

MODELO COMPUTACIONAL SOPORTADO EN REDES BAYESIANAS PARA LA COMUNIDAD VIRTUAL DE APOYO A LOS PROCESOS DE ETNOEDUCACION DE LA COMUNIDAD NASA



Monografía para optar al título de
Ingeniero de Sistemas

ANDRY LILIANA CHILITO GALINDEZ
VILMA YANETH SAMBONI VIDAL

Director:
Mag. Luz Marina Sierra
Codirector:
Ing. Roberto Carlos Naranjo

UNIVERSIDAD DEL CAUCA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES
PROGRAMA INGENIERÍA DE SISTEMAS
Grupo I+D en Tecnologías de la Información
Tecnologías de Internet
Popayán
2011



AGRADECIMIENTOS

El presente proyecto no podría haber sido realizado sin la colaboración de un sin número de personas que con su apoyo, talento, dedicación, trabajo, esfuerzo y paciencia permitieron que a lo largo de este año nuestro proyecto fuese realizado con el mayor de los éxitos. A todas estas personas nuestros más grandes y afectuosos agradecimientos.

A nuestro director, Magister Luz Marina Sierra, por su apoyo a lo largo del presente proyecto, por su colaboración incondicional, por creer en nuestras capacidades como ingenieros y por los buenos momentos que hicieron de esta experiencia una experiencia grata y enriquecedora.

Nuestros más sinceros agradecimientos al Grupo I+ en Tecnologías de la Información - GTI, por el apoyo brindado por todos y cada uno de sus integrantes que hacen que cada día que pasa nos sintamos más orgullosos de formar parte de las filas de un grupo de desarrollo tan exitoso como lo es el grupo GTI.

Finalmente, agradecemos a nuestras familias por su constancia, por su apoyo, por todos estos años de lucha a nuestro lado sin rendirse un solo minuto, por creer en nosotros y en nuestras capacidades, por el amor que siempre nos han brindado. A nuestros padres, abuelos, hermanos, a nuestros tíos, nuestros primos, gracias por permitirnos formar parte de sus vidas, nada de esto podría haberse logrado sin ustedes.

Andry Liliana Chilito Galíndez
Vilma Yaneth Samboní Vidal



TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCION	8
1.1	Planteamiento del problema	8
1.2	Objetivos	9
1.2.1	Objetivo General.....	9
1.2.2	Objetivos Específicos	9
1.3	Aporte.....	10
1.4	Diseño Metodológico	11
1.5	Organización de la Monografía.....	11
2.	MARCO DE REFERENCIA.....	13
2.1	Comunidad Virtual	13
2.2	Etnoeducación.....	14
2.3	Comunidades virtuales de Etnoeducación	15
2.4	Comunidad Nasa.....	15
2.5	EWA: Comunidad Virtual de Apoyo a los procesos de Etnoeducación Nasa - “Puutxwe’wna dxi’phadenwa”	17
2.5.1	Principios fundamentales de EWA.....	17
2.5.2	Modelo de EWA.....	18
2.5.3	Servicios que soporta EWA	19
2.6	Teoría del Capital Social en Comunidades Virtuales	19
2.6.1	Concepto de capital social	19
2.6.2	Capital social en comunidades virtuales	20
2.6.3	Variables del Capital Social	20
2.7	Modelos computacionales	23
2.7.1	Modelo computacional basado en métodos gráficos probabilísticos	24
2.8	Redes Bayesianas.....	30
2.8.1	Tipo de variables que puede tener las redes bayesianas	31
2.8.2	Formas de Construir una red bayesiana.....	31
2.9	Herramientas para la construcción de redes bayesianas	36
2.10	Inferencia	38
2.11	Proceso Unificado	39
2.11.1	Disciplinas de AUP	39
2.12	Antecedentes	40
2.13	Aportes del marco de referencia al trabajo de grado	40
3.	CONSTRUCCIÓN DEL MODELO COMPUTACIONAL BAYESIANO DE CAPITAL SOCIAL PARA EWA.....	42



3.1	Adecuación, selección y definición de variables de capital social para la comunidad virtual EWA.....	42
3.1.1	Participación en redes,	43
3.1.2	Reciprocidad,.....	43
3.1.3	Confianza,	43
3.1.4	Normas Sociales,	44
3.1.5	Acción colectiva y cooperación,.....	44
3.1.6	Proactividad,.....	44
3.1.7	Comunicación,.....	44
3.1.8	Información,.....	45
3.1.9	Comprensión compartida,.....	45
3.1.10	Comprensión individual,	45
3.2	Construcción de la red bayesiana cualitativa	45
3.3	Construcción de la red bayesiana cuantitativa	49
3.3.1	Identificación de los modelos canónicos	50
3.3.2	Obtención de las probabilidades.....	52
3.4	Evaluación de las probabilidades: explicación al experto.....	55
3.5	Evaluación de los resultados: explicación al experto	55
3.6	Ejemplo de uso del modelo computacional adecuado para EWA	56
3.7	Fortalezas y debilidades	56
4.	PROTOTIPO SOFTWARE PARA PROCESAR EL MODELO COMPUTACIONAL DE CAPITAL SOCIAL PARA LA COMUNIDAD VIRTUAL EWA	58
4.1	FASE DE INICIO	58
4.1.1	Iteración 1.....	58
4.1.2	Iteración 2.....	64
4.2	FASE DE ELABORACION.....	70
4.2.1	Iteración 1.....	70
4.3	FASE DE CONSTRUCCION	80
4.3.1	Iteración 1.....	81
4.3.2	Iteración 2.....	84
4.4	FASE DE TRANSICION	84
4.4.1	Iteración 1.....	84
5.	ANÁLISIS DE INFERENCIA	86
5.1	Escenario 1.....	86
5.2	Escenario 2.....	90
6.	RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	95
6.1	RESULTADOS	95
6.2	DIFICULTADES PRESENTADAS Y SOLUCIONES PLANTEADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO	96



6.2.1	Dificultad y Solución 2	96
6.2.2	Dificultad y Solución 3	96
6.3	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	96
6.3.1	Conclusiones	96
6.3.2	Recomendaciones y trabajo futuros.....	98
7.	BIBLIOGRAFIA	99



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo para la comunidad virtual EWA.	18
Figura 2. Grafo dirigido con conexión lineal	28
Figura 3. Grafo dirigido con conexión divergente	28
Figura 4. Grafo dirigido con conexión convergente	28
Figura 5. Construcción de una red bayesiana partiendo de una base de datos existente.	32
Figura 6. Construcción de una red bayesiana con la ayuda del experto.	33
Figura 7. Ejemplo de la estructura de una red bayesiana	34
Figura 8. Algoritmo para la construcción manual de redes bayesianas.	36
Figura 9. Ciclo de vida del Proceso Unificado Ágil (AUP)	39
Figura 10. Relación de dependencia entre las variables A y B.....	46
Figura 11. Relación de independencia entre las variables A y D.....	46
Figura 12. Primera versión de la estructura de la red bayesiana.....	47
Figura 13. Segunda versión de la estructura de la red bayesiana.....	48
Figura 14. Tercera versión de la estructura de la red bayesiana.....	48
Figura 15. Familia de la variable confianza	51
Figura 16. Valores a ingresar en la TPC para la variable confianza sin utilizar modelos canónicos.	51
Figura 17. Valores a ingresar en el modelo aplicando la puerta OR con ruido en la variable confianza.....	52
Figura 18. Parámetros canónicos para la variable confianza	55
Figura 19. TPC inicial para la variable confianza.	55
Figura 20. Prototipo de interfaz de usuario Iniciar Sesión	61
Figura 21. Prototipo de interfaz de usuario Menú principal Administrador.....	62
Figura 22. Prototipo de interfaz de usuario Menú principal DocenteDirectivo.....	62
Figura 23. Diagrama de caso de uso correspondiente al autor Administrador.	65
Figura 24. Diagrama caso de uso correspondiente al autor Docente o Directivo.	66
Figura 25. Modelo Conceptual.....	69
Figura 26. Interfaz Gestionar Escenario.....	74
Figura 27. Diagrama de secuencia Adicionar Escenario	75
Figura 28. Diagrama de secuencia Modificar Escenario	75
Figura 29. Diagrama de secuencia Eliminar escenario	76
Figura 30. Diagrama de Secuencia Visualizar Escenario.....	76
Figura 31. Diagrama de Secuencia Adicionar Servicio Variable.....	77
Figura 32. Diagrama de Secuencia Actualizar Servicio Variable.....	77
Figura 33. Diagrama de Secuencia Eliminar Servicio Variable.....	78
Figura 34. Arquitectura del sistema.....	79
Figura 35. Diagrama de despliegue de MCCSEWA	81
Figura 36. Mapeo de la Arquitectura del sistema	83
Figura 37. Datos de la inferencia en la red bayesiana.....	89
Figura 38. Red bayesiana al calcular inferencia, creación propia.....	89
Figura 39. Datos de la inferencia en la red bayesiana para el escenario 2.....	92
Figura 40. Red bayesiana al calcular inferencia, creación propia.....	93



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Variables de Capital Social y sus estados.....	49
Tabla 2. Grado de Incertidumbre para cada influencia.....	53
Tabla 3. Riesgos potenciales para el proyecto.....	63
Tabla 4. Matriz de probabilidad/impacto del riesgo.....	63
Tabla 5. Descripción resumida del Autor Administrador.....	66
Tabla 6. Descripción resumida del Autor DocenteDirectivo.....	67
Tabla 7. Descripción caso de uso Iniciar Sesión en formato de alto nivel.....	67
Tabla 8. Descripción caso de uso Gestionar Escenario en formato de alto nivel.....	67
Tabla 9. Descripción caso de uso Adicionar Escenario en formato de alto nivel.....	67
Tabla 10. Descripción caso de uso Visualizar Escenario en formato de alto nivel.....	67
Tabla 11. Descripción caso de uso Actualizar Escenario en formato de alto nivel.....	68
Tabla 12. Descripción caso de uso Eliminar Escenario en formato de alto nivel.....	68
Tabla 13. Descripción caso de uso Visualizar Servicio Variable en formato de alto nivel.....	68
Tabla 14. Descripción caso de uso Adicionar Servicio Variable en formato de alto nivel.....	68
Tabla 15. Descripción caso de uso Actualizar Servicio Variable en forma de alto nivel.....	68
Tabla 16. Descripción caso de uso Eliminar Servicio Variable en formato de alto nivel.....	69
Tabla 17. Cierre de la fase de Inicio.....	70
Tabla 18. Caso de uso extendido Gestionar escenarios.....	78
Tabla 19. Cierre de la fase de Elaboración.....	80
Tabla 20. Cierre fase de Construcción.....	84
Tabla 21. Cierre fase de Transición.....	85
Tabla 22. Datos iniciales de la red bayesiana para el escenario 1. De acuerdo a los resultados del capítulo 3.....	88
Tabla 23. Datos iniciales de la red bayesiana para el escenario 2. De acuerdo a los resultados del capítulo 3.....	92



LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Teorema de Bayes	27
Ecuación 2. Función de probabilidad conjunta para una red bayesiana	31
Ecuación 3. Equivalencia entre la relación lógica AND y OR	38
Ecuación 4. Valor Umbral	53
Ecuación 5. Valor base	53
Ecuación 6. Valor Peso.....	54
Ecuación 7. TPC para la variable confianza.....	54



1. INTRODUCCION

En este capítulo se presenta el planteamiento del problema, la descripción de los objetivos de la investigación, los aportes al desarrollar la investigación, las metodologías empleadas para responder la pregunta de investigación, y una exposición de estilo de presentación del documento.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El fenómeno de la globalización y la implementación de estándares de calidad en ámbitos culturales, educativos, sociales, entre otros, hace que se vuelva cada día más importante la utilización de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones – TIC, como apoyo a los procesos educativos. Teniendo en mente esto, la Universidad del Cauca a través de sus grupos de investigación (Grupo de I+D en Tecnologías de la Información- GTI y el Grupo de Estudios Lingüísticos, Pedagógicos y Socioculturales), con la participación activa del programa de educación bilingüe intercultural del Consejo Regional Indígena del Cauca –CRIC-, la comunidad Nasa (docentes, estudiantes y directivos) de la institución educativa Dxi'Phaden del resguardo López Adentro-Caloto, han desarrollado el proyecto de investigación “Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa”. Financiado por Colciencias y la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad del Cauca (Sierra, et al., 2007).

El proyecto anteriormente mencionado, tiene como producto principal la plataforma tecnológica que soporta la Comunidad Virtual de Etnoeducación Nasa (Puutxwe'wna dxi'phadenwa'), la cual integra elementos particulares de la cosmovisión y de la educación Nasa, suministrando servicios que soportan el modelo de enseñanza – aprendizaje, un modelo de evaluación del aprendizaje del Nasa Yuwe, y una estrategia de colaboración e interacción adaptados según las dinámicas educativas propias de la Comunidad Nasa. Actualmente, la Comunidad Virtual de Apoyo a los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa se encuentra en sus primeras fases de implantación (Sierra, et al., 2007).

La inclusión de esta Comunidad Virtual de Apoyo a los procesos de Etnoeducación Nasa (que a lo largo de esta investigación se nombrará como EWA) trae consigo nuevas formas de interacción social entre los miembros de la Comunidad Nasa; sin embargo, no se puede perder de vista que las TIC no suponen por sí mismas una garantía de uso en los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Nasa, con lo cual aparecen nuevos retos de gran importancia que se deben afrontar, para que la comunidad virtual se construya como comunidad y se mantenga en el tiempo mediante la interacción activa de sus participantes. Entre los retos que surgen se tienen: el uso apropiado de esta plataforma, crear sentido de pertenencia, generar colaboración o cooperación entre sus miembros y la participación activa de los miembros de la comunidad Nasa en ella. Por lo tanto, es necesario analizar las diferentes dinámicas que se pueden generar al interior de EWA (entre las que se encuentran: la interacción entre sus integrantes, su participación en los diferentes procesos de capacitación, evaluación y colaboración, y la socialización), para así entender mejor cómo las personas interactúan entre sí, comparten conocimiento e información dentro de la comunidad virtual, y cómo estas relaciones pueden influenciar de tal manera que se pueda incentivar y generar estrategias que favorezcan la inclusión de EWA como una herramienta productiva para apoyar los procesos de Etnoeducación que viene adelantando la comunidad Nasa.



Actualmente, con la evolución de los computadores que tienen gran capacidad de manejo de datos, han avanzado las técnicas de representación de la información asistidas por computador (Chávez, et al., 2008), teniendo gran acogida y aplicación en diferentes áreas, estas a su vez han permitido que se desarrollen sistemas expertos con la capacidad de simular y predecir situaciones reales, que tienen la facilidad de procesar e interpretar datos haciendo posible extraer el conocimiento de expertos o fuentes de datos disponibles para una adecuada toma de decisiones. Este es el caso de SITUA (Sistema de Tutoriales para Ariadna) (González, 2004), que representa el modelo del comportamiento del alumno en el proceso de adquisición del conocimiento, con el fin de guiar al alumno de forma inteligente en los progresos que realiza. En este sentido, se puede pensar en usar sistemas expertos especialmente basados en métodos gráficos probabilísticos para la simulación de escenarios reales de índole social que tienen un alto grado de incertidumbre¹, como lo es el capital social, ya que esta teoría se basa en estudio de las relaciones sociales de los individuos (González, 2009). De esta forma es posible plantear que esta teoría se puede simular por medio de un sistema experto basado en métodos gráficos probabilísticos (como por ejemplo, redes bayesianas, diagramas de influencia, etc.).

Por lo anteriormente expuesto, y con el propósito de generar estrategias que motiven la participación activa de los integrantes de la comunidad virtual de Etnoeducación Nasa, se hace necesario identificar el comportamiento de su capital social para conocer y analizar las variables fundamentales y sus relaciones. Por consiguiente, se plantea la pregunta de investigación: ¿Cómo estudiar las dinámicas de capital social que se presentan en la Comunidad Virtual de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa, utilizando un modelo computacional basado en métodos gráficos? Para poder resolver la pregunta mencionada anteriormente se propusieron los siguientes objetivos:

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo General

El principal objetivo de este trabajo, es proponer² un modelo computacional soportado en Redes Bayesianas para el análisis de las dinámicas de capital social aplicado a la Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa.

1.2.2 Objetivos Específicos

Para cumplir con el objetivo general, se han planteado los siguientes objetivos específicos:

- Adecuar³ un modelo computacional soportado en Redes Bayesianas que permita analizar las dinámicas⁴ de capital social de la Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa.

¹ La relación entre capital social e incertidumbre se encuentra en la sección 2.3.1 y una definición más profunda del concepto de incertidumbre se encuentra en la sección 2.4.1.1

² "Manifestar con razones algo para conocimiento de alguien, o para inducirle a adoptarlo." (DRA, 2010)

³ Entendiéndose por adecuar un modelo: tomar uno o varios modelos existentes y particularizarlos a las características propias de la Comunidad Virtual de Apoyo a los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa. (DRA, 2010) y (Sensagent, 2009)

⁴ Dinámicas tales como la interacción entre sus integrantes, su participación en los diferentes procesos de capacitación, evaluación y colaboración.



- Construir una herramienta software para procesar el modelo computacional diseñado, que contemple un módulo de ingreso de datos y un módulo de procesamiento, diseñado a partir de la adaptación de una aplicación existente.
- Realizar un análisis de inferencia, para estimar las probabilidades a futuro de las variables no observadas⁵, dados los valores de las variables observadas⁶ de la red bayesiana, con el fin de estudiar dos escenarios de un servicio que ofrece la Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa. Para que los interesados⁷ de EWA perciban lo que se debe cambiar, mejorar o seguir manteniendo en esta, con el fin de incentivar su uso.

1.3 APORTE

Al cumplir los anteriores objetivos, los aportes investigativos más significativos al desarrollar este proyecto se centra en:

- La identificación y definición de las variables específicas referentes al capital social de EWA, lo cual fue producto del análisis de las dinámicas particulares de esta comunidad virtual, como son: aspectos de Etnoeducación, formación de personas Nasa, cosmovisión, identidad cultural, revitalización de la lengua nasa yuwe, principios, propósitos y elementos que integran esta comunidad (Sierra, et al., 2010).
- La construcción del modelo computacional para analizar el capital social soportado en redes bayesianas para EWA, implicó unir los puntos comunes de las dinámicas de capital social, las redes bayesianas, las comunidades virtuales, las dinámicas de la Comunidad Nasa; de tal forma, que se pudiese generar un modelo que represente una abstracción del problema planteado, es decir, no es un proceso de sólo aplicar un modelo computacional ya existente. Para el caso de este proyecto la construcción del modelo computacional contó con dos partes fundamentales: constituir la parte cualitativa que es la estructural de la red (es decir, las variables, sus estados y las relación entre ellas) que fue usada para representar toda la información relativa al capital social de EWA y la parte cuantitativa que es la distribución de probabilidades a priori y condicionales de las variables (es decir, las tablas de probabilidades asociadas a cada variable).
- La sugerencia de una estrategia que surgió de los valores arrojados por la red bayesiana al realizar el análisis de inferencia del modelo computacional diseñado, para que EWA mantenga y mejore el interés, la participación y la apropiación de la comunidad Nasa y demás personas interesadas.
- Una herramienta software que permite a los interesados en la comunidad EWA utilizar los servicios ofrecidos por esta herramienta, entre los que se encuentran: consultar y modificar el modelo computacional generado en el presente proyecto, gestionar escenarios, generar evidencias, generar y modificar estrategias generadas sobre un escenario específico de la comunidad EWA, gestionar usuarios e ingresar sugerencias, las cuales son opiniones de los usuarios acerca

⁵Variables no observadas refiere las variables que representan el conocimiento que queremos obtener de la red bayesiana o que no se conocen con absoluta certeza.

⁶Variables observadas refiere las variables que representan el conocimiento que se posee, evidencias o hechos conocidos en una situación particular.

⁷ Administradores, docentes, alumnos, y comunidad en general.



de la información que se maneja en la herramienta; estos servicios se limitan de acuerdo a cada perfil de usuario, además la herramienta es una aplicación web, la cual puede ser accedida desde cualquier computador que tenga conexión a internet desde cualquier parte del mundo.

- Otro aspecto a resaltar es que el modelo computacional construido en este trabajo de grado puede llegar a ser adaptado para otras comunidades virtuales de Etnoeducación en Colombia y en general en cualquier parte del mundo, como herramienta de apoyo en el proceso de toma de decisiones.

1.4 DISEÑO METODOLÓGICO

Para el desarrollo de esta investigación fue necesario seguir un proceso metodológico riguroso, adaptando las siguientes metodologías:

- a. Para la adecuación del modelo computacional, se usó en primera instancia, investigación documental (Cazares, et al., 1999), llevando a cabo actividades como: la recopilación de material concerniente a las actividades culturales, educativas y sociales de la Comunidad Nasa; el concepto de capital social en comunidades virtuales; la revisión y análisis del modelo de EWA y sus elementos, redes bayesianas, modelos computacionales, entre otros temas; lo cual permitió elaborar un marco de referencia con los tópicos más relevantes que permitieron delimitar el ámbito del tema a tratar y conceptualizar cómo se podrían representar en una Red Bayesiana las dinámicas de Capital Social de la Comunidad Virtual EWA. En segunda instancia, se utilizó un proceso de construcción manual de la red bayesiana presentada en la tesis doctoral, Explicaciones en Redes Bayesianas Causales. Aplicaciones Médicas, de Carmen Lacave Rodero (Lacave, 2002), la cual define el procedimiento para este fin, llevando a cabo las siguientes fases: Estudio de la bibliografía⁸, identificación de las variables, definición de los valores de las variables, identificación de las relaciones⁹, evaluación del modelo, identificación de los modelos canónicos, obtención de las probabilidades¹⁰, evaluaciones de las probabilidades y la evaluación de los resultados; dentro de un proceso iterativo; con este proceso se logra la adecuación del modelo computacional bayesiano para EWA.
- b. Para el desarrollo de la herramienta software, se utilizó el Proceso Unificado Ágil (AUP) (Ambler, 2006), ya que esta es una metodología liviana, que aplica técnicas ágiles, permitiendo el desarrollo de software de una manera simple y fácil.
- c. Para realizar el análisis de inferencia, se utilizaron los pasos del método científico (Tamayo, 1999), que permitieron realizar el análisis de unos resultados a partir de una premisa con respecto a valores de variables observadas y no observadas.

1.5 ORGANIZACIÓN DE LA MONOGRAFÍA

En el presente documento se describe el soporte teórico y el trabajo realizado durante el desarrollo del proyecto. El documento se encuentra organizado en 7 capítulos como se explica a continuación:

⁸ Para esta fase se utilizó la investigación documental

⁹ Para esta fase se utilizó estimaciones subjetivas del experto (Martel, et al., 1996) y, mediante la utilización de la técnica Delphi se llegó a un consenso por parte de los expertos en dichas estimaciones.

¹⁰ Para esta fase se utilizó la técnica del modelo canónicos basado en la hipótesis de independencia de la influencia causal (Mittal, et al., 2007), para definir las TPC de la red



En el primer capítulo, se presenta una breve introducción, donde se describe el problema, se justifica la solución propuesta, se definen los objetivos, se describe el aporte y el diseño metodológico para el desarrollo del proyecto.

En el segundo capítulo, se presenta un marco de referencia, el cual fue fundamental para el desarrollo del proyecto, estudiando: la teoría, tecnologías y sistemas desarrollados relacionados con el objetivo del proyecto.

En el tercer capítulo, se presenta el procedimiento de investigación y metodología que se llevó a cabo para la construcción del modelo computacional bayesiano de capital social para EWA.

En el cuarto capítulo, se presenta la construcción de la herramienta software para procesar el modelo computacional bayesiano de capital social para EWA, donde se describen los componentes básicos del sistema, el prototipo de la arquitectura del sistema y se presentan los artefactos obtenidos durante el desarrollo del proyecto.

En el quinto capítulo, se presenta el proceso de análisis de inferencia del modelo construido, evaluando dos escenarios propios de la comunidad EWA.

En el sexto capítulo, se presentan los resultados obtenidos del desarrollo del modelo computacional, las dificultades que se presentaron en el transcurso del proyecto y cómo se dio solución a las mismas, además se presentan las conclusiones, recomendaciones y se define las posibles líneas de investigación y desarrollo que se derivan de la misma.

En el séptimo capítulo, se encuentran todas las fuentes bibliográficas relacionadas con el desarrollo de esta investigación.



2. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo se han documentado conceptos que proporcionan los fundamentos para la comprensión del tema y el desarrollo de los objetivos planteados en este trabajo.

Este marco de referencia incluye investigación tanto en fuentes primarias como secundarias; que permitieron la elaboración de las diferentes fichas bibliográficas, las cuales se estudiaron y dieron origen al contenido de este capítulo. Las fichas más significativas se encuentran en el ANEXO A.

En esta sección se estudia conceptos importantes como: comunidad virtual, Etnoeducación, comunidades virtuales de Etnoeducación, comunidad Nasa y comunidad EWA; con el fin de comprender la comunidad EWA que es el objeto principal de estudio en esta investigación. Además se analiza la Teoría de capital social en comunidades virtuales, se estudia todo lo relacionado con modelos computacionales basados en métodos gráficos, principalmente modelos de Redes bayesianas, analizando además el concepto de inferencia sobre este tipo de modelos y las herramientas existentes en la actualidad para su construcción. También se estudia las disciplinas de la metodología AUP para la construcción de la herramienta software que contempla un módulo de ingreso a datos, procesamiento y análisis del modelo construido en presente proyecto y finalmente se estudian los antecedentes más importantes que dieron origen a esta investigación.

2.1 COMUNIDAD VIRTUAL

Como referente inicial de comunidad se tiene: *“la comunidad es un conjunto de personas que se relacionan para el cumplimiento de obligaciones comunes y reciprocas”*(Corominas, 2008), en otras palabras, una comunidad es un grupo de personas que persiguen un fin común, cuya conducta se rige por un conjunto de normas culturales que comparten intereses, creencias y valores comunes las cuales definen la identidad y los límites del grupo y lo diferencian de su entorno al mismo tiempo que ayudan a los miembros a cumplir sus objetivos. Para que una comunidad exista, las personas pertenecientes a la comunidad tienen que compartir e intercambiar información (Corominas, 2008).

Derivado de lo anterior se define comunidad virtual como: *“una congregación de cibernautas que integran una comunidad que aparenta ser real al simular los efectos de las congregaciones sociales humanas reales o tradicionales, pero sin llenar todas las características de estas”*(Ramos, 2007).

También Howard Rheingold, en su libro, *The Virtual Community*, define la comunidad virtual como: *“la agregación social que emergen de la red cuando un número suficiente de personas entablan discusiones públicas durante un tiempo lo suficientemente largo, con suficiente sentimiento humano, para formar redes de relaciones personales en el ciberespacio”*(Rheingold, 1993).

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones, se puede decir que una comunidad virtual se puede crear gracias a la evolución de las TIC, facilitando por medio de estas tecnologías que un grupo de personas interactúe para satisfacer sus necesidades o llevar a cabo un rol específico, compartiendo un mismo objetivo determinado que a su vez constituye la razón de ser de la comunidad virtual.



2.2 ETNOEDUCACIÓN

La Etnoeducación se define como una estrategia gubernamental y comunitaria que permite desarrollar el derecho de las etnias indígenas, de proponer un modelo pedagógico y demostrativo propio, combinando la experiencia y las necesidades de cada comunidad, de tal manera que los contenidos se identifiquen con su realidad cultural, logrando una educación integral que enaltezca su identidad étnico cultural, se garantice un servicio educativo eficiente, que proporcione los conocimientos para comprender la realidad comunitaria, nacional y mundial; además, que los integrantes de estas etnias se capacite en el manejo de la técnica y la ciencia, preparen a la juventud para saber y poder aprovechar explotando racionalmente sus recursos naturales y económicos, dignificando sus condiciones de desarrollo humano (Sierra, et al., 2010).

En la década de 1980, el grupo de Etnoeducación del Ministerio de Educación Nacional, tomó de la propuesta del antropólogo Guillermo Bonfil Batalla, los conceptos de Etnodesarrollo y Etnoeducación y, planteó que por esta se entiende que es: *"Un proceso social permanente, inmerso en la cultura propia, que consiste en la adquisición de conocimiento y valores, y en el desarrollo de habilidades y destrezas, de acuerdo con las necesidades, intereses y aspiraciones de la comunidad, que la capacita para participar plenamente en el control cultural del grupo Étnico"* (Bonfil, 1987). Presentó además 6 características, a saber: flexible, permanente, participativa, bilingüe, intercultural, y sistemática, las cuales serían consecuencia derivada de la heterogeneidad de la sociedad colombiana.

También, después de promulgada la Constitución Colombiana de 1991, se sancionó la Ley 115 de Febrero 8 de 1994, por la cual se expide la ley general de la educación, El congreso de la Republica de Colombia decreta en el Título III Modalidades de atención Educativas a Poblaciones, en el Capítulo 3 Educación para grupos Étnicos en la cual en su Artículo 55 define Etnoeducación como: *"Artículo 55. Definición de Etnoeducación. Se entiende por educación para grupos étnicos la que se ofrece a grupos o comunidades que integran la nacionalidad y que poseen una cultura, una lengua, unas tradiciones y unos fueros propios y autóctonos. Esta educación debe estar ligada al ambiente, al proceso productivo, al proceso social y cultural, con el debido respeto de sus creencias y tradiciones. (...)"* (Ministerio de Educación Nacional, Ley 115 de 1994, Capítulo III, Art. 55).

Hoy se evidencia una tensión entre la Etnoeducación como política de estado y la autonomía educativa y, como la aspiración central de las organizaciones indígenas; creando un malestar con los planes y programas gubernamentales de educación, entonces se ha pasado a proponer el Sistema Educativo Propio para indígenas, esta educación propia, es entendida como *"La relación intercultural que existe entre las diferentes etnias que componen la comunidad y el proceso de apropiación de conceptos, valores y contenidos de la sociedad más amplia"* (CRIC, 2008); también esta educación nace en estrecha relación con la lucha por recuperar el territorio y la autoridad. *"Este concepto es eminentemente político y su desarrollo ha contribuido a adquirir una visión integral de la educación que constituye la columna vertebral de la autonomía"* (CRIC, 2008). La idea es propiciar procesos de descentralización de la educación, que posibiliten mejorar la calidad de la misma en las comunidades indígenas del Cauca, así como también fortalecer la autonomía de las instituciones educativas para que éstas respondan de una manera más eficaz a las necesidades educativas. El compromiso es con la construcción de una propuesta de educación



centrada en el fortalecimiento de la territorialidad, autonomía cultural y los procesos político-organizativos de las comunidades elaborando planes curriculares fundamentados en su carácter comunitario, bilingüe e intercultural (CRIC, 2008).

2.3 COMUNIDADES VIRTUALES DE ETNOEDUCACIÓN

Teniendo en cuenta lo dicho en las dos secciones anteriores una comunidad virtual de Etnoeducación apoya los procesos de Etnoeducación de cada comunidad indígena, la cual deberá estar articulada con los trabajos que en Etnoeducación se desarrollan en la comunidad, de tal manera que se convierta en un mecanismo propio de socialización y creación de procesos en un foro de negociación y construcción de sentido y contenido, de vida, en un espacio de sistematización, construcción, formalización, ampliación, valoración, recuperación y producción de conocimientos y saberes (Corominas, 2008) (Sierra, et al., 2010).

Lo que se busca al crear una comunidad virtual de Etnoeducación es contribuir en el fortalecimiento de los procesos Etnoeducativos adelantados en los diferentes pueblos étnicos, apropiando a sus miembros la tecnología, el diseñando y utilizando herramientas informáticas que pretenden respetar su cosmovisión y adecuarse a su entorno cultural.

