** voz sobre protocolo de Internet que permite las comunicaciones telefónicas.
- **Correo electrónico:** capacidad de crear cuentas de usuario de correo electrónico y todas las funcionalidades que tiene este servicio.
- **Navegación en Internet:** acceso a Internet por medio de un enlace satelital ubicado en Santa Clotilde.
- **Transferencia de datos:** permite la transferencia de archivos entre todas las computadores de la red.

El servicio de correo electrónico trabaja con dos servidores de correo, uno es el servidor *sclotilde* (servidor ubicado en Santa Clotilde), y el otro es el servidor *lima.pe.ahas.org* (servidor ubicado en Lima), Figura 12.

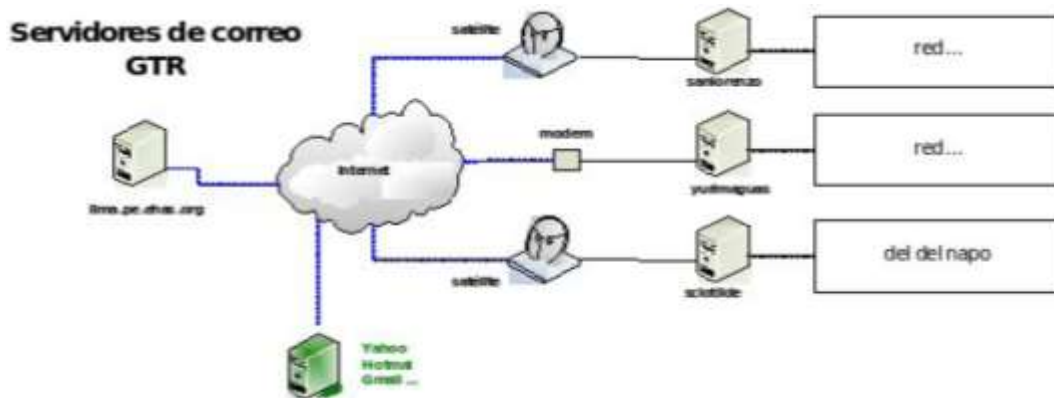


Figura 12 - Servidores de correo del EHAS-GTR

*Servidor lima.pe.ahas.org:* este servidor brinda el puente para que el resto de servidores de correos que implementa el Grupo de Telecomunicaciones Rurales Pontificia Universidad Católica del Perú (GTR-PUCP) puedan intercambiar correos entre ellos y con otros servidores externos. Este servidor administra las cuentas de correo de todas estas redes y en él es donde se crean las cuentas de correo de los distintos usuarios de las distintas redes y se realizan los cambios.

*Servidor scotilde:* en este servidor se ha implementado un servidor de correo para administrar el intercambio de correos en esta red y trabaja conjuntamente con el servidor *lima.pe.ahas.org*. Por lo que, dentro de la red WiFi PAMAFRO EHAS el intercambio de correos entre cuentas EHAS-GTR es transparente haya o no Internet. Mientras que el intercambio de correos entre cuentas EHAS-GTR y cuentas externas dependerá de que esté activa la conexión a Internet, pero no necesariamente tiene que estar activo en el momento que se esté enviando correos a estas cuentas externas, ya que estos pueden ser almacenados en el servidor.



## 2. ARQUITECTURA DE LA SOLUCIÓN

Para brindar el servicio de la educación a la población del Departamento del Cauca es necesario considerar los diferentes escenarios que se presentan especialmente en las zonas rurales, de acuerdo al tipo de conexión existen diferentes tipos de usuarios: los que poseen buena conectividad, los que poseen conectividad limitada y/o intermitente (clientes *offline* o desconectados) y los que no poseen conectividad (clientes aislados).

Este proyecto está dirigido especialmente a los clientes desconectados, quienes poseen anchos de banda muy bajos o intermitentes, factor que les permite conexión para ciertas operaciones pero en general restringe en gran medida sus posibilidades, navegar por una página de Internet sería prácticamente imposible en muchos casos y, de ser posible, en realidad no sería una buena experiencia para el usuario ya que el tiempo de carga de una página es alto al compararlo con una conexión normal.

Desde hace algún tiempo se han desarrollado proyectos en Colombia para brindar conectividad en zonas desprotegidas del territorio nacional, como con los programas Compartel y Computadores Para Educar; también la Universidad del Cauca a unido esfuerzos con la Fundación EHAS en el proyecto EHAS-@LIS, con el objetivo de mejorar el sistema público de atención primaria en salud de las zonas rurales del Departamento del Cauca mediante la implementación de la red EHAS, una red de bajo costo desarrollada, puesta en marcha y mantenida por la Universidad del Cauca, brindando comunicación a cinco hospitales y veintisiete puestos de salud, los primeros están conectados mediante enlaces satelitales de Compartel y enlaces WiFi, mientras que los puestos de salud se comunican con los hospitales mediante radioenlaces VHF [3].

En la Figura 13 se muestra un esquema de la red EHAS en el Departamento del Cauca donde se pueden observar los centros de salud con conexiones de hasta 9,6Kb, adicional a la baja velocidad en los centros de salud la conexión es intermitente debido a que se usa un radio VHF como modem y como estos no están diseñados para trabajar por largos periodos de tiempo se deben tener encendidos 15 minutos y apagar por otros 15 minutos para evitar averías en los equipos.

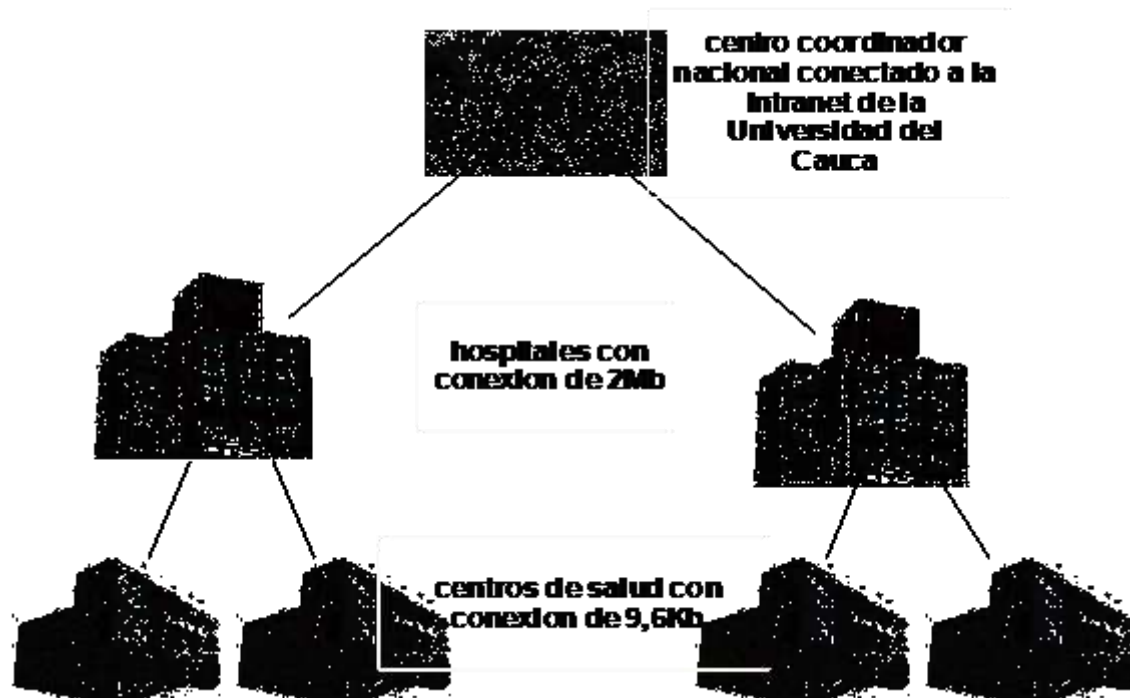


Figura 13 - Esquema del entorno de la red EHAS en el Departamento del Cauca

Como solución a estos usuarios se desarrolló en la Universidad del Cauca una adaptación a .LRN la cual permitía, mediante correo electrónico, la sincronización de una instancia de .LRN (EVA) en la Universidad y una versión ligera de esta instalada en el equipo de quien hacía las veces de estudiante. Para esta versión de la solución, el protocolo de comunicación fue el correo electrónico y todo el proceso de sincronización debía ser inicializado por el estudiante [3]. Este método permitió resolver el problema de la navegación del estudiante en la plataforma, con esta solución la navegación por .LRN es independiente del ancho de banda que posea el estudiante para su conexión a Internet, ya que es el propio equipo del estudiante el que funciona como servidor web para la navegación por la plataforma, con cierto retraso en la actualización de la información con respecto a EVA; pero tenía varios inconvenientes, como la falta de seguimiento del proceso del estudiante en la plataforma, además del hecho que sea el estudiante el que inicie el proceso de sincronización sin saber si existen o no información para ser sincronizada o cuanta información a dejado de sincronizar.

En la Figura 14 se muestra un esquema de la topología de red usada para la sincronización de plataformas usando el servidor de correo electrónico en la red EHAS del Departamento del Cauca. En la **Plataforma con Conexión** pueden interactuar profesores y estudiantes que posean conexión a Internet, la **Plataforma con Conexión**, mediante un servidor de correo, envía la información necesaria para la sincronización a un correo del estudiante desconectado mediante un enlace WiFi de 2Mbps hasta un hospital de la red y luego a través de un enlace VHF intermitente de 9,6Kbps hasta el centro de salud donde se encuentra la **Plataforma Desconectada**, cuando el usuario desconectado efectúa

cambios en su plataforma los mensajes viajan en sentido contrario para actualizar la **Plataforma con Conexión**..

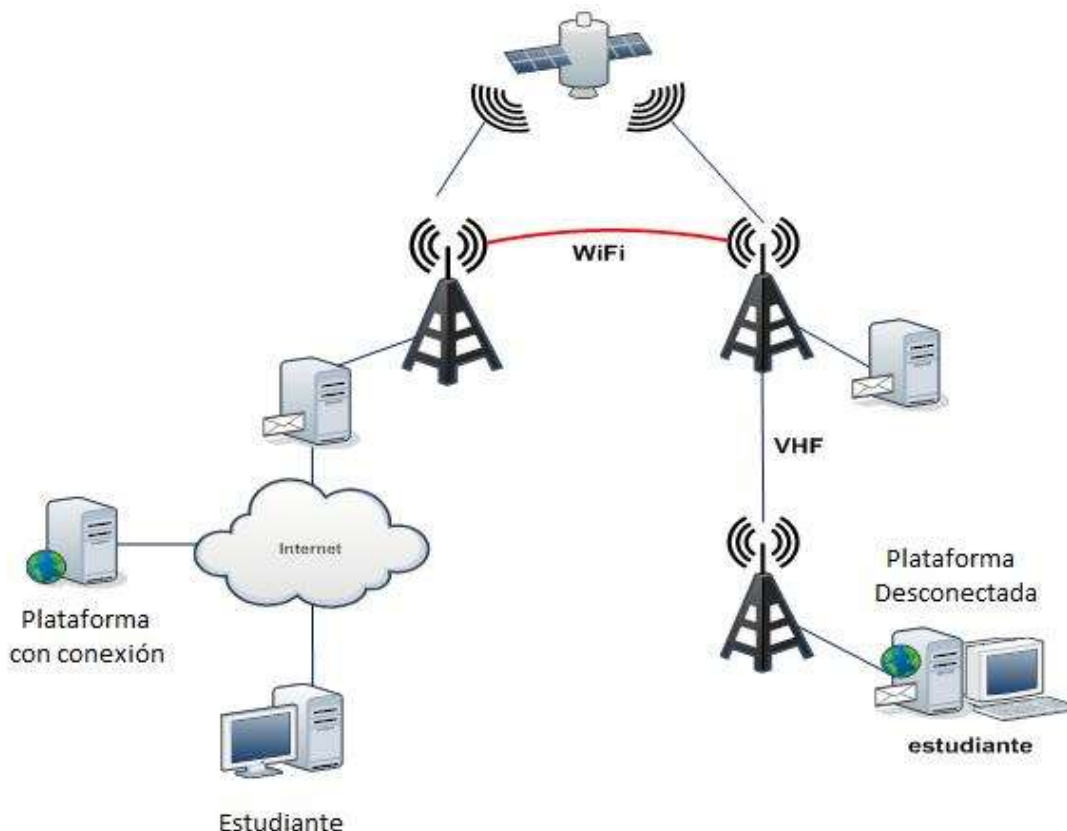


Figura 14 - Sincronización de plataformas usando correo electrónico

El presente proyecto buscó una mejora considerable con respecto al anteriormente desarrollado en la Universidad del Cauca, ya que aunque cumple con el objetivo de sincronizar las dos plataformas de *e-learning*, este proceso requiere que en cada equipo donde se encuentre instalada una **Plataforma Desconectada** también se instale un servidor de correo electrónico y se deba configurar esta plataforma para atender a los correos en una dirección especificada y enviar sus propios correos al correo de la **Plataforma con Conexión**. Todo este proceso debe ser hecho manualmente por los usuarios.

Las principales desventajas de esta solución identificadas y a las que se pretende dar solución son:

- *Tamaño de los mensajes*: al usar el correo electrónico como medio de intercambio de información la estructura del mensaje requiere información adicional para direccionamiento lo que incrementa el tamaño del mensaje al compararlo con un mensaje XML-RPC, aunque el tamaño del mensaje sea ligeramente más grande esto causa retardos notables durante el proceso de sincronización.

- *Instalación de la plataforma de e-learning:* Cada usuario desconectado debe tener una instancia de la plataforma en su equipo para poder acceder a los cursos.
- *Sincronización manual:* es el propio estudiante el que debe verificar si existe alguna actualización para los cursos a los cuales está inscrito, esto lo hace mediante un portlet<sup>1</sup> habilitado para eso, pero si el estudiante olvida verificar actualizaciones retrasará su proceso de aprendizaje.
- Recursos extra: es necesario instalar un servidor de correo electrónico en cada plataforma para el proceso de sincronización entre ellas, como el servidor se encuentra en el equipo del estudiante este debe poseer conocimientos acerca de Linux.

Las mejoras que se proponen en este proyecto son:

- La **Plataforma Desconectada** se instalará en un telecentro o cualquier parte donde agrupe varios alumnos y les permita el acceso al curso aunque ellos no posean todos los recursos deseados; ampliando así la población beneficiada; sin embargo, también es posible que un estudiante instale la plataforma en su propio equipo y tenga acceso a los cursos desde éste.
- La comunicación entre las plataformas se hace mediante el protocolo de comunicación XML-RPC, permitiendo así mayor eficiencia en la comunicación y mejor aprovechamiento del ancho de banda.
- La sincronización de las plataformas se hace de manera automática, tan solo es necesario definir el curso como desconectado y programar los parámetros de sincronización y el proceso se realizará periódicamente, en el momento en que intente sincronizarse y no haya conexión habilitada entre las plataformas, simplemente se pospondrá el intento de sincronización y lo intentará más tarde en un tiempo definido también en los parámetros de sincronización; estos parámetros podrán ser modificados en cualquier momento por un usuario con rol de profesor o administrador.

## 2.1. RED HACIA LA CUAL SE ORIENTA LA SOLUCIÓN

La solución telemática que se plantea pretende prestar un servicio de *e-learning* en entornos cuyo acceso a Internet es intermitente y de baja velocidad en los momentos de conexión, usualmente llamados entornos desconectados u offline.

Este servicio puede ser prestado para cualquier zona que posea conexión al servidor de EVA en la Universidad del Cauca o a Internet por cualquier medio

---

<sup>1</sup> componentes modulares de las interfaces de usuario gestionadas y visualizadas en un portal web

como la red GPRS (usando un dispositivo celular como modem) o las redes instaladas por el programa Compartel del Ministerio de Comunicaciones de Colombia.

La red de bajo costo implementada para el proyecto EHAS en el Departamento del Cauca es un claro ejemplo de una red con entornos desconectados, donde actualmente es prácticamente imposible brindar cursos soportados por *e-learning*.

La Figura 15 muestra una topología de red sobre la cual se puede implementar la solución telemática propuesta. Existe un servidor central en la Universidad del Cauca que brinda cursos de *e-learning* mediante EVA, este servidor posee altas prestaciones y una conexión a Internet de alta velocidad; la red EHAS del Departamento del Cauca provee conexión de baja velocidad a sectores rurales del departamento mediante un radioenlace inicialmente con conexión WiFi de 2Mbps hasta el hospital de Silvia y Guambía o conexión satelital hasta el hospital de Timbiquí y conexiones VHF en puestos de salud cercanos a estas poblaciones con anchos de banda de 9,6Kbps.

En cualquiera de estos puntos se puede instalar un servidor con una plataforma .LRN con los servicios necesarios para soportar un curso, el profesor o el administrador de la plataforma específica los retardos entre cada sincronización del curso, la plataforma automáticamente se sincronizara con la plataforma EVA de la Universidad del Cauca cada vez que se cumpla el tiempo de retardo, y podrá ofrecer acceso a contenidos del curso a cualquier estudiante que esté matriculado en la plataforma y tenga acceso a un computador con conexión al servidor desconectado.

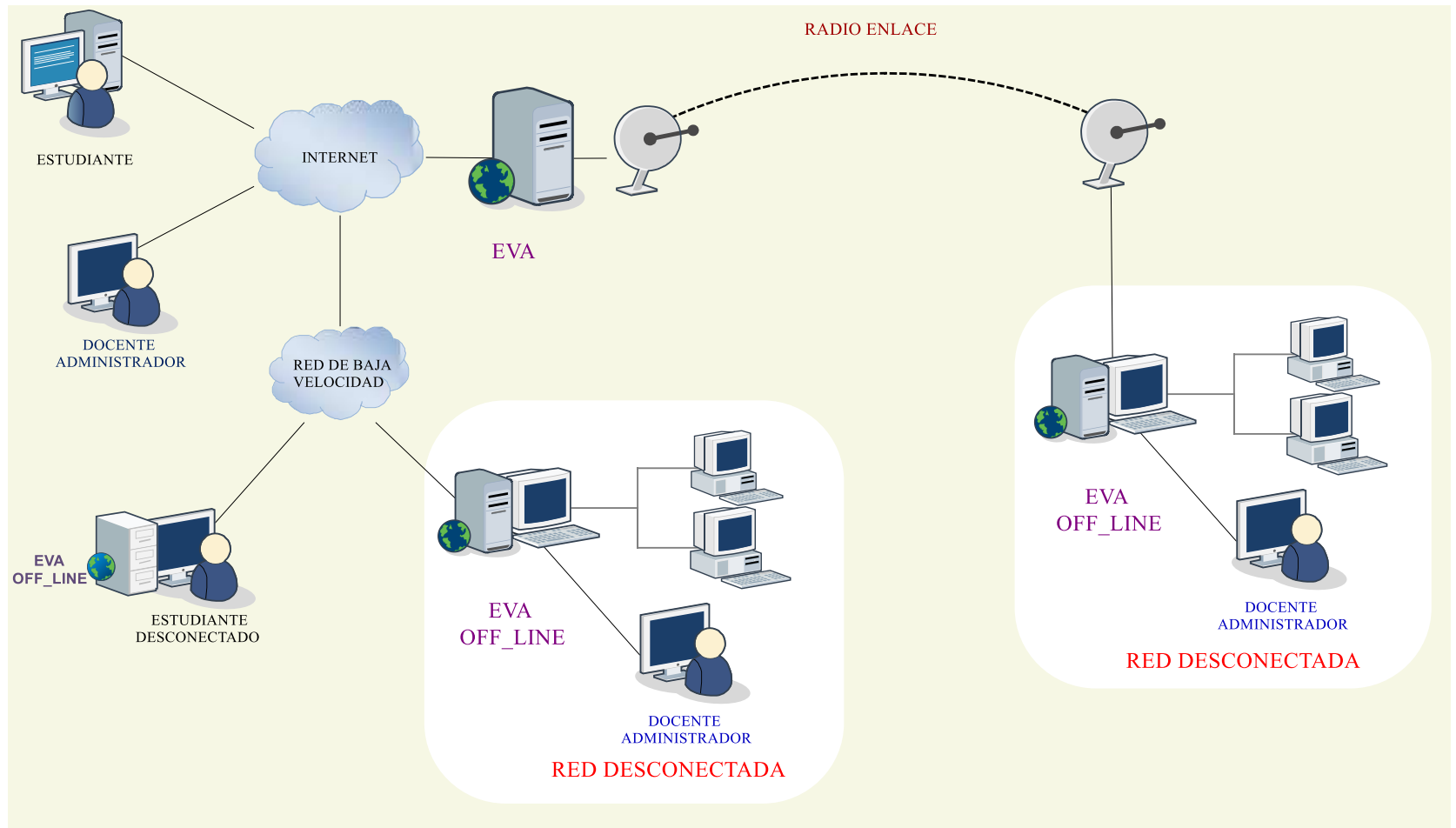


Figura 15 - Ejemplo de red con clientes desconectados a la cual el proyecto puede brindar soluciones *e-learning*

Un ejemplo de una red de baja velocidad como la mencionada en la Figura 15 es obtener acceso a la plataforma EVA usando como conexión a Internet la red GPRS, con un celular como modem para el equipo donde se instale la **Plataforma Desconectada**, de esta manera se podrá brindar el servicio de *e-learning* a un equipo que posea la conexión o este a su vez podrá prestar el servicio a otros equipos si se encuentra conectado a una red de área local.