2.4 COMUNIDAD NASA

El pueblo indígena Páez, o Nasa como ellos se llaman (Nasa significa “gente”), es la segunda etnia más numerosa de Colombia. Los Nasa se encuentran ubicados en siete departamentos de Colombia: Cauca, Huila, Tolima, Valle del Cauca, Meta, Caquetá y Putumayo; siendo en el Cauca donde se presenta la mayor población (Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, 2002).

El pueblo Nasa es un pueblo eminentemente agrícola, la mentalidad indígena del ser Nasa implica ser un buen trabajador de la tierra, donde está, es entonces la esencia de su vida y la fuente de su seguridad. Para los Nasa la tierra tiene una concepción muy diferente a la de la cultura occidental¹¹, ya que la consideran madre de donde nacen, crecen y mueren. Es en la tierra donde pueden lograr su propia subsistencia, donde viven sus antecesores, en el que viven su propia identidad y sus costumbres (Sierra, et al., 2010).

En cuanto a su cosmovisión los Nasa se designan así mismos como Nasakiwe, este término se compone por dos palabras que se relacionan mutuamente; Nasa es todo lo que existe en el *kiwe* (territorio), y en *kiwe* todo es Nasa. De esta forma el término Nasakiwe implica tanto pertenencia espacial-cultural como un modo de ser cultural y un límite que los diferencia frente a todos los demás que carecen de dicha concepción (Sierra, et al., 2010).

Desde su cosmovisión, la educación se bifurca en dos caminos por los cuales es posible llegar al conocimiento. Uno de ellos corresponde al *piya* (Aprender), que es el camino que más se relaciona con la escuela. Este camino, el de la escolarización, ha transcurrido durante poco tiempo entre la comunidad (poco más de 30 años), sin embargo, durante este tiempo se ha transformado bajo diversos aportes de cada miembro de la sociedad en distintos momentos, convirtiéndose en un camino más apropiado y pertinente según las necesidades de los Nasa (Sierra, et al., 2010).

¹¹ La cultura occidental es la cultura de las personas que para los Nasa no son Nasa (Sierra, et al. 2010).



En el proceso de *piya* se pueden diferenciar dos actores: el *piyasa*, que es la persona que ha alcanzado algún grado de conocimiento o que está en el proceso de alcanzarlo; y el *kapiya'jsa*, que es la persona que tiene la habilidad para distribuir conocimiento. Estos actores interactúan en un proceso mutuamente enriquecedor (un proceso de enseñar-aprender) que tiene por fin lograr en *piyasa* un conocimiento o saber, saber en el sentido de tener conocimiento o destreza que sirva para su propio proyecto de vida y el de la comunidad (Sierra, et al., 2010).

Por otro lado, el segundo camino por el cual se logra alcanzar el conocimiento es el *Neesnxi* (la formación). Este camino se refiere más a la formación para la vida Nasa, en cuanto conocimiento de la naturaleza, las costumbres y la forma de interactuar en armonía con el mundo. Para lograr estos conocimientos los mayores recomiendan que niños y jóvenes realicen un rito (*yuwe'nxi*) en un sitio privilegiado del nasa kiwe (territorio nasa) como un páramo, un lago, una montaña (Sierra, et al., 2010).

Entre las características educativas presentes en las dinámicas de la Comunidad Nasa se encuentran: La observación, que es uno de los mecanismos que probablemente es más utilizado por la comunidad y que permite la aproximación inicial al conocimiento; el escuchar, adecuadamente las exposiciones de sus compañeros y de las personas con mayor conocimiento; la imitación, la cual no se restringe al simple hecho de replicar una destreza o saber sin entendimiento en lo que se hace, se refiere más bien a una estrategia que permite una aproximación inicial al entendimiento, que será enriquecida por la experimentación y la práctica para la apropiación del conocimiento, el uso de ejemplos que se convierten en un recurso pedagógico muy relevante, debido a que a partir de ellos se logra dar una explicación de lo que se pretende enseñar; la experimentación, es el recurso que permite al estudiante consolidar la percepción que ha obtenido en el aprendizaje u objetar las conjeturas erróneas que haya tenido del tema a aprender; la práctica de lo aprendido, es el componente que permite la interiorización y asimilación de los conocimientos y habilidades, del mismo modo que permite avanzar a un próximo nivel de comprensión si se tiene en cuenta que junto con ella surgirán dudas e inquietudes que generaran un nuevo ciclo en el aprendizaje; la conceptualización; la evaluación, que se entiende como el mecanismo que permite valorar el nivel de conocimiento adquirido en los estudiantes, del mismo modo que permite tomar decisiones sobre las metodologías necesarias para lograr infundir el conocimiento adecuadamente; el error constructivo no es un error que discrimina al sujeto, sino que es el mecanismo por el cual el estudiante crece en cuanto a lo que desea aprender; el trabajo en equipo es en principio coherente con las relaciones que son fácilmente evidenciables en la comunidad; y por último se tiene los proyectos pedagógicos o comunitarios los cuales son desarrollados al interior de la escuela (Sierra, et al., 2010).

En cuanto a su educación, el Consejo Regional Indígena del Cauca – CRIC - ha articulado diferentes propuestas en torno a la educación de la población indígena. Este nace hacia 1971 como un organismo en pro de la defensa y recuperación de territorios ancestrales, teniendo como principios rectores la Unidad, la Tierra y la Cultura, creando hacia finales de los 70s el Programa de Educación Bilingüe e Intercultural – PEBI - con el propósito de construir comunidades fuertemente comprometidas con la lucha de sus tierras. Tras comprender que la cultura es un factor vital de resistencia y proyección política, el PEBI se convierte en su principal propulsor en la comunidad Nasa. Desde su creación ha contribuido constantemente por una educación propia, logrando fomentar el concepto de autonomía en los Nasa y alcanzando el reconocimiento oficial de programas propios, como el Proyecto Educativo Comunitario



–PEC– y la financiación de diversas propuestas indígenas. De esta forma, y coherente con los objetivos principales del CRIC (unidad, territorio, cultura y autonomía), el PEBI proporciona a la comunidad los instrumentos necesarios para hacer política desde la educación, integrando diversos elementos como son: resistencia política, cosmovisión, cultura, interculturalidad, comunitariedad, entre otros (Sierra, et al., 2010).

2.5 EWA: COMUNIDAD VIRTUAL DE APOYO A LOS PROCESOS DE ETNOEDUCACIÓN NASA - “PUUTXWE’WNA DXI’PHADENWA”

Esta comunidad virtual es una plataforma tecnológica que ha surgido como una iniciativa de la Universidad del Cauca, la comunidad Nasa (docentes, estudiantes, directivos y padres de familia) de la Institución Educativa Dxi’Phaden del Resguardo de López Adentro - Caloto – Cauca – Colombia, y el apoyo de Colciencias, que busca establecer una comunidad virtual que integre elementos de evaluación, colaboración, comunicación y enseñanza aprendizaje, apropiados a los procesos de etnoeducación Nasa, que buscan ayudar en el proceso de revitalización de la lengua Nasa; esto se hace con la utilización de las TIC, de tal manera que esta plataforma permita proveer una alternativa que facilite y apoye los procesos de Etnoeducación que la comunidad Nasa viene adelantando. Hay que tener en cuenta que esta plataforma se ha construido teniendo en cuenta características propias de la cultura nasa en cuanto a su cosmovisión¹² y necesidades educativas de la comunidad Nasa de la institución Educativa Dxi’Phaden, de tal manera, que la Comunidad Nasa se pueda identificar con los elementos que allí se encuentran (Sierra, et al., 2010) (Arbeláez, et al., 2009) (Benavides, et al., 2009) (Velazco, et al., 2009)(Ruiz, 2010).

2.5.1 Principios fundamentales de EWA

Los principios fundamentales que se tuvieron en cuenta para crear la comunidad virtual EWA son (Sierra, et al., 2010):

- Buscar un espacio que permita fortalecer procesos de Etnoeducación de la Comunidad Nasa, tomando como eje central el proceso de enseñanza – aprendizaje del Nasa Yuwe, como segunda lengua.
- Favorecer la difusión sobre la identidad cultural y cosmovisión Nasa.
- Manejar diferentes roles, cada rol tiene funciones específicas, de tal manera que estas funciones deberán acogerse a las normas establecidas por la comunidad.
- Las reglas para las iteraciones de los miembros en EWA serán definidos por comunidad Nasa
- Los docentes, estudiantes, integrantes de la Comunidad Nasa, podrán comunicarse mediante servicios de comunicación que se soportarán en la plataforma EWA
- La Interacción entre los miembros de la Comunidad es crucial ya que la naturaleza virtual de EWA permite a los participantes estar en permanente interacción, así como acceder a los recursos disponibles allí para capacitarse, compartir experiencias, obtener información, entre otras.
- En el desarrollo de las actividades de educación se puede crear grupos de trabajo que apoyan el pensamiento colectivo de la Comunidad Nasa.
- Los recursos disponibles en EWA podrán ser elaborados y mejorados por los miembros de la Comunidad, de tal forma que mediante la interacción y el aporte de los miembros se enriquecerá y aumentará el material educativo allí disponible.

¹²Entendiéndose por cosmovisión el conocimiento de los mitos, historias, costumbres, y la forma como estos conocimientos de la Comunidad Nasa dirigen sus procesos de pensamiento.

- EWA aprovecha los potenciales que ofrece Internet y las TIC para proveer un espacio de encuentro entre docentes, estudiantes, representantes y demás miembros de la Comunidad Nasa, acorde a las actividades de Etnoeducación requeridas en el proceso de revitalización del Nasa Yuwe.
- EWA se fundamenta en la pertinencia de sus miembros en la medida en que cada uno encuentra la información requerida y puede hacer sus aportes y compartir ideas e intereses, lo que hará que se convierta en un sitio al cual siempre se regresa.
- El entorno de la comunidad virtual provee facilidad de navegación y elementos del contexto cultural Nasa.
- EWA está enfocada a favorecer procesos interculturales articulados dentro del propósito de la comunidad y aquellos que no van en pro se considerarán fuera de la comunidad.
- EWA se apoya en las reglas de interacción definidas y en los roles definidos para proveer información válida y de interés para los integrantes de la comunidad.
- Los miembros de la comunidad virtual cuentan con algunas herramientas tecnológicas, que les permitirá intercambiar y obtener información y compartir experiencias.

2.5.2 Modelo de EWA

El objetivo principal del modelo EWA es: *“Proveer los elementos de educación, interacción, y socialización para apoyar la recuperación y fortalecimiento de la lengua nasa como motor del fortalecimiento cultural, de tal forma que estos elementos se puedan plasmar en una plataforma tecnológica que soporte las funcionalidades requeridas por el modelo. Por lo tanto, es un Requisito del Modelo, contemplar características propias de la educación y cultura Nasa que vayan en concordancia con sus intenciones educativas”* (Sierra, et al., 2010).

EWA está formada por los tres componentes decisivos que se muestra en la figura 1.



Figura 1. Modelo para la comunidad virtual EWA.

Fuente: Tomado (Sierra, et al., 2010)

Además de los componentes anteriores, cada uno de estos contiene unos submodelos asociados. El primer componente de Educación tiene los submodelos de: Enseñanza Aprendizaje, que permite al estudiante y a la comunidad nasa participar de forma activa en los procesos de enseñanza aprendizaje y al docente poder contar con alternativas que permitan fortalecer y conservar su cultura y su lengua; submodelo de



Evaluación Adaptado, que permite a los estudiantes apropiarse de los conocimientos ofrecidos en EWA y a los profesores brindarles retroalimentación para mejorar el proceso de evaluación aplicada en un curso y el submodelo de Colaboración Adaptada, que presenta una estrategia de apoyo a los procesos de enseñanza aprendizaje y un soporte para actividades de la Comunidad Nasa.

El segundo componente de Interacción dentro de la Comunidad virtual se ha basado en referencia a las necesidades y expectativas del proceso de Etnoeducación de la comunidad indígena Nasa.

El tercer componente de Socialización tiene el submodelo de Sostenibilidad, este submodulo está determinado por los siguientes factores: entorno del proyecto (apoyo), los actores del proyecto (articulaciones entre actores), la población beneficiaria (Aspectos socio-culturales y participación de los beneficiarios), el diseño del proyecto (selección de la tecnología apropiada, acceso a la información, adecuada cooperación técnica, proceso de transferencia de funciones, replicabilidad), los principios de sostenibilidad y los valores que esta estrategia de sostenibilidad debe cumplir.

Estos componentes se detallan en profundidad en el ANEXO B.

2.5.3 Servicios que soporta EWA

Los componentes de socialización, Educación e Interacción al ser integrados son los que constituyen la plataforma tecnológica que soporta EWA. Esta plataforma ofrece a sus usuarios servicios con los cuales pueden interactuar para apoyar los procesos de Etnoeducación que la comunidad Nasa viene adelantando (ver ANEXO C) **¡Error! No e encuentra el origen de la referencia.**

2.6 TEORÍA DEL CAPITAL SOCIAL EN COMUNIDADES VIRTUALES

2.6.1 Concepto de capital social

En primera instancia, se presenta el concepto (noción) de capital social, el cual actualmente está en pleno apogeo desde perspectivas de estudio: sociales, de psicología, computación y economía (Woolcock, *et al.*, 2000) (Daniel, 2009), pero especialmente desde el punto de vista del desarrollo de las regiones (Atria, 2003) (Kliksberg, 1999) (Forni *et al.*, 2004). El capital social aunque últimamente ha sido aceptado y utilizado por numerosas agencias y académicos, a su alrededor han surgido muchos cuestionamientos en torno a él, ya que se cataloga como un conocimiento incierto, y su cuantificación y medida se presentan como una cuestión todavía difícil de realizar dadas las estimaciones subjetivas de cada autor en particular (Daniel, 2009).

Aunque en el momento no se ha logrado llegar a una definición aceptada de capital social como lo afirma el Banco Mundial, (Kliksberg, 2009) y (Millán,*et al.*, 2004), se encuentran múltiples definiciones según la perspectiva de estudio del autor, pero, realizando una recopilación de las definiciones encontradas en diferentes artículos, se puede definir formalmente el capital social como: *Un tipo de capital (recurso) acumulativo, procedente del intercambio, las normas, la confianza y las relaciones sociales del hombre.*

Para sustentar lo anterior, basta con observar que por naturaleza el hombre ha buscado relacionarse socialmente tratando de formar grupos afines tales como: la



familia, el trabajo, la vecindad, la religión, los partidos políticos e ideológicos, por edades similares, etc. Por medio de los cuales busca lograr objetivos comunes, así como también el mayor beneficio para todos los integrantes del grupo ya sea económico, político, social, educativo o de cualquier índole (por ejemplo, obtener empleo, recibir ayuda, diversión, etc.), es por esta razón que las personas participan activamente en las acciones que se dispongan para desarrollar dichos objetivos y se acoge a las reglas establecidas por el grupo, de esta manera lograr mejorar su calidad de vida y la de los demás; estos beneficios que se obtienen de la participación en grupos, que es lo que se asemeja a capital social, el cual es intangible pero esencial para el hombre (Saiz, *et al.*, 2008) (Woolcock, *et al.*, 2001) (Sudarsky, 2004) (Ostrom, *et al.*, 2003) (Olson, 1992) (Forni *et al.*, 2004).

Desde el punto de vista político en las comunidades, se nota la necesidad de generar un espíritu de conciencia moral compartida entre sus miembros, que les permita acogerse a una pluralidad entre ellos, y al mismo tiempo facilitar la coordinación y cooperación en beneficio mutuo, con el fin de generar confianza entre los miembros de la comunidad, y en consecuencia forjar el desarrollo para toda la comunidad; es decir, cuando en una comunidad existen lazos de confianza entre sus integrantes, mayor es su cooperación en las tareas que se deben realizar (como por ejemplo aprendizaje compartido, pago de impuestos, vigilancia en la vecindad, colaboración en obras civiles, solicitar beneficios del gobierno, etc.) (González, 2009)(Banco mundial, 2010).

2.6.2 Capital social en comunidades virtuales

En las comunidades virtuales el capital social juega un papel muy importante ya que contribuye con el fortalecimiento de las redes sociales, los altos niveles de participación entre sus miembros, permitiendo que ellos tengan acceso a la información, los servicios, los recursos materiales y los bienes culturales que circulan en la sociedad, consolidando así sociedades virtuales más democráticas para aumentar su productividad (Atria, 2003) y (Ramírez, 2008). Por ejemplo, para una comunidad virtual enfocada en la educación es muy importante que sus miembros se sientan seguros de participar y aportar activamente en las diferentes actividades que le permite realizar la comunidad virtual, y esto solo se da si al interior de esta se genera un clima de confianza; propiciado por las buenas relaciones ceñidas a las normas de los miembros.

En este sentido las comunidades virtuales se asemejan a las comunidades de “la vida real” donde hay conjuntos de personas (cibernautas) participando de la cotidianidad de dicha comunidad, según (Gonzales, 2009) uno de los mayores retos de las comunidades virtuales es el compartir conocimiento entre sus miembros. Las comunidades virtuales forman redes sociales conformadas por medio de internet en las que personas con intereses, objetivos o prácticas comunes interactúan para compartir información y participar en interacciones sociales en función del bienestar comunitario, estas interacciones son las que le dan vida a la comunidad virtual, y a la vez son el pilar fundamental del capital social de las personas que aunque no comparten de forma directa si lo hacen por medio de dispositivos electrónicos dedicados al intercambio de señales de internet.

2.6.3 Variables del Capital Social

Una variable de capital social es un elemento que conforma el gran conjunto del capital social y representa un valor, dicho valor va a ser representado por los estados



de las variables, los cuales van a ser definidos en el momento de especificar las variables.

Cabe aclarar que estas variables son tratadas como: “variables del capital social, dimensiones del capital social, formas de capital social, elementos del capital social, factores del capital social, entre otros.” (Saiz, et al., 2008), para efectos de este trabajo de grado se llamarán variables del capital social.

Para el estudio, selección y definición de las variables se utilizó la investigación documental con la cual se realizó una agrupación de las variables de capital social por nombres similares o con igual significado (ver ANEXO D). Luego de acuerdo al criterio de un experto en capital social y expertos en EWA, se dedujeron las siguientes variables como candidatas para conformar el modelo de capital social a definir en esta investigación.

1. *Participación en redes,*

Definición: hace referencia a la capacidad de las personas para formar asociaciones con otras personas o grupos afines a sus intereses, ya que no se forma capital social por personas que actúan solas, por el contrario el capital social depende de la tendencia de las personas a establecer asociaciones o grupos dispuestos a sostener relaciones de forma voluntaria y equitativa entre ellas (Atria, 2003), (Amiano, 2007), (Forni et al., 2004) y (Putnam, 2000).

Importancia: alta, porque el capital social que se logre acumular depende de la participación en asociaciones que una persona pueda sostener y ampliar.

2. *Reciprocidad,*

Definición: hace referencia a la forma en que todos los miembros de la comunidad colaboran entre sí, de tal forma que se establece un canal de colaboración en doble vía, que no necesariamente es síncrono, ya que si la persona provee de un servicio a otra no necesariamente recibirá una recompensa en seguida, se espera que la recompensa llegue en algún momento de necesidad o simplemente en un futuro próximo, a causa de la reciprocidad al interior de una red se generen relaciones de confianza y colaboración (Atria, 2003), (Amiano, 2007), (Forni et al., 2004) y (Putnam, 2000).

Importancia: alta porque la reciprocidad es la razón que hace que las personas participen en redes, debido a que las personas cuando establecen relaciones con otras esperan recibir algún estímulo en retribución de esta unión, así sea la simple satisfacción de la solidaridad prestada.

3. *Confianza,*

Definición: hace referencia a la forma en que las personas esperan respuesta de otras, de tal forma, que no se cause daño ni se defraude la confianza depositada en ellas, la confianza depende de la experiencia que las personas obtengan a lo largo del tiempo, por ejemplo, si alguien ha respondido favorablemente en algún momento en el que se le ha brindado confianza, esa persona en un futuro seguirá confiando en ella y posiblemente a sus redes de familiares, amigos o compañeros; a mayor presencia de confianza en una red social mayor es la presencia de capital



social (Atria, 2003), (Amiano, 2007), (Forni et al., 2004), (Putnam, 2000), (Daniel, 2009) y (Sudarsky, 2004).

Importancia: alta, porque en una comunidad el eje fundamental para conseguir una alta participación es la confianza, ya que si se conoce bien el grupo y sus acciones, se prestará más interés en participar activamente en la comunidad.

4. *Normas sociales,*

Definición: hace referencia a las reglas o protocolos de conducta que están implícitas o explícitas en una red social, pues aunque no estén escritas las personas las siguen cuando van a interactuar con otras; por ejemplo, si una persona se va a dirigir al dueño de la empresa donde labora lo más adecuado es que se dirija de forma cortés; por medio de las normas presentes en una sociedad, se previene la necesidad de impartir acciones legales en cualquier comunidad (Atria, 2003), (Ostrom, et al., 2003), (Putnam, 2000), (Amiano, 2007) y (Daniel, 2009).

Importancia: alta, ya que las normas de comportamiento en las redes sociales contribuye con sostener unas buenas relaciones perdurables en el tiempo, ya que estipulan un determinado tipo de comportamiento o lo prohíben.

5. *Proactividad,*

Definición: hace referencia a las actividades emprendedoras que deben tener los integrantes de una comunidad, tratando de que su participación sea cada vez más notoria y activa dentro de esta, de tal forma que las personas se conviertan en creadoras de servicios o derechos y no sólo en receptoras, que tomen la iniciativa en acciones colectivas en bien de la comunidad (Atria, 2003), (Daniel, 2009) y (Forni et al., 2004).

Importancia: alta, pues los integrantes de una comunidad entre más proactivos sean mayor probabilidad tienen de conseguir sus objetivos y los de la comunidad.

6. *Información y comunicación,*

Definición: hace referencia a la difusión de la información por medio de la red a la cual pertenezca una persona, la información que tiene una persona acerca de algún concepto o idea, puede ser de gran importancia para el resto de los participantes de la comunidad, de tal forma, que al comunicarlo se está aportando al capital social propio y de los demás, fomentando así el dialogo entre los integrantes de la red (Banco mundial, 2001).

Importancia: alta, ya que los datos que un integrante informe en la comunidad pueden ser importante para los demás integrantes de la comunidad, sumado a que es la mejor forma para que los integrantes de una red entren en interacción.

7. *Acción colectiva y cooperación,*

Definición: hace referencia a las obras de los integrantes de la comunidad de forma conjunta con otro u otros para conseguir un mismo fin, de tal forma que se logre la participación de todos o gran parte de estos de forma voluntaria para desarrollar actividades dentro de la comunidad (Olson, 1992).



Importancia: alta, pues la acción colectiva y la cooperación incentivan a las personas a luchar en comunidad por un bien común que es una fuente de valor muy importante para estimular el capital social.

8. *Recursos materiales y simbólicos,*

Definición: Esta variable hace referencia a los recursos materiales y simbólicos con los que una comunidad cuenta o puede llegar a obtener por medio de sus relaciones sociales, identificándola de otras comunidades, como por ejemplo el idioma, su cultura, religión, etc. (Amiano, 2007).

Importancia: alta, aclarando que su adecuación depende del contexto en el que se use; por ejemplo, para el presente trabajo en donde se va a analizar una comunidad indígena que cuida muy celosamente sus recursos materiales y simbólicos son de gran importancia estos recursos.

9. *Comprensión compartida,*

Definición: hace referencia al consenso sobre un concepto o una idea que pueden llegar a tener dos o más personas dentro de una comunidad (Daniel, 2009).

Importancia: alta, ya que permite observar el grado de integración a la comunidad.

2.7 MODELOS COMPUTACIONALES

Un modelo se puede definir como *un Arquetipo o punto de referencia para imitarlo o reproducirlo* (DRAE, 2010); también se puede definir como una simplificación gráfica, conceptual, estadística, verbal o computacional que sirve de punto de referencia para imitar o reproducir el mundo; con un modelo se puede representar un objeto, un sistema o una idea, de modo que sea fácil comprender situaciones complejas y hacer predicciones con los resultados arrojados de los procesos que se representan. En la actualidad son utilizados con mayor frecuencia en diferentes áreas como la medicina, la biología, la química, la genética, las matemáticas, la economía, etc., convirtiéndose así en una herramienta fundamental para representar abstracciones y realidades concretas (Sánchez, 2002).

Entre los tipos de modelos que se pueden desarrollar están los modelos computacionales que son una técnica basada en la abstracción matemática, representada por medio de software (Daniel, 2009). Este tipo de modelos son los más perfeccionados y han permitido simular relativamente bien procesos muy complicados. Un modelo computacional está descrito por un conjunto de variables y ecuaciones que establecen relaciones entre las variables (Daniel, 2009).

Para construir un modelo computacional el investigador se debe basar en la teoría, la hipótesis, la deducción, la inducción y la predicción, buscando como metas principales:

- Comprender lo observado en el mundo real y abstraerlo.
- Ser capaz de relatar, plasmar y predecir eventos de observaciones o abstracciones hechas del mundo real al mundo virtual.
- Obtener el control de la conducta o aspectos del mundo real.



El proceso de construcción de un modelo computacional es iterativo, con funciones tales como organizar los datos, establecer relaciones lógicas entre los datos y dar con un sistema de representación del conocimiento que captura estas relaciones (Daniel, 2009).

Para esta investigación se estudia un tipo de modelo computacional especial, basado en métodos gráficos probabilísticos, que se explicara a continuación.

2.7.1 Modelo computacional basado en métodos gráficos probabilísticos

Un modelo computacional que soporte técnicas de la teoría de grafos y la teoría de la probabilidad son las Redes Bayesianas, las cuales facilitan la representación eficiente y el razonamiento riguroso en situaciones en las que se dispone de conocimiento incierto, ambiguo o/e incompleto; de tal manera que en la actualidad esta técnica domina la investigación de la inteligencia artificial en el razonamiento incierto y en los sistemas expertos (García, et al., 2010).

Para el desarrollo de este proyecto es necesario disponer del conocimiento de la técnica de Redes Bayesianas, dado que desde el inicio de la investigación se planteó que ésta fuera la técnica seleccionada para representar el modelo computacional. En esta investigación, se explora aquellos aspectos más importantes que se han considerado necesarios para la construcción, resolución y entendimiento del modelo a construir.

Antes de continuar es necesario precisar algunos conceptos relacionados con las redes bayesianas. El primero e importante concepto a definir es el de incertidumbre o incierto, el teorema de bayes, la separación direccional, los conceptos de modelos canónicos y también hay que tener muy claras las definiciones de Teoría de grafos, la teoría de la probabilidad y otros conceptos que se encuentran definidos en el anexo E.

2.7.1.1.1 Incertidumbre

Un conocimiento incierto se refiere a la expresión del grado de desconocimiento de una condición futura (por ejemplo, un ecosistema) (Sensagent, 2009).

La incertidumbre puede derivarse de una falta de información o incluso por la existencia de desacuerdo sobre lo que se sabe o lo que podría saberse. Puede tener varios tipos de origen, desde errores cuantificables en los datos hasta terminología definida de forma ambigua o previsiones inciertas del comportamiento humano. La incertidumbre puede, por lo tanto, ser representada por medidas cuantitativas (por ejemplo, un rango de valores calculados según distintos modelos) o por afirmaciones cualitativas (por ejemplo, al reflejar el juicio de un grupo de expertos). La incertidumbre es donde no se tiene un completo conocimiento del sistema, sin embargo, se pueden realizar observaciones (Kuri, 2010).

Para solucionar muchos problemas que requieran de un comportamiento humano inteligente, teniendo asociado algún grado de incertidumbre, uno de los métodos o técnicas son las redes bayesianas que es parte fundamental de esta investigación y se habla en profundidad más adelante, pero en la inteligencia artificial existen otras técnicas usadas como son (Salazar, 2003):



- **Factores de certeza.** Esta técnica fue creada por Buchanan y Shortliffe por medio del sistema experto MYCIN¹³, cuya base es el concepto de *confirmación-interpretación* lógica de probabilidades subjetiva. Estos autores utilizaron esta técnica y no siguen la teoría de probabilidades debido a que los expertos se resisten a expresar sus procesos de razonamiento en términos probabilísticos coherentes y además la probabilidad requiere de grandes cantidades de datos y muchas aproximaciones y suposiciones. MYCIN incrementa la creencia o no-creencia en la hipótesis H dada la evidencia E .

El formalismo de factores de certeza se representan por medio de reglas como:

Si evidencia
ENTONCES hipótesis FC

Donde la evidencia representa uno o más hechos conocidos para soportar la derivación de la hipótesis y el valor de FC (Factores de Certeza) describe la creencia en la hipótesis, dada que la evidencia es observada (Salazar, 2003) (Pérez, *et al.*, 2007).

Los factores de certeza es un modelo computacional simple, permite que el conocimiento sea representado por medio de reglas que puedan cuantificarse con incertidumbre, para esta técnica no se requiere una base estadística, solo se necesita preguntarle al experto para obtener los valores.

El problema con esta técnica es que se considera que el conocimiento está representado en las reglas más que en los valores de los factores de certeza asociados al conocimiento, además esta técnica incluye un débil fundamento teórico (Pérez, *et al.*, 2007).

- **Lógica difusa.** Esta técnica fue desarrollada por Lotfi A. Zadeh, la cual procesa datos imprecisos (intermedios) para definir evaluaciones convencionales entre sí/no, verdadero/falso, etc. (Pérez, *et al.*, 2007).

La lógica difusa está basada en la teoría de conjuntos que posibilita imitar el comportamiento de la lógica humana.

Esta técnica se propaga quizás a la conceptualización sencilla de los sistemas basados en lógica difusa, la facilidad de adaptarse a casos particulares con pocas variaciones de parámetros, en la habilidad para combinar expresiones lingüísticas con datos numéricos en forma unificada, y el no requerir de algoritmos muy sofisticados para su implementación.

Los problemas con esta técnica es que actualmente no hay un análisis matemático riguroso que garantice que el uso de un sistema experto difuso para controlar un sistema de cómo resultado un sistema estable, y es difícil llegar a una función de membresía y a una regla confiable sin la participación de un experto humano (Salazar, 2003).

¹³ MYCIN su función es la de aconsejar a los médicos en la investigación y determinación de diagnóstico en el campo de las enfermedades infecciosas de la sangre.



- **Teoría de la evidencia.** Fue desarrollada por Dempster en 1967 y posteriormente extendida por Shafer en 1976. Esta técnica asocia medidas de incertidumbre a un conjunto de hipótesis (Álvarez, 1994).

La Teoría de la Evidencia supone que hay un conjunto exhaustivo de hipótesis mutuamente excluyentes $H = \{h_1, \dots, h_n\}$, sobre las que se pretende razonar considerando el impacto de las evidencias que aparezcan. Además esta técnica considera el impacto de las evidencias no solo sobre las hipótesis individuales originales, sino además sobre los grupos de estas, los cuales son los subconjuntos de H , a los que se consideran también hipótesis.

Esta técnica pueden modelar la incertidumbre, pero el problema surge cuando cierta probabilidad de información es difícil de representar, como lo es la ignorancia y manejar la necesidad de que las creencias asignadas a un evento y su negación sumen uno.

- **Redes probabilísticas.** Una medida intuitiva de incertidumbre es la probabilidad, en la que la distribución conjunta de un conjunto de variables se usa para detallar las relaciones de dependencia entre ellas, y se sacan conclusiones usando fórmulas de la teoría de la probabilidad.

Al inicio al utilizar sistemas expertos para tratar la incertidumbre se usó la probabilidad, pero se encontraron algunos problemas, debido a la dificultad encontrada, para definir la distribución de probabilidades conjunta de las variables, por lo tanto, al principio la probabilidad fue considerada como una medida de incertidumbre poco práctica (Salazar, 2003).