También es ejemplo de red de baja velocidad o desconectada las conexiones satelitales brindadas por Compartel para los telecentros o instituciones educativas en zonas rurales, enlaces que para unos pocos equipos puede ser de utilidad pero para impartir un curso apoyado en *e-learning* a un grupo, con la posibilidad de acceder a él desde el telecentro, por ejemplo, con unos diez equipos el ancho de banda será insuficiente; sin embargo, si se configura un equipo como el servidor del curso, es decir, se instala la plataforma en uno de los equipos y los demás acceden a él para que éste les proporcione los contenidos del curso se logrará una cobertura mucho mayor, definida por la capacidad del equipo que funcione como servidor.

## **2.2. LINEAMIENTOS PARA LA IMPLANTACIÓN DE UNA SOLUCIÓN *E-LEARNING* EN UN ENTORNO DESCONECTADO**

Los lineamientos que a continuación se mencionan son los necesarios para implantar una solución telemática de sincronización que permita la introducción de actividades de *e-learning* en entornos desconectados rurales, los lineamientos se adaptan a las características de las zonas rurales del Departamento del Cauca y a los cursos ofrecidos por la Universidad del Cauca apoyados en la plataforma de *e-learning* EVA.

Las pruebas mediante las cuales se llegó a las recomendaciones que mencionaremos en esta sección son expuestas en el anexo D y los resultados son encontrados en el apartado 3.2 Ambientes de Prueba, de esta monografía.

### **2.2.1. Características de la Red**

Al menos uno de los equipos de la red debe poseer acceso a Internet o conexión directa con la Universidad del Cauca. Si la conexión no es permanente, se debe tener conexión por lo menos una vez a la semana para sincronizar las plataformas, dependiendo del curso que se desarrolle y el tiempo que se disponga para su ejecución puede ser necesario que el servidor tenga una mayor frecuencia de conexión a Internet o con el servidor de la Universidad del Cauca.

### **2.2.2. Características de los Equipos**

Los equipos de los usuarios pueden tener características hardware bajas como una procesador de 450 MHz, RAM de 256 MB y los periféricos generales, software un navegador web y los que exijan los contenidos del curso, en un equipo con

características por debajo de las mencionadas es posible recibir los contenidos desde el servidor local pero la experiencia de aprendizaje será más lenta.

El equipo que se habilite como servidor de la aplicación debe tener unas características superiores, en pruebas de laboratorio se observó que cuando se usa como servidor un equipo con sistema operativo Windows XP, con una maquina virtual Ubuntu 8.4 y como software de virtualización VirtualBox se consumen 728MB de RAM, y en cuanto se pone en marcha la plataforma de *e-learning* .LRN se consume 854MB de RAM, es decir que la plataforma requiere un promedio de 126MB de RAM libre para ejecutarse.

Cada vez que se conecta un usuario exige del procesador un 50% de uso para un procesador Pentium 4 de 2.8GHz, y lo hace por menos de un segundo, cada vez que el usuario ejecuta una acción el porcentaje de uso del procesador vuelve a subir en promedio un 50%, mientras que el uso de memoria RAM aumenta en promedio 100 KB por usuario dependiendo de la acción que este ejecute.

Con base en estas pruebas se recomienda para el servidor el uso de un equipo con las siguientes características hardware mínimas: procesador de 2.8 GHz o superior y RAM de 1GB o superior.

### **2.2.3. Características de los Servicios que Debe Prestar la Plataforma**

Uno de los principales factores a tener en cuenta para la escogencia de los servicios que debe prestar una plataforma de *e-learning* es la población hacia la cual está dirigido el servicio, el acceso que esta población tiene a la tecnología, la capacidad de la red y la capacidad de los equipos; no es eficiente saturar un curso de servicios que no serán usados, que no tendrán impacto en el desarrollo del proceso educativo o por el contrario lo entorpecerán.

De acuerdo a las posibilidades de la población se elige la cantidad de servicios o aplicaciones que requerirá un curso para su desarrollo eficiente, y el tipo de aplicaciones se elige de acuerdo al curso que se dicte y a los docentes que lo orienten.

Según una encuesta realizada a profesores del Departamento de Telemática de la Facultad de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad del Cauca, la cual está referida en el anexo C de la monografía, los servicios más usados por ellos para dar soporte a su trabajo académico son el repositorio de documentos, los foros, el calendario, el material de aprendizaje y las noticias, mientras que recursos como actividades, evaluaciones, encuestas, sala de conversación y exámenes en línea son poco usados.

Los recursos que se recomienda sincronizar son entonces: repositorio de documentos, foros, calendario, material de aprendizaje y las noticias, pero también información que es esencial para el desarrollo y la replicación del curso en la



**Plataforma Desconectada** como la información personal de los estudiantes y la información del curso.

### 2.2.3.1. Información de Usuario

Los datos que identifican a cada usuario se dividen en:

- *Información general*: nombres, apellidos, correo electrónico, pequeña biografía o auto descripción, URL del usuario, nombre de usuario (*screen name*), contraseña, pregunta secreta y respuesta secreta.
- *Información .LRN*: tipo de usuario en la plataforma (Profesor, Estudiante, Administrador o Externo).
- *Rol dentro de un curso*: tipo de usuario dentro de un curso (Profesor, Estudiante, Asistente, ó Administrador del curso).

### 2.2.3.2. Información del Curso

Toda la información que identifica un curso incluyendo la información asociada que requiere la plataforma: nombre del curso; departamento, asignatura y periodo al que pertenece el curso; fechas de inicio y finalización del curso; descripción del curso y usuarios que pertenecen al mismo.

### 2.2.3.3. Repositorio de Documentos

Todos los usuarios tienen acceso al Repositorio de Documentos y pueden subir archivos privados o públicos los cuales son compartidos con otros usuarios registrados en la plataforma. Profesores y Administradores pueden subir archivos dentro del Repositorio de Documentos de un Curso/Comunidad (*File Storage*) para distribuirlos a los estudiantes o miembros de estas comunidades.

Los Estudiantes pueden subir archivos que tan solo pueden ser accedidos por el Instructor a través del modulo de Tareas (*Homework*), de igual forma los Instructores pueden adicionar comentarios a estos archivos que tan sólo serán visibles para el Estudiante que subió el archivo.

Todos los archivos que se suban son particularizados con un número de versión, de tal forma que se puede adicionar una nueva versión de ese archivo y no perder la versión anterior.

### 2.2.3.4. Foros

Espacio de discusión virtual el cual es administrado por usuarios con rol de Profesor o de Administrador de un curso y dependiendo del tipo de política del foro cualquier usuario que pertenezca al curso puede participar. Los foros pueden ser

en tipo de presentación de hilo o presentación plana (por fecha), moderados o no moderados, abiertos o cerrados y también pueden ser configurados de tal manera que tan solo un Profesor o Administrador pueda crear nuevas discusiones.

Los mensajes que se publiquen en un foro pueden ser editados en texto plano o en modo HTML, se pueden incluir enlaces URL y también adjuntar archivos. Soporte para notificaciones a través de correo electrónico puede ser incluido.

#### **2.2.3.5. Material de Aprendizaje**

Es material creado por el Profesor del curso para soportar el proceso de aprendizaje del estudiante quien lo puede consultar en cualquier momento ingresando a la plataforma

#### **2.2.3.6. Noticias**

Mecanismo que provee una forma de comunicación de una sola vía entre los administradores y profesores, y los estudiantes de un grupo. Las Noticias son publicadas en la página principal de un Curso/Comunidad a través del portlet de Noticias, como también aparecen en el portlet de Noticias de la página personal de un usuario, las Noticias tiene su fecha de expedición y finalización.

#### **2.2.3.7. Calendario**

Los Profesores pueden publicar eventos y anuncios en el Calendario del curso. Los Estudiantes pueden estar pendientes de sus tareas, plazos y fechas de entregas en sus calendarios personales. En la página de Inicio del Estudiante en la plataforma se puede ver de manera unificada cada uno de los eventos del Calendario, que puede ser visto por días, semanas o el mes completo.

De acuerdo a las características del curso y a las preferencias del profesor es posible que requiera de otros servicios que no estén dentro de los lineamientos; gracias a las características de modularidad de OpenACS es posible incluir mas servicios para la sincronización de la plataforma, claro que para un curso a personas de entornos rurales del país lo mejor será en un principio permitirles el acceso a una cantidad pequeña de servicios para evitar complicar su proceso de aprendizaje.

#### **2.2.4. Tamaño de Archivos a Enviar**

Como en los entornos desconectados son comunes las pérdidas de conexión y es probable que esta perdida se produzca durante la transmisión de un documento, que es la información más grande que se transmite para la sincronización de las plataformas, es adecuado fraccionar los documentos para evitar que en el momento que se pierda conexión durante su transmisión no sea necesario

reenviarlo completamente, sino solamente reenviar las fracciones restantes para completar el documento.

Dividir los archivos en fragmentos pequeños puede incrementar los tiempos de sincronización, ya que ocupará mayor tiempo de procesamiento armando varios pedazos pequeños que unos pocos más grandes, pero al dividirlos en fragmentos más grandes en el momento en que se pierda la conexión será necesario reenviar un fragmento grande y se perderá más tiempo.

La recomendación que se hace en este documento es la de enviar archivos menores o iguales a 150KB para que en el momento en que se pierda una fracción por falta de conexión entre las plataformas esta sea enviada de manera rápida en el momento en que se restablezca la conexión entre los servidores.

Sin embargo la implementación deberá tener la posibilidad de modificar los parámetros de sincronización como las direcciones IP y el tamaño de los segmentos a enviar, ya que pueden existir redes en las cuales las pérdidas de conexión no sean tan frecuentes, que sean controladas, que sean predecibles o que el ancho de banda no sea tan bajo (por encima de 128kbps), para estas redes se puede aumentar el tamaño de la fracción a transmitir dividiendo los archivos grandes hasta en 250KB o mas grande dependiendo de la red.

### 2.3. MODELO DE CASOS DE USO

Las posibilidades que posee un estudiante en una **Plataforma con Conexión** o en una **Plataforma Desconectada** esencialmente son las mismas ya que para él debe ser prácticamente transparente el hecho de encontrarse navegando en una plataforma o en la otra.

La diferencia principal entre los usuarios de un curso con conexión y un curso desconectado radica en los casos de uso que pueden ejecutar los profesores del curso o los administradores del mismo, dicha diferencia es simplemente que tienen la posibilidad de configurar un curso como desconectado.

Al configurar un curso como desconectado el profesor o el administrador puede configurar el tiempo que pase entre las sincronizaciones de las plataformas y el tiempo que debe esperar la plataforma desconectada al intentar conectarse de nuevo después de un intento fallido de actualización de datos por pérdida de conexión de la red.

### 2.3.1. Diagrama de Casos de Uso del Sistema

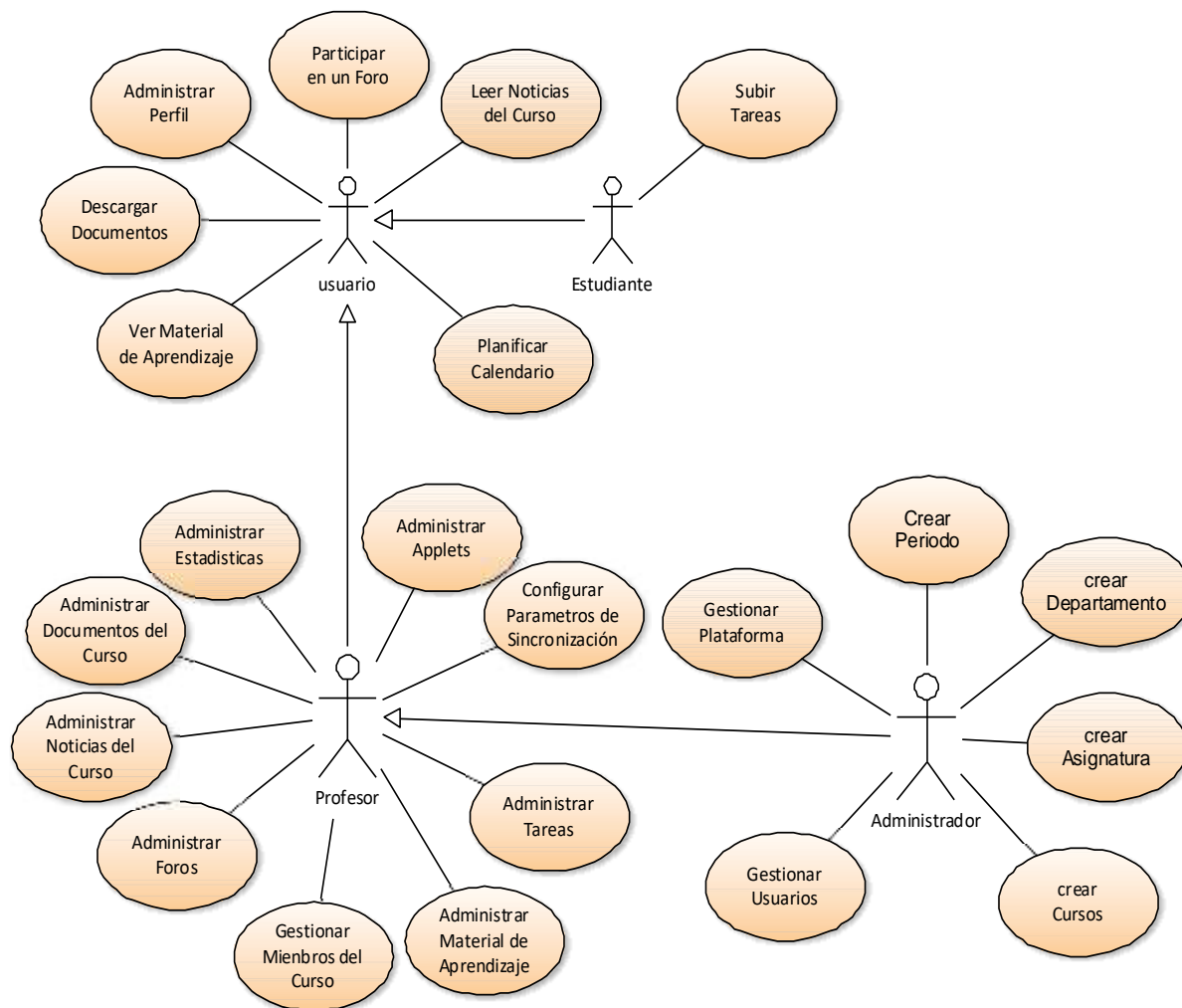


Figura 16 - Diagrama de casos de uso del sistema

En la Figura 16 se muestran los casos de uso para los usuarios de la plataforma tanto en un entorno conectado como en un entorno desconectado dependiendo de su rol. Dentro de la plataforma todos los usuarios tienen cuenta como usuarios de OpenACS, usuarios .LRN y luego son vinculados como pertenecientes a un curso, dentro de este curso pueden desempeñar el rol de Estudiante, Profesor o Administrador, aunque un usuario de EVA posee muchos más casos de uso para este proyecto solo nos interesa los que se muestran en la Figura 16.

**Estudiante:** Un usuario con un rol de Estudiante en la plataforma .LRN puede:

- ✓ Administrar perfil:
  - Modificar sus datos personales.
  - Administrar la apariencia de su espacio personal.
  - Administrar los portlets que son visibles en su espacio personal.
  - Seleccionar idioma.
  - Cambiar contraseña.
  - Cancelar su cuenta.
  - Subir y descargar archivos personales.
  - Darse de baja en un curso.
  - Ver estadísticas.
  - Sugerir noticias.
- ✓ Descargar documentos: descargar archivos que el Profesor o el Administrador de un curso suban en el espacio de los documentos del curso.
- ✓ Consultar material de aprendizaje.
- ✓ Leer noticias.
- ✓ Planificar calendario.
- ✓ Participar en un foro.
- ✓ Subir tareas.

**Profesor:** Un usuario con rol de Profesor pueden ejecutar las acciones que realiza un usuario en su espacio personal y en el curso además de las siguientes en el espacio que corresponde al curso en el cual es Profesor:

- ✓ Administrar los documentos del curso.
- ✓ Administrar material de aprendizaje.
- ✓ Administrar noticias.
- ✓ Administrar foros.
- ✓ Administrar tareas.
- ✓ Administrar miembros del curso: Puede agregar Estudiantes a un curso siempre que estén matriculados en la plataforma como usuarios .LRN.
- ✓ Consultar estadísticas.

**Administrador:** Los usuarios que en un curso tienen rol de Administradores pueden ejecutar todas las acciones de un Profesor y adicionalmente las siguientes:

- ✓ Gestionar usuarios: ingresar nuevos usuarios a la plataforma o modificar la información o permisos de un usuario ya existente.
- ✓ Gestionar cursos.
- ✓ Gestionar plataforma.

### 2.3.2. Plantillas Descriptivas de los Casos de Uso

A continuación se encuentran las plantillas descriptivas de los casos de uso que los usuarios pueden ejecutar en la plataforma y que más interesan para el proyecto.