Para solventar estos problemas aparecieron técnicas alternativas a la probabilidad, como: el factor de certeza, la lógica difusa, la teoría de la evidencias, para tratar la incertidumbre. Pero principalmente surgió las redes probabilísticas siendo hoy en día esta técnica la más intuitiva y la más aceptada de las medidas de incertidumbre.

Las redes probabilísticas contiene en sus conceptos las redes Markovianas y especialmente las Redes Bayesianas. Estas Redes Bayesianas tienen una representación gráfica de las relaciones entre las variables, de tal manera, que permite definir de una manera más eficiente las distribuciones conjuntas de probabilidad y la propagación de incertidumbre para la obtención de las conclusiones.

Las Redes bayesianas son una gran opción al momento de implementar un sistema experto probabilístico, debido a que cuenta con ciertas cualidades que otras técnicas no permiten, entre las que se destacan el manejo de aprendizaje sobre las relaciones de dependencia y causalidad, permite la combinación de conocimiento con datos, evita el sobre-ajuste continuo de los datos y además puede manejar base de datos incompletas.

Por esta razón se decidió utilizar la técnica de Redes bayesianas para la construcción del modelo computacional de capital social para la comunidad virtual de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la comunidad Indígena Nasa, ya que facilita la representación eficiente y el razonamiento riguroso en situaciones en las que se dispone de conocimiento incierto, como lo es el concepto de capital social, además



esta técnica facilita el aprendizaje a partir de la experiencia, combinando lo mejor de la inteligencia artificial clásica y las redes neuronales¹⁴.

2.7.1.1.2 Teorema de Bayes

La Teoría de Bayes (Díez, 2010) es un simple resultado de probabilidades condicionales, sea X y Y dos variables, tales que $P(x) > 0$ para todo x y $P(y) > 0$ para todo y , además las probabilidades condicionales de $P(y|x)$ se conocen, entonces la $P(x|y)$ viene dada por la expresión:

$$P(x|y) = \frac{P(x) \cdot P(y|x)}{\sum_{x'} P(x') \cdot P(y|x')}$$

Ecuación 1. Teorema de Bayes

Este teorema se utiliza para conocer la probabilidad a posteriori de cierta variable de interés dado un conjunto de hallazgos.

Hallazgo. Es la determinación del valor de una variable, $H = h$, a partir de un dato (por ejemplo, una observación) (Díez, 2010) (Jensen, et al; 2007).

Observación. Es la determinación del estado de una variable, $X = x$, a partir de un dato obtenido en el exterior del modelo (Díez, 2010)(Jensen, et al; 2007).

Evidencia. Es un conjunto de todos los hallazgos, $e = \{H_1 = h_1, \dots, H_r = h_r\}$, en un determinado momento o situación (Díez, 2010) (Jensen, et al; 2007).

Probabilidad a priori. Es la probabilidad de una variable o subconjunto de variables en ausencia de hallazgos. La probabilidad a priori de X coincide con la probabilidad marginal $P(x)$ (Díez, 2010)(Jensen, et al; 2007).

Al conocer la probabilidad a priori de X y la probabilidad condicional de $P(y|x)$, se puede calcular la probabilidad a priori de y utilizando el teorema de la probabilidad total.

Probabilidad a posteriori. Es la probabilidad de una variable o subconjunto de variables condicionadas a la existencia de una evidencia $e: P(x|e)$ (Díez, 2010) (Jensen, et al; 2007).

2.7.1.1.3 Separación direccional

La separación direccional surge como alternativa a las propiedades de Markov¹⁵ en GDA, facilitando la obtención de relaciones de independencia condicional en un GDA.

¹⁴ Las redes neuronales son modelos matemáticos inspirados en sistemas biológicos, los cuales se adaptan y se simulan mediante computadoras, estos modelos se encuentran interconectados masivamente en paralelo de elementos simples y con una organización jerárquica, cuyo objetivo es intentar interactuar con objetos del mundo real de la misma forma que lo hace el sistema nervioso biológico (Flórez, et al., 2008).

¹⁵ Esta propiedad dice, que dada una terna (X, G, P) , siendo N conjunto de variables aleatorias, $G = (X, A)$ un GDA, en donde cada nodo representa una variable X_i y una distribución de probabilidad sobre X , $P(X)$, Cumple la propiedad de Markov si y solo si para todo nodo X , el conjunto de sus padres, $Pa(X)$, separa condicionalmente este nodo de todo subconjunto Y en que no hayan descendientes de X , es decir $P(x|pa(X), y) = P(x|pa(X))$. Hay que tener en cuenta que esta propiedad afirma que en una red bayesiana todo nodo es independiente de sus no descendientes dados sus padres (Díez, 2010).

Para su análisis primero se estudian los tipos de relaciones entre los nodos de un GDA (García, 2007):

- Conexión lineal: Este tipo de relaciones es cuando un nodo N_1 es padre de otro nodo N_2 y este a su vez es padre de otro nodo N_3 , ver figura 2.

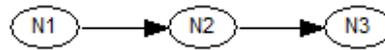


Figura 2. Grafo dirigido con conexión lineal

- Conexión divergente: Este tipo de relación es cuando el nodo N_1 es padre de un conjunto de nodos $\{N_2, \dots, N_n\}$ no conectados entre sí, ver figura 3.



Figura 3. Grafo dirigido con conexión divergente

- Conexión convergente: es cuando un conjunto de nodos $\{N_2, \dots, N_n\}$ no conectados entre sí son padres de un nodo N_1 , ver figura 4.

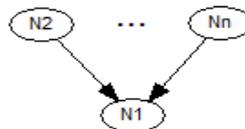


Figura 4. Grafo dirigido con conexión convergente

Entonces la definición de separación direccional es:

Dado tres conjuntos disjuntos de nodos X , Y y Z de un GDA conexo $G = (N, A)$, se dice que Z separa direccionalmente a X e Y , si y solo si, para cualquier camino no dirigido entre un nodo de X y un nodo de Y existe un nodo intermedio N tal que (García, 2007):

1. Existe un conexión convergente, siendo N el nodo al que convergen las aristas, además ni N sus descendientes están en Z .
2. La conexión es lineal y N es un nodo intermedio.
3. La conexión es divergente siendo N el padre y N está en Z .

2.7.1.1.4 Modelos canónicos

Los modelos canónicos surgen para solucionar problemas que se crean al construir cualquier tipo de gráficos probabilísticos, en especial las redes bayesianas; estos problemas están relacionados con la obtención de las probabilidades, puesto que es muy difícil construir una tabla de probabilidades condicional con más de 3 padres, es casi imposible, no solo por el elevado número de parámetros que se necesita, sino que también porque cada uno de ellos es difícil de estimar ya que las tablas de probabilidad son considerablemente grandes, y además cuando la obtención de las probabilidades se hacen de forma automática, a partir de base de datos, puede ser que no existan registros con la información necesaria o si esta obtención se hace con



ayuda de expertos, puede ser muy complicado asignar todas las probabilidades para una configuración determinada de las variables (Díez, et al., 2007).

Estos modelos permiten construir la tabla de probabilidad con muchos valores a partir de un pequeño conjunto de parámetros, ayudando de esta forma al ahorro de espacio en almacenamiento de información, en tiempo en cuanto a la propagación de la evidencia y sobre todo en cuanto a la obtención del conocimiento (Díez, et al., 2007).

Entre las propiedades de estos modelos se encuentran las siguientes (Lacave, 2002):

- Las variables que forman parte de un modelo canónico son generalmente discretas.
- Las variables tienen un número finito de valores.
- Las variables son graduadas, es decir, representan una ordenación, por ejemplo, creciente o decreciente de sus valores.
- Estos modelos se les puede dar una representación causal, de tal forma, que permite reflejar de forma intuitiva el conocimiento sobre el mundo real.
- Permite de una forma más sencilla para los expertos humanos asignar probabilidades al aplicar uno de estos modelos.
- Permite generar explicaciones lingüísticas de forma intuitiva.

Los modelos canónicos tienen la ventaja de que al utilizarlos se requerirá de muchos menos parámetros. En el ANEXO F se describen tres categorías de modelos canónicos: Modelos deterministas, modelos que se basan en la hipótesis de independencia de la influencia causal (IIC) que se subdividen en ruidoso y residual, y modelos canónicas simples. Además para cada modelo se describen las familias más comunes de los modelos canónicos como lo son el modelo OR, el MAX que es la generalización del modelo OR, el modelo AND y el modelo MIN que es la generalización del modelo AND (Lacave, 2002) (Díez, et al., 2007).

Para el caso de esta investigación se utilizaron los submodelos Noisy OR, Noisy AND y Noisy MAX que pertenecen a los modelos IIC (ver ANEXO F). Para finalizar esta sección se dan algunos criterios esenciales para aplicar los submodelos OR, MAX y AND:

Criterios para aplicar el modelo OR (Díez, et al., 2007):

- La variable hija como sus padres deben ser variables binarias, es decir, que indique el grado de presencia de una anomalía; por ejemplo, los valores que pueden tomar las variables pueden ser “ausente/presente”, “verdadera/falsa”, “baja/alta”, “positiva/negativa” o conjuntos similares; cuando los padres son variables como la edad, sexo, raza, entre otras, para estas variables no es posible identificarles uno de sus valores con la causa de una anomalía y el otro con su ausencia, por lo tanto impiden que se aplique el modelo OR.
- Cada uno de los padres X_i representa una causa que puede ocasionar el efecto en el nodo hijo Y en ausencia de las demás causas. Y además la probabilidad del efecto no disminuye si se presentan varias de ellas. En caso contrario si el efecto no puede ser producido mediante mecanismos causales individuales, si no que necesita la concurrencia de varias causas, entonces no se puede aplicar la puerta OR.



- Si algunos de los mecanismos causales no son deterministas, entonces se aplica el modelo OR con ruido en vez del modelo determinista. Si existes otras causas no explícitas en el modelo que puedan producir Y, entonces no se aplica el modelo OR ruido si no que se debe aplicar el modelo OR residual.
- Se puede aplicar el modelo OR cuando no hay sinergia¹⁶ entre las causas, por ejemplo, si cuando X produce Y es independiente de las demás causas.

Criterios para aplicar la puerta AND (Díez, et al., 2007):

- Tanto el nodo hijo como los nodos padres pueden ser no binarios.
- Cada uno de los padres necesita actuar conjuntamente para provocar cierto efecto en el nodo hijo.

Después de recopilar los conceptos anteriores, se presenta la definición formal de Redes Bayesianas.

Criterios para la Aplicación del modelo MAX (Díez, et al., 2007):

- Sí Y es una variable graduada, es decir, una variable ordinal que corresponda a la mínima ausencia de una anomalía. Un caso específico donde esta condición no se cumple es cuando los valores de Y sean, por ejemplo, {disminución, normal, mayor}, ya que el valor normal no es mínimo. Esta variable podría ser uno de los padres de una familia que aplica el modelo MAX ruidoso.
- Dónde cada enlace $X_i \rightarrow Y$ corresponde a un mecanismo causal distinto.
- Cuando los mecanismos causales independientes unos de otros. Si la condición no se mantiene, es decir si hubo interacción entre los mecanismos de causalidad, se debe utilizar otro tipo de modelos no IIC.

2.8 REDES BAYESIANAS

Las redes bayesianas son un modelo computacional que mezcla técnicas probabilísticas y modelos gráficos, donde se pueden representar conceptos complejos con alto grado de incertidumbre. Esta técnica permite establecer razonamientos basados en la teoría de Bayes y, además permite representar un modelo causal por medio de una representación gráfica de independencias y dependencias entre las variables que forman parte del dominio estudiado. Formalmente, estas redes están representadas en dos niveles (Koski, et al., 2009)(López, et al., 2007)(Velasco, 2007) (Fernández, 2002):

El primer nivel es la estructura de la red o la parte cualitativa, se compone de un GDA G , cuyos nodos representan variables aleatorias que a su vez representan entidades del mundo real las cuales tienen asociada un conjunto de estados mutuamente excluyentes y una función de probabilidad condicional y los arcos que representan dependencia probabilística entre las variables, es decir, cada par de nodos se conecta

¹⁶ Entendiéndose por sinergia “trabajar en conjunto”, es decir cuando dos o más agentes que se unen sinérgicamente crean un resultado que aprovecha y maximiza las cualidades de cada uno de los agentes (DRAE, 2010).



entre sí mediante arcos dirigidos, estos arcos también representan las independencias condicionales de una variable o un conjunto de variables dada otra u otras variables.

El segundo nivel de la red bayesiana, es donde se especifica la relación de dependencia que se expresan en términos de distribución de probabilidades condicionales para cada variable en la red, que representa a su vez la incertidumbre del problema de la forma $P(X|Pa(x))$ donde la probabilidad de X está dada por su conjunto de padres $Pa(X)$, y para las variables que no tienen padres la tabla se reduce a una tabla de probabilidad incondicional $P(X)$; es decir que para cada variable se necesita especificar la tabla de distribución de probabilidad condicional, uno por cada configuración de estado de sus padres. A esta parte se le conoce como la parte paramétrica y cuantitativa¹⁷ de la red bayesiana (Jensen, *et al.*, 2007).

La función de probabilidades conjuntas se puede obtener a partir del producto de probabilidades condicionadas, que está dada por:

$$P(X) = P(X_1, \dots, X_n) = \prod_{i=1}^n P(X_i | Pa(x_i))$$

Ecuación 2. Función de probabilidad conjunta para una red bayesiana

Al construir una red bayesiana se debe comprobar las propiedades de la separación direccional y asegurarse que corresponda a nuestra percepción de las propiedades del mundo de independencia condicional. El modelo no debe incluir independencias condicionales que no sean del dominio del mundo real (Jensen, *et al.*; 2007).

2.8.1 Tipo de variables que puede tener las redes bayesianas

Las variables que pueden ser modeladas en una red bayesianas son las siguientes (Díez, 2010):

- *Variables Discretas*: representan separaciones o interrupciones en la escala de valores que pueden tomar. Estas separaciones o interrupciones indican la ausencia de valores entre los distintos valores específicos que la variable puede asumir.
- *Variables Continuas*: Estas variables tienen un número infinito de estados. Además pueden adquirir cualquier valor dentro de un rango específico

2.8.2 Formas de Construir una red bayesiana

Hay tres maneras de realizar el proceso de construcción de una red bayesiana:

2.8.2.1.1 Construcción Automática.

En este enfoque se tiene la base de datos y después se utiliza un algoritmo de aprendizaje el cual permite extraer la estructura de la red y los parámetros asociados a partir de una base de datos existente, de tal manera que construya la red bayesiana como lo muestra la figura 5. Este enfoque está basado en aprendizaje (Díez, 2010).

¹⁷ La información cuantitativa de la red bayesiana viene dada por: la probabilidad a priori de los nodos que no tienen padre y la probabilidad condicionada de los que no tienen padre (Jensen, *et al.*, 2007).



Figura 5. Construcción de una red bayesiana partiendo de una base de datos existente.

Este proceso de construcción no se explica de forma detallada en este trabajo ya que consiste simplemente en aplicar algoritmos y, además este proceso se apoya en un desarrollo demasiado complejo (Lacave, 2002).

Para construir una red bayesiana de esta forma, se pueden realizar en dos fases: aprendizaje estructural y aprendizaje paramétrico (Gámez, *et al.*, 1998):

- Aprendizaje estructural: De esta manera se puede obtener la estructura de la red bayesiana a partir de base de datos, obteniendo las variables que conforman la red, sus relaciones de dependencia e independencia existentes entre ellas. Existe una gran variedad de algoritmos que aprenden la estructura de la red, los cuales se incluyen generalmente dentro de una de las categorías siguientes:
 - Algoritmos que se basan en un procedimiento, estos algoritmos buscan una mejor estructura en el espacio de posibles soluciones, utilizando una función de evaluación para medir la calidad de cada red candidata. Estos algoritmos se identifican por el tipo de función y por el procedimiento de búsqueda.
 - Algoritmos que se basan en la detección de independencias, los cuales toman como entrada un conjunto de relaciones de independencia condicional y crean la red que mejor represente estas relaciones.
 - Algoritmos híbridos, que realizan la estructura de red basándose en la combinación de las dos metodologías anteriores.
- Aprendizaje paramétrico, A partir de la estructura de la red estos algoritmos, obtienen las probabilidades a priori de las variables sin padre o de los nodos raíz y las probabilidades condicionales de las variables con padre, estas probabilidades las obtienen a través del uso de bases de datos.

Para el aprendizaje de redes bayesianas, es casi un requisito principal disponer de bases de datos muy extensas donde estén especificados el valor de cada variable en cada uno de los casos, para así, poder realizar la tarea de aprendizaje a partir de datos.

Aunque en la mayoría de los casos las redes construidas a partir de algoritmos de aprendizaje no tienen por qué corresponder a modelos causales, dificultando la comprensión de la red para el usuario, tanto del modelo como del razonamiento.

2.8.2.1.2 Construcción Manual

En este enfoque la estructura de la red y los parámetros se plantean por el experto humano y los ingenieros del conocimiento (Díez, 2007). Es necesario el conocimiento causal para garantizar las relaciones de independencia.

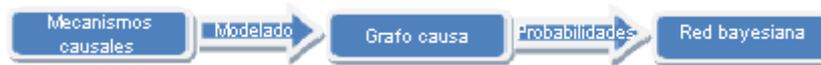


Figura 6. Construcción de una red bayesiana con la ayuda del experto.

El proceso de construcción manual de Redes bayesianas no es nada trivial, ya que no existen criterios definidos sobre las construcción de forma manual de redes bayesianas. Para este proceso normalmente se cuenta con la ayuda de un experto humano que conozca a fondo el problema que se desea modelar, de tal manera, que con esta ayuda, el ingeniero del conocimiento utilizando su sentido común y la experiencia propia, pueda establecer primero la estructura de la red o parte cualitativa del modelo, seguidamente adicionar las probabilidades condicionales a cada variable del modelo es decir realizar la parte cuantitativa de la red.

Teniendo en cuenta que la construcción manual de la red bayesiana de capital social será la estructura central del diseño del modelo, se detallara en profundidad los elementos y fase de este proceso, los cuales están basados en la estructura presentada en la tesis Doctoral, Explicación en Redes Bayesianas Causales. Aplicaciones Médicas de Carmen Lacave Rodero (Lacave, 2002).

Elementos y fases

Lo primero que hay que hacer para la construcción de Redes bayesianas, es recopilar todas las fuentes de información relacionadas con el dominio a modelar, de esta manera se obtiene un mayor conocimiento. Esto se puede hacer por medio de:

- El estudio de la bibliografía acerca del dominio a modelar, esta se puede obtener por diferentes medios como lo son las revistas, libros, internet, actas de conferencia, informes, videos, etc.
- Disponer de una herramienta que permita la edición y procesamiento de redes bayesianas, ayudando al ingeniero del conocimiento en la construcción y la depuración de la red. Una de las herramientas más importantes para este fin se encuentra descritas en el ANEXO G.
- Contar con la colaboración de al menos un experto humano en la materia, debido a que la bibliografía sobre el dominio a modelar puede estar desactualizada, ser imprecisa o lo que es más normal, no contener los datos que se necesita. Por consiguiente, contar con al menos un experto humano es el único modo de adquirir la información ausente y poder corregir la información errónea.

Teniendo en cuenta los elementos descritos anteriormente, se procede a construir la red, la cual consta fundamentalmente, de dos partes:

1. **Fase cualitativa:** Esta fase consiste en la definición del grafo, el cual representa las variables del problema y las relaciones de dependencia e independencia entre ellas.

Lo primero que se debe realizar en esta fase es identificar las variables del modelo y determinar cuántos estados o valores tendrán cada variable, el determinar estos valores es una tarea muy importante, por lo que hay que tener en cuenta que si el modelo es más detallado (es decir si el modelo tiene un gran número de estados y variables) mayor precisión tendrá, pero la construcción del modelo es más compleja.



Para este proceso hay que intentar buscar: Un equilibrio en cuanto al número de estados que se elija para cada una de las variables, debido a que si existe un número grande de estados, mayor será el número de probabilidades a obtener, por ejemplo, si se tiene una red como la que muestra la figura 7, donde el nodo D tiene 3 estados, dos padres (A y B) con tres estados cada uno y un padre (C) con dos estados, teniendo esta configuración, la tabla de probabilidad condicional para la variable D contendrá 54 valores. Esto será un problema al contar solo con estimaciones subjetivas, debido a que el experto deberá decir cada uno de esos valores, y además si se cuenta con un tiempo limitado, será casi imposible poder obtener valores reales. Además, al obtener un conjunto mayor de probabilidades numéricas, se pierde la fiabilidad de los datos obtenidos, la computación de la red consume mayor tiempo de respuesta, los resultados son mucho más difíciles de interpretar.

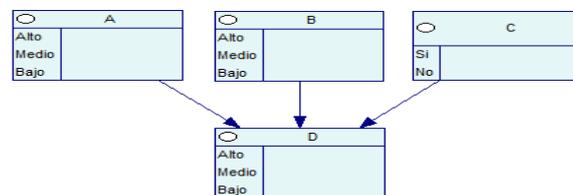


Figura 7. Ejemplo de la estructura de una red bayesiana

Esta fase requiere de una notable cantidad de tiempo debido a que existen estudios que aportan evidencias empíricas en los que se señala el hecho de que es más importante para el correcto funcionamiento del sistema la estructura de la red que la precisión que se puede obtener de los datos numéricos (Lacave, 2002).

2. **Fase cuantitativa:** Esta fase consiste en la obtención de la probabilidad a priori para aquellas variables que no tienen padre, las cuales son nodo raíz y, la probabilidad condicional de las variables que tiene padres. Esta fase de la adquisición de las probabilidades es la más complicada en el proceso de la construcción manual de una red bayesiana.

Para esta tarea lo correcto sería que todos los datos para calcular las probabilidades fueran obtenidos de estudios estadísticos con ayuda de algoritmos, de tal manera que las probabilidades se puedan obtener de forma automática a partir de una base de datos, pero la realidad muestra que es casi imposible disponer de una base de datos que tenga los registros con la información que se necesita. Además este proceso se vuelve mucho más complicado si se obtiene la información con la ayuda un experto humano, donde resulta muy complicado asignar probabilidades para una configuración determinada de los padres y los estados de las variables, por diferentes motivos, entre los que se encuentran:

- Porque represente una situación poco frecuente
- Porque se desea que se cumplan unos requisitos específicos
- Porque el proceso es demasiado tedioso
- El tiempo con el que se cuenta para interactuar con los expertos humanos suele ser bastante limitado, si las TPC son muy grandes sería casi imposible obtener valores reales.

Para estas situaciones, surgieron los modelos canónicos (Lacave, 2002), estos modelos permiten construir tablas de probabilidad con muchos valores a partir de



un pequeño conjunto de parámetros, obteniendo de esta forma un ahorro tanto en espacio de almacenamiento como de tiempo de propagación, simplificado la obtención de las probabilidades, lo que es de gran ayuda especialmente cuando estos se estiman de forma subjetiva.

Los modelos canónicos además de ser utilizados en redes bayesianas, también se usan en diagramas de influencia y se pueden aplicarse a las redes de Markov, los cuales representan relaciones entre un nodo y sus padres y además son aplicables a cualquier dominio que se desee modelar. Los principales tipos de modelos canónicos son OR, MAX, AND y MIN; en la sección 2.4.1.8 se da mayor información sobre los modelos canónicos.

Después de identificar los modelos canónicos minimizando en gran cantidad la dificultad de construir las tablas de probabilidad condicional, se procede a utilizar alguna de las fuentes de información para obtener los parámetros canónicos¹⁸ de las tablas, como por ejemplo de:

- Estimaciones subjetivas. Se utiliza la estimación subjetiva de expertos humanos. Para ello es muy importante que quienes evalúan las probabilidades sean personas con un alto grado de conocimiento para que las estimaciones sean fiables. Además de esta manera es posible evitar sesgos que suelen producirse en estimaciones subjetivas de la probabilidad (Díez, 2010).
- Literatura. Buscar las probabilidades condicionales en libros y revistas, tiene la ventaja de que es muy barato y además es mucho más fiable que obtenerlas mediante estimaciones subjetivas. La desventaja es que resulta muy difícil encontrar en la literatura las probabilidades condicionales necesarias para construir la red bayesiana.

La realización de estas fases para la construcción de una red bayesiana es un proceso iterativo, cada fase puede servir para obtener o modificar información de las etapas anteriores, realizando un diseño descendiente y refinamientos sucesivos hasta obtener el grafo y las probabilidades que correspondan en lo más posible con una representación adecuada, lo cual será confirmado con el experto humano; lo que implica que en el proceso de la construcción de la red se irá obteniendo en distintas versiones de la red (Lacave, 2002).

Al realizar un modelo de este tipo, los resultados obtenidos dependen en gran medida de las capacidades personales de quien lo realiza, dado que existe poca bibliografía específica sobre la obtención de probabilidades condicionales para sistemas expertos bayesianos.

Por consiguiente, la construcción de la red bayesiana consiste en:

Identificar las variables del modelo y sus estados, en el primer intento, en ocasiones no se obtendrá un conjunto completo de variables. Lo importante es construir el modelo inicial validado por los expertos, el cual sirva como punto de partida para que, en fases posteriores y mediante refinamientos sucesivos, se vaya aproximando a la red definitiva. Es muy importante en esta fase encontrar un equilibrio entre el número de variables y la eficiencia de la red.

¹⁸ Estos valores son los que se ingresan al haber aplicado un modelo canónico.



Continuando con el proceso de construcción de la red, se procede a identificar los modelos canónicos, con el fin de ayudar en la obtención de probabilidades y de esta manera simplificar dicho proceso tan complicado en la construcción manual de la red. Sin nombrar que este tipo de modelos resultan muy útiles en el momento de realizar la explicación a los expertos.

Por último, si el modelo resultante de todas las fases es aceptado y no se encuentran inconsistencia en los datos numéricos, en las variables, en los estados de las variables o enlaces, se finalizará el proceso de construcción, obteniendo una red dispuesta para el funcionamiento dentro de un sistema experto. Si por el contrario, se presentan inconsistencias, se regresa a la primera fase para un refinamiento del modelo.

Todo el anterior proceso y las fases seguidas para la construcción manual de la red bayesiana, se pueden ver resumidos en la figura 8.

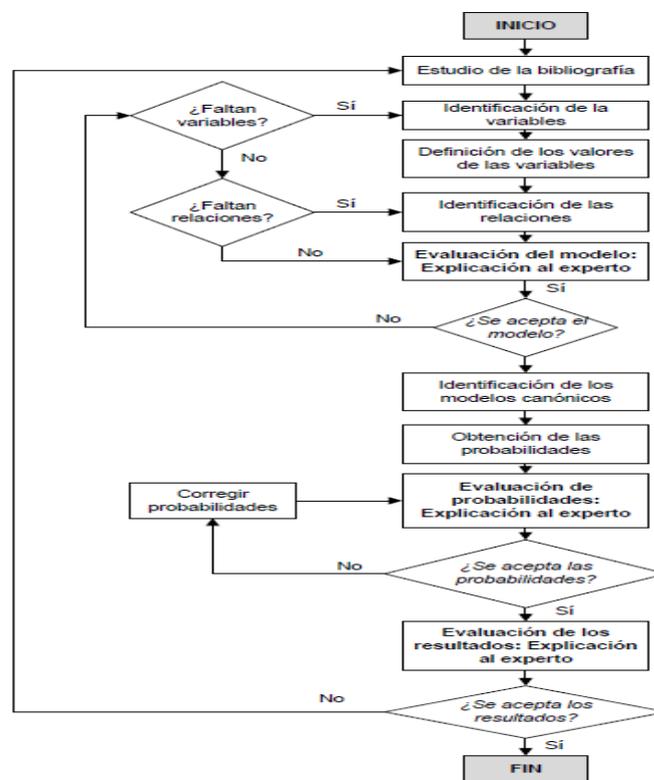


Figura 8. Algoritmo para la construcción manual de redes bayesianas.
Fuente: Tomado de (Lacave, 2002).

2.8.2.1.3 Construcción Mixta

También se puede combinar las anteriores formas de construir una red bayesiana, de esta manera aparece el enfoque mixto. Este enfoque consiste en que el Experto humano determina la estructura de la red, y las probabilidades son determinadas por una base de datos (Díez, 2007).

Experto → estructura;
Base de datos → probabilidades

2.9 HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE REDES BAYESIANAS



En esta sección se seleccionó la herramienta para la construcción y procesamiento de la red bayesiana del presente proyecto. En el ANEXO G se describen las herramientas software más importantes en la actualidad para el manejo de redes bayesianas, de esta información recolectada se sacaron ciertos criterios importantes para su elección entre los que se encuentran: si se incluye o no el código fuente, el tipo de API, la plataforma de ejecución, los tipo de nodos que soporta, si tiene interfaz gráfica de usuario, si permite parámetro con aprendizaje, si el software es gratuito o comercial, el tipo de grafo que soporta y el algoritmo de inferencia que usa; igualmente en este ANEXO G se encuentra la definición de cada una de las herramientas y el sitio web donde se pueden encontrar.

Teniendo en cuenta las características de cada herramienta se seleccionaron tres herramientas que podrían servir para este proyecto las cuales son Elvira que es una interfaz gráfica para la construcción de redes, con opciones específicas para modelos canónicos como puertas OR, AND, MAX, etc., algoritmos exactos y aproximados (estocásticos) de razonamiento, Hugin Expert que es una herramienta para crear y evaluar redes bayesianas y GENIE & SMILE que permite crear redes bayesianas utilizando el motor de inferencia bayesiana de SMILE además soporta nodos con distribución General, Noisy OR/MAX y Noisy AND.

De las herramientas nombradas anteriormente según sus características (Ver ANEXO G) y teniendo en cuenta los modelos canónicos que manejan, se seleccionó la herramienta GENIE & SMILE para la construcción, procesamiento y análisis de la red bayesiana construida en el presente proyecto, GENIE es una interfaz moderna que es intuitiva y fácil de usar, esta utiliza una librería de enlace dinámico llamada SMILE (Structural Modeling, Inference, and Learning Engine) que permite crear, editar, guardar y cargar modelos gráficos, y utilizarlos para el razonamiento probabilístico y toma de decisiones bajo incertidumbre, además SMILE se puede incluir en el presente proyecto. SMILE también maneja varias envolturas como SMILE.NET (.NET interface), SMILEX (Active X), jSMILE (java interface), entre otros (GENIE & SMILE, 2007).

Para este proyecto utilizamos SMILE.NET la cual permite realizar las siguientes acciones (Fernández, 2002) (GENIE & SMILE, 2007):

- Permite crear y modificar modelos de red.
- Trabaja sobre cualquier plataforma.
- Disponible para usarlo en el framework .NET.
- Cuenta con una completa documentación.

Por último algo muy importantes es que GENIE & SMILE permite trabajar con modelos canónicos que son indispensables para representar el modelo computacional diseñado en esta investigación; aquí es muy importante aclarar que esta herramienta el NOISY-OR y el NOISY-AND pueden ser modelados utilizando el NOISY-MAX. Esto es debido a que el NOISY-MAX proporciona una implementación del NOISY-OR, ya que en realidad el NOISY-MAX es una generalización del NOISY-OR capaz de modelar múltiples estados (ver sección 2.4.1.8), es importante aclarar que si el nodo es binario el modelo NOISY-MAX se reduce a un NOISY-OR.

En GENIE el NOISY-MAX incluye la negación, de tal manera que es capaz de expresar las relaciones modeladas por el NOISY-AND y el NOISY-MIN; por eso no es necesario implementar el NOISY-AND y el NOISY-MIN por separado, esto se puede explicar por el hecho de que el NOISY-AND puede ser modelo por el NOISY-OR sobre



la base de la ley de DeMorgan, ya que tener el modelo NOISY-OR y la capacidad de negar entradas y salidas, se puede implementar el modelo NOISY-AND.