<b>Caso de Uso:</b>	<b>Administrar Perfil</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	El usuario puede efectuar cambios en su información personal y en la apariencia de la plataforma para su perfil

<b>Caso de uso:</b>	<b>Descargar Documentos</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	Un usuario puede descargar cualquiera de los documentos expuestos como material del curso en un curso al que pertenezca

<b>Caso de uso:</b>	<b>Ver Material de Aprendizaje</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	Los usuarios de un curso acceden al material de aprendizaje expuesto por un Profesor del curso, este material se puede componer de texto, imágenes o actividades multimedia

<b>Caso de uso:</b>	<b>Participar en un Foro</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	Un usuario puede participar en una discusión de un foro propuesta por el Profesor para el curso, puede ingresar nuevos mensajes o borrar los mensajes expuestos por él, si el Profesor lo permite puede crear nuevos hilos de discusión

<b>Caso de uso:</b>	<b>Leer Noticias del Curso</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	Un usuario puede leer las noticias del curso que sean agregadas por un Profesor o Administrador de este

<b>Caso de uso:</b>	<b>Planificar Calendario</b>
Actores:	Usuario
Resumen:	Un usuario puede agregar, modificar o eliminar recordatorios de actividades en su calendario

<b>Caso de uso:</b>	<b>Subir Tarea</b>
Actores:	Estudiante
Resumen:	Un usuario con el rol de Estudiante en un curso puede subir en el espacio destinado para las actividades los documentos que demuestren que han cumplido con la labor impuesta por un Profesor del curso

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Estadísticas</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor de un curso puede determinar que se efectúe el seguimiento a los Estudiantes de este y puede ver las estadísticas de los miembros del curso como el número de visitas efectuadas, aportes hechos al curso en foros, noticias y documentos

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Documentos del Curso</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	Un Profesor puede subir nuevos archivos en los documentos del curso, también puede modificar los archivos subidos y eliminarlos en cualquier momento

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Noticias del Curso</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	Un Profesor puede publicar noticias en el curso del cual es profesor, además puede determinar si se publica una noticia sugerida por un estudiante

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Foros</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	En un curso un Profesor puede crear o eliminar un foro de discusión sobre un tema del curso y puede modificar los parámetros del foro (tipo de presentación: plana o en hilos, moderado o no moderado, abierto o cerrado)

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Applets</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor puede agregar nuevos applets de administración al curso para aumentar los servicios que se ofrecen en el curso

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Configurar Parámetros de Sincronización</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor puede configurar un curso como desconectado agregando el applet de sincronización al curso y estableciendo los parámetros que este necesita como direcciones IP y puertos de las plataformas, frecuencia de sincronización, tamaño máximo permitido para transferir un archivo entre las plataformas y estado del applet (activo o cancelado)

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Tareas</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor puede agregar nuevas tareas para los estudiantes, descargarlas, comentarlas, calificarlas y subir eso de nuevo a la plataforma

<b>Caso de uso:</b>	<b>Administrar Material de Aprendizaje</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor puede generar material de aprendizaje para complementar el material del curso, de igual forma también puede modificar o quitar el material existente

<b>Caso de uso:</b>	<b>Gestionar Miembros del Curso</b>
Actores:	Profesor
Resumen:	El Profesor puede adicionar o dar de baja en un curso miembros de la plataforma

<b>Caso de uso:</b>	<b>Gestionar Plataforma</b>
Actores:	Administrador
Resumen:	El Administrador de una plataforma puede instalar o quitar aplicaciones o servicios (paquetes), gestionar opciones de configuración como la internacionalización (i18n), idiomas, y zona horaria

<b>Caso de uso:</b>	<b>Gestionar Usuarios</b>
Actores:	Administrador
Resumen:	Un usuario que sea Administrador de la plataforma tiene la posibilidad de crear, eliminar o modificar usuarios para la instancia instalada

<b>Caso de uso:</b>	<b>Gestionar Cursos</b>
Actores:	Administrador
Resumen:	El Administrador puede crear, modificar o eliminar Periodos, Departamentos, Asignaturas, Comunidades y Cursos



### 2.3.3. Diagrama de Clases del Paquete de Sincronización *sync*

En la Figura 17 se muestra un diagrama elemental de las clases del paquete *sync* que se debe adicionar en la **Plataforma con Conexión** y la **Plataforma Desconectada**.

La estructura de los dos paquetes es la misma, tienen la misma cantidad de clases con los mismos nombres y cada clase cumple con el mismo propósito que su homónima en la plataforma contraria, la diferencia radica en la manera en que se intercambian los mensajes entre las plataformas, lo que convierte a la **Plataforma Desconectada** en un cliente de la **Plataforma con Conexión** para el servicio de sincronización.

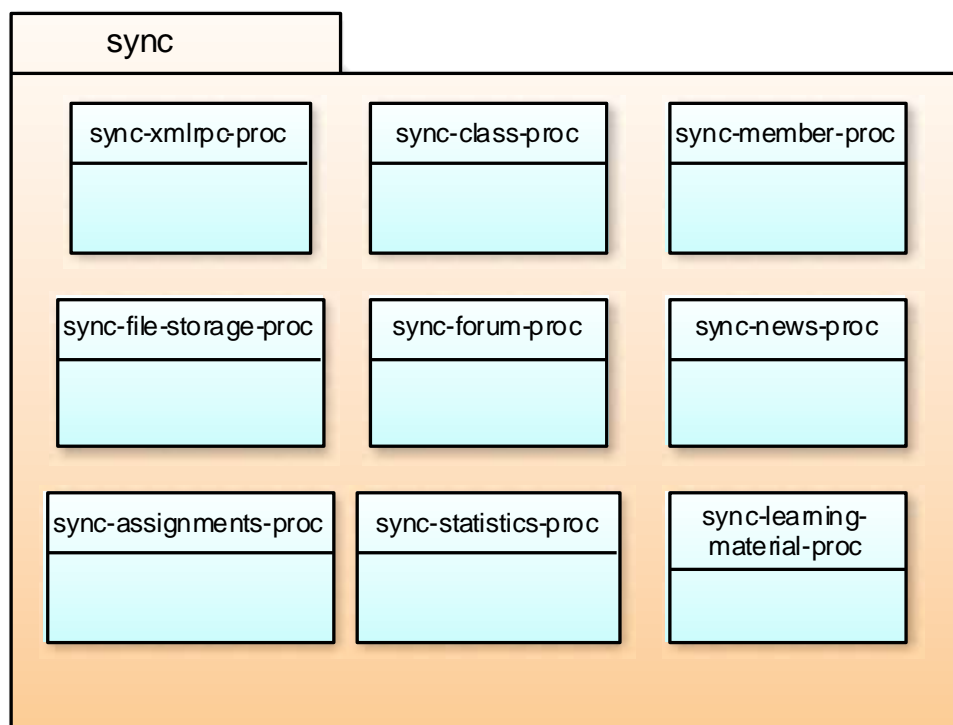


Figura 17 - Diagrama de paquetes del sistema

- **sync-xmlrpc-procs**  
Expone los métodos que serán accedidos para sincronizar la información necesaria.
- **sync-member-procs**  
Replica la información de un nuevo usuario de una plataforma a la otra o la sincroniza en caso de un usuario que ya exista, los datos que comparte son nombres, apellidos, biografía, nombre de usuario (user name), dirección URL del usuario, pregunta secreta, respuesta secreta e identificador de usuario dentro de la plataforma.

- **sync-class-procs**

En caso de no estar creado el curso lo replica a la otra plataforma y si existe sincroniza la estructura de datos de un curso, es decir el departamento, asignatura, periodo, nombre de curso, descripción del curso, fecha de inicio y fin del mismo.

- **sync-file-storage-procs**

Replica los archivos que son subidos en el curso por el Profesor o Administrador del curso y sincroniza los archivos que sean modificados.

- **sync-forums-procs**

Replica los nuevos foros que sean abiertos por el Profesor desde la **Plataforma con Conexión** hacia la **Plataforma Desconecta**. También replica los mensajes y las respuestas de cada uno de los mensajes en ambas plataformas.

- **sync-news-procs**

Replica las noticias creadas por el Profesor o el Administrador del curso o las sugeridas por estudiantes que hayan sido aceptadas para publicación y sincroniza las modificaciones que se hagan a estas.

- **sync- learning-material-procs**

Replica el material de aprendizaje creado por el Profesor de una plataforma a la otra y lo sincroniza cuando se produzcan modificaciones.

- **sync-assignments-procs**

Replica y sincroniza las actividades pendientes en la plataforma.

- **sync-statistics-procs**

Sincroniza la información estadística del usuario para permitir el seguimiento del proceso de aprendizaje.

## 2.4. DIAGRAMA DE IMPLANTACIÓN

La interfaz para un usuario con conexión y un usuario desconectado serán las mismas en las dos plataformas, los usuarios podrán efectuar las mismas operaciones tanto en la **Plataforma con Conexión** como en la **Plataforma Desconectada**, incluso un usuario puede trasladarse entre plataformas sin que sea necesario ningún cambio en su proceso de *e-learning*, la principal diferencia entre las dos plataformas radica en el retardo durante la sincronización, es decir, que la diferencia será en los datos que se almacenen de los cursos o estudiantes pero solo durante un lapso de tiempo definido por el Profesor del curso y por las pérdidas de conexión de la **Plataforma Desconectada**.

Los dos servidores tienen una estructura muy similar, el sistema operativo sobre el cual deben correr todos los recursos necesarios debe ser un Sistema Operativo Linux, la base de datos sobre la cual reposan los datos y tablas de los cursos es Postgres SQL, el servidor web de la aplicación es AOLServer, los cursos y los usuarios son gestionados por la herramienta de *e-learning* .LRN la cual corre sobre el gestor de comunidades virtuales OpenACS, los servicios que se brindan a un curso están definidos por los paquetes de aplicaciones de OpenACS, entre ellos se encuentra el paquete de sincronización de las plataformas desarrollado en este trabajo de grado.

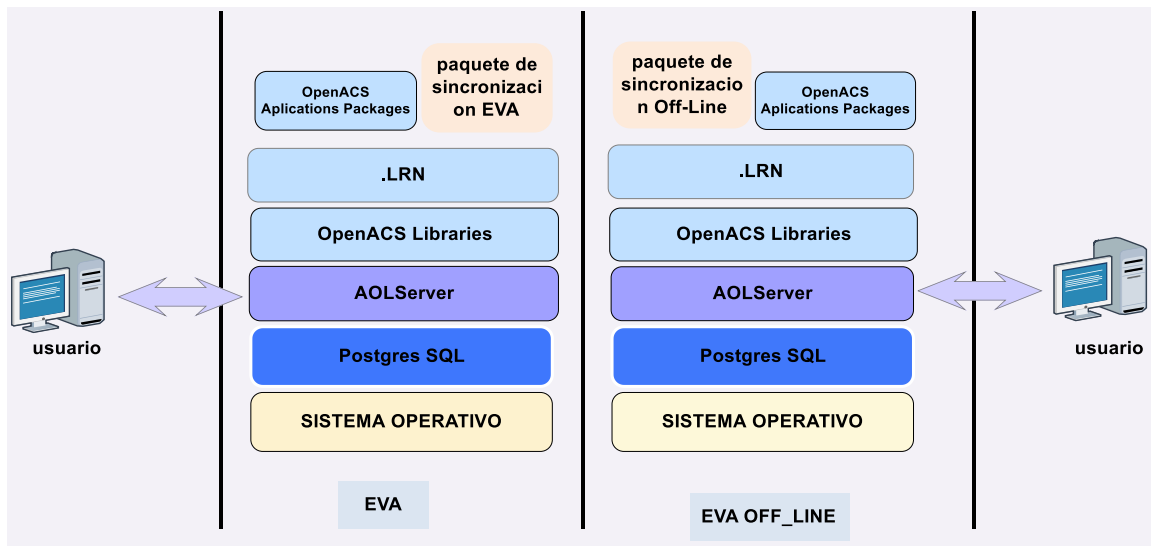


Figura 18 - Vista de implantación de la arquitectura

### 3. VALIDACIÓN DEL PROTOTIPO

Para comprobar la arquitectura planteada se creó un prototipo de validación que implementa cuatro de las clases planteadas en la arquitectura.

Las clases que se implementaron son las indispensables para el proceso de sincronización; las que permiten la sincronización de la información del curso y de los integrantes del curso, así como las encargadas de manejar la sincronización de los documentos de un curso y de los foros de discusión, que son de las más usadas por los docentes como soporte al proceso de enseñanza y además muestran la funcionalidad de la arquitectura.

Se implementaron cuatro paquetes de los cuales se instalan dos en cada plataforma, que en estructura son iguales a los de la plataforma en el otro extremo, pero cada clase que los conforma tiene sus diferencias que permiten la interacción entre las plataformas y una distribución cliente servidor entre los propios servidores, la plataforma instalada en el equipo con conexión a Internet cumple con las funciones de servidor de la plataforma instalada en el entorno desconectado, la cual hace peticiones de actualización a su servidor cada vez que se cumple el tiempo de retardo entre cada actualización si existe conexión.

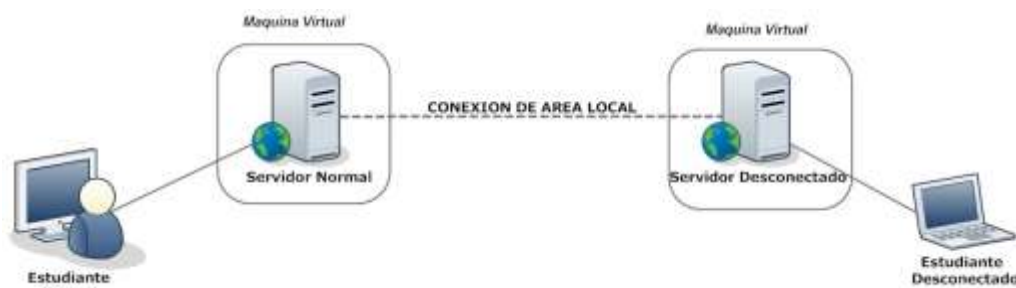
#### 3.1. DESCRIPCIÓN DEL PROTOTIPO

El propósito del prototipo es el de replicar y sincronizar la información necesaria para dictar un curso virtual o apoyar un curso tradicional usando la plataforma de *e-learning* de la Universidad del Cauca; la replicación de los datos permite que estén almacenados en más de un servidor permitiendo accederlos con mayor facilidad desde distintos puntos de la red, mientras que la sincronización permite mantener actualizados los datos replicados.

La topología de red hacia la cual se orientó la creación del prototipo consta de dos servidores de cursos de *e-learning*, uno de ellos con acceso a Internet de banda ancha y el otro con una conexión con el primer servidor pero mediante una red de poca velocidad y de conexión intermitente.

El servidor con conexión a Internet brinda servicio de soporte a cursos, estudiantes y docentes que poseen también acceso a Internet, este servidor, como ya ha sido especificado en apartes de este documento, es llamado **Plataforma con Conexión** y el usuario que tenga acceso a él será llamado **Usuario con Conexión**; el servidor que tiene conexión con la **Plataforma con Conexión** a través de una red de poca velocidad será llamado **Plataforma Desconectada** y el usuario que en él soporten su proceso de aprendizaje será llamado **Usuario Desconectado**.

Las dos plataformas cumplen la labor de apoyar cursos o brindar curso virtuales en su red; estas plataformas usan el LMS de distribución libre .LRN el cual está montado sobre un servidor AOLServer y un Sistema Operativo Linux, tal como lo establecen los requerimientos de .LRN.



**Figura 19 - Distribución de red del prototipo**

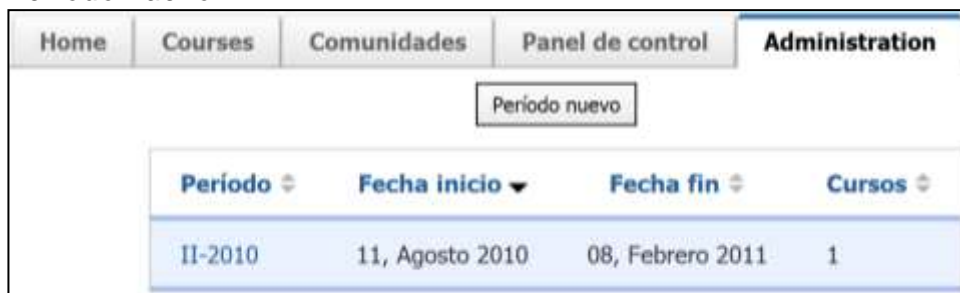
Los usuarios acceden al servicio a través de cualquier navegador web y bajo cualquier sistema operativo, siempre que el equipo tenga conexión con cualquiera de los dos servidores.

### 3.1.1. Plantillas Descriptivas Extendidas de los Casos de Uso Implementados para el Prototipo

<b>Caso de uso:</b>	Crear Período
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Crear un período.
<b>Resumen:</b>	El usuario puede crear un Período que será asociado a un Curso.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El usuario debe iniciar sesión en la plataforma.
<b>Flujo Principal:</b>	1. El usuario hace clic en <i>Períodos</i> .



2. La plataforma muestra una página con los períodos existentes y el botón *Período nuevo*.



3. El usuario hace clic en *Período nuevo*.  
4. La plataforma muestra una página con los parámetros de creación de un Período.



5. El usuario define los parámetros *Período*, *Fecha inicio* y *Fecha fin* y finalmente hace clic en *OK*.  
6. La plataforma verifica que los parámetros del Período estén llenos y luego crea el respectivo Período.

**Flujo de Excepción:**

6. La plataforma verifica que los parámetros del Período estén llenos, si no es

así avisa al actor para que los complete.

**Poscondición:**

El Período es creado en la plataforma.

<b>Caso de uso:</b>	Crear Asignatura
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Crear una asignatura.
<b>Resumen:</b>	El Administrador puede crear una Asignatura que será asociada a un Curso.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.

**Precondiciones:**

Debe existir un Departamento.

**Flujo Principal:**

1. El usuario hace clic en *Asignaturas*.



2. La plataforma muestra una página con las asignaturas existentes, el botón *Asignatura nuevo* y el enlace *Curso nuevo*.

The screenshot shows the 'Administration' tab selected in a navigation menu. Below the menu is a search bar with the text 'Departamento: Todo' and a search button labeled 'Go'. Below the search bar is a button labeled 'Asignatura nuevo'. Below that is a table with the following columns: 'Departamento', 'Título de Asignatura', 'Cursos', and 'Acciones'. The table contains one row with the following data: 'Medicina Social y Salud Familiar', 'Dermatología', '1', and '[ Curso nuevo ]'.

3. El usuario hace clic en *Asignatura nuevo*.
4. La plataforma muestra una página con los parámetros de creación de una Asignatura.

The screenshot shows the form for creating a new subject. The 'Departamento' dropdown is set to 'Medicina Social y Salud Familiar'. The 'Nombre' field is empty and marked as '(obligatorio)'. The 'Descripción' field is empty. The 'Corrección ortográfica' dropdown is set to 'No'. The 'Subject key' field is empty. There is an 'OK' button at the bottom.

5. El usuario llena los parámetros que caracterizan una Asignatura y hace clic en *OK*.
6. La plataforma verifica que los parámetros de la Asignatura estén llenos y crea la Asignatura.

**Flujo de Excepción:**

6. La plataforma verifica que los parámetros de la Asignatura estén llenos, si no es así entonces avisa al usuario para que los complete.



**Poscondición:**

La plataforma crea la Asignatura.

<b>Caso de uso:</b>	Crear Curso
<b>Actores:</b>	Administrador
<b>Propósito:</b>	Crear un Curso
<b>Resumen:</b>	El usuario puede crear un Curso dentro de la plataforma.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.

**Precondiciones:**

Debe existir una Asignatura.  
Debe existir un Período.

**Flujo Principal:**

1. El usuario hace clic en *Asignaturas*.



2. La plataforma muestra una página con las asignaturas existentes, el botón *Asignatura nuevo* y el enlace *Curso nuevo*.

Departamento	Título de Asignatura	Cursos	Acciones
Medicina Social y Salud Familiar	Dermatología	1	[ Curso nuevo ]

3. El usuario hace clic en *Curso nuevo*.
4. La plataforma muestra la interfaz de creación de un Curso.

Período (obligatorio) II-2010 2010/2011  
Nombre Dermatología  
Descripción  
Corrección ortográfica: No  
Fecha inicio: -- -- --  
Fecha fin: -- -- --  
Política de Suscripción (obligatorio) Abierto  
Agregar profesor (obligatorio)  Sí  No  
Class key

5. El usuario llena los parámetros que caracterizan un Curso y hace clic en el botón *OK*.
6. La plataforma crea el Curso.

**Flujo de Excepción:**

No tiene.

**Poscondición:**

El Curso es creado en la plataforma y es asociado a un Período, un Departamento y una Asignatura.

<b>Caso de uso:</b>	Administrar Applets
<b>Actores:</b>	Profesor
<b>Propósito:</b>	Agregar un applet al curso.
<b>Resumen:</b>	El Profesor puede agregar nuevos applets de administración al curso para aumentar los servicios que se ofrecen en el curso.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.

**Precondiciones:**  
Se debe crear un Curso.

**Flujo Principal:**

1. El usuario hace clic en *Administrar applets*.



2. La plataforma muestra una página con los *Applets Activos* y los *Applets que Agregar*.

Home	Courses	Comunidades	Panel de control	Administration	Curso de Ejemplo
Página de la Clase	Calendario	Documentos	Class Admin		

**Applets Activos**

- Servicio de correo - (no puede ser borrado)
- File-Storage - (no puede ser borrado)
- Calendario - (no puede ser borrado)
- Applets del núcleo de dotLRN - (no puede ser borrado)
- FAQ - (no puede ser borrado)
- Forums - (no puede ser borrado)
- Tarea - (no puede ser borrado)
- Noticias - (no puede ser borrado)
- Datos estáticos (HTML) - (no puede ser borrado)

**Applets que Agregar**

- Información de los miembros del grupo [ [agregar](#) ]
- Información del equipo de dotLRN [ [agregar](#) ]
- Assessment Applet [ [agregar](#) ]
- Evaluation [ [agregar](#) ]
- Sincronización [ [agregar](#) ]

3. El usuario hace clic en *agregar*, en el applet *Sincronización*.

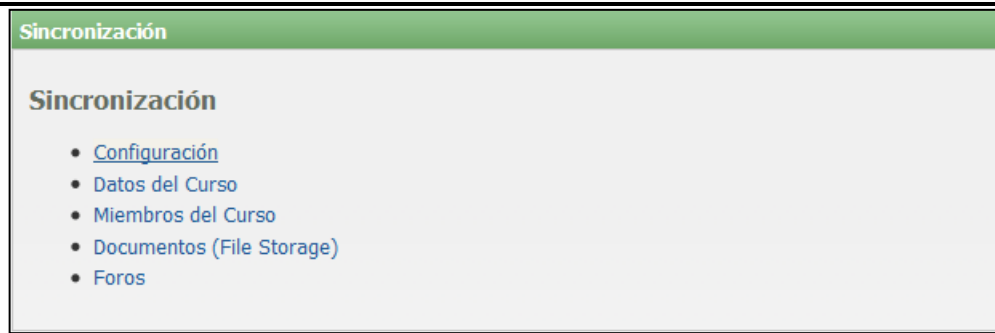
**Flujo de Excepción:**

No tiene.

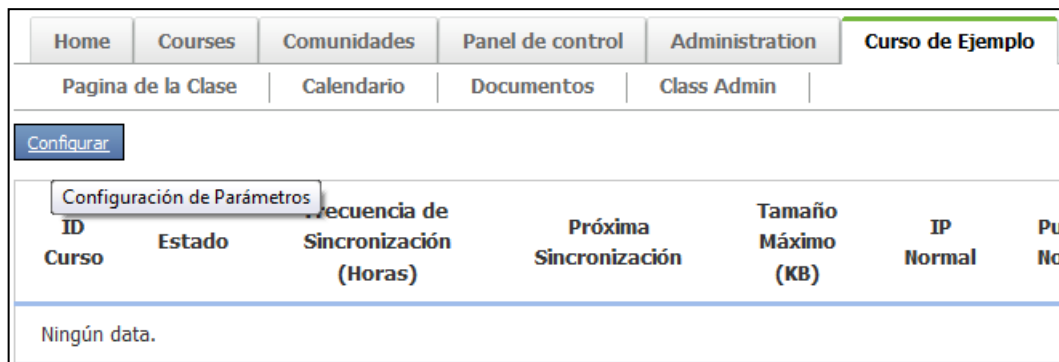
**Poscondiciones:**

La plataforma agrega el applet Sincronización en la página de administración de un Curso.

<b>Caso de uso:</b>	Configurar Parámetros de Sincronización
<b>Actores:</b>	Profesor
<b>Propósito:</b>	Configurar los parámetros de sincronización de un Curso.
<b>Resumen:</b>	El Profesor puede configurar los parámetros de sincronización de un Curso desconectado agregando el applet Sincronización y estableciendo los parámetros que éste necesita como direcciones IP y puertos de las plataformas, frecuencia de sincronización, tamaño máximo permitido para transferir un archivo entre las plataformas y estado del applet (activo o cancelado).
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El applet Sincronización debe ser adicionado al Curso.
<b>Flujo Principal:</b>	1. El usuario debe hacer clic en <i>Configuración</i> .

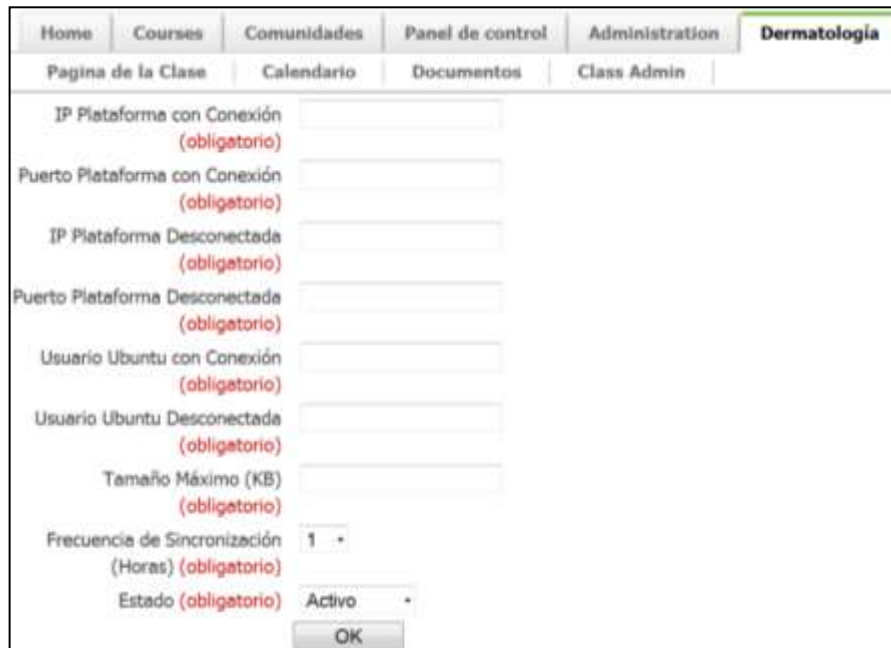


2. La plataforma muestra una página con los parámetros de sincronización actuales.



3. El usuario hace clic en *Configurar*.

4. La plataforma muestra una página con campos de texto y menús de selección.



5. El usuario establece los parámetros de sincronización.

6. La plataforma verifica que los parámetros ingresados no estén vacíos y los almacena en la base de datos.

**Flujo de Excepción:**

6. La plataforma verifica que los parámetros ingresados no estén vacíos, si hay campos vacíos entonces vuelve a mostrar la página para que los campos de texto sean llenados.

The screenshot shows a web interface with a navigation menu at the top containing 'Home', 'Courses', 'Comunidades', 'Panel de control', 'Administration', and 'Dermatología'. Below the menu are sub-tabs: 'Página de la Clase', 'Calendario', 'Documentos', and 'Class Admin'. The main content area contains several input fields, each with a red error message:
 

- 'IP Plataforma con Conexión' (obligatorio) IP Plataforma con Conexión es requerido
- 'Puerto Plataforma con Conexión' (obligatorio) Puerto Plataforma con Conexión es requerido
- 'IP Plataforma Desconectada' (obligatorio) IP Plataforma Desconectada es requerido
- 'Puerto Plataforma Desconectada' (obligatorio) Puerto Plataforma Desconectada es requerido
- 'Usuario Ubuntu con Conexión' (obligatorio) Usuario Ubuntu con Conexión es requerido
- 'Usuario Ubuntu Desconectada' (obligatorio) Usuario Ubuntu Desconectada es requerido
- 'Tamaño Máximo (KB)' (obligatorio) Tamaño Máximo (KB) es requerido
- 'Frecuencia de Sincronización (Horas) (obligatorio)' with a dropdown menu showing '1'.
- 'Estado (obligatorio)' with a dropdown menu showing 'Activo'.

 An 'OK' button is located at the bottom of the form.

**Poscondición:**

La plataforma almacena los parámetros de configuración de la sincronización del Curso en la base de datos y si la sincronización quedó activa, entonces se realiza una sincronización con la Plataforma con Conexión y se deja activo un temporizador que indica el tiempo en el que ocurrirá la siguiente sincronización.

<b>Caso de uso:</b>	Gestionar Miembros del Cursos
<b>Actores:</b>	Profesor
<b>Propósito:</b>	Adicionar o dar de baja en un Curso miembros de la plataforma.
<b>Resumen:</b>	El Profesor de un Curso adiciona o quita miembros de éste, también puede modificar el rol de un miembro ya adicionado al Curso.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El miembro que se va adicionar al Curso debe existir en la plataforma.
<b>Flujo Principal:</b>	1. El usuario escribe el nombre, apellido o correo electrónico del miembro que

va a adicionar y hace clic en *buscar*.

Home Courses Comunidades Panel de control Administration **Dermatología**

Página de la Clase Calendario Documentos Class Admin

Escribir a los Miembros

Agregar un miembro  buscar

Create and add a member

CSV Quite todos Profesores Quite todos Administradores del curso Quite todos Tutores Quite todos Profesores asociados

Quite todos Alumnos

Apellido	Nombres	Correo electrónico	Rol	Acciones
Ningún data.				

2. La plataforma muestra una página con los resultados de la búsqueda.

Home Courses Comunidades Panel de control Administration **Dermatología**

Página de la Clase Calendario Documentos Class Admin

Agregar un miembro

Los resultados de su búsqueda son:

- Profesor01Apellido, Profesor01Nombres (profesor01@unicauca.edu.co)

3. El usuario escoge el miembro que va a adicionar al Curso de los resultados de la búsqueda.

4. La plataforma muestra una página en la cual se escoge el rol del miembro que se va adicionar.

Home Courses Comunidades Panel de control Administration **Dermatología**

Página de la Clase Calendario Documentos Class Admin

Agregar un miembro

Va a agregar **Profesor01Nombres Profesor01Apellido (profesor01@unicauca.edu.co)** a Dermatología:

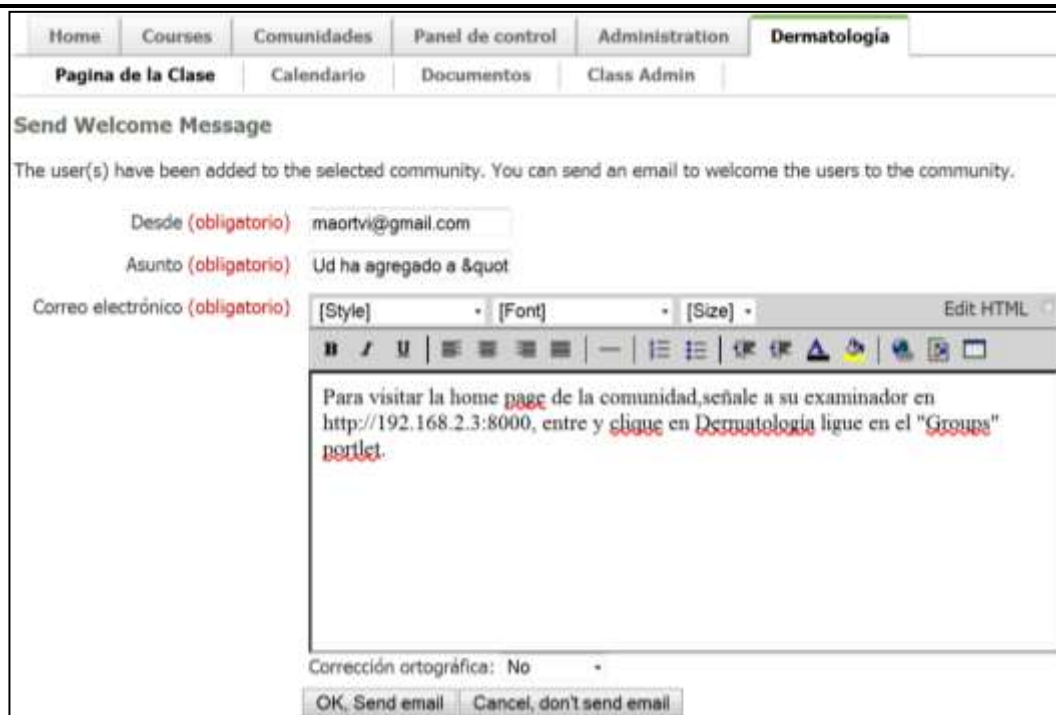
Rol:  agregar

- Profesor
- Administrador del Curso
- Tutor
- Profesor asociado
- Alumno

5. El usuario determina el *Rol* del miembro que va agregar.

6. La plataforma muestra una página en la que se muestra el mensaje de bienvenida que se enviará al correo del miembro adicionado.





7. El usuario puede hacer clic en *OK, Send email* ó *Cancel, don't send email*.
8. La plataforma muestra la página de los miembros de un Curso.

**Flujo de Excepción:**

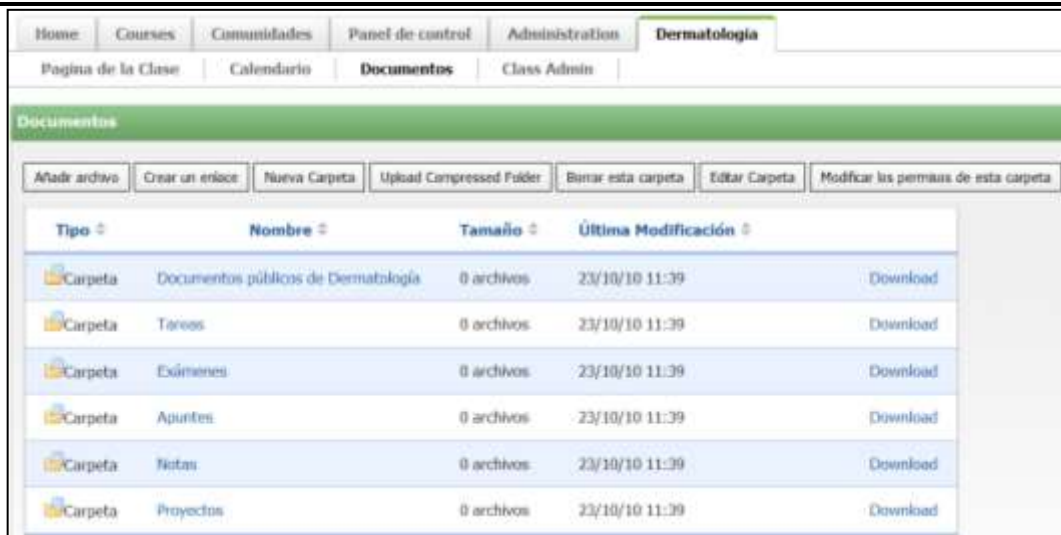
No tiene.

**Poscondición:**

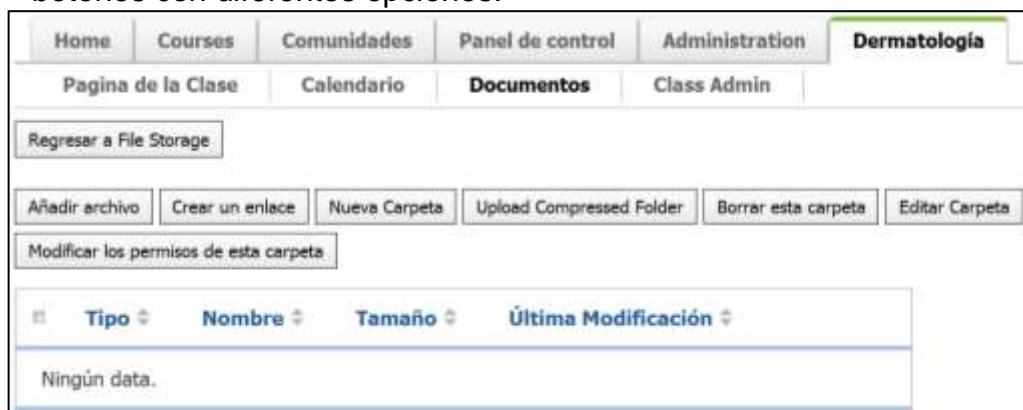
El miembro es adicionado al Curso y si el usuario que lo matriculo dio clic en *OK, Send email*, entonces se le enviará un correo de bienvenida al Curso al miembro.

<b>Caso de uso:</b>	Administrar Documentos del Curso
<b>Actores:</b>	Profesor
<b>Propósito:</b>	Subir nuevos documentos o modificar los ya existentes.
<b>Resumen:</b>	Un Profesor puede subir nuevos archivos en los documentos del Curso, también puede modificar los archivos subidos y eliminarlos en cualquier momento.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El usuario debe iniciar sesión en la plataforma.
<b>Flujo Principal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario hace clic en una de las 6 subcarpetas de los Documentos de un Curso.</li> </ol>





2. La plataforma muestra una página con los documentos de esa carpeta y botones con diferentes opciones.



3. El usuario hace clic en *Añadir archivo* para agregar un documento a la plataforma o en *Nuevo* para añadir una versión más reciente de un archivo ya existente.
4. La plataforma muestra interfaz con un botón para buscar un archivo dentro del equipo en el cual se trabaja y campos de texto para agregar un *Título* y una *Descripción* al archivo que se va subir.

Home	Courses	Comunidades	Panel de control	Administration	<b>Dermatología</b>
Página de la Clase	Calendario	<b>Documentos</b>	Class Admin		

**Subir un nuevo archivo**

If you upload a file with the same name as a file already in this folder, we will alter your new file's name by adding an incremental suffix (eg. "mydoc.doc" -> "mydoc-1.doc") and making it a new, separate file.

*Note that this is not the Title of the file, which you can specify as you like. This is the File Name, which must be unique in each folder.*

Subir un archivo (obligatorio)

Título:

Descripción:

Corrección ortográfica: No ▾

Múltiples ficheros  Esto es un fichero ZIP que contiene múltiples archivos.

- El usuario hace clic en *Browse\_* y selecciona la ruta donde se encuentra el archivo y si gusta también adiciona un *Título* y una breve *Descripción*. Finalmente hace clic en el botón *OK*.
- La plataforma muestra la página con el contenido de la carpeta.

**Flujo de Excepción:**

No tiene.

**Poscondición:**

El archivo es adicionado dentro de una de las subcarpetas de la sección de Documentos de un Curso.