Para explicar mejor la equivalencia entre el NOISY-AND y NOISY-MIN con el NOISY-OR y NOISY-MAX respectivamente, se estudiara la ley de DeMorgan. Esta ley describe una relación entre la lógica OR y AND, para las preposiciones lógicas x y y , se afirma que:

$$x \wedge y \Leftrightarrow \neg(\neg x \vee \neg y)$$

Ecuación 3. Equivalencia entre la relación lógica AND y OR

$$x \vee y \Leftrightarrow \neg(\neg x \wedge \neg y)$$

Ecuación 4. Equivalencia entre la relación lógica OR y AND

Los modelos NOISY-OR y NOISY-AND¹⁹, preservan la misma propiedad, en este caso la negación se puede interpretar como el cambio de estado caracterizado a su valor opuesto. Lo anterior, implica que el modelo NOISY-AND se puede expresar como NOISY-OR y viceversa (Zagorecki, 2010).

Lo mismo es cierto para el NOISY-MAX y NOISY-MIN, la única diferencia es que la negación puede ser interpretada como la inversión de la relación de orden; por ejemplo la negación del orden (bajo, medio, alto) será (alto, medio, bajo).

2.10 INFERENCIA

La palabra inferencia viene del latín “inferre”. Se define como “Sacar una consecuencia o deducir algo de otra cosa” (Sensagent, 2009), “Estimar la probabilidad posterior de las variables no conocidas, en base a las variables conocidas.” (Sucar, 2005) para el caso de las redes bayesianas.

La inferencia bayesiana es el proceso de introducir nuevas observaciones y calcular las nuevas probabilidades que tendrán el resto de las variables (conocido también como propagación de la evidencia); por lo tanto, este proceso consiste en calcular las probabilidades a posterior de un conjunto de variables después de obtener un conjunto de observaciones o evidencias. El fundamento matemático en el que se basan las redes probabilísticas para llevar a cabo la inferencia es el Teorema de Bayes (Diez, 2010).

Para llevar a cabo la inferencia en redes bayesianas hay diferentes métodos, que se clasifican en exactos e inexactos de acuerdo a la precisión del proceso, y dentro de esta clasificación hay otros algoritmos para conseguir las probabilidades desconocidas, dependiendo del tipo de red y del número de variables desconocidas; a continuación se mostraran los principales algoritmos existentes.

Los algoritmos exactos calculan sus valores por medio del teorema de Bayes, no hay error en las probabilidades calculadas pero, su complejidad es alta, ya que calcula los valores exactos de cada una de las probabilidades marginales y a posteriori de los posibles valores de cada nodo de la red bayesiana; mientras que los algoritmos que calculan la inferencia de forma aproximada utilizan técnicas iterativas de muestreo, sacrificando parte de la precisión de las probabilidades mediante diferentes

¹⁹ Cabe resaltar que estos modelos incluyen solo variables binarias.

aproximaciones para conseguir resultados más rápidamente reduciendo el tiempo de computación (Césari, 2006).

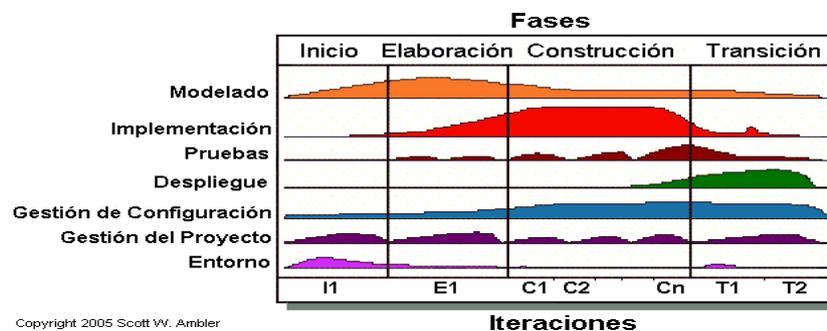
En el ANEXO H se describen los algoritmos más importantes para propagar la evidencia en redes bayesianas dependiendo de la topología de la red (árboles, políárboles y redes multiconectadas), se aclara que esta investigación está enfocada en los valores arrojados del proceso de inferencia para inducir a los usuarios de EWA a generar estrategias a partir de estos resultados, es decir, se basa más en los valores arrojados del proceso de inferencia para deducir estrategias de estos resultados.

2.11 PROCESO UNIFICADO

El proceso unificado Ágil –AUP- es una versión simplificada de Rational Unified Process (RUP). Este proceso describe un enfoque simple y fácil de comprender la forma de desarrollar software, usando técnicas ágiles y conceptos que se mantienen fieles a RUP (Ambler, 2006).

La figura 9 muestra el ciclo de vida de AUP, a continuación se dará a conocer los cambios en las disciplinas y fases con respecto a RUP.

En primera instancia, la disciplina de Modelado contiene las disciplinas de modelado del negocio, requerimientos, y análisis y diseño de RUP. Esta disciplina es una parte importante en AUP, pero no domina el proceso. En segunda instancia, la disciplina de Gestión de Configuración y de cambios de RUP es ahora en AUP la disciplina de Gestión de Configuración. En el desarrollo ágil las actividades de Gestión de Cambios suelen formar parte de la Gestión de Requerimientos, la cual hace parte de la disciplina de Modelado de AUP.



Copyright 2005 Scott W. Ambler

Figura 9. Ciclo de vida del Proceso Unificado Ágil (AUP)

Fuente: Tomado de (Ambler, 2006).

2.11.1 Disciplinas de AUP

Las disciplinas de AUP se llevan a cabo de forma iterativa donde en cada disciplina se definen las actividades de los miembros del equipo de trabajo para analizar, construir, validar y ofrecer software funcional que responda a las necesidades de los clientes.

2.11.1.1 Instanciación de AUP

Para la ejecución del segundo objetivo específico de este proyecto se estableció una iteración base con las respectivas fases, pero con la revisión continua de las fases de esta iteración, logrando de esta forma un desarrollo iterativo e incremental con el fin de obtener un producto software funcional (ver ANEXO I).



2.12 ANTECEDENTES

Hay varios estudios de capital social desarrollados hasta el momento como lo describen (Lisakka, 2007) y el Banco mundial, uno de estos estudios es el realizado por Jhon Sudarsky (Sudarsky, 2004), "Logro y Capital Social: Las llaves del Desarrollo Económico y Social", quien desarrolló un instrumento de medición del capital social en Colombia desde el punto de vista político (en una comunidad física), pero para el caso del capital social en comunidades virtuales el trabajo más sobresaliente es el realizado por Ben Daniel Key (Daniel, 2009), quien propone un modelo de capital social soportado en redes Bayesianas para comunidades virtuales de aprendizaje y comunidades virtuales distribuidas de práctica, este trabajo es poco específico pues se especializa en resaltar la parte teórica de los temas tratados mas no en la metodología de construcción, igualmente las variables y las relaciones entre estas son diferentes a las propuestas en esta investigación; adicionalmente las variables allí definidas tienen un contexto diferente al contexto de las comunidades de Etnoeducación y no tiene en cuenta investigaciones realizadas en cuanto a capital social en América latina y específicamente en Colombia, donde se han definido otras variables para la medición de capital social como lo hace Raúl Atria (Atria, 2003) y John Sudarsky (Sudarsky, 2004).

Otros trabajos importantes para realizar esta investigación fueron los realizados por Matilde Ines Cesari (Cesari, 2006) y Carmen Lacave (Lacave, 2002), quienes desarrollan en su trabajo una amplia descripción de la teoría y uso de la técnica de redes bayesianas, enfocándose a las aplicaciones médicas y a la creación de redes bayesianas a partir de bases de datos.

Además de los trabajos de (Jensen, et al., 2007), (Díez, 2007) y (Díez, 2010) donde, con el primero se realiza una base para comprender la teoría fundamental para el manejo de las redes bayesianas, se formalizan y describen los procesos de construcción de la red bayesiana; y en el segundo y tercero se proporciona valiosa información acerca de los modelos canónicos y su aplicación en redes bayesianas.

Otro trabajo importante que se tuvo en cuenta para desarrollar esta investigación fue el de Daniel García Gallego (García, 2010), donde se realiza una amplia explicación sobre la evolución de los sistemas expertos que permite entender los distintos tipos que existen y la manera de poder representarlos y posteriormente se presenta concretamente, el empleo de las redes bayesianas en la resolución de sistemas expertos probabilísticos.

Por último, se destaca el trabajo realizado por (Chiu, et al., 2006), donde desarrolla un modelo de investigación para conocer la voluntad del intercambio de conocimiento en comunidades virtuales, se prueba el modelo con datos recogidos de 310 miembros de una comunidad virtual de profesionales; este modelo es estático ya que no permite predecir a futuro los valores de las variables según sus nuevas interacciones, además no maneja todas las variables de capital social que se manejan en este trabajo.

2.13 APORTES DEL MARCO DE REFERENCIA AL TRABAJO DE GRADO

Hasta este punto de la investigación se han considerado los temas más relevantes para orientar la construcción del modelo computacional de capital social de la comunidad virtual EWA, organizados de la siguiente forma esquemática:



1. Contexto del proyecto de Etnoeducación, en este apartado se desarrolla una completa revisión de los temas requeridos para realizar un acercamiento teórico a las comunidades virtuales, a la Etnoeducación en Colombia, las comunidades virtuales de Etnoeducación, la comunidad Nasa y principalmente la comunidad virtual EWA, donde se pudo apreciar los objetivos y requerimientos fundamentales tenidos en cuenta para desarrollar esta comunidad virtual según el trabajo desarrollado por sus principales creadores (Sierra, et al., 2010), identificando así los principios fundamentales con los cuales se creó EWA.
2. Teoría del capital social en comunidades virtuales, con el estudio del capital social se pudo evidenciar las variables fundamentales que componen el capital social de una comunidad, al relacionar estas variables a la comunidad virtual EWA surgió la selección de las variables propias para realizar el estudio del capital social en esta comunidad virtual.
3. Modelos computacionales, en primera instancia, se realizó un estudio general de la construcción de estos modelos, luego se enfocó el estudio a la construcción de modelos computacionales basados en métodos gráficos probabilísticos, pues en este campo surge el tema de redes bayesianas estipulado para la representación del modelo computacional desarrollado en esta investigación, donde se describieron los diferentes conceptos previos para iniciar la construcción de redes bayesianas, con el fin de diseñar el modelo computacional que representa las dinámicas de capital social adecuado a la comunidad virtual EWA.
4. Redes bayesianas, tomando como punto de partida los trabajos realizados por Carmen Lacave Rodero y Javier Díez, se logra realizar un estudio detallado de esta técnica, analizando el tipo de variables que pueden contener, así como también las formas de construir una red bayesiana.
5. Herramienta de construcción de redes bayesianas, teniendo en cuenta la información recopilada, se seleccionó la herramienta más acorde para construir la red bayesiana que representa el modelo computacional.
6. Inferencia, en este apartado se describieron los algoritmos utilizados para realizar inferencia en los diferentes tipos de red según su estructura con el fin de seleccionar el más adecuado para la red bayesiana propuesta en esta investigación en el momento de realizar el análisis de inferencia.
7. Proceso Unificado, en esta sección se describen las fases que se llevaran a cabo para la construcción de la herramienta software para el procesamiento del modelo computacional diseñado.
8. Antecedentes, en este apartado se consideraron los principales trabajos realizados que dieron fundamento a la formalización de esta investigación, indicando así el punto de partida para conceptualizar los diferentes temas tocados para conformar el modelo computacional representados en redes bayesianas que estudia las dinámicas de capital social de la comunidad virtual EWA.



3. CONSTRUCCIÓN DEL MODELO COMPUTACIONAL BAYESIANO DE CAPITAL SOCIAL PARA EWA

Este capítulo contiene la información relacionada con el proceso que se realizó para la construcción del modelo computacional de capital social soportado en una red bayesiana. Aquí se reflejan las fases y elementos que se siguieron para su construcción:

En primer lugar, después de una profunda investigación y análisis del marco de referencia se obtuvieron la selección y definición de las variables de capital social para la comunidad virtual EWA, obteniendo de esta forma los nodos que conforman la estructura de la red bayesiana, a la par con lo anterior se definieron los estados que tiene cada variable dentro del modelo.

En segundo lugar, al tener las variables y sus estados se procedió a encontrar las relaciones de dependencia e independencia entre las mismas, esto se consiguió con la ayuda de cuatro expertos en los diferentes temas. De esta manera se logra obtener la construcción de la parte cualitativa de red.

En tercer lugar, analizando las familias de relaciones entre las variables padres y las variables hijos, se identificaron los modelos canónicos, que fueron de gran ayuda al momento de calcular las tablas de probabilidades condicionales.

Por último, se obtuvieron los valores de la tabla de probabilidad condicional para cada variable, para esto se tuvo en cuenta el grado de influencia, el efecto de la relaciones, el valor umbral y otros valores que se calculan a partir de los valores anteriores, obteniendo de esta forma los valores iniciales de las variables, construyendo así la parte cuantitativa de la red.

Con el anterior procedimiento se logró construir el modelo bayesiano para la comunidad virtual EWA. A continuación se explica detalladamente lo anteriormente escrito.

3.1 ADECUACIÓN, SELECCIÓN Y DEFINICIÓN DE VARIABLES DE CAPITAL SOCIAL PARA LA COMUNIDAD VIRTUAL EWA

Después de una profunda investigación y del análisis del marco de referencia se obtuvo la definición de las variables adecuándolas a la comunidad virtual EWA, teniendo muy en cuenta los rasgos significativos con los cuales fue construida esta comunidad que la diferencia de las demás comunidades virtuales de educación tradicional (Ver sección 2.5).

Todas las variables de capital social definidas para EWA son ordinales y binarias, es decir, que tienen un nombre significativo de tal manera que sea consecuente con la realidad y que solo pueden tomar dos valores. En el ANEXO D se seleccionaron previamente las variables y en la sección de variables de capital social se hace una definición general de estas variables (ver sección 2.6.3); en esta sección además de la definición de las variables también se obtuvieron los estados de cada una, teniendo en cuenta para esto, el proceso que se sigue para la construcción manual de redes bayesianas (ver sección 2.8.2.2). A continuación se presenta la definición y los estados de cada variable definidas para la Comunidad Virtual EWA:



3.1.1 Participación en redes,

Representa las asociaciones entre los miembros de esta comunidad que se forman en su interior para lograr similares objetivos de forma voluntaria y equitativa, ya sea afianzando las asociaciones existentes en la comunidad física o creando nuevas asociaciones.

La plataforma EWA basada en el principio Nasa del trabajo en comunidad permite a sus miembros diferentes servicios, para que estos puedan desarrollar la habilidad de conformar grupos y desarrollar diferentes actividades planteadas en las clases, fomentando así que los miembros de EWA tengan la posibilidad de crear redes de relaciones sociales tal y como lo hacen en su comunidad física.

Estados definidos para la variable: Alta y Baja, dado que en cuanto más alto sea el número de asociaciones dentro de la comunidad EWA mayor será la probabilidad de generar capital social. Se decidió que la variable fuera binaria porque un valor representará la ausencia de asociaciones y el otro la presencia, que es lo que nos interesa para poder medir esta variable.

3.1.2 Reciprocidad,

Contribución que hacen los miembros a esta comunidad virtual, con la expectativa de una retribución a futuro no necesariamente al momento de su contribución, apoyando así a los demás integrantes de la comunidad virtual; esta contribución se puede observar cuando los miembros interactúan con los servicios ofrecidos en EWA y le dan un uso adecuado y fluido; de tal manera que sus integrantes usen la plataforma EWA como una herramienta de apoyo a su formación y labores cotidianas.

EWA se preocupa por prestar a sus miembros las herramientas necesarias para poder desarrollar actividades que ayuden a los integrantes a colaborar entre ellos, logrando así hacer sus aportes y compartir ideas e intereses; por ejemplo, en el caso de los foros, los miembros de la comunidad virtual tratan de responder las preguntas surgidas de algún tema en particular con la esperanza de que cuando ellos tengan alguna duda los demás miembros también traten de responderla; o también cuando los docentes dedican tiempo a preparar sus clases en la plataforma esperan que los estudiantes les den la satisfacción de interesarse más por esta asignatura.

Estados definidos para la variable: Alta y Baja, debido a que entre mayor sea la contribución que haga los miembros participantes en la comunidad virtual EWA mayor será la probabilidad de generar capital social.

3.1.3 Confianza,

Convenio implícito entre los miembros de EWA para el uso y apropiación adecuados de los servicios que ofrece la comunidad. La plataforma base de la comunidad virtual permite a sus miembros manejar información pertinente y verídica que no va a ser utilizada con fines diferentes a los de su publicación.

En EWA se han establecido los servicios de tal forma que según el rol del miembro, pueda realizar determinadas interacciones en la comunidad, esperando que de esta forma los miembros de esta comunidad al interactuar con ella puedan recibir una información veraz. La asignación de roles es controlada por los diferentes administradores de los servicios que ofrece EWA y por tanto, todos los integrantes de EWA se sientan seguros y confiados al dar sus aportes y al recibirlos.



Estados definidos para la variable: Alta y baja, debido a que un miembro al interactuar con la comunidad virtual EWA va a aumentar o va a disminuir su nivel de confianza en la misma, de tal manera que si hay un mayor nivel de confianza aumentará la probabilidad de generar capital social.

3.1.4 Normas Sociales,

En EWA, Protocolos o normas establecidas de forma directa o indirecta en la plataforma que da vida a EWA, esta comunidad virtual trata de acogerse a las normas o protocolos establecidos en las prácticas cotidianas de la comunidad educativa Nasa siguiendo los pasos para desarrollar las actividades, así como el cumplimiento de sus normas.

Estados definidos para la variable: Presente y Ausente, debido a que al participar en la comunidad se puede conocer o no los protocolos o normas establecidos implícitamente dentro de ella.

3.1.5 Acción colectiva y cooperación,

Participación de forma voluntaria y cooperativa de los integrantes de EWA en grupos de trabajo que buscan objetivos en común, donde se observa la cooperación para desarrollar las tareas propuestas en las diferentes actividades.

EWA ofrece varios servicios para que los miembros de esta comunidad puedan desarrollar actividades en conjunto como lo hacen en su vida cotidiana según su cosmovisión de trabajo en comunidad, un ejemplo de esto es el módulo de colaboración, que esperan fomentar este tipo de temática.

Estados definidos para la variable: Alta y Baja, debido a que para esta variable se necesita saber que tan alta o tan baja es la participación de forma voluntaria y cooperativa en grupos de trabajos de los miembros en EWA, ya que a mayor acción colectiva y cooperación mayor será la generación de capital social en EWA.

3.1.6 Proactividad,

En EWA se define la Proactividad como la participación activa de los miembros de la comunidad virtual en las actividades programadas para su tipo de rol. Se espera que los miembros de EWA no solo sean receptores pasivos de las actividades ofrecidas en el momento por esta comunidad virtual, sino que además sean generadores de otras actividades soportadas por la plataforma.

Estados definidos para la variable: Alta y Baja, debido a que el objetivo de esta variable es medir que tan alta es la participación activa de los miembros en EWA, de tal manera que entre mayor sea la Proactividad mayor será la probabilidad de general capital social.

3.1.7 Comunicación,

En un primer momento a esta variable se le llamo información y comunicación, pero luego del proceso interactivo de construcción de la red bayesiana cualitativa se decidió llamarla comunicación (ver sección 3.1.2). Esta variable en EWA se puede definir como la comunicación que fluye por medio de la comunidad virtual donde sus miembros pueden compartir ideas de interés para los demás miembros, por medio de las diferentes herramientas tales como: el foro, el periódico Nasa y los grupos de trabajo y colaboración; EWA proporciona al usuario la facilidad de publicar sus experiencias y actividades cotidianas de tal forma que se informe y a la vez permanezca enterado acerca de actividades desarrolladas.



Estados definidos para la variable: Positiva y Negativa, debido a que si la comunicación que se maneja en EWA es positiva, es porque aportará significativamente en el proceso de enseñanza aprendizaje.

3.1.8 Información,

En un primer momento a esta variable se le llamó recursos materiales y simbólicos, pero luego del proceso interactivo de construcción de la red bayesiana cualitativa se decidió llamarla información (ver sección 3.1.2). Son los recursos derivados de la participación en los diferentes servicios ofrecidos en EWA, por ejemplo, si un estudiante participa en una clase, de esta puede descargar el material adjunto, el cual va a servirle para su formación. De igual forma un docente usará el material producido por los alumnos para retroalimentar sus clases.

Estados definidos para la variable: Positiva y Negativa, debido a que el objetivo de esta variable no es solo medir el número de recursos disponibles en EWA, sino que además estos recursos influyan de forma positiva en el proceso de enseñanza aprendizaje.

3.1.9 Comprensión compartida,

Consenso que dos o más miembros de EWA puedan llegar a tener sobre algún objeto o idea, de tal forma que se logre que todos los integrantes de un grupo al interior de EWA tengan una visión parecida sobre algún concepto tratado en la actividad.

Estados definidos para la variable: Si y No, si existe un alto número de consensos entre dos o más miembros dentro de la comunidad EWA mayor será la probabilidad de generar capital social; además se decidió que fuera binaria porque un valor representa que se ha llegado a un consenso y el otro que no se ha logrado llegar, que es lo que interesa para poder medir esta variable.

3.1.10 Comprensión individual,

Conocimiento que un miembro de EWA pueda llegar a tener sobre algún objeto o idea de los cursos dictados dentro de la comunidad virtual.

Estados definidos para la variable: Alta y baja, debido a que el objetivo de esta variable es medir qué nivel de conocimiento tiene un miembro de EWA sobre algún objeto o idea de las actividades realizadas dentro de la comunidad virtual.

Capital social, recursos derivados de los intercambios en las relaciones sociales dentro de EWA.

Estados definidos para la variable: Alto y Bajo. Debido a que el objetivo de esta variable es poder determinar si hay alto o bajo capital social dentro de EWA.

3.2 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA CUALITATIVA

Después de seleccionar las variables que forman parte del modelo se procedió a analizar las posibles relaciones de dependencia e independencia condicional entre ellas, esto se logró con la ayuda de 4 personas expertas en los diferentes temas.

Las variables de una red bayesiana pueden ser discretas, continuas o mixtas (ver sección 2.8.1), para este modelo solamente se utilizaron variables discretas. Las razones para seleccionar este tipo de variables son diversas, pero esencialmente se

debe a la dificultad para representar distribuciones continuas (salvo casos particulares, como las redes gaussianas) y además, todavía no hay algoritmos eficientes de propagación con dichas variables. Por tanto, a lo largo de este capítulo solo las referencias serán a variables discretas.

Para la selección de las variables iniciales²⁰ de capital social a modelar en la red bayesiana se tuvo en cuenta las relaciones existentes entre los principios fundamentales para la construcción de la comunidad virtual EWA y las variables recopiladas en el ANEXO D, lo cual se puede ver reflejado en el ANEXO J, obteniendo como resultado de este análisis las siguientes variables: Participación en redes, reciprocidad, confianza, normas sociales, Proactividad, acción colectiva y cooperación, información, comunicación, comprensión compartida y comprensión individual; su definición se encuentra en la sección anterior.

Para la identificación de las relaciones causales entre las variables se tuvieron en cuenta los siguientes tipos de relaciones:

- Las relaciones de dependencia entre las variables se representan explícitamente, es decir, cuando se sabe que hay una relación causal entre una variable A y una variable B, hay que trazar un enlace desde la variable A hasta la variable B (ver figura 10).



Figura 10. Relación de dependencia entre las variables A y B.

- Las relaciones de independencias entre las variables se representan implícitamente, de esta manera la ausencia de enlaces en una red bayesiana también es una forma de transmitir información; en la figura 11 que representa la independencia entre las variables, el hecho de que no haya un enlace entre la variable A y la variable D es una hipótesis que esta explícita en este modelo, la hipótesis es que la variable D se distribuye con la misma probabilidad en cada uno de los estados de A.

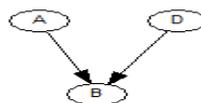


Figura 11. Relación de independencia entre las variables A y D

Teniendo en cuenta los anteriores tipos de relaciones, se analizó cuáles de las variables seleccionadas son o no son variables dependientes a priori, es decir, se observa cuales variables influyen en otras; en algunos casos esta tarea fue sencilla para determinar las relaciones causales, pero en otras situaciones esta tarea fue muy complicada. Para determinar las relaciones de causalidad se hizo teniendo en cuenta la literatura acerca de capital social, la comunidad Nasa, EWA y, con la ayuda de dos expertos en la comunidad EWA.

En primera instancia el grupo de investigación según su experiencia y conocimiento recopilado en el transcurso de este proyecto, sugirió algunas relaciones entre las variables que luego con la ayuda de un experto en la comunidad virtual EWA (ver ANEXO K) se modificaron surgiendo la primera versión de la estructura de la red (ver

²⁰ Se habla de variables iniciales debido a que en el transcurso de la construcción de la red estas variables pueden ser modificadas

figura 12). En esta estructura se representa la parte cualitativa del modelo, donde muestra la información contenida en la red bayesiana, por medio de un grafo dirigido que lo representa, cada nodo se muestra como un óvalo que contiene el nombre de la variable asociada, los enlaces están dibujados con flechas, los cuales representan las relaciones de dependencia e independencia entre las variables.

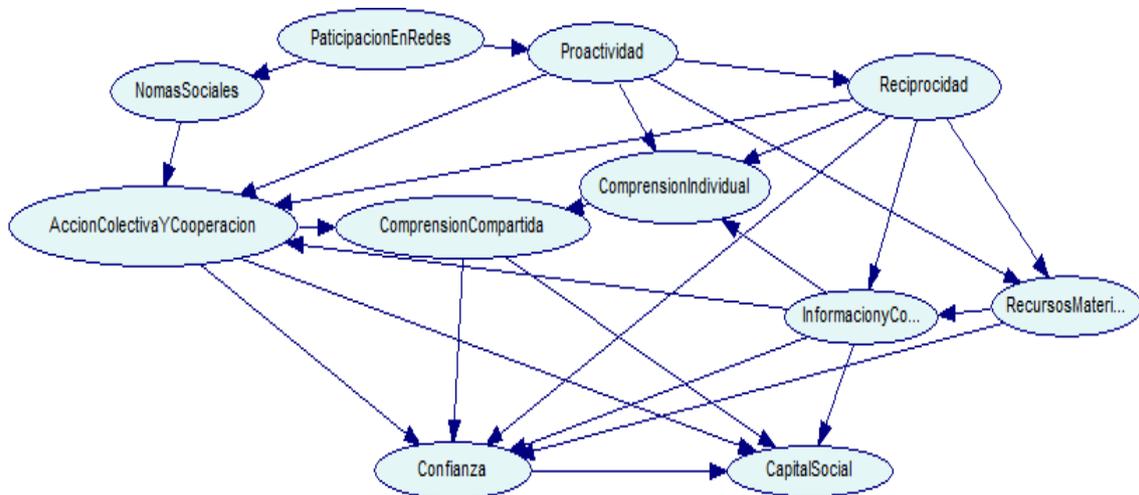


Figura 12. Primera versión de la estructura de la red bayesiana.

Después de haber construido la primera versión de la red cualitativa se procede a la explicación de esta a 4 expertos²¹ dos con conocimiento en EWA y modelos computacionales, uno en modelos gráficos y grafos sociales y, otro con conocimiento en capital social (ver perfil de expertos en ANEXO L); esto se hizo por medio de la técnica Delphi reuniéndose el equipo del proyecto con cada uno de ellos y utilizando para cada experto la entrevista -la metodología para la estructuración de la red bayesiana con estimaciones subjetivas del experto humano- que utilizó (Martel, *et al.*, 1996), la cual pide al experto especificar si está o no de acuerdo con las relaciones (de causa a efecto, de efecto a causa o ninguna) de la estructura del modelo inicial y permitiendo además generar recomendaciones por parte de los mismos. El resultado de estas entrevistas se encuentra en el ANEXO M.

Estos resultados fueron recomendaciones las cuales se analizaron por el grupo de investigación, obteniendo información valiosa para quitar y aumentar algunos enlaces entre las variables. Los cambios que se realizaron fue el aumento de la relación entre Normas Sociales a Proactividad, ya que las primeras están implícita o explícitamente al interactuar con los servicios de EWA; además se eliminó la relación entre Proactividad a Comprensión Individual, ya que hay factores que median esta relación, como por ejemplo, la reciprocidad. De este análisis se obtuvo la segunda versión de la red (ver figura 13).

²¹ Personas con amplios conocimientos en el tema tratado.

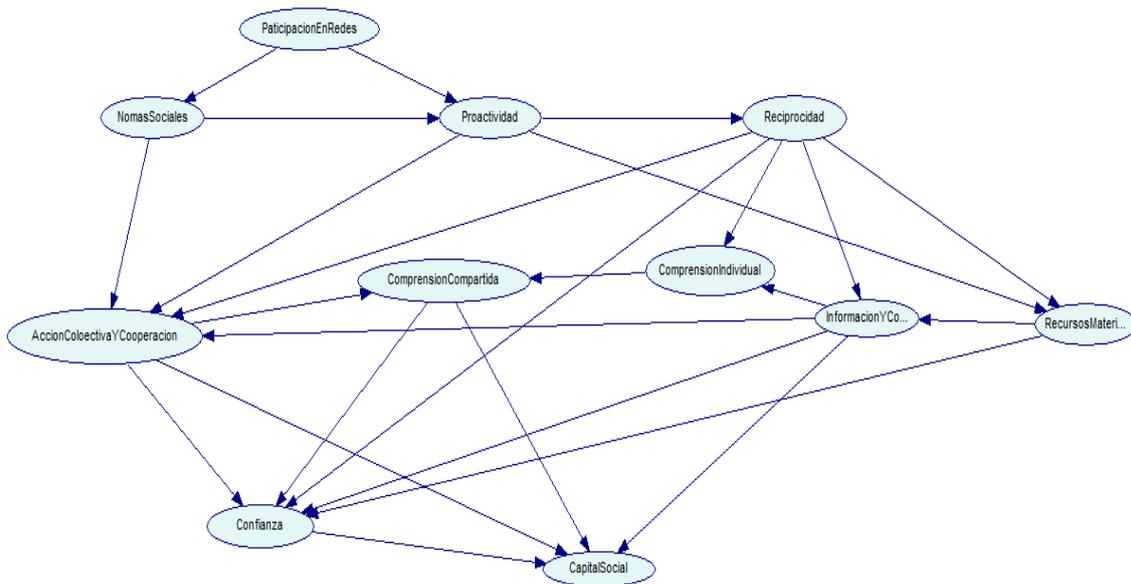


Figura 13. Segunda versión de la estructura de la red bayesiana.

Sin embargo, al volver a realizar la entrevista estructural y analizar la explicación verbal generada para esta segunda versión, surgieron nuevas recomendaciones por parte de los expertos, como: cambiar el nombre de la variable Información y Comunicación por Comunicación, debido a que analizando la definición de esta variable se ve más enfocada a la comunicación que existe entre los miembros de EWA y, que la información representa más que todo los recursos materiales, por esta razón también se decidió cambiar recursos materiales y simbólicos por Información. La aplicación de las recomendaciones dio como resultado la tercera versión de la red, además en esta versión se adicionaron el tipo de influencia causal de las relaciones donde en todas fueron una relación fuerte y positiva, debido a que todas las variables son muy importantes para aumentar el capital social en el contexto de la Comunidad Virtual EWA, y además influyen de forma positiva en cada variable, por ejemplo, la participación en redes tiene una relación Fuerte y positiva (F+) con Proactividad porque al aumentar la participación en redes aumentaría la Proactividad (ver figura 14).