<b>Caso de uso:</b>	Administrar Foros
<b>Actores:</b>	Profesor
<b>Propósito:</b>	Crear, modificar o deshabilitar un foro.
<b>Resumen:</b>	En un Curso un Profesor puede crear o deshabilitar un foro de discusión sobre un tema del Curso y puede modificar los parámetros del foro (tipo de presentación: plana o en hilos, moderado o no moderado, abierto o cerrado)
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El usuario debe iniciar sesión en la plataforma.
<b>Flujo Principal:</b>	1. El usuario hace clic en <i>Nuevo Foro</i> en el portlet <i>Forums Administration</i> .



2. La plataforma muestra una página con los parámetros del foro que se deben establecer.

3. El usuario establece cada uno de los parámetros que caracterizarán al foro y hace clic en el botón OK.
4. La plataforma verifica que los parámetros no estén vacíos y crea el foro dentro del Curso

#### Flujo de Excepción:

4. La plataforma verifica que los parámetros no estén vacíos, si existe algún campo vacío entonces avisa al usuario para que complete los parámetros.

#### Poscondición:

El foro queda creado dentro del Curso y aparece en la página principal del Curso para todos los usuarios miembros del Curso.

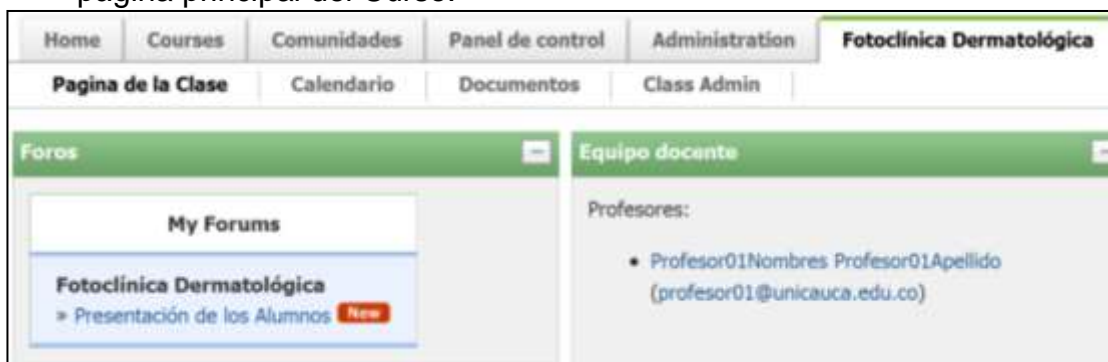
<b>Caso de uso:</b>	Participar en un Foro
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Crear un mensaje dentro de uno de los foros de un Curso.
<b>Resumen:</b>	Un Usuario puede participar en una discusión de un foro propuesta por el Profesor para el curso, puede ingresar nuevos mensajes o borrar los mensajes expuestos por él, si el Profesor lo permite puede crear nuevos hilos de discusión.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.

**Precondiciones:**

Debe estar habilitado el foro del Curso.

**Flujo Principal:**

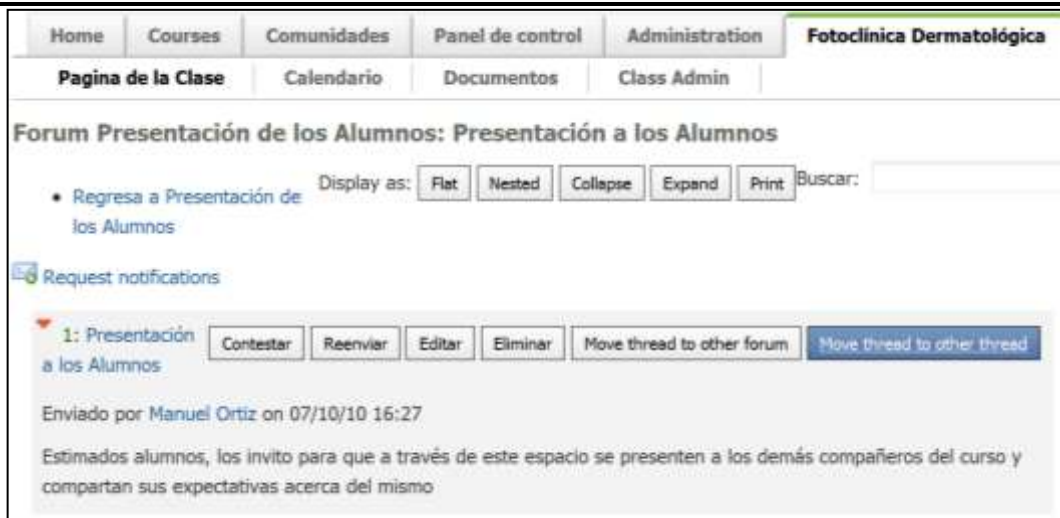
1. El usuario hace clic en el foro en el que va a escribir el mensaje, seleccionándolo de la lista de foros que aparecen en el portlet *Foros* de la página principal del Curso.



2. La plataforma muestra una página con las discusiones existentes dentro del foro.



3. El usuario hace clic en una de las discusiones del foro.
4. La plataforma muestra una página con todos los mensajes escritos en esa discusión y botones con diferentes opciones en cada uno de los mensajes.



5. El usuario hace clic en el botón *Contestar* en el mensaje al que él va a responder.
6. La plataforma muestra una interfaz de respuesta al mensaje donde se encuentran los parámetros *Título*, *Cuerpo del mensaje* y *¿Adjuntar archivo(s)?*.



7. El usuario llena los parámetros de respuesta del mensaje y hace clic en *Enviar*.
8. La plataforma verifica que los parámetros de respuesta de un mensaje estén llenos y luego muestra el mensaje adicionado, como también los demás mensajes que pertenecen a esa discusión del Foro.

#### **Flujo de Excepción:**

8. La plataforma verifica que los parámetros de respuesta de un mensaje estén llenos, si están vacíos entonces le avisa al usuario para que complete

los parámetros.

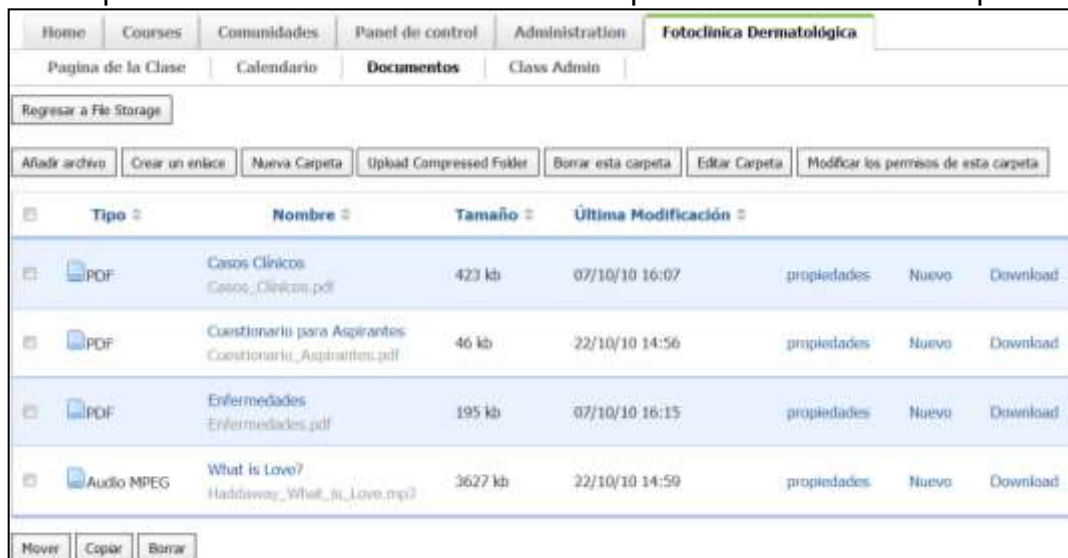
**Poscondición:**

El mensaje es adicionado como respuesta a uno de los mensajes ya existentes en la discusión del foro y son presentados en forma plana o en forma indentada dependiendo de los parámetros de configuración del foro.

<b>Caso de uso:</b>	Descargar Documentos
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Descargar Documentos de cualquier curso al que pertenezca el usuario.
<b>Resumen:</b>	Un usuario puede descargar cualquiera de los documentos expuestos como material del curso en un curso al que pertenezca.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.
<b>Precondiciones:</b>	El documento a descargar debe ser previamente subido a la plataforma por un Profesor o un Administrador.
<b>Flujo Principal:</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El usuario hace clic en cualquiera de las subcarpetas de la sección de Documentos de un Curso.</li> </ol>



2. La plataforma muestra los documentos que contiene esta subcarpeta.



3. El usuario hace clic en el enlace *Download* que corresponde al documento a descargar.

4. Si el formato del documento es soportado por el navegador, entonces éste se abre directamente en el navegador, de lo contrario es guardado en el equipo.

**Flujo de Excepción:**

No tiene.

**Poscondición:**

El documento es abierto directamente en el navegador que se esté utilizando o guardado en el equipo si no se puede abrir directamente desde el navegador.



<b>Caso de uso:</b>	Administrar Perfil
<b>Actores:</b>	Usuario
<b>Propósito:</b>	Cambiar la información personal o la apariencia de su perfil.
<b>Resumen:</b>	El usuario puede efectuar cambios en su información personal y en la apariencia de la plataforma para su perfil.
<b>Tipo:</b>	Primario y real.

**Precondiciones:**

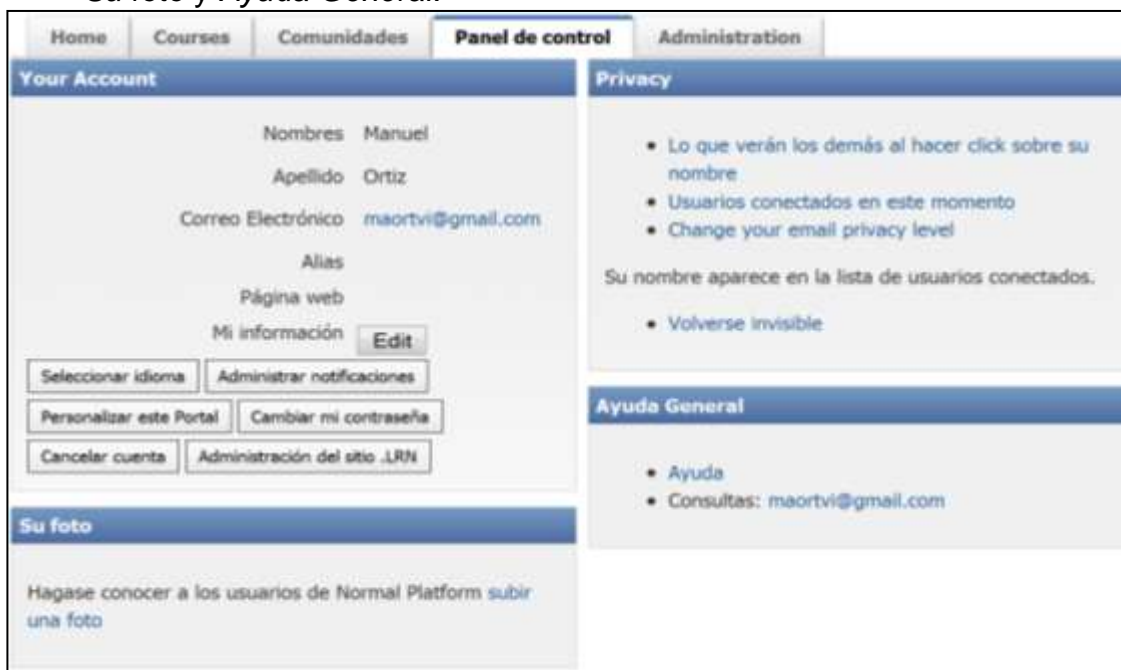
El usuario debe iniciar sesión en la plataforma.

**Flujo Principal:**

1. El usuario hace clic en la pestaña *Panel de Control* en la interfaz de la plataforma.

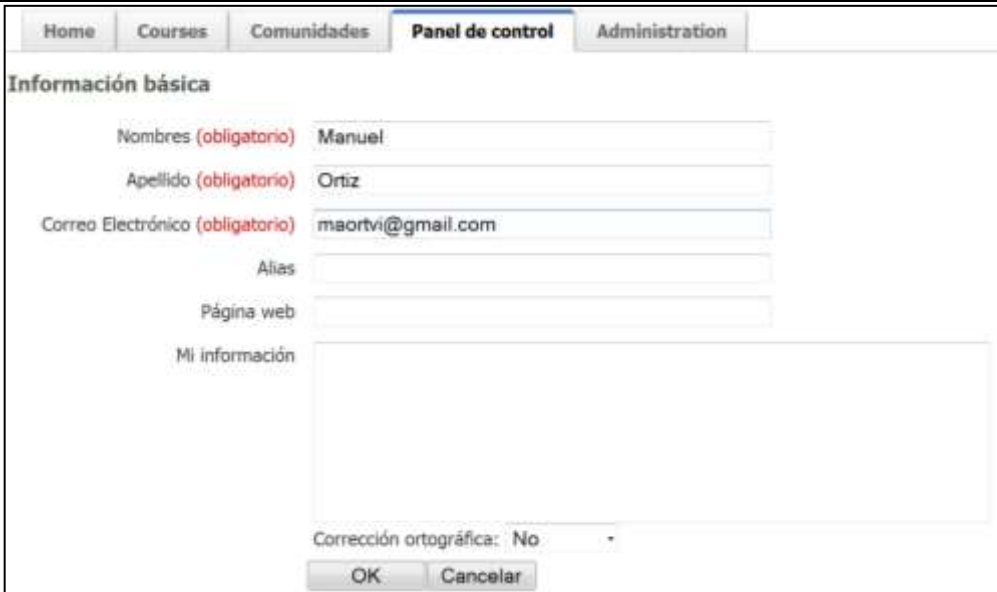


2. La plataforma despliega una página con los portlets *Your Account*, *Privacy*, *Su foto* y *Ayuda General*.



3. El usuario hace clic en el botón *Edit* del portlet *Your Account*.
4. La plataforma despliega una interfaz con parámetros del perfil del usuario.





5. El usuario edita los parámetros que él desee y hace clic en *OK*.
6. La plataforma valida que los parámetros *Nombres*, *Apellido* y *Correo Electrónico* no estén vacíos y luego los almacena en la base de datos.

**Flujo de Excepción:**

6. La plataforma valida que los parámetros *Nombres*, *Apellido* y *Correo Electrónico* no estén vacíos, si alguno de ellos está vacío entonces le avisa al usuario para que complete los parámetros.



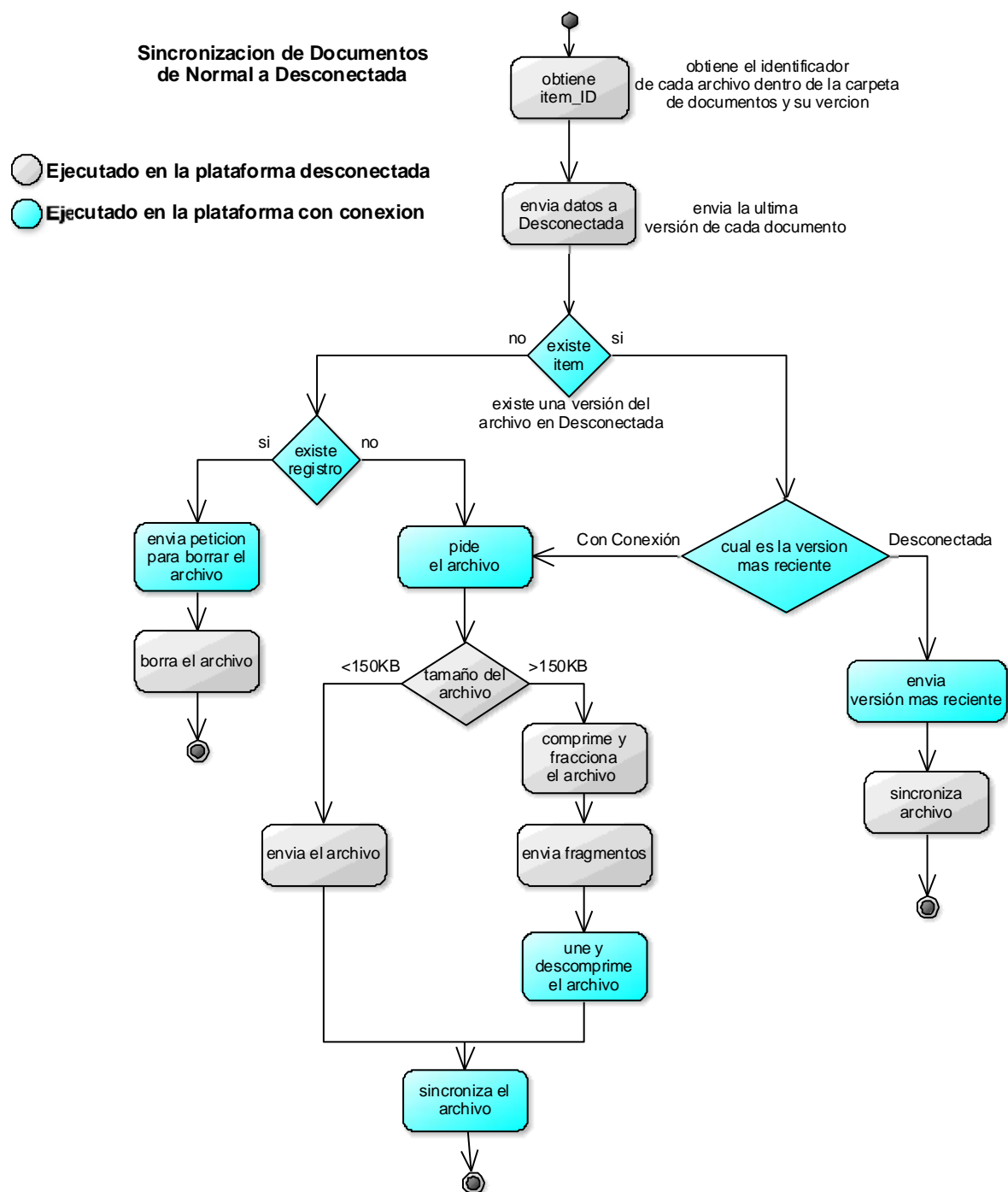
**Poscondición:**

Los parámetros del perfil del usuario son almacenados en la base de datos de la plataforma.

### 3.1.2. Diagrama de Secuencia de Sincronización entre las Plataformas

En la Figura 20 y la Figura 21 se muestran los diagramas de secuencia de la sincronización de documentos de un curso y la sincronización de miembros de un curso respectivamente. Esta secuencia lógica se usó también para la sincronización de los demás datos del curso.