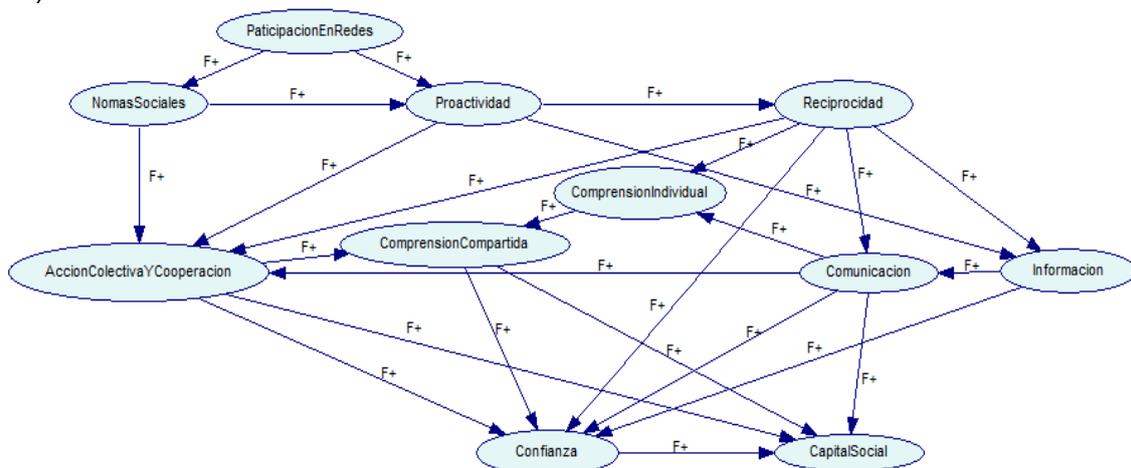


Figura 14. Tercera versión de la estructura de la red bayesiana

Después de una serie de iteraciones, donde se estudió la explicación verbal y las justificaciones de cada una de las relaciones para esta versión, el grupo de trabajo y



los expertos consideró concluido el proceso de representación de la información cualitativa, alcanzando el consenso en esta representación. Además se realizó un proceso adicional donde se verificaron las independencias que supone el modelo (Druzdel, et al., 1993) esto se puede ver en el ANEXO N.

Durante el proceso de construcción de la red bayesiana cualitativa otro de los pasos importantes fue la definición de los valores o estados de cada variable, los cuales fueron realizados a la vez que se fueron creando las variables. El resumen de los estados identificados para cada variable se pueden ver en la siguiente tabla 1. Su justificación se encuentra en la sección anterior.

NOMBRE DE LA VARIABLE	ESTADO
Participación en redes	Alta y Baja
Reciprocidad	Alta y Baja
Confianza	Alta y Baja
Normas Sociales	Presente y Ausente
Proactividad	Alta y Baja
Acción colectiva y cooperación	Alta y Baja
Comunicación	Positiva y Negativa
Información	Positiva y Negativa
Comprensión compartida	Si y No
Comprensión individual	Alta y Baja
Capital social	Alto y Bajo

Tabla 1. Variables de Capital Social y sus estados

Después de todo el análisis que se realizó para la primera parte de la construcción de la red bayesiana se procedió a la construcción de la segunda parte de la red, como se muestra a continuación.

3.3 CONSTRUCCIÓN DE LA RED BAYESIANA CUANTITATIVA

Otro de los puntos importantes, después de la determinación de la estructura de la red es la construcción de las tablas de probabilidad, pero la estimación de estos valores es una labor difícil ya que en el caso de esta investigación se tendría que contar con:

- Estudios probabilísticos donde se interactuara con la comunidad objetivo para poder encontrar los valores de estas tablas, sin embargo en la práctica fue complicado desarrollar este tipo de estudios, ya que es costoso en dinero y tiempo al tener en cuenta que los usuarios de EWA están ubicados en una zona distante del lugar de habitación de los investigadores y además en el momento de realizar la investigación el orden público de esta población estaba alterado.
- Literatura relacionada con los valores probabilísticos de cada variable asociada al modelo, lo cual es mucho más barato y fiable pero, en la práctica no se encontró este tipo de documentación sobre EWA ni sobre otro tipo de comunidad virtual de Etnoeducación.
- Bases de datos donde se encuentren las probabilidades asociadas a cada variable lo cual es más rápido y barato pero, en la base de datos obtenida de EWA no se encontraron muchos valores necesarios para construir estas tablas de probabilidad, además es difícil encontrar un criterio subjetivo capaz de decidir basado en los valores de las tablas encontradas cuando la comunidad virtual tiene valores altos en participación en redes, Proactividad, reciprocidad, comprensión individual, acción colectiva y cooperación, confianza, capital social, o cuando están presentes las normas sociales, o si la información o comunicación son



positivas, o si hay una comprensión individual; por lo cual sería necesario construir adicionalmente una serie de algoritmos capaces de extraer estos datos de la base de datos de EWA.

- Estimaciones subjetivas de expertos humanos con altos conocimientos en capital social, comunidades virtuales, redes bayesianas, modelos computacionales, EWA, Etnoeducación, entre otros; los cuales pudieran estimar según su conocimiento los valores de las tablas de probabilidad de las variables, pero en la práctica estimar valores que expresen una probabilidad condicional entre causa y efecto como por ejemplo: ¿Cuál es la probabilidad de que al existir una participación en redes baja con unas normas sociales presentes y la Proactividad sea alta? Es una pregunta difícil de responder.

Por esta razón se decidió utilizar en esta investigación la técnica de modelos canónicos los cuales permiten construir TPC con muchos valores a partir de un conjunto pequeño de parámetros. Por lo tanto antes de la obtención de la información cuantitativa de la red se identificaron cuáles de las familias de la red pueden ser modelados por medio de modelos canónicos, lo cual se realiza a continuación:

3.3.1 Identificación de los modelos canónicos

La siguiente fase consiste en identificar los modelos canónicos sobre la versión final de la estructura de la red bayesiana (ver figura 15); los modelos identificados en las familias de esta red corresponden a los modelos Noisy-OR y Noisy-AND, ya que se conoce con exactitud cuáles son todas las causas implícitas de los nodos involucrados.

En general, la mayoría de los modelos canónicos identificados en la red se detectaron de forma inmediata y sin demasiados problemas; a continuación se muestran las correspondientes relaciones:

- *AccionColectivaYCooperacion, NormasSociales, Proactividad, Reciprocidad, Comunicación.* En esta familia se identificó el modelo Noisy-AND puesto que existe sinergia significativa entre las causas que pueden influir en los valores obtenidos para la variable *AccionColectivaYCooperacion*; esto se presenta debido a que las *NormasSociales, Proactividad, Reciprocidad* y la *Comunicación* deben trabajar conjuntamente para que produzcan un efecto en la variable *AccionColectivaYCooperacion*.
- *CapitalSocial, Confianza, AccionColectivaYCooperacion, CompresionCompartida, Comunicación.* Se identificó en esta familia el modelo Noisy-OR, debido a que tanto la confianza, la *AccionColectivaYCooperacion*, *CompresionCompartida* y la *Comunicación* pueden generar capital social por separado. Además, si se tiene todas las variables se incrementan las probabilidades de generar más capital social. Esta variable también tiene asociado un parámetro residual debido a que cabe la posibilidad de que pueden existir una causa explícita que no se encuentre en el modelo que pueda producir el efecto en la variable de capital social.
- *Confianza, AccionColectivaYCooperacion, CompresionCompartida, Reciprocidad, Comunicación e Información.* Para esta relación se definió la puerta Noisy-OR, debido a que razonablemente cada una de las cinco causas que puede generar la confianza funcionan independientemente de las demás causas, es decir que cada una no interfiera en las demás la capacidad de causar confianza, además la confianza puede aumentar o disminuir incluso si ninguna de las cinco causas están

activas, ya que cabe la posibilidad de que puede influenciar sobre ella una causa explícita que no se encuentra definida en el modelo.

A continuación se hace un ejemplo donde se demuestra la efectividad de la aplicación de modelos canónicos en una familia, para este caso se analizó la familia de la variable confianza; esta variable tiene 5 padres, cada uno con dos estados (ver figura 15); la TPC para esta variable sin utilizar la ayuda que brinda los modelos canónicos en este caso el modelo Noisy-OR los valores que habría que ingresar será $2^{5+1} = 64$ valores (ver figura 16), que en este caso serían casi imposibles de estimar.

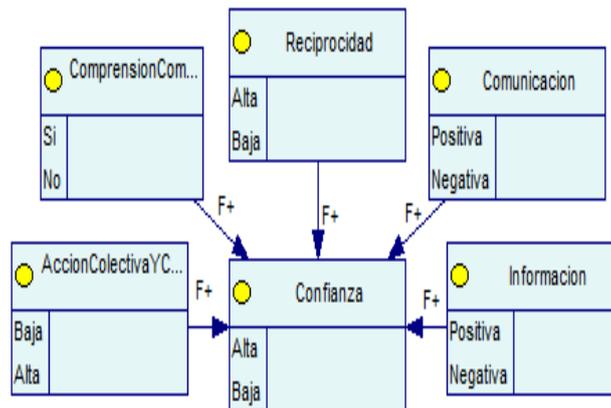


Figura 15. Familia de la variable confianza

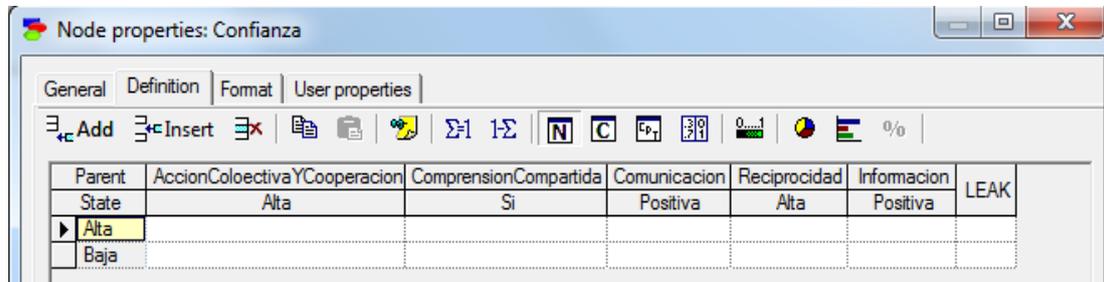
AccionColectivaYCooperacion	Si				Alta				
ComprensionCompartida									
Comunicacion	Positiva				Negativa				
Reciprocidad	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	
Informacion	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	
Alta									
Baja									

AccionColectivaYCooperacion	Si				Baja				
ComprensionCompartida									
Comunicacion	Positiva				Negativa				
Reciprocidad	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	
Informacion	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	Positiva	Negativa	
Alta									
Baja									

Figura 16. Valores a ingresar en la TPC para la variable confianza sin utilizar modelos canónicos.

Pero al modelar esta familia mediante la puerta Noisy-OR, la variable Confianza requiere solo 5 valores los cuales son menos parámetros que los que necesita el modelo general para la TPC de esta variable (ver figura 17). No solo es de gran ayuda este modelo en que se necesita menos parámetros, sino porque los parámetros que intervienen son más significativos y más fáciles de estimar que los elementos de una TPC, por ejemplo, tiene más sentido las preguntas como: ¿Cuál es la probabilidad de

que AccionColectivaYCooperacion, ComprensionCompartida, Reciprocidad, Comunicación y la Información aumenten la confianza?, que, ¿Cuál es la probabilidad de que aumente la Confianza cuando la AccionColectivaYCooperacion sea alta, No haya ComprensionCompartida, la Reciprocidad sea alta, la Comunicación esté ausente y la Información sea negativa?.



Parent	AccionColectivaYCooperacion	ComprensionCompartida	Comunicacion	Reciprocidad	Infomacion	LEAK
State	Alta	Si	Positiva	Alta	Positiva	
Alta						
Baja						

Figura 17. Valores a ingresar en el modelo aplicando la puerta OR con ruido en la variable confianza.

El siguiente paso después de haber identificado que modelo canónico se aplica para cada familia de la redes identificada, es la obtención de las probabilidades, que se explica en el siguiente apartado.

3.3.2 Obtención de las probabilidades

A continuación se procede a realizar la parte más difícil al construir una red bayesiana, que es obtención de las tablas de probabilidad condicional para cada variable.

En esta parte para la obtención de las probabilidades condicionales para cada variable surgieron muchos inconvenientes, los más importantes y de mayor impacto fueron:

- No contar con datos iniciales reales para poder ingresar los parámetros canónicos para obtener la TPC de cada variable.
- No se contaba con al menos un experto humano que conociera las iteraciones de los miembros de la comunidad dentro de EWA que pudiera generar estimaciones subjetivas para encontrar los parámetros canónicos, por ejemplo, que responda preguntas como: ¿Cuál es la probabilidad de que la información sea positiva si la Proactividad es alta y la reciprocidad es alta?.

Para solucionar los anteriores problemas, se procedió a buscar en la bibliografía metodologías o procesos para asignar valores a las TPC donde se encontró el libro de Mittal y Kassimi en el cual hay un ejemplo para la construcción de las TPC inicial con este tipo de características (Mittal, *et al.*, 2007).

La mejor forma de explicar este procedimiento es con un ejemplo para la familia de la variable confianza (para las demás familias de la red este proceso se describe en el ANEXO Ñ), se describe en seis pasos cual fue el proceso y los aspectos importantes que se tuvieron en cuenta para poder construir la TPC inicial para esta variable:

1. Se tuvo en cuenta el grado de influencia, es decir la fuerza de las relaciones entre las variables, estas pueden ser Fuerte (F), medio (M) o Débil (D) y la representación si es positiva (+) o si es negativa (-). Para todas las relaciones de la red el grado de influencia es fuerte y tienen una representación positiva.



2. También hay que saber el número de padres. Para el caso de la variable confianza el número de padres = 5.
3. Después de tener la información anterior se procede a obtener un valor umbral para cada grado de influencia. Este valor umbral es un valor de probabilidad condicional para las variables.

$$\text{Valor umbral} = 1 - \alpha$$

Ecuación 4. Valor Umbral

El valor umbral se obtiene restándole a la unidad un valor α , el cual es el grado de incertidumbre que existe al considerar la evidencia de las relaciones. Es decir este valor va a ser más pequeño al considerar el grado de influencia fuerte y va a ser más grande al considerar el grado de influencia débil.

El valor de α puede ajustarse en base a la opinión de expertos, en nuestro caso para una influencia fuerte y positiva, se tiene que $\alpha = 0.02$, debido a que es más probable que un grado de incertidumbre pueda existir al considerar la evidencia proveniente de una relación fuerte y positiva.

GRADO DE INCERTIDUMBRE	FUERTE	MEDIO	DÉBIL
Positiva	0.02	0.2	0.4
Negativa	0.02	0.2	0.4

Tabla 2. Grado de Incertidumbre para cada influencia.
Fuente: Adaptada de (Mittal, et al., 2007)

También para el valor Umbral se podría preguntar o se podría ofrecer posibilidades a los expertos y dejar que ellos decidan. Para esta investigación se dio a conocer el valor de grado de incertidumbre fuerte y positivo (0,02) a dos expertos en capital social y en la comunidad EWA, a los cuales les pareció conveniente este valor, debido a que es obtenido de una investigación muy detallada de capital social (Mittal, et al., 2007) y se puede aplicar en el contexto de esta investigación.

Para la familia de la variable confianza y sus padres se calculan el valor umbral para cada grado de influencia de la siguiente manera:

$$\text{Valor umbral}_{Fuerte} = 1 - 0.02 = 0.98$$

$$\text{Valor umbral}_{Medio} = 1 - 0.2 = 0.80$$

$$\text{Valor umbral}_{Debil} = 1 - 0.4 = 0.60$$

4. Se calcula el valor base.

$$\text{Valor base} = \frac{1}{\text{No. Estados}}$$

Ecuación 5. Valor base

$$\text{Valor base} = \frac{1}{2} = 0.5$$

El valor base será de 0.5 para todas las variables ya que todas tiene dos estados.



5. Después se procede a calcular el peso para cada grado de influencia con la siguiente ecuación:

$$Peso = \frac{(Valor\ umbral - Valor\ base)}{Número\ de\ padres}$$

Ecuación 6. Valor Peso

Para la familia de la variable confianza y sus padres se calculan el peso para cada grado de influencia de la siguiente manera:

$$Peso_{Fuerte} = \frac{0.98 - 0.5}{5} = 0.096$$

$$Peso_{Medio} = \frac{0.80 - 0.5}{5} = 0.06$$

$$Peso_{Debil} = \frac{0.60 - 0.5}{5} = 0.002$$

Hay que aclarar que en esta investigación tanto para el valor umbral como para los pesos, el grado de influencia de todas las relaciones de la red son fuertes y positivas.

6. Después de haber obtenido los anteriores datos se procede a calcular los parámetros canónicos para obtener los valores iniciales de la TPC de la variable confianza. Estos valores se calculan de la siguiente manera:

$$P (Confianza = Alta | Xi = estado) = Vr .Base + Peso$$

Ecuación 7. TPC para la variable confianza

Siendo x_i los padres de la variable confianza y el peso es el peso asociado a cada padre, los parámetros canónicos a calcular son los de las siguientes configuraciones:

$$P (Confianza = Alta | AccionColectivaYCooperacion = Alta) = 0.5 + 0.096 = 0.596$$

$$P (Confianza = Alta | Comprension _ Compartida = Si) = 0.5 + 0.096 = 0.596$$

$$P (Confianza = Alta | Comunicacion = Positiva) = 0.5 + 0.096 = 0.596$$

$$P (Confianza = Alta | Informacion = Positiva) = 0.5 + 0.096 = 0.596$$

$$P (Confianza = Alta | Reciprocidad = Alta) = 0.5 + 0.096 = 0.596$$

$$P (Confianza = Baja | AccionColectivaYCooperacion = Alta) = 1 - 0.596 = 0.404$$

$$P (Confianza = Baja | Comprension _ Compartida = Si) = 1 - 0.596 = 0.404$$

$$P (Confianza = Baja | Comunicacion = Presente) = 1 - 0.596 = 0.404$$

$$P (Confianza = Baja | Informacion = Positiva) = 1 - 0.596 = 0.404$$

$$P (Confianza = Baja | Reciprocidad = Alta) = 1 - 0.596 = 0.404$$

Además hay que tener en cuenta que a la variable confianza puede existir otros factores externos que la pueden afectar, por este motivo también se escogió la puerta Noisy-OR, donde se estima un porcentaje residual para estos factores donde $P(Confianza = Alta|leak) = 0.001$ y $P(Confianza = Baja|leak) = 0.999$. Quedando la tabla de parámetros canónicos para la variable confianza como se muestra en la figura 18 y la TPC inicial que se genera a partir de los parámetros canónicos es la que aparece en la figura 19.

Parent	AccionColo...	Comprensio...	Comunicaci...	Infomacion	Reciprocidad	LEAK
State	Alta	Si	Positiva	Positiva	Alta	
Alta	0.596	0.596	0.596	0.596	0.596	0.001
Baja	0.404	0.404	0.404	0.404	0.404	0.999

Figura 18. Parámetros canónicos para la variable confianza

AccionColectivaYCooperacion	Baja															
Compartida	Si						No									
Comunicacion	Positiva			Negativa			Positiva			Negativa						
Informacion	Positiva		Negativa		Positiva		Negativa		Positiva		Negativa					
Reciprocidad	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja	Alta	Baja				
Alta	0.97338718	0.93412668	0.93412668	0.83694722	0.93412668	0.83694722	0.83694722	0.596404	0.93412668	0.83694722	0.83694722	0.596404	0.83694722	0.596404	0.596404	0.001
Baja	0.026612823	0.065873325	0.065873325	0.16305278	0.065873325	0.16305278	0.16305278	0.403596	0.065873325	0.16305278	0.16305278	0.403596	0.16305278	0.403596	0.403596	0.999

Figura 19. TPC inicial para la variable confianza.

3.4 EVALUACIÓN DE LAS PROBABILIDADES: EXPLICACIÓN AL EXPERTO

Teniendo en cuenta que el experto que más conocían sobre todos los temas tratados era la Ingeniera de Sistemas Luz Marina Sierra Martínez (ver perfil en el ANEXO L), quien fue investigadora principal en el proyecto que desarrollo la plataforma que soporta la comunidad virtual EWA y que en la actualidad está encargada de la administración de esta comunidad, se optó por realizar con ella una reunión con el fin de explicarle el procedimiento que se llevó a cabo para la obtención de los parámetros condicionales para cada TPC de las variables de capital social para EWA y preguntarle según su conocimiento en la comunidad virtual si estaba de acuerdo o no con los resultados de las probabilidades calculadas a lo que respondió estar de acuerdo y conforme con la obtención de los parámetros canónicos que calcula la TPC para cada variable por hace más fácil su evaluación y análisis (ver acta de reunión en el ANEXO O).

3.5 EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS: EXPLICACIÓN AL EXPERTO

De igual forma como se realizó la evaluación de las probabilidades de cada variable de la red bayesiana, se realizó la evaluación de los resultados que arroja el modelo, preguntándole a la ingeniera de sistemas Luz Marina Sierra Martínez, si le parecían o no coherentes dichos resultados, a lo que respondió después de solicitar la explicación de algunas dinámicas de EWA que si estaba de acuerdo con los resultados (ver acta de reunión en el ANEXO O).



Una de las dinámicas que solicitó la ingeniera Luz Marina Sierra que debería simular el modelo computacional de EWA fue: Luego de conceptualizada una clase en EWA los alumnos hacen un análisis individual que luego es compartido por todos en la clase con el fin de llegar a un consenso entre los integrantes del curso (Sierra, *et. al.*, 2010); esto se debe evidenciar en que al aumentar la información debe aumentar la comprensión individual y por ende la comprensión compartida; lo cual en el modelo se puede observar (algunas otras dinámicas que solicito la ingeniera Luz Marina Sierra están en el acta de reunión en el ANEXO O).

3.6 EJEMPLO DE USO DEL MODELO COMPUTACIONAL ADECUADO PARA EWA

Después de realizar las anteriores fases se obtiene finalmente el modelo computacional soportado en redes bayesianas para la comunidad virtual EWA. El cual permite estudiar las dinámicas que se presentan al interior de EWA en cuanto a su capital social, y donde se puede deducir por ejemplo:

- Con los valores actuales del Modelo se tiene que la Variable Participación en Redes tiene un estado alto del 50% y la Variable Normas Sociales tiene en el estado presente un valor de 50%. Al modificar el valor del estado alta de 52 % al 100% de la Variable Proactividad (cambio motivado por una observación) el modelo calcula las probabilidades de las variables Participación en Redes y Normas Sociales, obteniendo como nuevos valores de sus estados alto del 97% y presente a 92% respectivamente. Lo cual permite apreciar que ante un cambio en la variable Proactividad podemos mejorar los valores de estas variables; para motivar un cambio de éste tipo en la variable Proactividad, por lo tanto se hace necesario establecer una estrategia que permita hacerlo posible, por ello, se hace necesario revisar los servicios asociados a esta variable (Anexo P, donde se mapean servicios de EWA con Variables), especialmente centrarse en los comunes a las tres variables, que para el caso serían: la gestión de comunicación, la Gestión de usuarios, la Gestión de roles y la Gestión de funciones de comunicación, sobre los cuales debería centrar la(s) estrategia(s) que me motive el cambio en la variable Proactividad y que a su vez esta me motive cambios en las otras dos variables, lo cual se puede apreciar en el Modelo Bayesiano Adecuado para EWA.

3.7 FORTALEZAS Y DEBILIDADES

FORTALEZAS

Las fortalezas más importantes con las que cuenta el modelo computacional construido anteriormente son:

1. Permite representar las dinámicas de Capital Social adecuadas a la comunidad EWA, de tal manera que su representación gráfica facilitar la interpretación y obtención de conclusiones sobre este dominio en estudio por parte de las personas que lo analizan.
2. En el modelo se ve reflejado las relaciones de causalidad con lógica probabilística, permitiendo de esta manera relacionar el conocimiento de varios expertos (Capital social, comunidad EWA, modelos computacionales, métodos gráficos, entre otros) con datos.
3. El modelo permite realizar razonamientos predictivo, por ejemplo, se pueden obtener la probabilidad de presentar un cierto efecto suponiendo que existe una causa conocida.



4. Permite la creación y gestión de diferentes casos de evidencia, que permitan analizar situaciones reales que se presenten en la comunidad EWA.

DEBILIDADES

1. Debido al alcance del proyecto y al tiempo para su ejecución no se realizó la evaluación y actualizaciones del modelo con datos reales que arrojará la comunidad virtual EWA.
2. Los resultados del análisis que se obtienen del modelo dependen de la persona que esté haciendo el razonamiento, las cuales pueden generar estrategias adecuadas o incorrectas.
3. Las probabilidades a priori de las variables de capital social adecuadas a EWA, son obtenidas de la literatura de un estudio que se hizo de capital social, pero es recomendable obtenerlas directamente de las interacciones de los usuarios de EWA, ya que en el momento de realizar esta investigación, la comunidad EWA no contaba con datos que sirvieran para poder ingresar estas probabilidades.



4. PROTOTIPO SOFTWARE PARA PROCESAR EL MODELO COMPUTACIONAL DE CAPITAL SOCIAL PARA LA COMUNIDAD VIRTUAL EWA

En este capítulo se describe el desarrollo de la herramienta software – MCCSEWA - que procesa el modelo computacional diseñado para la comunidad virtual EWA. MCCSEWA soporta un módulo de ingreso de datos y otro de procesamiento del modelo computacional desarrollado a lo largo de esta investigación, diseñada a partir de una herramienta de software libre llamada GENIE & SMILE (GENIE & SMILE, 2007).

El sistema desarrollado aprovecha parte de la estructura existente de GENIE, las funcionalidades de la librería SMILE.NET el cual es el motor de inferencia de la herramienta GENIE, además se incorporan características de adaptabilidad al perfil de la comunidad en estudio. Los aspectos más importantes es que en el modelo computacional generado se pueden identificar las dinámicas de capital social propias de la comunidad virtual EWA, además que permite a los usuarios finales (Administradores, docentes y directivas de la comunidad EWA) modificar la red, analizar los resultados, generar escenarios, generar sugerencias, entre otros, de una forma más fácil, sin necesidad de conocer toda la teoría que abarca las redes bayesianas, el capital social, o cómo se maneja la herramienta GENIE para la construcción del modelo ya que MCCSEWA cuenta con una interfaz que es amigable y fácil de utilizar y tiene acceso a través de la web.

MCCSEWA incluye características que permiten obtener información de gran importancia sobre las dinámicas de capital social al interior de EWA, las cuales permiten analizar las interacciones de los miembros de la comunidad virtual relacionándolas con los servicios que ofrece la comunidad EWA y genera estrategias para que haya una participación activa de sus participantes y que la comunidad se sostenga en el tiempo.

Otro aspecto importante fue el desarrollo del prototipo basado en la Metodología AUP (Ambler, 2006), la cual ha sido seleccionada previamente por los beneficios que aporta en el desarrollo de un proyecto software de esta naturaleza. Este desarrollo se implementó de forma iterativo incremental, ateniendo a lo propuesto por la metodología:

4.1 FASE DE INICIO

4.1.1 Iteración 1

- **Modelado**
- **Definir y acotar el alcance del proyecto**

Este software se debe diseñar a partir de la adaptación de las herramientas proporcionadas por Genie & Smile, debe procesar el modelo computacional de redes bayesianas para la comunidad EWA el cual fue diseñado en el programa Genie & Smile, y además también debe contemplar un módulo de ingreso de datos; la especificación del alcance de MCCSEWA está en los anexos. (Ver ANEXO Q)



- **Determinar la viabilidad**

Teniendo en cuenta que el desarrollo de una herramienta software capaz de procesar el modelo computacional diseñado en la presente investigación, que permita a sus usuarios una mayor facilidad de manejo y comprensión sobre los resultados obtenidos en la red bayesiana es esencial, se considera viable su desarrollo.

El intentar que los usuarios de la comunidad virtual EWA especialmente sus administradores, docentes y directivos aprendan a utilizar alguna herramienta de procesamiento de redes bayesianas existente (ver ANEXO G) es poco viable, ya que se deberían estudiar varios conceptos que se deben tener claros para el procesamiento y análisis de una red bayesiana, lo cual con el desarrollo de la herramienta software capaz de procesar el modelo computacional diseñado es mucho más intuitivo.

Otro factor que se debe tener en cuenta para el desarrollo de la herramienta software en cuestión, es el apoyo a la toma de decisiones en cuanto a que el usuario al realizar experimentos sobre MCCSEWA puede observar que servicios tiene asociados cada variable y así deducir las estrategias que se deben seguir para consolidar la comunidad virtual EWA como una herramienta de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la comunidad Nasa.

- **Análisis de Requerimientos del Sistema**

El prototipo pretende analizar las dinámicas de capital social presentes en la comunidad virtual EWA por medio de un modelo computacional soportado en redes bayesianas, teniendo en cuenta las características propias de la Comunidad Virtual. Por esta razón, el desarrollo del prototipo tiene como objetivo, permitir al usuario administrador generar escenarios propios de la comunidad EWA, y sobre estos escenarios generar evidencias, de tal manera que, con los resultados que arroje la evidencia, le permita al administrador del sistema generar estrategias en pro de aumentar la participación activa adecuada de la comunidad Nasa en la comunidad virtual EWA.

A través de la interacción con el prototipo, también debe permitir a los administradores del sistema acceder a consultar el modelo computacional, generar sugerencias para posibles modificaciones o actualizaciones futuras del modelo, gestionar usuarios, relacionar los servicios de EWA con las variables de capital social del modelo y cambiar contraseña.

La interacción de los docentes y directivos con el prototipo les permitirá obtener información de los escenarios estudiados permitiéndoles también generar sugerencias, visualizar el modelo computacional, modificar su información personal y cambiar contraseña.

En el modelo computacional desarrollado se tuvo en cuenta las características propias de la comunidad Nasa, por tal motivo el desarrollo del prototipo software debe tener ciertas particularidades que permiten adaptarse al contexto de la Etnoeducación Nasa. El usuario (Administrador, Docente y directivo) de esta aplicación podrá acceder a los diferentes servicios ofrecidos.

A continuación se hace una breve descripción de los requisitos funcionales y no funcionales asociados al prototipo. En el ANEXO R, en la sección de Especificación de



Requerimientos, se describe con más detalle los requisitos presentados en este apartado.

Requerimientos funcionales

✓ *Gestión de usuarios:*

El sistema debe permitir al administrador realizar las siguientes acciones:

- Ingresar un nuevo docente o directivos de la comunidad Nasa que interactúen con EWA.
- Modificar la información básica del docente, directivo o administrador.
- Eliminar un docente, directivo o administrador.
- Activar o desactivar un docente o directivo.

El sistema debe permitir al Docente o Director realizar las siguientes acciones:

- Modificar su usuario
- Cambiar Clave

✓ *Gestionar Visualización Modelo Computacional*

El sistema debe permitir al administrador realizar las siguientes acciones:

- Visualizar el modelo computacional con sus variables y relaciones.
- Visualizar las tablas de probabilidad condicional de cada variable.
- Editar el nombre de las variables y la TPC de cada una de ellas.

El sistema debe permitir al Docente o Director realizar las siguientes acciones:

- Visualizar el modelo computacional con sus variables y relaciones.

✓ *Gestionar servicios de la comunidad EWA*

Le permite al usuario administrador realizar las siguientes acciones:

- Adicionar un servicio que brinda la comunidad EWA, con su descripción y asociarlo a una variable de capital social.
- Editar la información de un servicio006F
- Eliminar un servicio.