### 3.1.2.1. Diagrama de Secuencia de la Sincronización de Documentos



**Figura 20 - Diagrama de comunicación para la replicación y sincronización de archivos de un Curso desconectado**

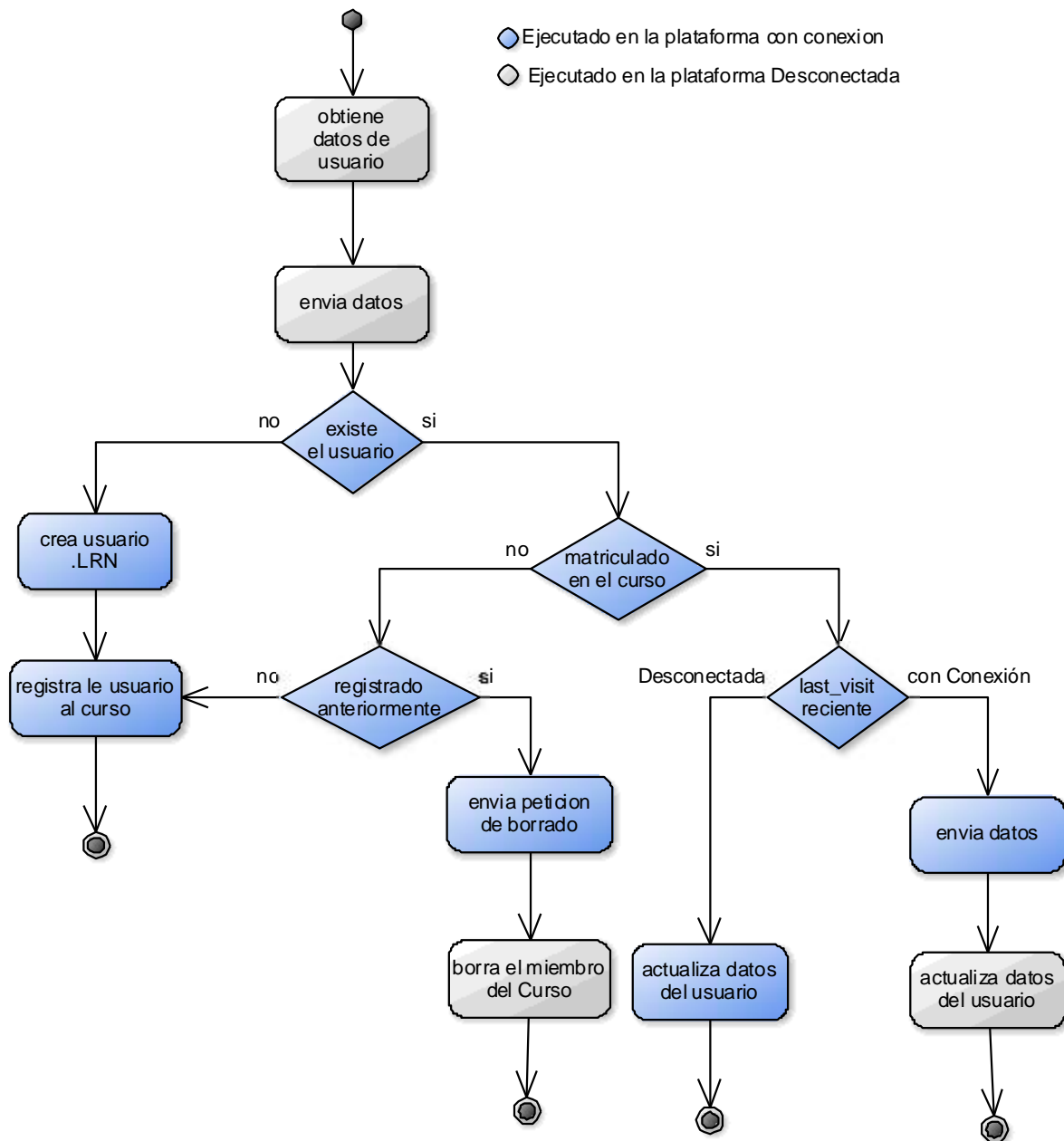
En la Figura 20 se muestra el diagrama de comunicación para la replicación y sincronización de documentos de un curso desconectado, el proceso se inicia en

la **Plataforma Desconectada**, después que se ha cumplido el tiempo de sincronización y en cuanto exista conexión.

- Obtiene los identificadores y la versión de los archivos pertenecientes al curso.
- Envía los datos con la última versión del archivo a la **Plataforma con Conexión**.
- En la **Plataforma con Conexión** se verifica si existe una versión del archivo.
  - Si la versión del archivo no existe.
    - Verifica si el archivo ha sido borrado del curso.
      - Si en archivo fue borrado del curso
        - Envía a la **Plataforma Desconectada** petición para borrar el documento.
        - En la **Plataforma Desconectada** se borra el documento.
    - Si el archivo no ha existido en la plataforma.
      - La **Plataforma con Conexión** pide a la **Plataforma Desconectada** que le envíe el archivo.
      - En la **Plataforma Desconectada** se verifica el tamaño del archivo.
        - Si el archivo es menor a 150KB.
          - Se envía el archivo.
        - Si el archivo es mayor a 150KB
          - Comprime y fracciona el archivo en pedazos de 150KB.
          - Envía los fragmentos a la **Plataforma con Conexión**.
          - En la **Plataforma con Conexión** se une el archivo y se descomprime.
          - Sincroniza el archivo adicionándolo a la **Plataforma con Conexión**.
    - Si existe una versión del archivo en la plataforma.
      - Verifica cual es la versión más reciente del archivo.
        - Si la versión más reciente es la versión de la **Plataforma con Conexión**.
          - Envía la versión más reciente a la **Plataforma Desconectada**.
          - En la **Plataforma Desconectada** se sincroniza el archivo.

### 3.1.2.2. Diagrama de Secuencia de la Sincronización de Miembros de un Curso

**Sincronización de miembros de un curso**  
**Diagrama de Comunicación**



**Figura 21 - Diagrama de comunicación para la sincronización de los miembros de un Curso**

En la Figura 21 se muestra el diagrama de comunicación para la sincronización de los miembros de un curso desconectado, el proceso de sincronización se inicia

desde el servidor desconectado al cumplirse el tiempo de retardo en las sincronizaciones y si existe conexión entonces inicia el proceso de sincronización.

- Obtiene los datos de los usuarios con modificaciones: nombres, apellidos, member\_id, last\_visit entre otros.
- Envía los datos a través de un mensaje XML-RPC.
- En la plataforma con conexión se verifica si el usuario existe.
  - Si el usuario no existe como usuario .LRN.
    - Crea el nuevo usuario .LRN.
    - Registra el usuario en el curso.
  - Si el usuario existe como usuario .LRN.
    - Verifica si el usuario se encuentra matriculado en el curso.
      - Si el usuario no se encuentra matriculado en el curso.
        - Verifica si fue registrado anteriormente y fue borrado.
          - Si ha sido borrado del curso.
            - Envía petición de borrado a la **Plataforma Desconectada**.
            - En la **Plataforma Desconectada** se da de baja el usuario del curso.
          - Si el usuario no ha sido registrado en el curso.
            - Registra el usuario en el curso.
        - Si el usuario está matriculado en el curso.
          - Verifica en que plataforma se hizo la última actualización.
            - Si la última actualización fue hecha en la **Plataforma con Conexión**.
              - Envía los datos del miembro a la **Plataforma Desconectada**.
              - En la **Plataforma Desconectada** se actualizan los datos del usuario con los datos de la **Plataforma con Conexión**.
            - Si la última visita fue hecha en la **Plataforma Desconectada**.
              - Actualiza los datos del usuario en la **Plataforma con Conexión**.

### 3.1.2. Paquetes del Prototipo

Para llevar a cabo la sincronización de los cursos, cada plataforma consta de dos paquetes, un paquete denominado *dotrn-sync* y otro denominado *sync*; *dotlrn-sync* es un paquete de tipo servicio, encargado de los procedimientos que permiten adicionar el applet con el que se configuran los parámetros de sincronización de un curso desconectado, el paquete *sync* es de tipo aplicación y contiene los procedimientos para llevar a cabo la sincronización de los datos del curso, del estudiante y de los foros o los archivos de los documentos.

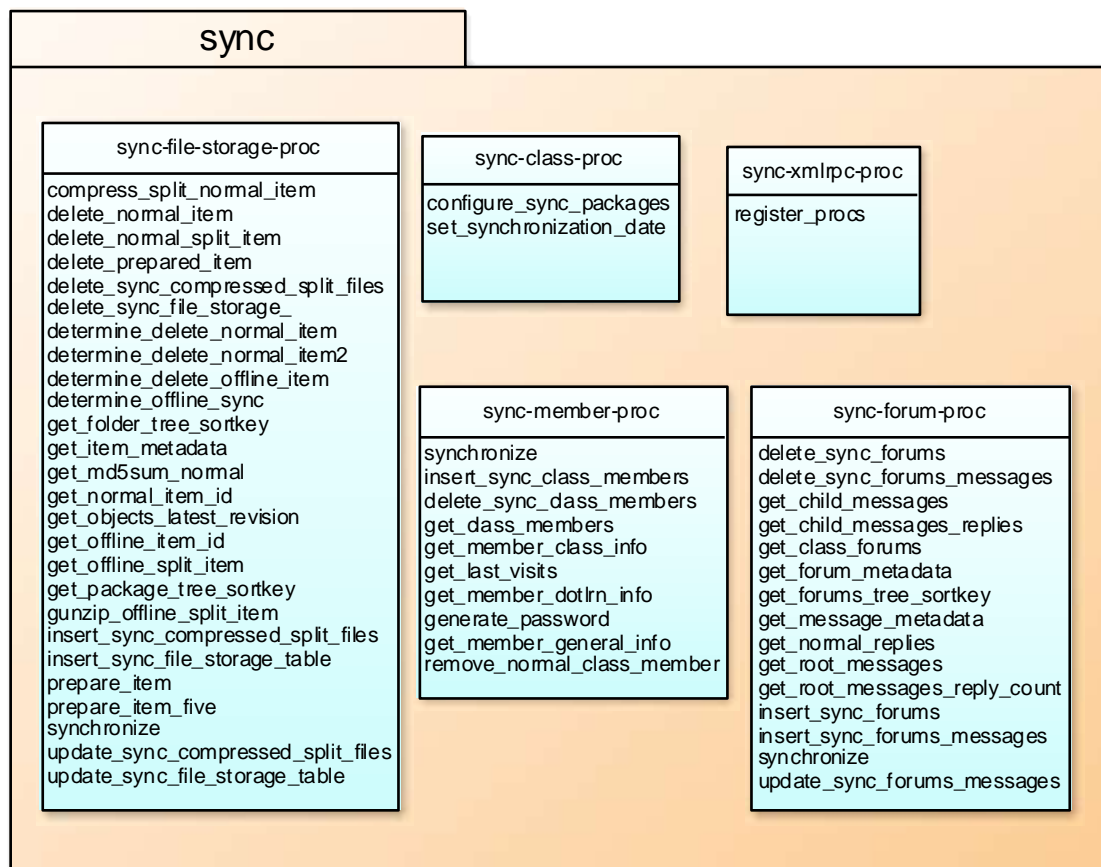


Figura 22 - Diagrama de clases del paquete *sync* del prototipo

En la Figura 22 se muestra la estructura de uno de los paquetes que permite llevar a cabo la sincronización, como los paquetes tanto para la **Plataforma con Conexión** como para la **Plataforma Desconectada** poseen la misma estructura en cuanto al número de clases, el nombre de estas y la función que cumplen también tienen los mismos objetivos, la principal diferencia se encuentra en los mensajes de comunicación que cada uno usa, lo que convierte a la **Plataforma con Conexión** en servidor de la aplicación y a la **Plataforma Desconectada** en cliente de la aplicación; la Figura 22 representa el paquete para ambas plataformas.

La descripción de las clases del paquete *sync* que se hace a continuación corresponde para el paquete instalado en la **Plataforma con Conexión**, el cual es el primer paquete que se accede para la sincronización de contenidos de las plataformas, para las clases del paquete que corresponde a la **Plataforma Desconectada** la descripción es la misma, solo cambia que se ejecutan después de ejecutar las del paquete de la **Plataforma con Conexión**.

Clase ***sync-xmlrpc-procs*** es la encargada de publicar los métodos que serán accedidos por la **Plataforma Desconectada** mediante los cuales se efectúa la

sincronización de los datos o se coordina el paso de archivos entre las plataformas.

Clase **sync-class-procs** es la clase que posee los métodos para replicar la información necesaria para la creación de un Curso y su respectiva sincronización cada vez que se efectúe algún cambio, la información que se replica y sincroniza es la relacionada con Período, Departamento y Asignatura al que pertenece el Curso, así como el Nombre del Curso, Fecha de inicio y de finalización y su Descripción.

Clase **sync-member-procs** es la clase que posee los métodos que permiten replicar la información de los usuarios que se encuentran matriculados en un curso habilitado como desconectado y sincronizarla en caso que sea modificada.

Clase **sync-file-storage-procs** es la encargada de controlar la replicación y sincronización de los documentos que pertenecen a un curso desconectado; solo el profesor y administrador de un Curso pueden subir y modificar archivos de un Curso, pero tienen la posibilidad de hacerlo desde cualquiera de las dos plataformas.

Clase **sync-forum-procs** es la clase que contiene los métodos necesarios para replicar los foros y sincronizar las intervenciones que se hagan por parte de los usuarios del Curso en una u otra plataforma.

### 3.2. AMBIENTES DE PRUEBA

Los ambientes en los que se probó el funcionamiento del prototipo fueron simulados ya que en el momento en que se efectuaron las pruebas el laboratorio de bajo costo de la red EHAS en la Universidad del Cauca había sido desmontado, se optó entonces por emular las conexiones limitando el ancho de banda durante la comunicación; aun cuando no se estén emulando las fluctuaciones que sufre la conexión debido a las condiciones medioambientales para el caso de la comunicación VHF o por la saturación de la red en el caso de conexión GPRS, se consideró que los resultados obtenidos muestran el comportamiento de una implementación de la arquitectura para zonas con acceso limitado y/o intermitente a Internet.

Para las pruebas los usuarios navegan mediante el navegador *Mozilla Firefox 3.5* y bajo un sistema operativo *Windows XP* en la **Plataforma con Conexión** y *Windows 7* en la **Plataforma Desconectada**, los servidores están montados en maquinas virtuales por el software de virtualización *VirtualBox* que es de distribución libre, el sistema operativo de la máquina virtual usada es *Ubuntu 8.4*, el servidor web instalado es *AOLServer* que es el necesario para montar la plataforma de *e-learning* .LRN 2.3.1. y para el paso de archivos a través de

*OpenSSH* (la instalación de todos estos componentes se encuentra en los anexos A y B).

### 3.2.1. Ambiente 1: conexión entre las dos plataformas sin restricciones de ancho de banda y pérdida de conexión controlada

El ambiente de pruebas 1 es una red sin restricciones de ancho de banda y con pérdidas de conexión controladas manualmente con la configuración mostrada en la Figura 23.

En este entorno el principal propósito fue verificar el funcionamiento del prototipo, verificar que la replicación y la sincronización de los distintos servicios se efectuara automática y correctamente, verificar también el comportamiento del prototipo cuando se pierde la conexión entre los servidores en diferentes puntos del proceso y estimar el retardo en el paso de la información entre las plataformas para compararlo con los tiempos obtenidos para la red con restricciones de ancho de banda.

El resultado de las pruebas realizadas se encuentra en el apartado 3.4 de este documento.



Figura 23 - Ambiente de pruebas 1

### 3.2.2. Ambiente 2: conexión con restricción del ancho de banda emulando una conexión con radio VHF como la de la red EHAS del Departamento del Cauca

El ambiente de prueba 2 emula una conexión como la de un centro de salud con conexión brindada por la red EHAS del Departamento del Cauca donde la conexión final es VHF con un ancho de banda de 9,6 Kbps, usando un radio VHF como receptor y la tarjeta de audio del equipo como modem, los radios VHF no son diseñados para transmitir por largo tiempo entonces como medida preventiva en el ambiente real transmiten tan solo 15 minutos y los apagan durante 15 minutos, aunque durante la emulación de la red las pérdidas de conexión se producen para verificar la correcta respuesta del prototipo y no durante 15 minutos como en el caso real.

El resultado de las pruebas realizadas se encuentra en el apartado 3.4 de este documento.



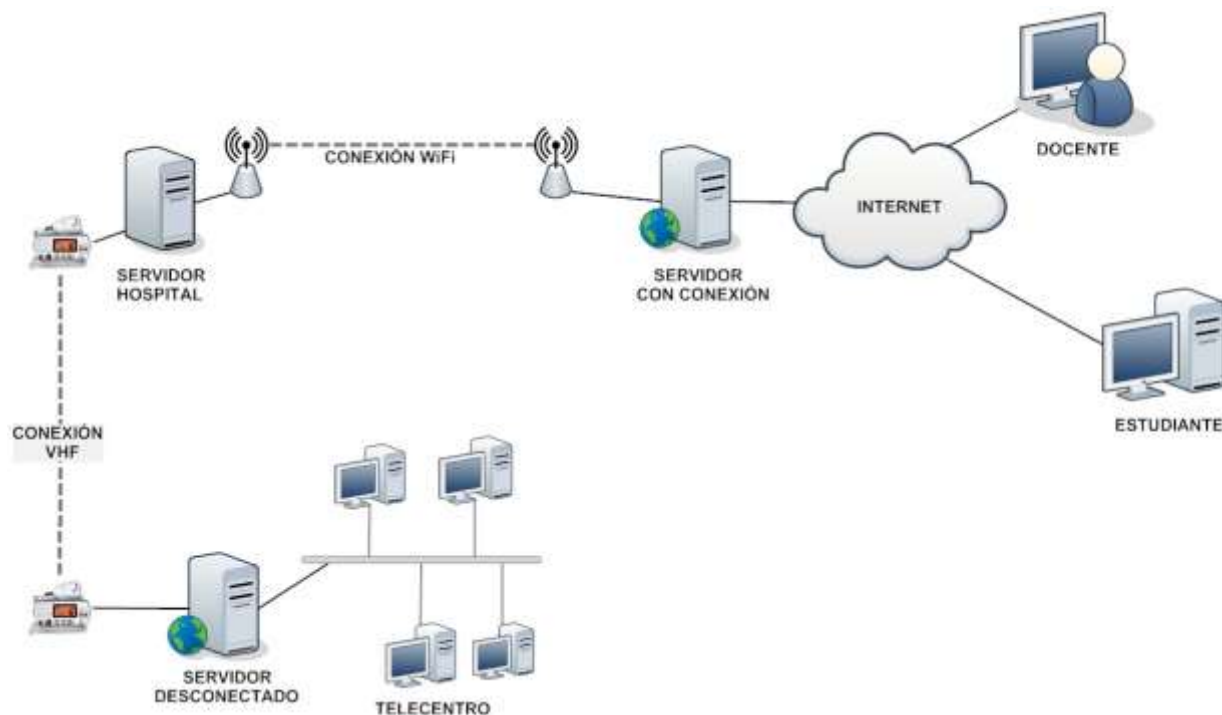


Figura 24 - Red VHF del Proyecto EHAS del Departamento del Cauca

### 3.2.3. Ambiente 3: conexión con restricción de ancho de banda simulando una conexión mediante GPRS

En el ambiente 3 se simula una conexión para la **Plataforma Desconecta** usando un celular con una conexión GPRS de 50 Kbps que fue el promedio de velocidad arrojado al hacer pruebas de velocidad en un celular con conexión GPRS brindada por el operador Tigo en la ciudad de Popayán.

Las pruebas en este ambiente aportan datos del comportamiento del prototipo en un ambiente como este pero con las mejores condiciones, sin fluctuaciones de velocidad debidas al rehusó del canal o a las condiciones ambientales o a la intensidad de la señal por ubicación en la celda.

El resultado de las pruebas realizadas se encuentra en el apartado 3.4 de este documento.

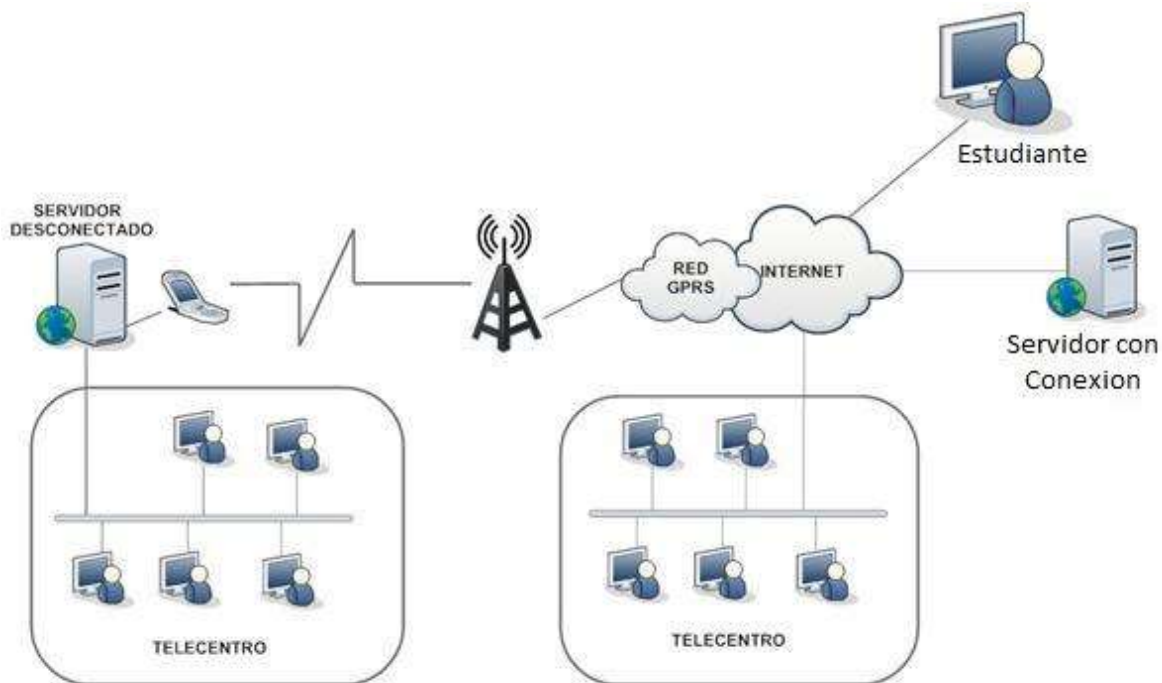


Figura 25 - Red de *e-learning* simulando conexión GPRS con un celular como modem

### 3.2.4. Ambiente 4: conexión mediante la red GPRS

En el ambiente 4 se realizó una conexión entre los servidores usando la red GPRS e Internet como modo de conexión entre las plataformas.

Estas pruebas se realizan en un ambiente real y los datos obtenidos muestran el comportamiento del prototipo bajo condiciones de fluctuación del ancho de banda debidas al rehusó del canal y pérdidas de conexión inesperadas debidas a la misma red.

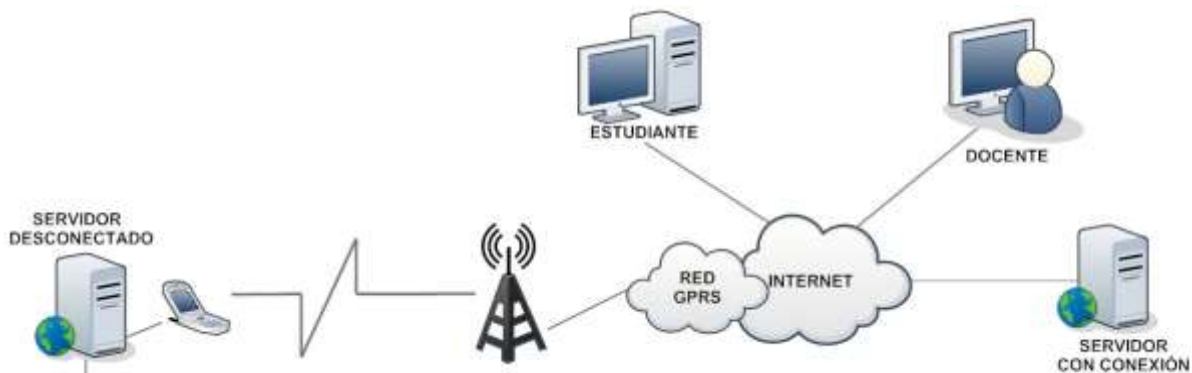


Figura 26: - Red de *e-learning* usando conexión GPRS con un celular como modem

### **3.3. CONFIGURACIÓN DE UN EQUIPO DE CÓMPUTO PARA NAVEGAR EN INTERNET A TRAVÉS DE LA CONEXIÓN GPRS DE UN DISPOSITIVO MÓVIL**

El procedimiento que se explica a continuación es una forma genérica de cómo realizar la conexión, se recomienda consultar el manual de usuario del dispositivo móvil que se vaya a utilizar para obtener datos precisos de cómo realizar la conexión a Internet.

Requisitos previos:

- ✓ El usuario titular del número celular tiene habilitados los servicios de navegación a través de GPRS con el operador que le brinda el servicio.
- ✓ Se cuenta con un dispositivo móvil que tenga el soporte necesario para crear una Conexión de Red en el equipo de cómputo que permita la navegación en Internet a través del celular.
- ✓ El equipo de cómputo posee un sistema operativo Windows (7 o XP).

Se realiza la instalación del controlador del dispositivo móvil. Siga las recomendaciones del manual de usuario del dispositivo para información precisa y detallada de cómo hacerlo. Después de que el dispositivo móvil haya sido detectado correctamente por el computador, se procede a la creación de una Conexión de Red en la cual se utilice el modem del dispositivo para acceder a Internet.

Se ingresa al Panel de Control del sistema operativo, en la sección de Conexiones de Red e Internet se procede a la creación de una nueva conexión, se siguen los pasos como si se fuese a configurar una conexión a Internet a través de línea telefónica, en el Número a Marcar se coloca \*99\*\*\*3# (dato para el operador TIGO Colombia). Los datos correspondientes a Nombre de Usuario y Contraseña quedan vacíos, en el Nombre de la Conexión se utiliza el nombre que el usuario quiera (ejemplo: TIGO Inter@ctivo), además es importante que esta conexión quede asociada al modem del dispositivo móvil.

Finalmente se realiza la marcación para conectarse a través de la Conexión de Red recientemente creada y si es necesario se configura el proxy para que permita el acceso a Internet por el navegador web, para el caso del operador TIGO Colombia se utilizan los siguientes datos:

Proxy HTTP: 200.58.228.81.

Puerto: 8080.

### **3.4. PUESTA EN LÍNEA DE LAS PLATAFORMAS DE *E-LEARNING***

La puesta en línea de las plataformas tiene una topología de red como la mostrada en la Figura 26. Los requisitos que deben cumplir las plataformas para que sean accedidas desde Internet son:

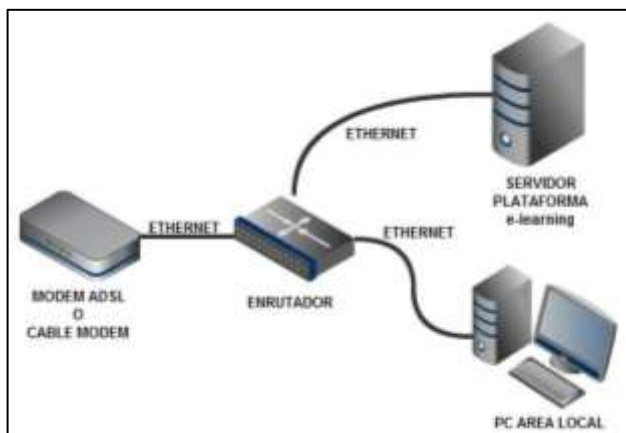


Figura 26 - Topología de red Internet ADSL o cable modem

- ✓ **Tener acceso a Internet:** para el caso de la **Plataforma con Conexión** se puede realizar la conexión a través de los servicios de cable modem o Internet ADSL ofrecidos por las diferentes empresas, como también a través de la red de alta velocidad de la Universidad del Cauca. Para el caso de la **Plataforma Desconectada** se hará a través de una conexión GPRS ofrecida por un operador de telefonía celular.
- ✓ **Asignar direcciones IP estáticas a los servidores:** existen dos formas de asignar una dirección IP estática dentro de un área local; una de estas formas es cuando el enrutador que está conectado al servidor da la posibilidad de reservar la dirección IP que tiene asignada el servidor tomando como parámetro de reserva la dirección MAC de la tarjeta de red del servidor; la segunda opción es a través del sistema operativo, ingresando a las propiedades de la conexión de red con la que está conectando el servidor y asignarle una dirección IP estática por fuera del rango de direcciones IP que asigna el servidor DHCP ubicado en el enrutador, esto último se hace para que no hayan equipos dentro de la red local con direcciones iguales.
- ✓ **Configurar el servidor virtual del enrutador:** todo enrutador posee dentro de su menú de configuración un servidor virtual, a este servidor se le deben adicionar dos condiciones para permitir que el tráfico proveniente de Internet sea dirigido hacia el servidor de *e-learning*:

Tabla 4 - Condiciones del servidor virtual del enrutador

Nombre de la Condición	Puerto de Entrada	Puerto Privado	Dirección IP Privada	Tipo
.LRN	8000	8000	IP Servidor	TCP
OpenSSH	22	22	IP Servidor	TCP

- ✓ **Configurar los firewalls:** si el firewall del enrutador está habilitado se deben adicionar dos excepciones, una en la que sea permitido el tráfico de Internet por el puerto 8000 hacia la IP del Servidor y otra excepción en la que el tráfico del puerto 22 sea permitido hacia la dirección IP del servidor, también se debe

realizar lo mismo en el firewall del sistema operativo o en la aplicación o programa que se esté utilizando como firewall.

- ✓ **Configurar el DNS (opcional):** existen servicios gratuitos que posibilitan la utilización de un nombre de dominio para las plataformas de *e-learning*, lo cual facilita el acceso a la plataforma a través de un nombre y no a través de una dirección IP. De igual manera también existen herramientas que permiten una sincronización entre la dirección IP que es asociada al nombre del dominio. Esta herramienta es útil ya que cuando se realiza una autenticación con el proveedor de Internet, generalmente la dirección IP cambia. Un ejemplo de una empresa que presta este servicio es DynDNS.com [40], y la herramienta que brinda se llama DynDNS Updater Configuration [41].

### 3.4.1. Puesta en Línea de la Plataforma Desconectada

La puesta en línea de la Plataforma Desconectada tiene una topología de red como la mostrada en la Figura 27 (fue necesario usar un equipo adicional con sistema operativo Windows para permitir el acceso a Internet de la plataforma debido a la falta de un controlador del dispositivo móvil para el sistema operativo Ubuntu 8.4). Después de la correcta configuración que permite el acceso a Internet al computador a través de un dispositivo móvil, se lleva a cabo la configuración para compartir la conexión a Internet del computador, éste proceso consiste en acceder a las propiedades de la Conexión de Red con la que se conecta el celular y extender éste acceso a la interfaz de red Ethernet del computador, convirtiendo al equipo de computo en servidor de Internet para el resto de equipos del área local, pasando a través del enrutador, el cual es el encargado de dirigir el tráfico de Internet hacia el servidor de la plataforma de *e-learning*.

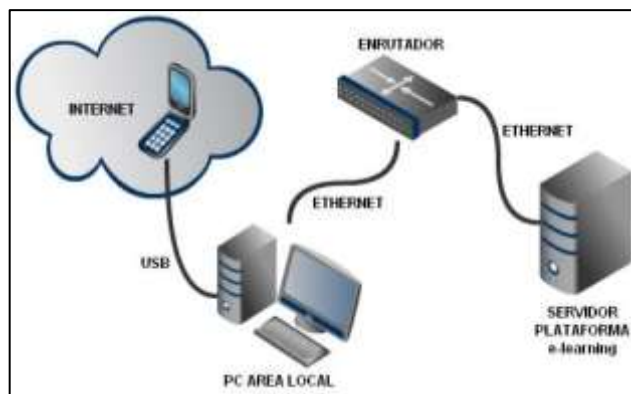


Figura 27 - Topología de red conexión GPRS

## 3.5. RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

Cada prueba se realizó cinco veces y los tiempos plasmados en las tablas son el promedio de los resultados obtenidos.

Para algunas de las pruebas no se obtuvo el tiempo de sincronización, tan solo se comprobó que el resultado fuera el esperado, ya que se considero que al ser una modificación de pruebas anteriores los tiempos de sincronización no cambiarían demasiado con respecto a la prueba inicial.

### 3.5.1. Pruebas de la Clase sync-class-procs

Se comprobó la replicación y sincronización de los parámetros asociados a un curso en la plataforma.

**Tabla 5. Tiempos de sincronización de datos de un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2 Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 GPRS
1.1 cambiar parámetros del periodo	50,8 ms	170,1 ms	70,4 ms	102,5ms
1.2 cambiar parámetros del departamento	69,3 ms	1217,6 ms	110,0 ms	125,6ms
1.3 cambiar parámetros de la asignatura	95,3 ms	534,2 ms	115,4 ms	128,3ms
1.4 cambiar parámetros del curso	403,9 ms	3678,0 ms	804,0 ms	895,7ms

### 3.5.2. Pruebas de la Clase sync-member-procs

Se comprobó la replicación y sincronización de la información relacionada con los usuarios, en la prueba los datos se introdujeron y se modificaron tanto en la **Plataforma con Conexión** como en la **Plataforma Desconectada** y se comprobó su correcta sincronización y posterior funcionamiento.

**Tabla 6. Tiempos de sincronización de datos de los miembros de un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2 Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 4 GPRS
2.1 nuevo miembro en la plataforma con conexión	2.560,8 ms	8.074,4 ms	2.850,3 ms	2.491,9ms
2.2 nuevo miembro en la plataforma desconectada	2.302,8 ms	6.501,1 ms	2.658,7 ms	2.921,9ms
2.3 cambios en un usuario desde la plataforma con conexión	2.670.9 ms	7.600,3 ms	3.356,2 ms	5.147,3ms

2.4 cambios en un usuario desde la plataforma con desconectada	2.532,9 ms	6.222,9 ms	3.310,9 ms	4.364,9ms
2.5 cambios a un usuario usando propiedades de administrador desde la plataforma desconectada	2.825,5 ms	5.829,4 ms	3.067,8 ms	4.364,4ms
2.6 cambios a un usuario usando propiedades de administrador desde la plataforma con conexión	2.731,0 ms	5.684,5 ms	3.404,8 ms	4.164,8ms
2.7 dos nuevos miembros en cada plataforma	8.335,4 ms	23.532,0 ms	9.686,9 ms	10.209,7ms
2.8 eliminar dos usuarios en cada plataforma	4.844,3 ms	8.883,7 ms	4.676,9 ms	4.988,3ms

### 3.5.3. Pruebas de la Clase sync-file-storage-procs

Se comprobó la replicación de los documentos que son adicionados en un curso y su respectiva sincronización en el momento en que se efectuó algún cambio a estos, las pruebas se hicieron tanto desde la **Plataforma con Conexión** hacia la **Plataforma Desconectada**, en sentido contrario y en ambos sentidos simultáneamente.

**Tabla 7. Tiempos de sincronización de un archivo de 100 KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 GPRS
3.1 nuevo archivo en la plataforma con conexión	7.319,0ms	115.097,1ms	29.803,1ms	40.537,4ms
3.2 nuevo archivo en la plataforma desconectada	6.758,2ms	113.577,7ms	25.953,9ms	4.706,2ms
3.3 nueva versión de los archivos	13.104,6ms	219.456,1ms	54.848,4ms	44.773,9ms
3.4 borrado de dos archivos	521.4ms	2.188,1 ms	555,1ms	925,6ms
3.6 tres nuevos archivos en cada plataforma	39.280,9ms	680.751,1ms	170.965,0ms	131.924,0ms
3.7 borrar y cambiar versión de los archivos	13.873,4ms	221.930,5ms	60.766,4ms	46.214,3ms

**Tabla 8. Tiempos de sincronización de un archivo de 350KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2 Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 GPRS
3.1 nuevo archivo en la plataforma con conexión	19.976 ms	247.684,0 ms	57.756,7 ms	88.200,1ms
3.2 nuevo archivo en la plataforma desconectada	13.520 ms	359.101,3 ms	93.543,3 ms	12.371,1ms
3.3 nueva versión de los archivos	32.986 ms	673.500,7 ms	172.844,6 ms	102.932,4ms
3.4 borrado de dos archivos	562 ms	1.207,1 ms	539,6 ms	932,0ms
3.6 tres nuevos archivos en cada plataforma	98.328 ms	1.828.677,6 ms	460.390,0 ms	347.601,4ms
3.7 borrar y cambiar versión de los archivos	34.158 ms	723.895,2 ms	169.148,1 ms	148.675,2ms

**Tabla 9 - Tiempos de sincronización de un archivo de 1315KB en un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 GPRS
3.1 nuevo archivo en la plataforma con conexión	30.932,8ms	60.376,9ms	33.821,8ms	45.915,3ms
3.2 nuevo archivo en la plataforma desconectada	30.937,0ms	815.172,1ms	34.536,0ms	312.526,0ms
3.3 nueva versión de los archivos	61.404,7ms	833.793,6ms	65.329,7ms	357.809,4ms
3.4 borrado de dos archivos	534,6ms	884,0ms	560,6ms	946,7ms

### 3.5.4. Pruebas de la Clase sync-forums-procs

Se probó la replicación de nuevos foros de una plataforma a la otra y la sincronización de los nuevos aportes dentro de los mismos.

**Tabla 10 - Tiempos de sincronización de un foro de un curso desconectado en los diferentes ambientes**

Prueba	Ambiente 1 2Mbps	Ambiente 2 10 Kbps	Ambiente 3 50 Kbps	Ambiente 4 GPRS
4.1 nuevo foro en la plataforma con conexión	486,5 ms	2.293,2 ms	454,9 ms	512,7ms
4.5 nuevo mensaje desde la plataforma con conexión	307,3 ms	2.251,6 ms	591,7 ms	630,8ms
4.6 respuesta al mensaje desde la	479,6 ms	3.330,0 ms	729,2 ms	780,8ms



plataforma desconectada				
4.7 nueva respuesta al mensaje desde la plataforma con conexión	679,6 ms	4.073,0 ms	961,9 ms	985,3ms
4.8 borrar una respuesta desde la plataforma con desconectada	673,3 ms	5.018,7 ms	1.048,9 ms	1.147,6ms
4.9 borrar una respuesta desde la plataforma con conexión	394,4 ms	1.641,6 ms	443,0 ms	502,1ms
4.10 cuatro nuevos foros desde la plataforma don conexión	521,5 ms	8.638,5 ms	1.819,5 ms	2.012,5ms

### 3.5.5. Prueba de Rendimiento del Equipo Servidor

Se probó el uso de RAM y de disco duro en el equipo servidor desconectado con un equipo que tiene las siguientes características: RAM 1.25GB y un procesador Pentium IV de 2.8 GHz.