✓ *Gestionar Escenarios*

El sistema debe permitir al administrador realizar las siguientes acciones:

- Visualizar escenarios existentes.
- Adicionar escenarios.
- Adicionar a las variables asociadas al escenario servicios de la comunidad EWA.
- Actualizar escenarios.
- Eliminar escenarios.

El sistema debe permitir al Docente o Directivo realizar las siguientes opciones:

- Visualizar escenarios existentes.
- Consultar un escenario en específico.

✓ *Gestionar Análisis de Escenario*

El sistema debe permitir al administrador realizar las siguientes opciones:

- Visualizar las evidencias²² existentes con su respectivo escenario asociado, las variables observadas y las variables a analizar.
- Ingresar una nueva Evidencia.
- Analizar la evidencia Creada.

✓ *Generar Estrategias*

²² Ver sección 2.7.1.7



El sistema le debe permitir al administrador realizar las siguientes opciones:

- Adicionar un Estrategias, por cada Escenario creado.
- Visualizar estrategias, donde pueden ver el título de la estrategia, el título del escenario asociado los servicios asociados, la estrategia generada y las recomendaciones.
- Actualizar estrategias.
- Eliminar estrategias

✓ Gestionar Sugerencias

- El sistema debe permitir al administrador de la comunidad EWA Visualizar y eliminar sugerencias o recomendaciones introducidas por los usuarios acerca del modelo computacional.
- El sistema debe permitir al administrador, docente o directivo de la comunidad EWA ingresar sugerencias acerca del modelo computacional.

Requisitos no funcionales

- ✓ Después de un tiempo determinado sin usar la aplicación la sesión debe finalizar.
- ✓ Todos los campos de los formularios son obligatorios.
- ✓ Debe cumplir con los requisitos mínimos de seguridad, esto es densa contra ataques inyección SQL y crossside scripting.
- ✓ La aplicación debe brindar disponibilidad 24/7.

• **Implementación**

- **Prototipado de Interfaces de Usuario**

A continuación se presentan los prototipos de algunas pantallas del sistema, los otros prototipos se encuentran en el ANEXO R:

MCCSE

Identificación

Usuario: *

Contraseña: *

Figura 20. Prototipo de interfaz de usuario Iniciar Sesión

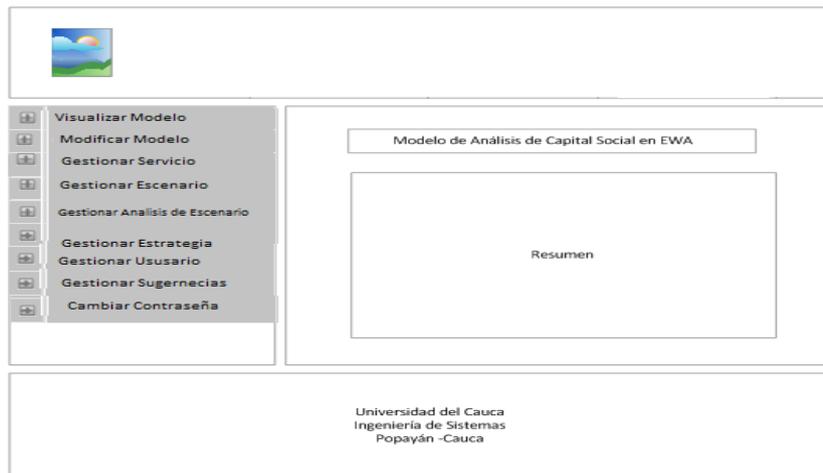


Figura 21. Prototipo de interfaz de usuario Menú principal Administrador

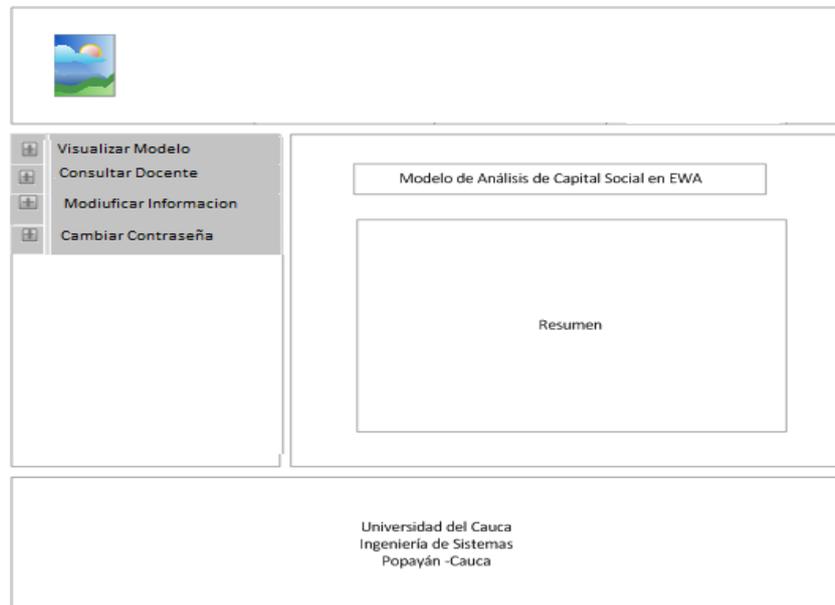


Figura 22. Prototipo de interfaz de usuario Menú principal DocenteDirectivo

- **Gestión del proyecto**
- **Definir riesgos**

Los 9 riesgos potenciales identificados que pueden ocurrir en el proyecto son:

ID	CATEGORÍA	RIESGOS POTENCIALES	DESCRIPCIÓN	CONSECUENCIA
R1	1	Tiempo estimado para la ejecución del proyecto.	Si no se cumple con el cronograma del proyecto planteado, o no se cumple con las líneas base de tiempo y de costos, se corre el riesgo de que no se termine el proyecto en el tiempo estimado.	Se corre el riesgo de que el proyecto no se culmine en su totalidad.
R2	2	Acople del equipo del	Si el equipo de trabajo del proyecto no se acopla adecuadamente.	Mala comunicación entre sus integrantes,



		proyecto		se crea un ambiente pesado y por ende demoras o fallas en las tareas.
R3	3	Calidad del producto.	Si el producto terminado no cumple con el seguimiento de las actividades no se obtendrán aquellos documentos que sugieren la metodología AUP.	Se puede perder el rumbo del proyecto e incumpliendo con lo requerido por el cliente
R4	4	Identificación de los requisitos	Al no tener claro cuáles son las necesidades que presenta el proyecto hará que tome un rumbo equivocado y se pasará por alto aquellas de real importancia.	Se perderá tiempo trabajando en actividades que no ayudarán al proyecto.
R5	5	Cambio de requisitos	En el transcurso del proyecto pueden que se necesite cambiar requisitos.	Se necesita más tiempo, costo y esfuerzo para poder desarrollar los nuevos requisitos.
R6	6	Tiempo de disponibilidad de los integrantes del equipo	Este factor afecta a la hora de coordinar esfuerzos para definir conjuntamente lo que se pretende hacer dentro del proyecto	Si un integrante define algún objetivo o actividad a realizar, y otro la interpreta diferente a lo que pretendía el primer integrante se habrá perdido tiempo, esfuerzo y dinero del proyecto.
R7	7	Recursos Materiales	Son los recursos que se necesitan para el desarrollo del proyecto.	Incumplimiento en las tareas entregar,
R8	9	Viajes	Parte del equipo actualmente no reside en Popayán.	Incumplimiento en las reuniones programadas por el equipo de trabajo, lo que causa restar mano de obra al proyecto.
R9	9	Compromiso	Por parte de cada uno de los integrantes para lograr una compactación en el trabajo y tareas asignadas, si se tiene el compromiso esperado se evitará sobrecargar a unos determinados integrantes del equipo con actividades que no le correspondían.	Se necesita más tiempo, costo y esfuerzo para poder desarrollar todos los requisitos del proyecto.

Tabla 3. Riesgos potenciales para el proyecto

Matriz de Clasificación de probabilidad/ impacto del riesgo:

PROBABILIDAD	ALTO	R8		
	MEDIO		R5,R9	R2, R4
	BAJO		R6, R7	R1, R3
		BAJO	MEDIO	ALTO
IMPACTO				

Tabla 4. Matriz de probabilidad/impacto del riesgo

- **Entorno**



Para la implementación de la herramienta software se debe utilizar las siguientes tecnologías:

Entorno de desarrollo (IDE): El framework seleccionado para el desarrollo de este proyecto fue Microsoft Visual Studio 2008, debido a que su licencia de uso no presenta ningún costo y su fabricante (Microsoft Corporation) es una empresa sólida que ofrece respaldo y soporte a los productos que fabrica y además cuenta con una gran documentación en el sitio web MSDN. Esta herramienta presenta alto grado de madurez pues se sabe que se pueden desarrollar aplicaciones de tipo empresarial de gran escala y soporta proyectos con arquitecturas web, como la arquitectura seleccionada para realizar este proyecto.

Lenguaje de desarrollo: El lenguaje de desarrollo utilizado en este proyecto es C#, debido a que es un lenguaje soportado por el entorno de desarrollo Visual Studio 2008, y además el equipo de desarrollo cuenta con un mayor conocimiento y experiencia en este lenguaje, también este lenguaje es sencillo de utilizar y es orientado a objetos, permite además el uso de componentes lo que facilita el mapeo de la arquitectura seleccionada.

Motor de base de datos: El motor de base de datos seleccionado es SQL Server 2008, debido a que el equipo de desarrollo presenta un alto nivel de conocimiento y experiencia en esta herramienta. Además esta herramienta de gestión de base de datos cuenta con un alto grado de madurez, rendimiento, soporte de mantenimiento, documentación y eficiencia, entre otras características importantes, que permitió seleccionarla para su utilización en este proyecto.

A continuación se describen las iteraciones con sus respectivas actividades que se desarrollaron para esta fase:

4.1.2 Iteración 2

- **Modelado**
- **Definición de casos de uso.**

En esta sección se presenta los diagramas de caso de uso, donde se presenta el comportamiento del sistema con base en las relaciones con los actores y la descripción resumida de los actores y los casos de uso en formato de alto nivel.

Diagrama de Casos de uso

El diagrama de caso de usos correspondiente al usuario Administrador (ver figura 23) comienza cuando el administrador inicia el sistema, para esto es necesario que primero se autentique, luego de que el usuario administrador se encuentre identificado por el sistema puede seleccionar cualquier opción que le permite la aplicación.

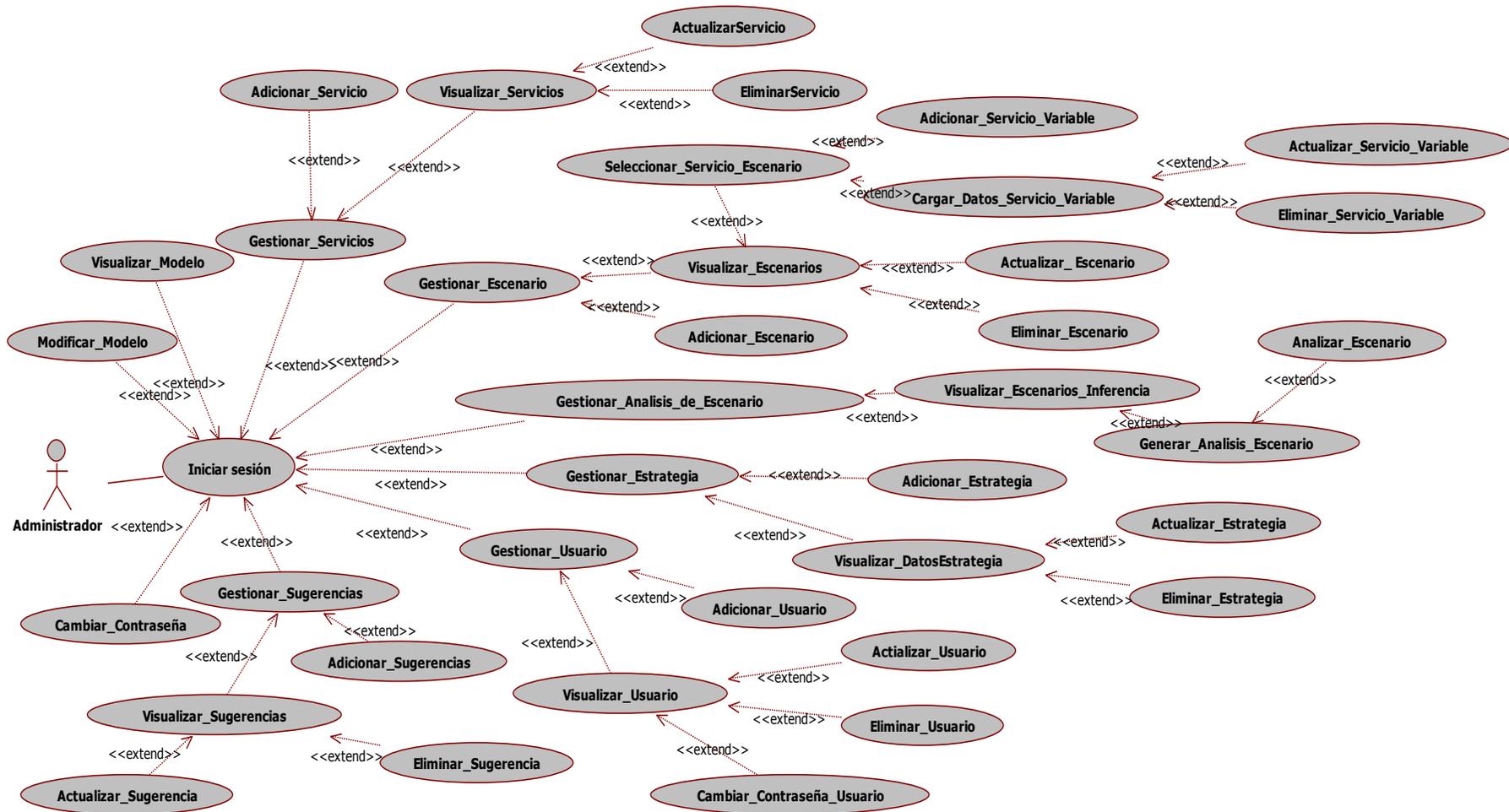


Figura 23. Diagrama de caso de uso correspondiente al autor Administrador.

El diagrama caso de uso correspondiente al autor Docente o Directivo (ver figura 24), comienza cuando un docente o directivo inicia al sistema, para esto es necesario que se encuentre registrado en la aplicación. Después de iniciar sesión puede acceder a servicios como visualizar modelo, consultar los escenarios generados, consultar las estrategias asociadas a cada escenario, generar recomendaciones, modificar su información personal y cambiar contraseña.

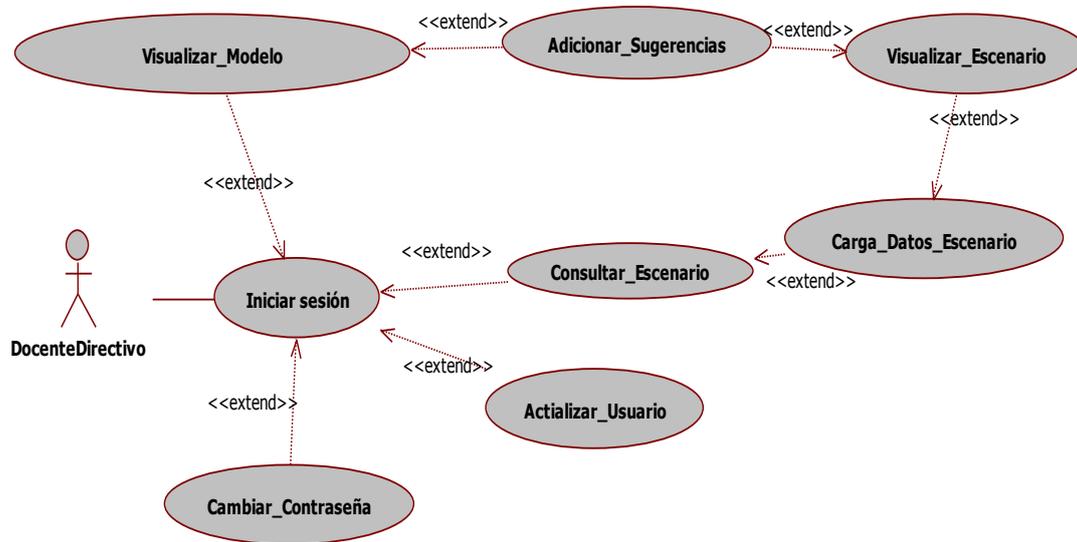


Figura 24. Diagrama caso de uso correspondiente al autor Docente o Directivo.

Descripción resumida de los actores y los casos de uso en formato de alto nivel

✓ Descripción resumida de actores

A continuación se presenta una descripción de los actores o usuarios que interactúan con el sistema, al mismo tiempo se identifican restricciones, permisos y responsabilidades.

Actor ACT-01	Administrador
Nombre	Administrador
Fuentes	Documento de Especificación de Requerimientos
Descripción	Un usuario administrador es el encargado de gestionar el modelo, gestionar servicios, gestionar escenario, gestionar análisis de escenario, gestionar estrategias, gestionar sugerencias y gestionar usuarios.
Comentarios	Ninguno.

Tabla 5. Descripción resumida del Autor Administrador

Actor ACT-02	DocenteDirectivo
Actores	DocenteDirectivo
Fuentes	Documento de Especificación de Requerimientos
Descripción	Un usuario DocenteDirectivo podrá ingresar al sistema; después de haber ingresado podrá visualizar el modelo computacional, consultar escenarios creados en el sistema, visualizando los resultados de su análisis y las estrategias generadas, generar sugerencias y modificar su información de usuario.
Comentarios	Ninguno.



Tabla 6. Descripción resumida del Autor DocenteDirectivo

- ✓ Descripción de casos de uso en formato de alto nivel

A continuación se presenta el resumen de la descripción de casos de uso en formato de alto nivel de Iniciar Sesión, gestionar escenario, adicionar Escenario, Visualizar Escenarios, Actualizar escenario, Eliminar Escenario, Seleccionar Servicios Escenario, Adicionar Servicio Variable, Visualizar Servicio Variable, Actualizar Servicio Variable y Eliminar Servicio Variable; los demás casos de uso en formato de alto nivel se encuentra en el anexo R en la sección 2.

Nombre	Iniciar sesión
Descripción	Permite validar las credenciales de un usuario y validar el rol en el cual se encuentra registrado.
Actores	Administrador, DocenteDirectivo
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Alta
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 7. Descripción caso de uso Iniciar Sesión en formato de alto nivel

Nombre	Gestionar_Escenario
Descripción	Permite la adición, eliminación, actualización y visualización de escenarios propios de la comunidad EWA.
Actores	Administrador
Tipo	Ninguno
Frecuencia de Uso	Alta
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 8. Descripción caso de uso Gestionar Escenario en formato de alto nivel

Nombre	Adicionar_Escenario
Descripción	Permite registrar un nuevo escenario al sistema.
Actores	Administrador
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Media
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 9. Descripción caso de uso Adicionar Escenario en formato de alto nivel

Nombre	Visualizar_Escenarios
Descripción	visualiza una ventana con un listado de los escenarios creados en el sistema
Actores	Administrador, DocenteDirectivo
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Media
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 10. Descripción caso de uso Visualizar Escenario en formato de alto nivel

Nombre	Actualizar_Escenario
---------------	----------------------



Descripción	Permite actualizar un escenario del sistema.
Actores	Administrador
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Media
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 11. Descripción caso de uso Actualizar Escenario en formato de alto nivel

Nombre	Eliminar_Escenario
Descripción	Permite la eliminación de un escenario del sistema.
Actores	Administrador
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Media
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 12. Descripción caso de uso Eliminar Escenario en formato de alto nivel

Nombre	Visualizar_Servicio_Variable
Descripción	Permite visualizar los servicios relacionados con las variables asociadas a un escenario en específico.
Actores	Administrador.
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Alta
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 13. Descripción caso de uso Visualizar Servicio Variable en formato de alto nivel

Nombre	Adicionar_Servicio_Variable
Descripción	Permite adicionar una asociación entre servicio y variable.
Actores	Administrador
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Alta
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 14. Descripción caso de uso Adicionar Servicio Variable en formato de alto nivel

Nombre	Actualizar_Servicio_Variable
Descripción	Permite modificar una asociación servicio variable variable de un escenario
Actores	Administrador, DocenteDirectivo
Tipo	Ninguno.
Frecuencia de Uso	Alta
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X Media/Deseado: Baja/Opcional:

Tabla 15. Descripción caso de uso Actualizar Servicio Variable en forma de alto nivel



Nombre	Eliminar_Servicio_Variable		
Descripción	Permite eliminar una asociación servicio variable de un escenario.		
Actores	Administrador		
Tipo	Ninguno.		
Frecuencia de Uso	Alta		
Prioridad del Requisito	Alto/Eencial: X	Media/Deseado:	Baja/Opcional:

Tabla 16. Descripción caso de uso Eliminar Servicio Variable en formato de alto nivel

- Definir el modelo conceptual

A continuación se presenta el modelo conceptual del sistema, el cual contiene las entidades reales del sistema, con sus atributos y sus relaciones:

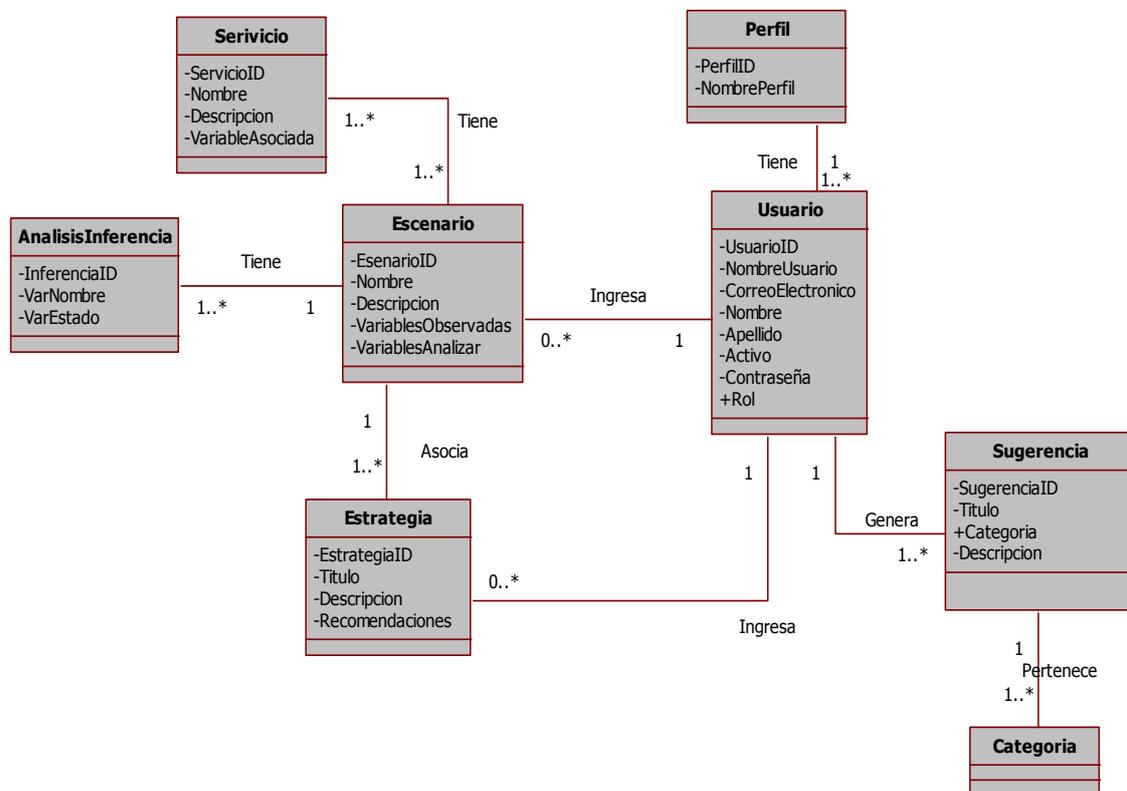


Figura 25. Modelo Conceptual

Glosario de conceptos

Servicio: son los servicios ofrecidos por la comunidad EWA (ver ANEXO C).
Escenario: Información acerca de una dinámica específica que se analiza de la comunidad EWA.
Análisis de Inferencia: Representa la información necesaria para realizar un análisis de un escenario en específico.



Estrategia: Información acerca de las recomendaciones que el usuario administrador ingresa a partir de los resultados que arroje el análisis de inferencia de un escenario en específico.

Usuario: Personas encargadas de ejecutar acciones dentro del sistema

Perfil: Características propias definidas para cada usuario.

Sugerencia: información de las sugerencias que crea el usuario acerca de los servicios ofrecidos en el sistema.

Categoría: Es la categoría a la cual pertenece una sugerencia, las categorías pueden ser: Variables, Relaciones, Probabilidades, Escenarios y Estrategias.

- **Implementación**

En esta parte se realizó los demás prototipos de interfaz de usuario, los cuales se encuentran en el anexo R.

- **Pruebas**

- **Planificación inicial de pruebas**

En esta actividad se identificó que es necesario realizar pruebas de caja negra a cada servicio que se desarrolle en el sistema y realizar pruebas de usabilidad al sistema final.

- **Gestión del proyecto**

- **Cierre de la fase**

A continuación se realiza la revisión de los entregables de los objetivos del ciclo de vida:

OBJETIVOS	DE ACUERDO	
	Si	No
Acuerdo del alcance	✓	
Definición inicial de requerimientos	✓	
Aceptación del Riesgo	✓	
Viabilidad	✓	
Plan del proyecto	✓	
Cumplimiento del portafolio	✓	

Tabla 17. Cierre de la fase de Inicio

4.2 FASE DE ELABORACION

En esta fase el objetivo principal, es crear el prototipo de la arquitectura del sistema, la cual se fue construyendo mediante iteraciones sucesivas hasta convertirse en la arquitectura del sistema final. A continuación se describen las actividades desarrolladas para este fin:

4.2.1 Iteración 1

- **Modelado**

- **Casos de uso en formato extendido real**



Casos de uso extendido

En esta parte se realizó la descripción de los casos de uso gestionar usuario, gestionar servicio y gestionar escenario (ver anexo R). A continuación se presenta el caso de uso que le permiten al usuario administrador (ver tabla 7) realizar todo el proceso para analizar un escenario propio de la comunidad EWA, los pasos que se siguen son los siguientes: primero se realiza el caso de uso gestionar escenario, después ingresa la información del escenario esto se hace en el caso de uso Ingresar escenario, después en el caso de uso Gestionar Análisis de Inferencia se selecciona la evidencia asociada al escenario ingresado anteriormente y se ejecuta la evidencia (caso de uso ejecutar evidencia), después de haber ejecutado la evidencia el administrador según los resultados que arroje la evidencia el sistema le permite ingresar estrategias (ver tabla 18).

Caso de uso:	Gestionar Escenario
Actor:	Administrador
Propósito:	El sistema debe permitir al Administrador visualizar las opciones para gestionar un escenario en específico sobre el modelo computacional que dio como resultado el presente proyecto.
Resumen:	Este caso de uso comienza cuando el administrador desea visualizar los escenarios registrados en el sistema. El administrador podrá crear, modificar y eliminar y visualizar escenarios. También le permite asociar servicios de EWA a las variables relacionadas con el escenario permitiendo hacer las siguientes acciones: Visualizar Servicios Variable, Adicionar Servicio Variable, Actualizar Servicio Variable y Eliminar Servicio Variable. Este caso termina cuando el sistema muestra los escenarios creados y el administrador decide hacerle gestión a una de ellas.
Precondiciones:	El usuario se debe encontrar en el sistema con el rol de administrador
Tipo:	Primario.
Curso normal de eventos	
Acción de los Actores	Respuesta del sistema
El administrador indica a la opción del menú para Gestionar un Escenario. Ya sea registrar modificar, eliminar, visualizar un Escenario o asociar servicios variables..	El sistema muestra los Escenarios registrados y permitirá su gestión.
Requisito Funcional – Caso de Uso Formato Extendido	
Caso de uso	Gestionar Escenario
Flujo principal	Este caso de uso inicia cuando el administrador elige la Opción de Administrar Escenarios, el sistema permitirá la Gestión de Escenarios, donde se puede el listado de los mismos, para seleccionar alguno de ellos y realizar alguna de siguientes tareas: Adicionar, Actualizar, Eliminar, adicionar servicio variable, Actualizar servicio Variable, Eliminar Servicio Variable y Visualizar asociación Servicios variable.



	<p>El administrador selección una de las opciones desplegadas por el sistema:</p> <ul style="list-style-type: none">- Si el administrador desea adicionar un escenario, se ejecuta el Subflujo 1: Adicionar Escenario.- Si el administrador desea actualizar un escenario, se ejecuta el Subflujo 2: actualizar escenario”.- Si el administrador desea eliminar un escenario, se ejecuta el Subflujo .3: ”Eliminar escenario”.- Si el administrador desea Visualizar escenario, se ejecuta el Subflujo 4:”Visualizar escenario”.- Si el administrador desea asociar servicios a una variable, se ejecuta el sibflujo 5: “Adicionar Servicio Variable”.- Si el administrador desea Actualizar Servicio Variable, se ejecuta el subflujo 6: “Actualizar Servicio Variable”.- Si el administrador desea Eliminar Servicio Variable, se ejecuta el subflujo 7: “Eliminar Servicio Variable”.
Subflujos	<p>1. Subflujo 1: Adicionar Escenario Este botón permite registrar un nuevo escenario al sistema. El sistema solicita mediante cajas de texto el nombre, descripción, variables observadas, servicios asociados a esas variables observadas, variables a analizar y servicios asociados a esas variables a analizar que se desea registrar. El Administrador ingresa los datos solicitados y selecciona el botón adicionar. Si se ha ingresado correctamente los datos se agregaran el nuevo escenario en el sistema “E3”. De faltar datos se procederá con “E1”</p> <p>2. Subflujo 2: Actualizar Escenario Este botón permite actualizar un escenario del sistema. El administrador seleccionar uno de los escenarios disponibles en la ventana de visualización El sistema muestra los datos actuales para el escenario y solicita mediante cajas de texto toda la información del Escenario que se desea alterar. El actor ingresa los datos solicitados y selecciona el botón guardar. El sistema muestra una ventana con el listado de los Escenarios y los cambios realizados. De faltar datos se procederá con “E1”.</p> <p>3. Subflujo 3: Eliminar Escenario Este botón permite eliminar un Escenario del sistema. El actor selecciona el botón eliminar uno de los Escenarios disponibles. El Sistema muestra una ventana de confirmación y pregunta si realmente desea eliminar el Escenario. El actor confirma la operación. Se elimina del sistema el Escenario que se haya seleccionado de la lista “E4”, “E5”.</p>



	<p>4. Subflujo 4: Visualizar Escenario El actor visualiza una ventana con un listado de los escenarios creados en el sistema. Se muestra un grilla con los Escenarios disponibles.</p> <p>5. Subflujo 5: Adicionar Servicio Variable Este botón permite asociar servicios a las variables relacionadas con el escenario. El sistema solicita mediante cajas de texto que el usuario seleccione la variable y que seleccione los servicios que serán asociados a esa variable.</p> <p>6. Subflujo 6: Actualizar Servicio Variable Este botón permite actualizar una asociación de servicios con variables del sistema. El administrador seleccionar una de la configuraciones de asociaciones entre servicio y variables de los escenarios disponibles en la ventana de visualización El sistema muestra los datos actuales para esta configuración de asociación y solicita mediante cajas de listas la información de la configuración de la asociación que se desea alterar. El actor selecciona los datos solicitados y selecciona el botón guardar. El sistema muestra una ventana con el listado de los Escenarios y los cambios realizados.</p> <p>7. Subflujo 7: Eliminar Servicio Variable Este botón permite eliminar una configuración de servicios variables del sistema. El actor selecciona el botón eliminar una configuración de servicios variables disponibles. El Sistema muestra una ventana de confirmación y pregunta si realmente desea eliminar. El actor confirma la operación. Se elimina del sistema el Escenario que se haya seleccionado de la lista "E7", "E5".</p>
Postcondiciones:	El administrador puede elegir las opciones de Gestionar Escenarios como registrar, eliminar, modificar y consultar.
Flujo de excepciones	<p>E1: Si existen campos sin llenar al momento de seleccionar la opción de guardar el sistema debe mostrar al usuario los campos faltantes.</p> <p>E2: Al seleccionar la opción de cancelar el sistema retorna al menú principal ignorando los campos que ya tienen datos.</p> <p>E3: Si el nombre del escenario ya se encuentra registrado el sistema muestra un mensaje de inconsistencia al almacenar los datos.</p> <p>E4: Si el Escenario se encuentra asociada a un proceso no puede ser eliminada.</p> <p>E5: Si el usuario no confirma la operación el sistema cancela el proceso.</p>

E6: Al seleccionar la opción de cancelar el sistema retorna al menú principal ignorando los campos que ya tienen datos.
E7: Si la configuración de servicio variable se encuentra asociada a un proceso no puede ser eliminada.