**Tabla 11 - Consumo de RAM del servidor**

Procesos	Consumo de RAM
Solo el Sistema Operativo Windows XP	203MB
SO Windows XP y Corriendo la maquina virtual con sistema operativo Ubuntu 8.4	728MB
SO Windows XP, Ubuntu 8.4 y la plataforma de <i>e-learning</i> .LRN	854MB

**Tabla 12 - Porcentaje máximo de consumo de procesador y aumento en el uso de RAM**

Acción	Consumo de Procesador	Aumento en Consumo de RAM
Sin usuarios	3% Estable	0 KB
Cada vez que un usuario inicia cesión	55% Pico	892 KB
Cada vez que se abre un archivo en la plataforma	49% Pico	1200 KB
Cada vez que un usuario realiza una acción	38% Pico	630 KB

### 3.5.6. Prueba de Fraccionamiento de los Archivos

Se efectuó la sincronización de un archivo de 1315KB entre las plataformas y se modifico el parámetro que indica el tamaño máximo de archivo a enviar

**Tabla 13 - Tiempos de sincronización con diferentes tamaños máximos para la transferencia de archivos**

100 KB	150 KB	200 KB	300 KB	500KB	1500KB
49.685,9ms	32.434,7ms	26.448,8ms	20.658,7ms	14.963,8ms	9.596,6ms

### 3.6. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En algunos casos el retardo de sincronización de información es muy similar entre los ambientes de pruebas, esto debido a que el tamaño de la información que se transmite es pequeño, este retardo entonces es debido a la obtención de los datos en el origen y su sincronización en la otra plataforma, la diferencia de velocidad se nota en el paso de archivos especialmente, que es en el momento en que mayor cantidad de información es transmitida.

Los usuarios con rol de estudiantes no notaran que se encuentran en un entorno desconectado en el momento de ingresar a un curso de la **Plataforma Desconectada**, incluso pueden cambiar de una plataforma a la otra sin notar un cambio considerable, la única diferencia es el modo de acceso, ya que la dirección web es diferente, y también pueden tener una sensación de menor velocidad de navegación en la **Plataforma con Conexión**; pero sus atributos y privilegios serán los mismos.

Para usuarios con rol de Administrador o Profesor de un curso se adiciona la función de configurar la sincronización del curso, pero el resto del proceso se puede decir que es transparente estar en una o en la otra plataforma y el proceso de sincronización también se hace transparente, a menos que se desee cambiar los parámetros de sincronización.

Para algunos resultados parciales los tiempos de sincronización estuvieron muy por encima de los valores promedios, esto debido a que el equipo efectuaba otra tarea en ese mismo instante, lo que muestra la incidencia de las características del equipo servidor (velocidad del procesador, capacidad de memoria RAM etc.) para la sincronización, por tanto el equipo que se use como servidor en la zona con poco acceso a Internet debe tener buenas prestaciones, aun cuando los equipos que estén conectados a él no las tengan, ya que estos no realizan ninguna otra operación diferente a la de acceder a los contenidos.

Entre los ambientes 2 y 4 que son la red que emula una conexión GPRS y la conexión GPRS real los datos son muy diferentes, al sincronizar un archivo de la plataforma con conexión a la plataforma desconectada el tiempo de la conexión GPRS real está por encima del tiempo de la conexión simulada, mientras que al sincronizar un archivo de la plataforma desconectada a la plataforma normal el tiempo de sincronización de la conexión GPRS real disminuye bastante, esto debido a que la velocidad de subida y de bajada no es uniforme, y la diferencia entre las dos es grande, incluso lo hace más rápido que la conexión GPRS simulada.

El equipo servidor necesita una buena memoria RAM para poder correr la plataforma de la manera en que se monto para este proyecto, usando una maquina virtual de Ubuntu 8.4, y necesita un buen procesador para atender las peticiones de los usuarios.

Entre más pequeños sean las fracciones en que se divide un archivo mayor será el retardo en la sincronización de este.

## 4. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

### 4.1. CONCLUSIONES

La implementación de una **Plataforma Desconectada** que replique y sincronice información relacionada con usuarios, cursos y servicios básicos de *e-learning* con una **Plataforma con Conexión** es una forma eficiente de contrarrestar las barreras que se encuentran en este tipo de redes con bajo ancho de banda y poca disponibilidad, conocidas como entornos desconectados.

El servidor de la **Plataforma Desconectada** brinda los servicios de *e-learning* dentro de su red local de forma rápida y eficiente, como si el usuario se encontrara trabajando con una conexión a Internet de alta velocidad, dando así aprendizaje desconectado de calidad a usuarios de entornos con conexiones a Internet de bajo ancho de banda e intermitentes.

El proceso de sincronización entre la **Plataforma Desconectada** y la **Plataforma con Conexión** está basado en un esquema cliente-servidor, donde la **Plataforma Desconectada** es el cliente y la **Plataforma con Conexión** el servidor, la fase de replicación/sincronización es transparente para los usuarios, periódica, configurable y ajustable en parámetros como direcciones, puertos y estado de la sincronización.

Los archivos mayores al tamaño definido serán seccionados y comprimidos antes de llevar a cabo el proceso de replicación/sincronización, optimizando así este proceso ya que en caso de pérdida de conexión el archivo no tendrá que ser reenviado por completo sino tan solo las partes faltantes.

El retardo durante el paso de archivos puede variar dependiendo del tipo de archivo que se quiera enviar, ya que es mucho más eficiente la compresión de un archivo .pdf que de una imagen, por ejemplo.

Aunque la replicación de contenidos no es lo más eficiente en cuanto al almacenamiento de la información porque produce redundancia de los datos, para los ambientes desconectados es una buena solución al no tener que depender del ancho de banda que posea la red o si existe conexión en el momento en que el usuario puede trabajar o requiera de los datos.

La arquitectura utilizada en este trabajo de grado es aplicable a un curso estructurado de tele-educación para apoyar procesos de *e-learning* en cualquier zona del país siempre que tenga una conexión a Internet aunque sea de poco ancho de banda y/o intermitente.

En Colombia la cantidad de zonas con baja velocidad de conexión a Internet e intermitencia de la misma es muy alta, aunque el gobierno destina recursos para subsanar este inconveniente, la realidad actual indica que el momento para que haya acceso real y eficiente de toda la población a la tecnología aun está lejos, lo que hace que la replicación/sincronización de contenidos para soportar los servicios de *e-learning* sea una buena solución mientras llega ese momento.

Un requerimiento no funcional como el de automatizar la sincronización/replicación en el prototipo desarrollado y la arquitectura utilizada en este trabajo de grado es muy importante ya que la población objetivo tiene pocas nociones del manejo de herramientas tecnológicas e incluir obligaciones adicionales para su uso, además de su proceso de educación puede ser desmotivante.

La calidad del aprendizaje desconectado que se dé a usuarios pertenecientes a este tipo de entornos va depender más de las características del equipo en donde se instale la **Plataforma Desconectada** que del hecho de si hay o no hay acceso a Internet en el momento en que se encuentre realizando sus estudios.

La utilización de una **Plataforma Desconectada** que brinde sus servicios de *e-learning* dentro de una red local de un tele-centro, una escuela o cualquier tipo de edificación destinada para fines de educación es superior en cuanto a número de usuarios que puede abarcar en comparación a las soluciones ofrecidas por los programas de Compartel, ya que en este caso en particular al trabajar dentro de una red local se podría soportar hasta 50 equipos de computo, mientras que las soluciones brindadas por Compartel se limita el número de equipos a 5 o menos, compartiendo entre estos una conexión a Internet que por lo general es de 128K o 256K en la mayoría de los casos.

A pesar de que la red EHAS en el Departamento del Cauca ya no se encuentra en funcionamiento es posible apoyar cursos de la universidad mediante la red celular GSM.

## 4.2. TRABAJOS FUTUROS

Desarrollar un paquete de servicios web estable que se pueda integrar a la solución creada para permitir una interacción con otras plataformas de *e-learning*, permitiendo de esta manera la interacción con herramientas de otras universidades o entidades de educación.

Implementar la replicación/sincronización de otros servicios también necesarios como calendario, material de aprendizaje y noticias, que son usados en mayor medida por Profesores, para ofrecer una mejor experiencia de aprendizaje desconectado y ampliar la gama de utilidades que interactúan con la plataforma de *e-learning* EVA de la Universidad del Cauca.

Aunque la implementación está orientada a la red EHAS del Departamento del Cauca y usa la plataforma de *e-learning* .LRN como herramienta principal, la arquitectura utilizada en este trabajo de grado se puede aplicar para desarrollar aplicaciones en otras plataformas como Blackboard, la plataforma de educación virtual del SENA, que al igual que el proyecto EHAS tiene un objetivo de beneficio social y trabaja con población de bajos recursos y esto podría dar un mayor impacto en zonas alejadas geográficamente y con poco acceso a Internet.

Ampliar la arquitectura en la que se baso este trabajo de grado hacia entornos móviles (*m-learning*), enviando mensajes o contenidos del curso al celular del estudiante para que esté al tanto de los cambios y tareas del curso o desarrollar un curso por secciones en un dispositivo móvil a través de agentes móviles, por ejemplo un agente por cada sección o capítulo a tratar en el curso.

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] Misael Carmen Temoche, "La educación tradicional vs la educación moderna desde el punto de vista de la filosofía de la educación". [Online]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos16/educacion-tradicional/educacion-tradicional.shtml>, [Accessed: Sept. 9, 2010].
- [2] Ing. Jorge A. Mendoza, "e-Learning, el futuro de la educación a distancia". [Online]. Available: <http://www.informaticamilenium.com.mx/paginas/mn/articulo78.htm> [Accessed: Sept. 9, 2010].
- [3] M. Solarte, C. A. Lucero, G. E. Guerrero, J. M. Teherán, "Aproximación a una arquitectura de teleeducación para personal de salud en zonas rurales con acceso a redes de telecomunicaciones de bajo costo". Congreso Colombiano de Comunicaciones IEEE COLCOM 2008. pp. 3-4.
- [4] Serrano, "C. E. Construcción de Soluciones – Modelo de Referencia para el Desarrollo de Proyectos" v.1.1. Universidad del Cauca. 1997
- [5] José Vladimir Burgos Aguilar, "hacia un modelo de quinta generación en educación a distancia una visión de competencia con perspectiva global" abril de 2004. [Online] Available: [http://www.ateneonline.net/datos/15\\_03\\_Burgos\\_Vladimir.pdf](http://www.ateneonline.net/datos/15_03_Burgos_Vladimir.pdf) [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [6] Albert Sangrà Morer "Educación a distancia, educación presencial y usos de la tecnología: una tríada para el progreso educativo" Universitat Oberta de Catalunya mayo de 2002 [Online] Available: <http://edutec.rediris.es/Revelec2/revelec15/sangra.pdf> [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [7] Fernando Brenes Espinoza, "El concepto de educación a Distancia", [Online] Available: <http://www.uned.ac.cr/SEP/aulavirtual/facilitadores/elaboracurso/mod1/concepto.pdf> [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [8] Clara López Guzmán "La Web y los sistemas e-learning". 2005, [Online] Available: [http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/pdf/capitulo\\_2.pdf](http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/pdf/capitulo_2.pdf) [Accessed: Sept. 9, 2010]

- [9] David Leyva Leyva, Daymy Tamayo Avila, "Herramientas para la creación y gestión de objetos de Aprendizaje reutilizables". Universidad de las Ciencias Informáticas Cuba, Junio 2006
- [10] Clara Lopez Guzman, "los repositorios de objetos como soporte para los entornos e-learning", 2005, [Online] Available: [http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/objetos\\_aprendizaje.htm](http://www.biblioweb.dgsca.unam.mx/libros/repositorios/objetos_aprendizaje.htm) [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [11] Juan Mexica Rivera, Esmeralda Contreras Trejo "implementación de tecnologías educativas tipo CBT en la enseñanza de la ingeniería de software", [Online] Available: <http://bibliotecadigital.conevyt.org.mx/colecciones/documentos/somece2002/Grupo2/mexicariverajuan.pdf> [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [12] Julio César González Mariño, "LMS Basada en Software Libre, una alternativa viable para implantar el modelo BLearning en Educación Superior", EDUSOL 2006, [Online] Available: [http://edusol.info/sites/edusol.info/files/Blearning\\_JulioGlz.pdf](http://edusol.info/sites/edusol.info/files/Blearning_JulioGlz.pdf) [Accessed: Sept. 9, 2010]
- [13] Manuel I. Martínez Acuña, "Aprendizaje móvil", La Ciencia Y El Hombre: revista de divulgación científica y tecnológica de la universidad de Veracruz, vol. 20, no 2, mayo-agosto de 2007, [Online]. Available: <http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol20num2/articulos/aprendizaje/index.html>
- [14] "Thierry Groussard Entorno desconectado en VB.NET 2005" junio 2005, [Online]. Available: <http://skrdz.wordpress.com/2010/06/25/entorno-desconectado-en-vb-net-2005/> [Accessed: Setp. 9, 2009].
- [15] .LRN Learn, Research, Network, "Home page," .LRN Learn, Research, Network. [Online]. Available: <http://dotlrn.org/>. [Accessed: Setp. 9, 2009].
- [16] OpenACS, "Home page,". [Online]. Available: <http://openacs.org/>. [Accessed: Sept. 9, 2010].
- [17] A. Pentland, R. Fletcher, A. Hasson, "DakNet: Rethinking Connectivity in Developong Nations," Published by the IEEE Computer Society, January 2004. [Online]. Available: [http://www.firstmilesolutions.com/documents/DakNet\\_IEEE\\_Computer.pdf](http://www.firstmilesolutions.com/documents/DakNet_IEEE_Computer.pdf). [Accessed: Sept. 10, 2010].



- [18] Delay Tolerant Networking Research Group, "Home page," Delay Tolerant Networking Research, 2002. [Online]. Available: <http://www.dtnrg.org/wiki/Home>. [Accessed: Sept. 10, 2010].
- [19] A. Seth, S. Keshav, and S. Bhattacharaya, "Application Support for Opportunistic Communication on Multiple Wireless Networks," University of Waterloo. [Online]. Available: <http://blizzard.cs.uwaterloo.ca/keshav/home/Papers/data/05/ocmp.pdf>. [Accessed: Sept. 10, 2010].
- [20] A. Seth, D. Kroeker, M. Zaharia, S. Guo, and S. Keshav, "Low-cost Communication for Rural Internet Kiosks Using Mechanical Backhaul", Delay Tolerant Networking Research Group, 2006. [Online]. Available: <http://www.cs.uwaterloo.ca/~a3seth/ruralkiosks.pdf>. [Accessed: Sept. 14, 2009].
- [21] Compartel, "¿Qué es Compartel?," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6097>. [Accessed: Sept. 10, 2010].
- [22] Compartel, "Conectividad a las Instituciones Públicas," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6145>. [Accessed: Sept. 8, 2010].
- [23] Compartel, "Primera Fase Conectividad a las Instituciones Públicas," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6376>. [Accessed: Sept. 8, 2010].
- [24] Compartel, "Segunda Fase Conectividad a las Instituciones Públicas," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6377>. [Accessed: Sept. 8, 2010].
- [25] Compartel, "Tercera Fase Conectividad a las Instituciones Públicas," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6378>. [Accessed: Sept. 8, 2010].
- [26] Qualificar, "Cartilla de Iniciación Apropiación Personal, Programa Compartel de Conectividad en Banda Ancha para Instituciones Públicas," e-Colombia, p. 17, July 2008. [Online]. Available: <http://www.e-colombia.com.co/web/IMG/pdf/Capitulo1.pdf>. [Accessed: Sept. 10, 2010].

- [27] Compartel, "Cuarta Fase Conectividad a las Instituciones Públicas," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/faces/index.jsp?id=6379>. [Accessed: Sept. 8, 2010].
- [28] Compartel, "Informe al Congreso 2009," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia, p. 4, May. 2009. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Compartel/Inversion/Info%20Compartel%20Congreso%2029%20mayo%20de%202009.doc>. [Accessed: Sept. 09, 2010].
- [29] Compartel, "Puntos de Conectividad en el Departamento del Cauca" Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: <http://www.compartel.gov.co/sig.asp?SelPRY=CNC&SELDEPTO=19&Submit=Consultar....> [Accessed: Sept. 21, 2009].
- [30] Compartel, "Rendición de Cuentas Junio 2010," Ministerio de Comunicaciones Republica de Colombia, p. 3 ,Jun. 2010. [Online]. Available: <http://www.mintic.gov.co/mincom/documents/portal/documents/root/Compartel/Comunicaciones%20y%20Prensa/Leyes%20y%20Decretos/COMPARTEL-RENDICIONDECUENTAS.ppt>. [Accessed: Oct. 09, 2010].
- [31] Computadores para Educar - Un camino hacia el conocimiento, "Qué es CPE?," Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: [http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=44&Itemid=139](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com_content&task=view&id=44&Itemid=139). [Accessed: Sept. 10, 2010].
- [32] Computadores para Educar - Un camino hacia el conocimiento, "Computadores para Educar Logros y Gestión 2008," Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Republica de Colombia, pp. 19-20, Sep. 2008. [Online]. Available: [http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com\\_remository&Itemid=200&func=download&id=120&chk=1a2495f60575df8f624f0b682fc224cc&no\\_html=1](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com_remository&Itemid=200&func=download&id=120&chk=1a2495f60575df8f624f0b682fc224cc&no_html=1). [Accessed: Oct. 15, 2009].
- [33] Computadores para Educar - Un camino hacia el conocimiento, "METAS Y LOGROS," Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones Republica de Colombia. [Online]. Available: [http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com\\_content&task=view&id=86&Itemid=222](http://www.computadoresparaeducar.gov.co/website/es/index.php?option=com_content&task=view&id=86&Itemid=222). [Accessed: Sept. 21, 2009].
- [34] EHAS - Enlace Hispanoamericano de Salud, "Quiénes somos," EHAS - Enlace Hispanoamericano de Salud, 2004. [Online]. Available: <http://www.ehas.org/>. [Accessed: Sept. 10, 2010].

- [35] Á Rendón et al., "Rural Telemedicine Infrastructure and Services in the Department of Cauca, Colombia," *Telemedicine and e-Health*, vol. 11, no. 4, pp. 451-459, Aug. 2005. [Online]. Available: <http://www.ehas.org/uploads/file/difusion/articulos/revistas/rural-telemedicine-infrastructure-and-services-in-the-department-of-cauca-colombia.pdf>, [Accessed Sept. 10, 2010].
- [36] D. F. Manquillo, "Acceso a Bibliotecas Digitales desde Redes de Baja Velocidad," Trabajo de Grado, Universidad del Cauca, Popayán, Cauca, Colombia, 2008, pp. 1-2.
- [37] W. Moen, "The ANSI/NISO Z39.50 Protocol: Information Retrieval in the Information Infrastructure," *The ANSI/NISO Z39.50 Protocol*, 2002. [Online]. Available: <http://www.cni.org/pub/NISO/docs/z39.50-brochure/>. [Accessed: Sept. 9, 2009].
- [38] R. Flickenger et al., "EHAS - Enlace hispanoamericano de Salud," en *Redes Inalámbricas en los Países en Desarrollo, Una guía práctica para planificar y construir infraestructuras de telecomunicaciones de bajo costo*, 2 ed, Junio 2007, pp. 311-326. [Online]. Available: <http://www.ehas.org/uploads/file/difusion/libros/redes-inalambricas-para-los-paises-en-desarrollo.pdf>. [Accessed: Sept. 10, 2010].
- [39] G. Araujo et al., "Red WiFi PAMAFRO EHAS," en *Redes Inalámbricas para Zonas Rurales*, 1 ed, Enero 2008, pp. 214-231. [Online]. Available: <http://www.ehas.org/uploads/file/difusion/libros/redes-inlambricas-para-zonas-rurales.pdf>. [Accessed: Sept. 21, 2009].
- [40] DynDNS.com, "Dynamic Services Inc.. [Online]. Available: <http://www.dyndns.com/>. [Accessed: Nov. 04, 2010].
- [41] DynDNS.com, "Dynamic Services Inc., DynDNS Update Clients. [Online]. Available: <http://www.dyndns.com/support/clients/>. [Accessed: Nov. 04, 2010].