Interfaz

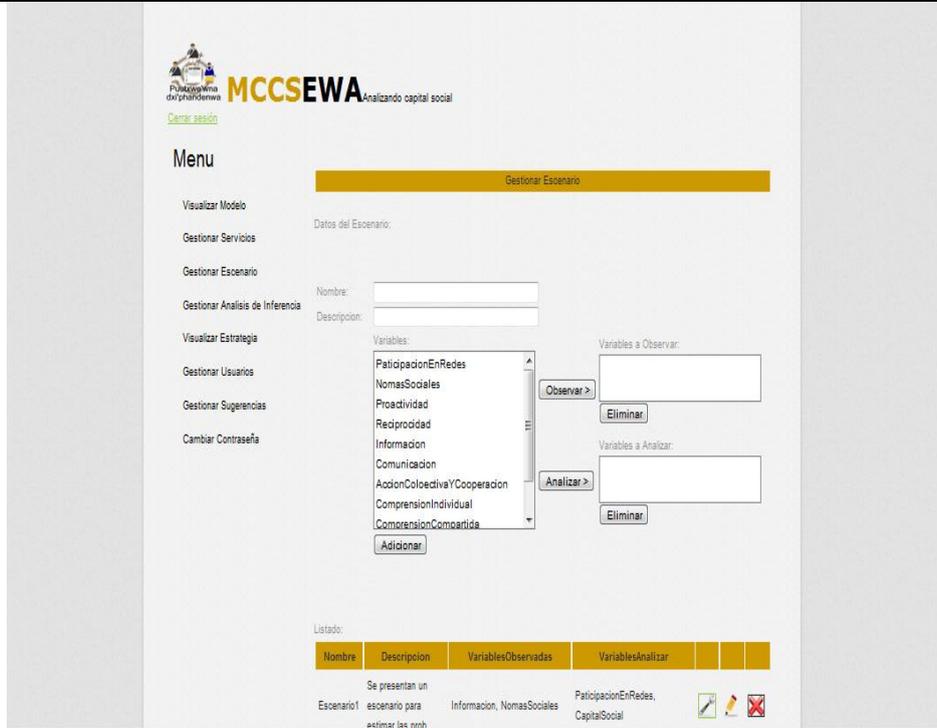


Figura 26. Interfaz Gestionar Escenario

Diagrama de secuencia

Diagrama de secuencia Subflujo 1. "Adicionar Escenario"

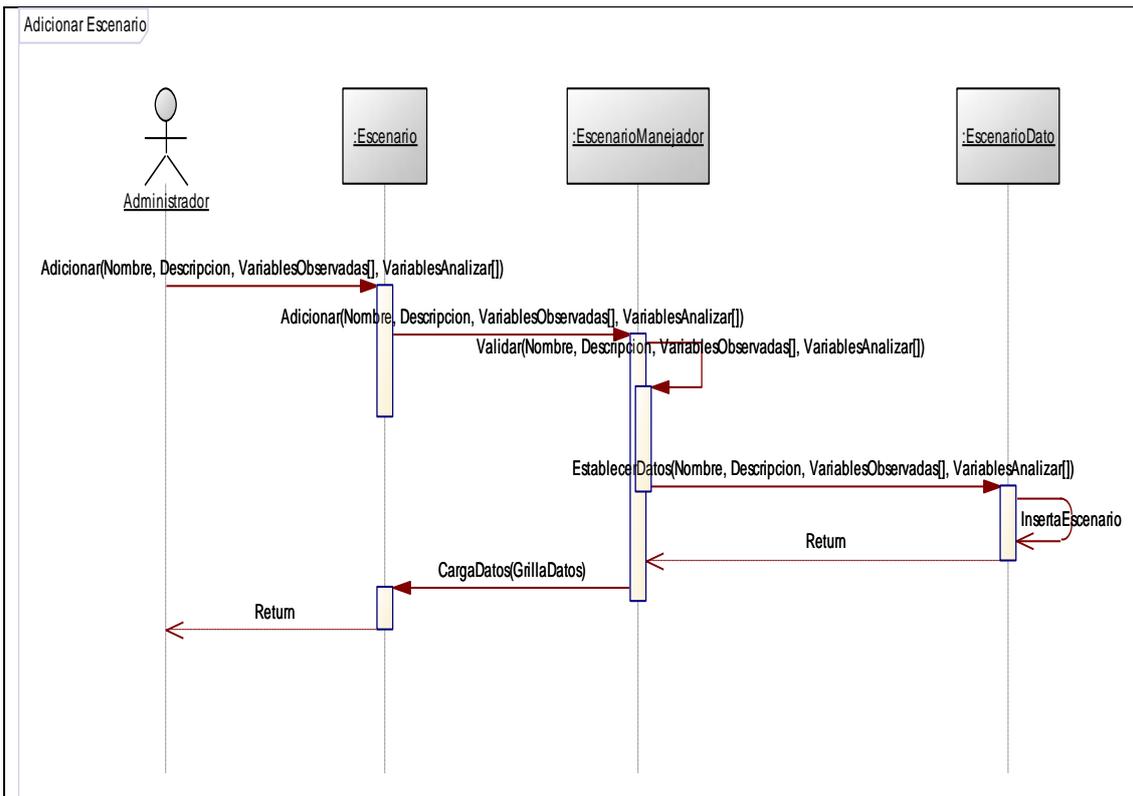


Figura 27. Diagrama de secuencia Adicionar Escenario

Diagrama de secuencia Subflujo 2. “Actualizar Escenario”

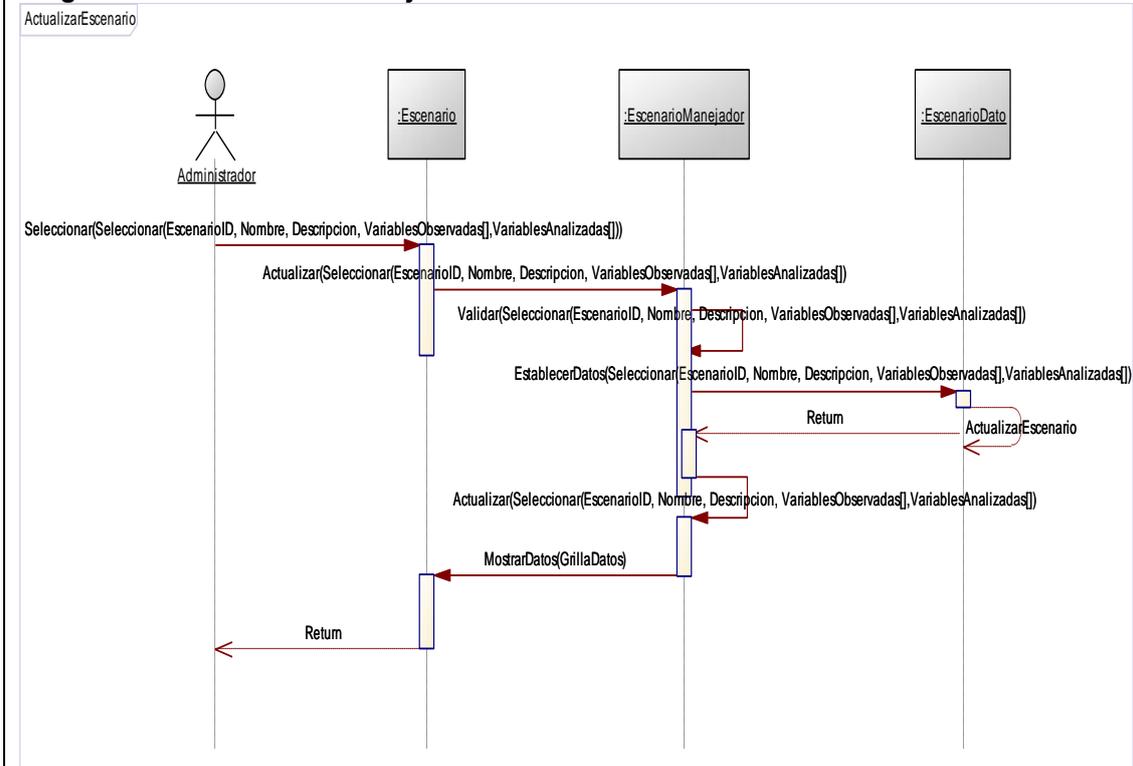


Figura 28. Diagrama de secuencia Modificar Escenario

Diagrama de secuencia Subflujo 3. “Eliminar Escenario”

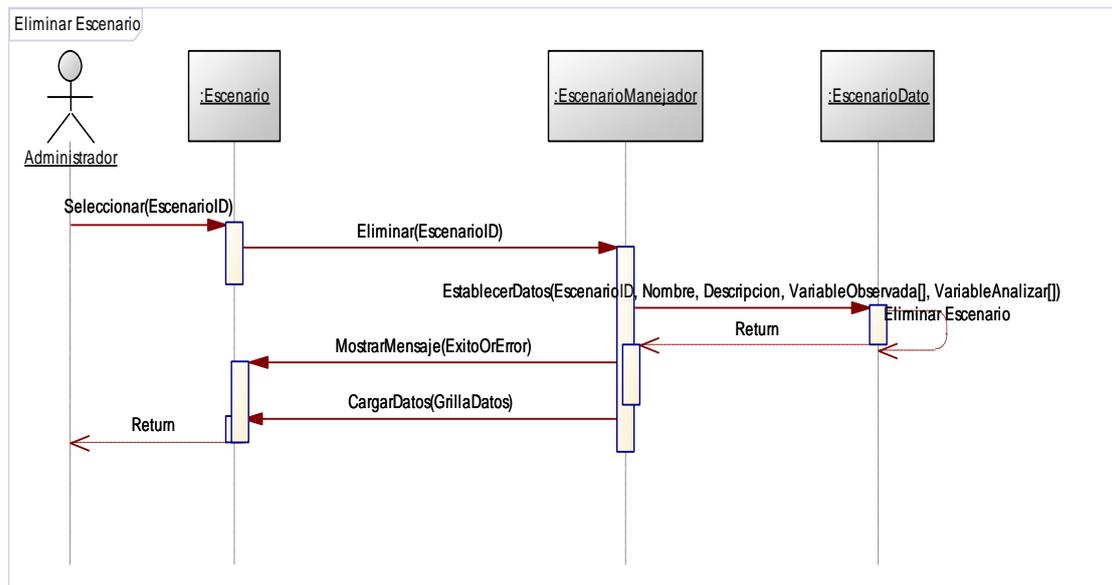


Figura 29. Diagrama de secuencia Eliminar escenario

Diagrama de secuencia Subflujo 4. “Visualizar Escenario”

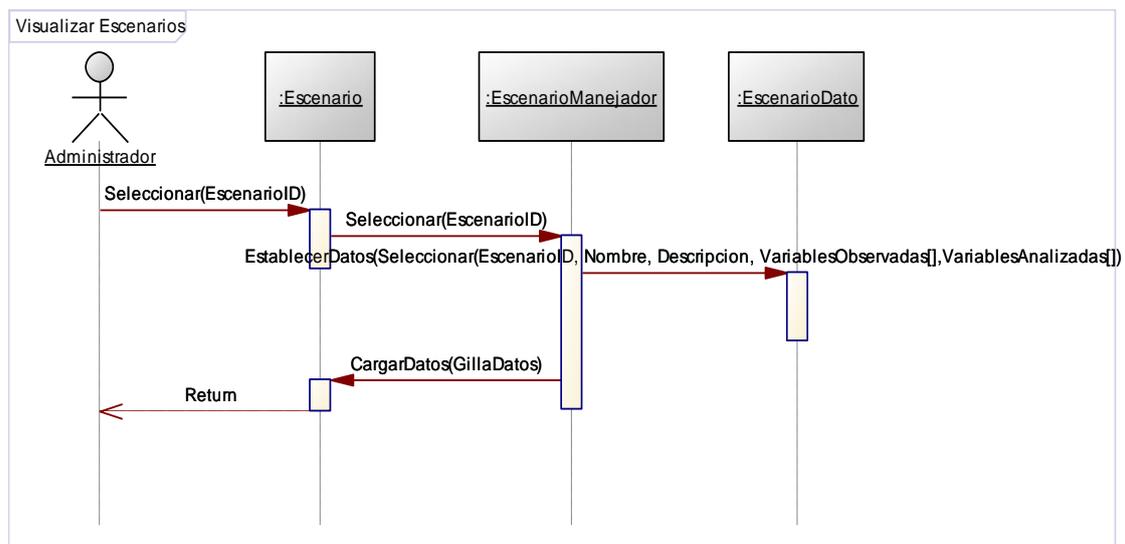


Figura 30. Diagrama de Secuencia Visualizar Escenario

Diagrama de secuencia Subflujo 5. “Adicionar Servicio Variable”

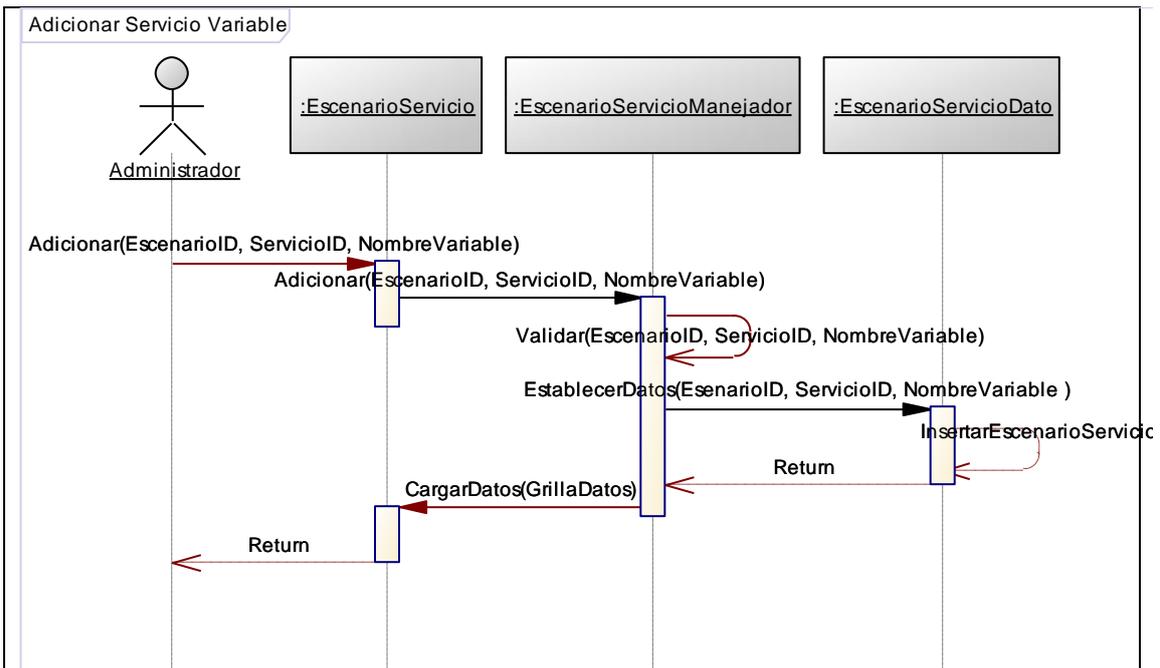


Figura 31. Diagrama de Secuencia Adicionar Servicio Variable

Diagrama de secuencia Subflujo 6. “Actualizar Servicio Variable”

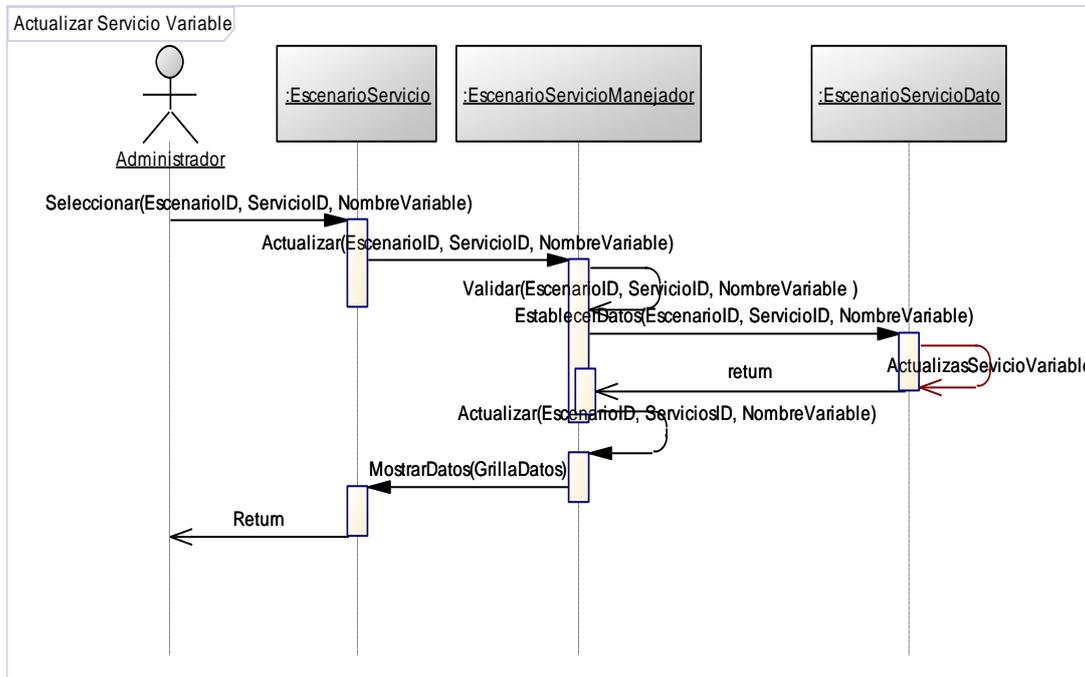


Figura 32. Diagrama de Secuencia Actualizar Servicio Variable

Diagrama de secuencia Subflujo 6. “Eliminar Servicio Variable”

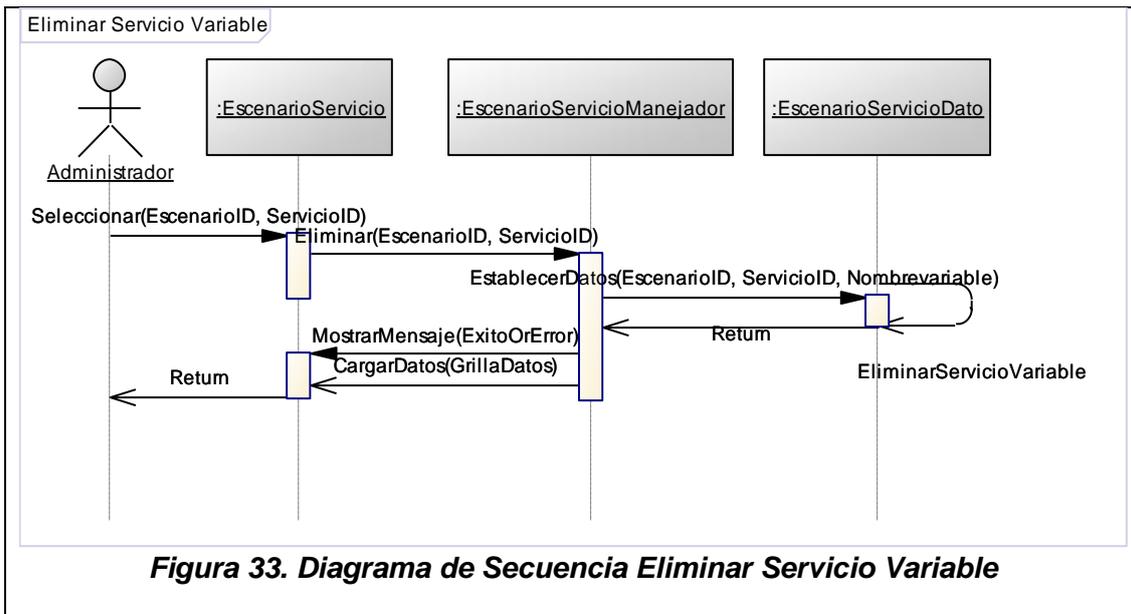


Tabla 18. Caso de uso extendido Gestionar escenarios

- Modelo Entidad Relación

En esta sección se presenta el modelo de datos del sistema MCCSEWA, en el cual se representa las entidades del dominio (como por ejemplo las entidades: Escenario, Usuario, Estrategia, Sugerencia, Modelo, entre otras) las cuales almacenan información y las relaciones de dichas entidades (como por ejemplo, una relación entre un Usuario y un Escenario); cada una de las entidades se componen por atributos los cuales son datos que definen el objeto para cada una de las entidades. Estas entidades y relaciones se pueden observar en el ANEXO R. También se encuentra el modelo entidad relación para la seguridad del sistema.

- Arquitectura del Sistema

La arquitectura seleccionada para desarrollar el presente proyecto se basa en la arquitectura de tres capas. Esta arquitectura permite que la aplicación se encuentre dividida en capas bien definidas con funcionalidad y tareas propias, que se integran para proporcionar la funcionalidad del sistema en su conjunto. Esta arquitectura representa un factor de mucha utilidad en la construcción de una aplicación, dado que permite división de responsabilidades, flexibilidad, escalabilidad y descomposición de las capas en otras menos densas. Las capas que conforman la arquitectura son Presentación, Lógica de Negocios y Acceso a Datos que interactúan entre sí para dar soporte a un conjunto de servicios que ofrece la herramienta a los diferentes usuarios del sistema.

A continuación se presenta una descripción de cada uno de los elementos que intervienen dentro de la arquitectura propuesta para desarrollar el presente proyecto (Figura 34).

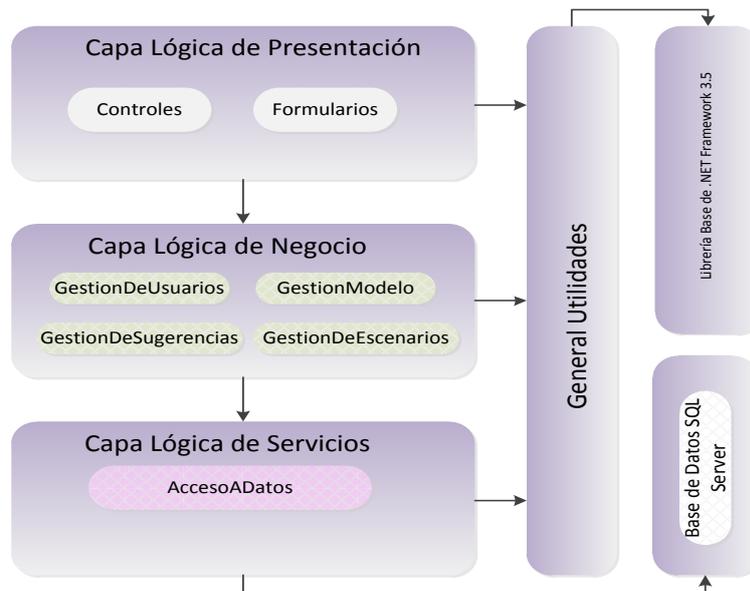


Figura 34. Arquitectura del sistema

Capa de presentación: La capa de lógica de presentación expone los servicios de la capa de lógica de negocios a los usuarios. Sabe cómo procesar una petición de cliente, cómo interactuar con la capa de lógica de negocios, y cómo seleccionar la siguiente vista a mostrar.

Esta capa se estructura siguiendo el patrón Modelo-Vista-Controlador, que permite separar el modelo que se está manejando, de la forma de mostrarlo (la vista). En la aplicación, este patrón se representa así:

- **Modelo:** representado por la lógica de negocios local (Funciones del navegador cliente), que contiene la lógica de los datos que permite interactuar con la capa de lógica de Negocio a través de la interfaz común Fachada.
- **Vista:** contiene los componentes de interfaz, como: formularios web, controles de usuario, archivos XML, entre otros.
- **Controlador:** el código subyacente de los formularios Web y de las clases que se encarga de hacer los llamados respectivos a los métodos de la lógica de negocio local, dependiendo de las acciones de los usuarios.

La capa de Lógica de Presentación de la aplicación está organizada lógicamente en paquetes, conteniendo los elementos mencionados.

Capa de Lógica de Negocios: La capa de la lógica de negocio contiene los objetos y servicios de negocio de la aplicación. Recibe peticiones de la capa de presentación, procesa la lógica de negocio basada en las peticiones, y media en los accesos a los recursos de la capa de lógica de servicios. Esta capa contiene un conjunto de objetos que permiten encapsular la lógica del dominio.

Capa Lógica de Servicios: La capa de lógica de servicios representa el mecanismo por el cual se manipula y persiste la información, es decir, esta capa se encarga de recibir solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde la capa lógica del negocio a través de diferentes métodos que permiten interactuar con el servidor de la base de datos.



- **Implementación**

En esta parte se realizó la implementación del módulo gestión de usuarios, gestión de servicios y gestión de escenarios.

- Implementación del módulo gestión de usuario, que ofrece funcionalidades de adicionar, editar, eliminar un usuario del sistema.
- Implementación del módulo gestión de servicios, que ofrece funcionalidades de adicionar, editar, eliminar y asociar un servicio a una variable.
- Implementación del modelo gestión de escenarios, el cual ofrece funcionalidades visualizar, generar, actualizar y eliminar escenarios.

Cabe mencionar que los dos módulos nombrados anteriormente, fueron desarrollados en paralelo, debido a que algunas funcionalidades de uno de ellos hacen uso del otro.

- **Pruebas**

En esta sesión se realizaron pruebas de caja negra para los servicios que presta el modulo gestión de usuarios, gestión de servicios y gestión de escenarios que permitieron revisar que los servicios ofrecidos satisfacen los requisitos planteados en la fase de inicio y que el sistema se comporta adecuadamente. En el ANEXO Q, en las cuales se puede apreciar que en la ejecución de las pruebas se obtuvieron los valores esperados por parte de la aplicación.

- **Gestión del proyecto**

- **Mitigación de Riesgos**

Realizando una estrategia proactiva, donde se hizo una evaluación previa y sistemática de los riesgos inherentes al proyecto se mitigaron los riesgos de acuerdo a las consideraciones tenidas en cuenta para tal fin que se pueden ver en el ANEXO R.

- **Cierre de la fase**

A continuación se realiza la revisión de los entregables de los objetivos del ciclo de vida:

OBJETIVOS	DE ACUERDO	
	Si	No
Estabilidad de la visión	✓	
Estabilidad de la arquitectura	✓	
Aceptación del riesgo	✓	
Viabilidad	✓	
Plan del proyecto	✓	
Cumplimiento de la organización	✓	

Tabla 19. Cierre de la fase de Elaboración

4.3 FASE DE CONSTRUCCION

En esta sesión se presentan los artefactos más importantes que se logran durante la fase de construcción de la herramienta, aquí se mapea la arquitectura del sistema,

alcanzando la capacidad operacional del producto de forma incremental a través de iteraciones sucesivas.

4.3.1 Iteración 1

- **Modelado**

- **Modelo de Despliegue**

El diagrama de despliegue indica físicamente el sitio en el cual está ubicado cada uno de los componentes descritos en la arquitectura propuesta (ver figura 35).

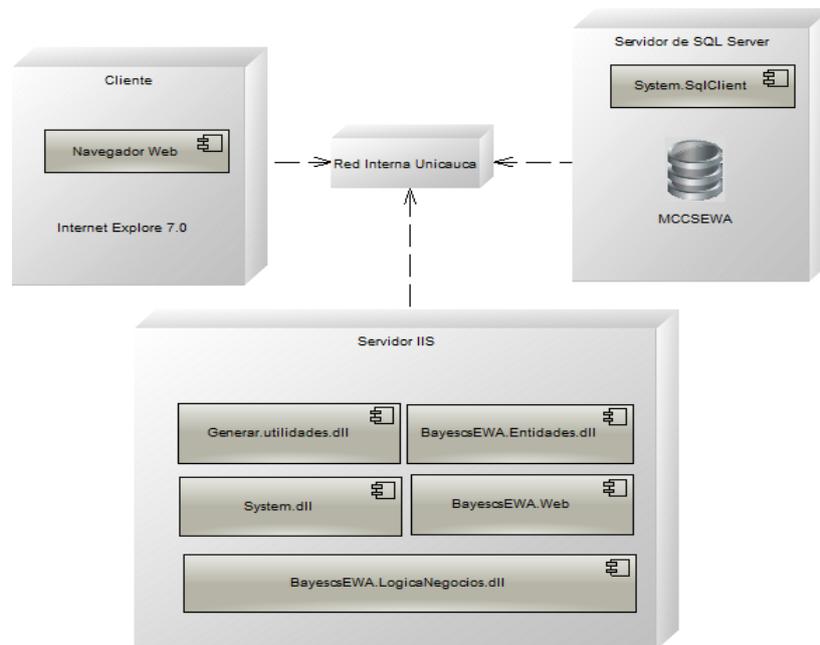


Figura 35. Diagrama de despliegue de MCCSEWA

Cliente: Navegador Web

Es representado por un navegador web (Internet Explorer 7.0) que interpreta el código, HTML generalmente y lo presenta en pantalla permitiendo al usuario interactuar con su contenido y navegar hacia otros lugares de la red mediante enlaces o hipervínculos.

La funcionalidad básica de un navegador web es permitir la visualización de documentos de texto, posiblemente con recursos multimedia incrustados. Los documentos pueden estar ubicados en la computadora en donde está el usuario, pero también pueden estar en cualquier otro dispositivo que esté conectado a la computadora del usuario o a través de Internet, y que tenga los recursos necesarios para la transmisión de los documentos (un software servidor web).

Servidor: Internet Information Services (IIS)

Internet Information Services o IIS es un servidor web y un conjunto de servicios para el sistema operativo Microsoft Windows. Los servicios que ofrece son: FTP, SMTP, NNTP y HTTP/HTTPS.



Este servicio convierte a una PC en un servidor web para Internet o una intranet, es decir que en las computadoras que tienen este servicio instalado se pueden publicar páginas web tanto local como remotamente.

Los servicios de Internet Information Services proporcionan las herramientas y funciones necesarias para administrar de forma sencilla un servidor web seguro.

Servidor de SQL Server

Microsoft SQL Server es un sistema para la gestión de bases de datos producido por Microsoft basado en el modelo relacional. Sus lenguajes para consultas son T-SQL y ANSI SQL. Microsoft SQL Server constituye la alternativa de Microsoft a otros potentes sistemas gestores de bases de datos como son Oracle o PostgreSQL o MySQL.

- **Implementación**

- Implementación del módulo de Gestión del modelo computacional, el cual ofrece funcionalidades visualizar la estructura de la red, las TPC de cada variable y modificar el nombre y las TPC de cada variable.
- Actualización del módulo gestión de servicios, que ofrece funcionalidades de adicionar, editar, eliminar y asociar un servicio a una variable.
- Actualización del modelo gestión de escenarios, el cual ofrece funcionalidades visualizar, generar, actualizar y eliminar escenarios.

- **Mapeo de la Arquitectura del sistema**

En esta sección se presenta el mapeo de la arquitectura sistema en la aplicación MCCSEWA construido en Visual Studio 2008.

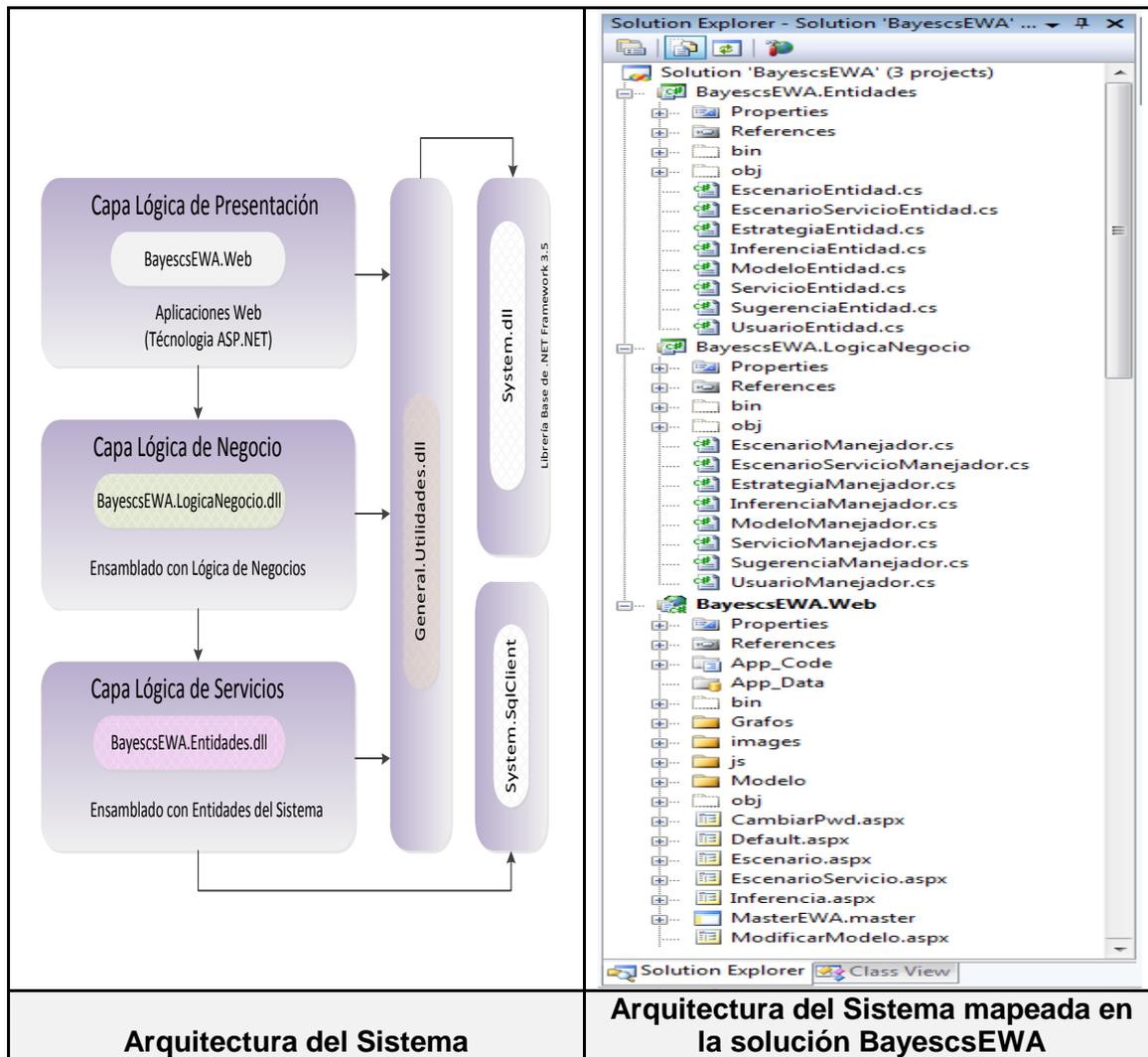


Figura 36. Mapeo de la Arquitectura del sistema

En la figura anterior se puede observar las capas que hacen parte de la arquitectura del sistema mapeadas en la solución BayescsEWA, la capa de presentación (BayescsEWA.Web) recopila la lógica de interfaz, la cual permite la visualización de los datos, esta lógica se encapsula dentro de los controles de usuario (*.aspx). La capa lógica de Negocios (BayescsEWA.LogicaNegocios) se encuentran encapsulada la lógica de dominio (NombreCalseManejador.cs) y La Capa lógica de servicios (BayescsEWA.Entidades), la cual recibe solicitudes de almacenamiento o recuperación de información desde BayescsEWA.LogicaNegocios e interactúa con las bases de datos del sistema(SQLClient).

• **Pruebas**

En esta sesión se realizaron pruebas de caja negra para los servicios que presta el modulo Gestión del modelo computacional que permitieron revisar que los servicios ofrecidos satisfacen los requisitos planteados en la fase de inicio y que el sistema se comporta adecuadamente. En el ANEXO Q, en las cuales se puede apreciar que en la ejecución de las pruebas se obtuvieron los valores esperados por parte de la aplicación.



4.3.2 Iteración 2

- **Implementación**

- Implementación del módulo de Gestión del análisis de escenarios, el cual ofrece funcionalidades de visualizar, ingresar, modificar y ejecutar análisis de evidencias pertenecientes a un escenario.
- Implementación del módulo gestionar estrategias, el cual ofrece funcionalidades de visualizar, adicionar, actualizar y eliminar estrategias.
- Implementación del módulo de gestionar sugerencias, el cual ofrece funcionalidades de visualizar e ingresar sugerencias.

Cabe mencionar que el primer y segundo módulo de esta iteración fueron desarrollados en paralelo, debido a que algunas funcionalidades del primero hace uso el segundo. El ultimo modulo es independiente de los anteriores, sin embargo todos los tres módulos hacen uso de los módulos implementados en la primera iteración. Por otra parte, es importante resaltar que en esta iteración se realizaron las pruebas de caja negra (ver ANEXO R).

- **Pruebas**

En esta sesión se realizaron pruebas de caja negra para los servicios que presta el modulo gestión del análisis de escenarios, gestión estrategias y gestión sugerencias que permitieron revisar que los servicios ofrecidos satisface los requisitos planteados en la fase de inicio y que el sistema se comporta adecuadamente. En el ANEXO Q, en las cuales se puede apreciar que en la ejecución de las pruebas se obtuvieron los valores esperados por parte de la aplicación.

- **Gestión del proyecto**

- **Cierre de la fase**

A continuación se realiza la revisión de los entregables de los objetivos del ciclo de vida:

OBJETIVOS	DE ACUERDO	
	Si	No
Estabilidad del sistema	✓	
Involucrados preparados	✓	
Aceptación del riesgo	✓	
Plan del proyecto	✓	
Cumplimiento de la organización	✓	

Tabla 20. Cierre fase de Construcción

4.4 FASE DE TRANSICION

En esta fase se realizó solo una iteración con las tareas relacionadas con el entrenamiento y refinamiento del modelo; ajustes, Configuración e instalación del prototipo.

4.4.1 Iteración 1



- **Prueba**

- **Pruebas de Usabilidad de MCCSEWA**

En esta sección se realizaron las pruebas de usabilidad de la aplicación MCCSEWA, la cual fue realizada a dos estudiantes de Ingeniería de sistemas.

Esta prueba se llama Pauta Extendida “Evaluación de Usabilidad de Sitios Web”: Método de Evaluación Heurística, y fue realizada por el Dr. Jaime Sánchez I. de la Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Departamento de Ciencias de la Computación (Sánchez, 2000). Estas pruebas de usabilidad se encuentran en el ANEXO S. y obtuvo como resultado que a los usuarios les parecía, en términos generales usable la aplicación desarrollada en esta investigación.

- **Despliegue**

Después de realizar las anteriores fases se obtiene finalmente la herramienta software MCCSEWA que contiene un módulo de ingreso de datos y otro de procesamiento del modelo computacional desarrollado a lo largo de esta investigación la cual fue instalada en el servidor de la universidad del cauca Prometeo, y puede ser accedida en la dirección: <http://prometeo.unicauca.edu.co/MCCSEWA/>.

- **Gestión del proyecto**

- **Cierre de la fase**

A continuación se realiza la revisión de los entregables de los objetivos del ciclo de vida:

OBJETIVOS	DE ACUERDO	
	Si	No
Aceptación de los involucrados del negocio	✓	
Operaciones de aceptación	✓	

Tabla 21. Cierre fase de Transición



5. ANÁLISIS DE INFERENCIA

El presente capítulo se presenta la descripción detallada de la realización del análisis de inferencia, realizado con el fin de estudiar dos escenarios de un servicio que ofrece EWA. Para que los interesados²³ en la sostenibilidad de esta comunidad virtual perciban lo que se debe cambiar, mejorar o seguir manteniendo, con el fin de incentivar su uso por parte de la comunidad Nasa y lograr que se mantenga en el tiempo mediante la interacción activa de sus participantes.

Para esta investigación se seleccionó el servicio ofrecido por la comunidad virtual EWA de gestión de clases, ya que al realizar un análisis a los servicios que brinda esta comunidad virtual agrupados por cada variable de capital social seleccionada para conformar el modelo computacional (ver ANEXO P), este servicio se ve reflejado en todas las variables ahí definidas, además por la naturaleza de EWA en el servicio de gestión de clase se pueden apreciar con mayor familiaridad y fluidez sus dinámicas de capital social.

El servicio de gestión de clases se encuentra especificado en el módulo de enseñanza – aprendizaje, permitiendo al docente la gestión de clases asociadas a los cursos que se dictan por medio de la comunidad virtual EWA, con operaciones de creación, actualización y eliminación de la clase; así como también la vinculación de grupos de estudiantes para trabajar en clase, y la vinculación de recursos educativos al curso. También permite al estudiante interactuar con una clase programada por el docente, organizarse en grupos, ver y utilizar los recursos educativos preparados para la clase; teniendo en cuenta lo anterior se puede observar que los recursos educativos son la intersección entre los principales usuarios de este servicio.

5.1 ESCENARIO 1

A continuación se presenta un escenario planteado sobre el modelo computacional creado en esta investigación para estimar las probabilidades a futuro de las variables: **participación en redes y capital social** (por considerarse que a corto plazo son las variables más urgentes que se desean incentivar en la comunidad virtual), a través de los valores obtenidos de las variables observadas: información (la información que circula en EWA es de vital importancia para sus dinámicas de etnoeducación) y normas sociales de la comunidad virtual EWA (si la información está rodeada de estas normas se espera poder garantizar que en realidad esta información es la adecuada para este tipo de comunidad), haciendo uso del servicio de gestión de clase, con el fin de establecer estrategias que apoyen la participación activa de los integrantes de la comunidad virtual EWA y de esta manera también aumente el capital social.

Teniendo en cuenta que hasta este punto las personas encargadas de elaborar este proyecto eran expertas en la comunidad virtual EWA por haber interactuado ya un largo tiempo con ella y además por haber entrevistado a varias personas encargadas de su administración, se estima subjetivamente que: en la comunidad virtual EWA la dinámica que lleva a cabo un usuario al ingresar con rol de estudiante a la plataforma es: ingresa con su nombre de usuario y contraseña, luego ingresa al link donde están los cursos que tiene la posibilidad de ver, seguidamente la plataforma le muestra la información referente al curso, que hace referencia tanto a la información básica del curso como a la información asociada al mismo (por ejemplo las clases programadas para el mismo, sus objetivos curriculares, recursos, docente y estudiantes).

²³ Administradores, docentes, alumnos, y comunidad en general.



De igual manera un usuario con rol de docente accede a la plataforma con la siguiente dinámica: ingresa con su nombre de usuario y contraseña, seguidamente el sistema le presenta las opciones de ver sus cursos actuales, antiguos, agregar nuevos cursos y gestionar los recursos educativos.

De acuerdo a las anteriores actividades descritas para los principales usuarios se puede evidenciar que para un usuario es más agradable que dentro de estos cursos pueda encontrar buena información del curso que si por el contrario no hay nada con lo que él pueda interactuar; es así, que para la comunidad Nasa es de vital importancia que la información publicada en los cursos acate las normas sociales de EWA con lo cual los usuarios van a ingresar con mayor frecuencia y podrán realizar las actividades allí programadas de manera adecuada y oportuna, lo cual los impulsará a compartir su experiencia para que otros docentes ingresen o interactúen en la comunidad y la usen para publicar información para sus estudiantes o para complementar las actividades académicas; estas dinámicas con llevan a, que la probabilidad de aumentar la participación en redes de la comunidad virtual EWA, está dada por un aumento de información y seguimiento de las normas sociales establecidas en esta comunidad virtual para la creación de clases, publicación y consulta de contenidos como apoyo a las actividades de docentes y estudiantes en la plataforma tecnológica.

De acuerdo con la metodología de investigación científica planteada por (Tamayo, 1999) se procedió a desarrollar cada uno de los pasos propuestos para desarrollar el análisis de inferencia:

1. Percepción del problema

En vista de que la comunidad virtual EWA está en una etapa inicial de funcionamiento la interacción de la comunidad Nasa con esta es baja, por tanto, se plantea la necesidad de aumentar la participación en redes y el capital social de la comunidad Nasa dentro de la comunidad virtual EWA, mediante el uso del servicio de gestión de clases.

2. Identificación y definición del problema

Con el propósito de plantear una alternativa de solución a lo anteriormente descrito, se planteó la siguiente pregunta. ¿Al aumentar la información enfocada a apoyar las actividades docentes y estudiantiles, que cumpla con lo establecido en las normas sociales de EWA por medio del servicio de gestión de clases, aumentará el capital social y la participación en redes dentro de esta comunidad virtual?

3. Hipótesis

Si se aumentan los recursos que generen información apoyada en las normas sociales dentro del servicio gestión de clases en EWA, aumentará el capital social y se incrementará la participación en redes de EWA.

4. Recolección de los datos

De acuerdo con la definición de la variable asociada con el servicio estudiado, se deduce que:



- La información es positiva si hay clases creadas por los docentes con información idónea y pertinente para el desarrollo de las actividades docentes de etnoeducación Nasa.
- La información es negativa en el caso de no existir información o de que la información existente no contribuya con la buena formación de personas Nasa.
- Las normas sociales de la comunidad virtual EWA están presentes en el servicio de gestión de clases en la medida en que existan clase publicadas en esta comunidad virtual que sigan los pasos definidos para publicar una clase y que su información sea pertinente con la temática tocada.
- Las normas sociales de la comunidad virtual EWA están ausentes en la medida en que las clases no existan o no se realicen los pasos de forma adecuada para publicar una clase o que su información no sea idónea.

Además con el estado inicial de las probabilidades de acuerdo a la construcción de la red bayesiana cuantitativa realizada en la sección 3.1.2.2 donde se obtuvieron las tablas de probabilidad inicial de cada variable que se pueden observar en la tabla 22, donde solo se encuentra el 52% y el 50% respectivamente del capital social y la participación en redes en estado altos.

VARIABLE	ESTADOS DE LA VARIABLE	
Información	positiva = 0.51	Negativa = 0.49
Normas sociales	presentes = 0.5	ausentes = 0.5
Capital social	alto = 0.52	bajo = 0.48
Participación en redes	alta = 0.5	baja = 0.5

Tabla 22. Datos iniciales de la red bayesiana para el escenario 1. De acuerdo a los resultados del capítulo 3.

Y con el uso de la herramienta de procesamiento de la red bayesiana Genie para realizar el proceso de inferencia con el algoritmo de propagación basado en el agrupamiento de redes multiconectadas: Clustering, el cual propaga por toda la red el valor de las evidencias en información y normas sociales, se obtuvo como resultado en la herramienta elaborada en este trabajo de grado MCCSEWA que, el valor de los estados altos de las variables participación en redes y el capital social aumentan considerablemente (además de los cambios en las demás variables, que no se traen al caso por no pertenecer al grupo de variables estudiadas), lo cual se puede ver en las figuras 37 y 38 de donde se deduce que la hipótesis planteada es verdadera; es decir, la probabilidad de que en EWA al encontrar una información que influya de forma positiva en el proceso de enseñanza aprendizaje, que se acoja a las normas o protocolos establecidos en las prácticas cotidianas de la comunidad educativa Nasa siguiendo los pasos para desarrollar las actividades, trascienda en que los usuarios siga participando en ella de forma fluida, lo cual beneficia al capital social y a la participación en redes (que aumenta a un 97% y 98% respectivamente), es decir se aumentan las asociaciones al interior de EWA y se enriquece su capital social. Por lo tanto se evidencia la importancia de encaminar estrategias para lograr mantener una buena información en EWA.

MCCSEWA Analizando capital social

Cerrar sesión

Menu

- Visualizar Modelo
- Modificar Modelo
- Gestionar Servicios
- Gestionar Escenario
- Gestionar Analisis de Escenario
- Gestionar Estrategia
- Gestionar Usuarios
- Gestionar Sugerencias
- Cambiar Contraseña

Analisis de Escenario

Analisis de Inferencia para el escenario: **Escenario Caso 1**

Seleccionar el estado de las variables donde se va a ejecutar la evidencia:
Variables a Observar:

Informacion Positiva Negativa

NomasSociales Presente Ausente

Valores actuales:

ParticipacionEnRedes Alto: 0,5
Baja: 0,5

CapitalSocial Alto: 0,522091586147346
Bajo: 0,477908413852654

Variables a Analizar:

ParticipacionEnRedes Alto: 0,984649302693348
Baja: 0,0153506973066522

CapitalSocial Alto: 0,968913018734219
Bajo: 0,0310869812657807

Figura 37. Datos de la inferencia en la red bayesiana

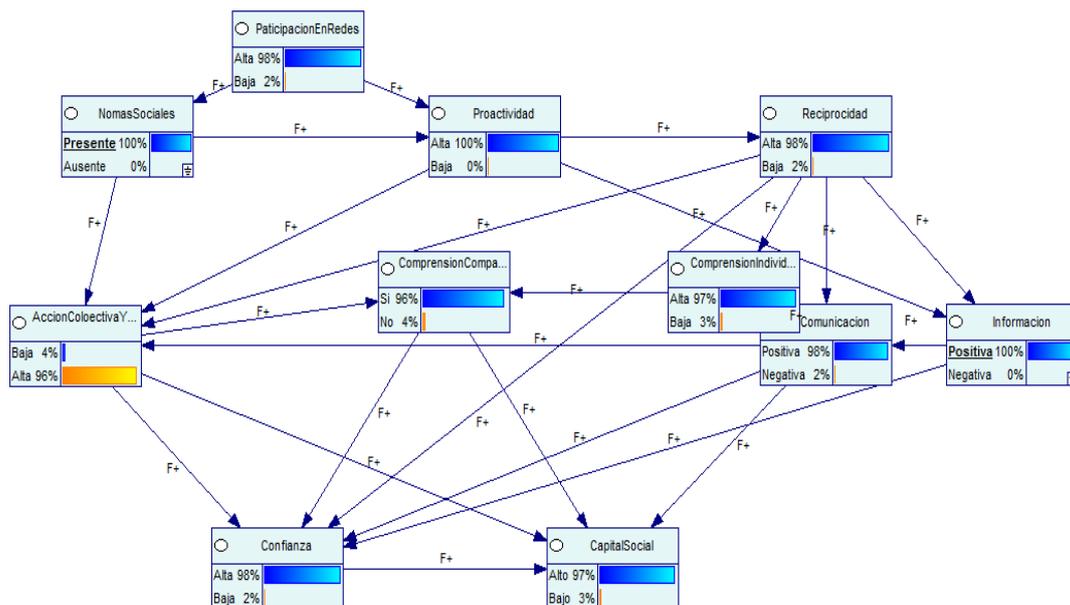


Figura 38. Red bayesiana al calcular inferencia, creación propia

5. Deducción de las consecuencias de la solución

En el modelo computacional representado en redes bayesianas para EWA se puede apreciar que:

- Participación en redes es causa para generar efecto en normas sociales mediante una relación de dependencia, lo que permite al realizar el análisis de inferencia sobre la red, observar la modificación obtenida en participación en redes a partir de la observación de una evidencia en la variable efecto normas sociales.



- Capital social es efecto de normas sociales e información mediante independencia condicional que permite al realizar una observación que produzca una evidencia en información y normas sociales se obtiene una modificación en la variable efecto capital social.

6. Informe de los resultados

Según los valores arrojados por la red en la herramienta MCCSEWA (que se compararon con los arrojados por la herramienta GENIE y coincidieron), donde el capital social aumenta en un 45% y la participación en redes aumenta en un 48%, cambios motivados ante un aumento en las variables normas sociales e información, a partir del uso del servicio de gestión de clases asociado a estas variables (ver ANEXO P) donde también se pueden ver otros servicios relacionados que podrían motivar el aumento en los estados altos de estas variables. Y con el fin de dar un ejemplo de la dinámica que se debe seguir para definir las estrategias tendientes a reforzar su sostenibilidad y adelantar acciones para fortalecer la participación activa de sus integrantes permitiendo así mejorar las relaciones de confianza entre los miembros de la comunidad a fin de consolidar EWA en el tiempo, como herramienta fundamental de apoyo a las actividades de Etnoeducación de la comunidad Nasa, recomendamos a los administradores (principalmente) y demás interesados en la comunidad virtual EWA como estrategia: *“promover y motivar tanto a docentes como estudiantes el uso del servicio de gestión de clases como complemento a las actividades docentes”*, para lo cual se proponen algunas recomendaciones:

- Publicar ejemplos (puede ser mediante videos, charlas u otras interacciones) que presenten la utilidad de incluir el servicio de gestión de clases como apoyo a las actividades docentes.
- Promover jornadas de capacitación de EWA centradas en el uso del gestor de clase en las actividades educativas. Con el fin de que los docentes generen más actividades tendientes al intercambio de información entre los usuarios.
- Realizar una guía o recomendaciones de cómo se podrían incluir el uso de las clases en EWA, como estrategia de apoyo a la enseñanza.
- Socializar las reglas que se tienen en EWA para publicar contenidos y recursos educativos de apoyo a las actividades docentes.

5.2 ESCENARIO 2

A continuación se presenta un escenario para estimar la probabilidad a futuro de la variable: **confianza** (pues se consideró que es una variable fundamental en cualquier comunidad virtual para tener mayor y mejor presencia de usuarios), a través de los valores obtenidos de la variable observada: información (pues de la información que circula en EWA es de vital importancia para que sus usuarios hagan buen uso de ella), haciendo uso del servicio de gestión de clase, con el fin de establecer estrategias que apoyen la participación activa de los integrantes de la comunidad virtual EWA y de esta manera también aumente el capital social.

En la comunidad virtual EWA la dinámica que lleva a cabo un usuario al ingresar con rol de estudiante a la plataforma es: ingresa con su nombre de usuario y contraseña, luego ingresa al link donde están los cursos que tiene la posibilidad de ver, seguidamente la plataforma le muestra la información referente al curso, que hace referencia tanto a la información básica del curso como a la información asociada al



mismo (por ejemplo las clases programadas para el mismo, sus objetivos curriculares, recursos, docente y estudiantes).

De igual manera un usuario con rol de docente accede a la plataforma con la siguiente dinámica: ingresa con su nombre de usuario y contraseña, seguidamente el sistema le presenta las opciones de ver sus cursos actuales, antiguos, agregar nuevos cursos y gestionar los recursos educativos.

De acuerdo a las anteriores interacciones descritas para los principales usuarios se puede evidenciar subjetivamente como se dijo en el escenario anterior que para un usuario es más agradable que dentro de estos cursos pueda encontrar buena información del curso que si por el contrario no hay nada con lo que él pueda interactuar; por lo tanto, si la información es adecuada él va a estar ingresando y realizando actividades con mayor frecuencia en la comunidad virtual y posiblemente comparta su experiencia para que otras personas ingresen o interactúen en la comunidad, y por lo tanto, se estima que la probabilidad de aumentar la confianza en la comunidad virtual EWA, está dada por un adecuado flujo de información en esta comunidad virtual para la creación de clases en la plataforma tecnológica.

De acuerdo con la metodología de investigación científica planteada por (Tamayo, 1999) se procedió a desarrollar cada uno de los pasos propuesto para desarrollar el análisis de inferencia:

1. Percepción del problema

En vista de que la comunidad virtual EWA está en una etapa inicial de funcionamiento la interacción de la comunidad Nasa con esta es baja, por tanto se plantea la necesidad de aumentar la confianza de la comunidad Nasa para con la comunidad virtual EWA, estudiando el servicio de gestión de clases.

2. Identificación y definición del problema

Con el propósito de plantear una alternativa de solución a lo anteriormente descrito, se planteó la siguiente pregunta. ¿Al aumentar el flujo de información por medio del servicio de gestión de clases, aumentará la confianza dentro de esta comunidad virtual?

3. Hipótesis

Si se aumentan los recursos que generen información dentro del servicio gestión de clases en EWA, aumentará la confianza en EWA por parte de la comunidad Nasa.

4. Recolección de los datos

Teniendo en cuenta la que:

- La información es positiva si hay clases creadas por los docentes con información idónea y pertinente para el desarrollo de las actividades Nasa. Además los recursos que se publiquen para apoyar las clases son de utilidad para los usuarios de EWA, bien sea a manera de información o de recursos pedagógico para el aprendizaje de un tema específico.
- La información es negativa en el caso de no existir información o de que la información existente no contribuya con la buena formación de personas Nasa.



Además el estado inicial de las probabilidades de acuerdo a la construcción de la red bayesiana cuantitativa que se puede observar en la tabla 23, donde solo se encuentra el 53% de confianza en estado alta, de acuerdo a la sección 3.1.2.2 donde se obtuvieron las tablas de probabilidad inicial de cada variable.

VARIABLE	ESTADO 1	ESTADO 2
Información	positiva = 0.51	negativa = 0.49
Confianza	Alta = 0.53	Baja = 0.47

Tabla 23. Datos iniciales de la red bayesiana para el escenario 2. De acuerdo a los resultados del capítulo 3.

Y con el uso de la herramienta de procesamiento de la red bayesiana Genie para realizar el proceso de inferencia con el algoritmo de propagación basado en el agrupamiento de redes multiconectadas: Clustering, el cual propaga por toda la red el valor de la evidencias en información; se obtuvo como resultado en la herramienta elaborada en este trabajo de grado MCCSEWA que, el valor del estado alto de la variable confianza aumenta considerablemente, lo cual se puede ver en las figuras 39 y 40 de donde se deduce que la hipótesis planteada es verdadera; es decir al publicar en EWA información que influya de forma positiva en el proceso de enseñanza aprendizaje, esto redundo en que los usuarios se sientan seguros y confiados al dar sus aportes y al recibirlos, por lo tanto, al aumentar el estado positivo de Información se provoca un aumento del estado alto de la variable confianza, lo cual beneficia el capital social de EWA (que pasa del 52% al 96%, es decir, se enriquecen las interacciones que se presentan en EWA al motivar estas variables), es así que se evidencia la importancia de encaminar estrategias para lograr mantener una buena información en EWA.

The screenshot shows the MCCSEWA web application interface. At the top left is the logo with the text 'Puitxwe'wna dxi'phanenwa' and 'MCCSEWA Analizando capital social'. Below the logo is a 'Cerrar sesión' link. The main content area is titled 'Menu' and 'Análisis de Escenario'. The 'Análisis de Escenario' section displays the following information:

- Visualizar Modelo: Análisis de Inferencia para el escenario: caso dos
- Modificar Modelo: Seleccionar el estado de las variables donde se va a ejecutar la evidencia:
- Gestionar Servicios: Variables a Observar:
 - Información: Positiva, Negativa
- Gestionar Escenario: Valores actuales:
 - Confianza: Alta: 0,52736786268897, Baja: 0,47263213731103
- Gestionar Analisis de Escenario: Variables a Analizar:
 - Confianza: Alta: 0,979973988172335, Baja: 0,0200260118276653
- Gestionar Estrategia
- Gestionar Usuarios
- Gestionar Sugerencias
- Cambiar Contraseña

Figura 39. Datos de la inferencia en la red bayesiana para el escenario 2

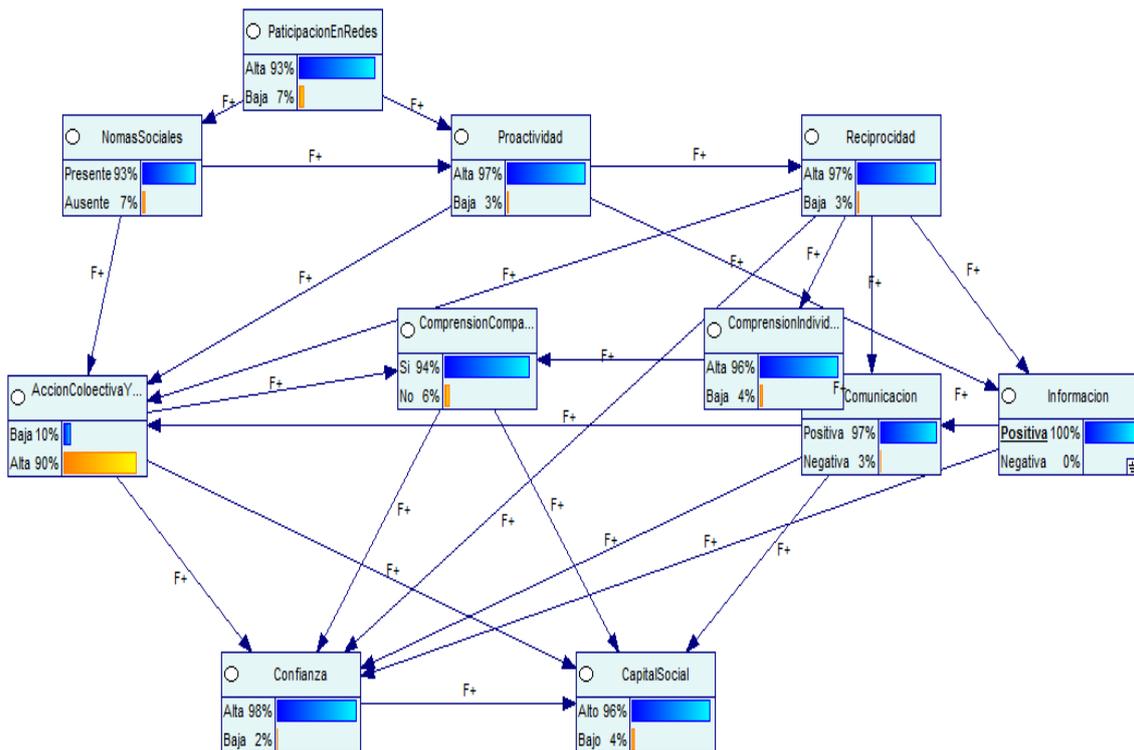


Figura 40. Red bayesiana al calcular inferencia, creación propia.

5. Deducción de las consecuencias de la solución

En el modelo computacional representado en redes bayesianas para EWA se puede apreciar que:

- Confianza es efecto de información mediante una relación de dependencia que permite al realizar una observación que produzca una evidencia en información obtener una modificación en la variable efecto confianza.

6. Informe de los resultados

Según los valores arrojados por la red en la herramienta MCCSEWA, donde la confianza aumenta en un 45%, cambios motivados ante un aumento en las variable información, a partir del uso del servicio de gestión de clases asociado a estas variables (ver ANEXO P) donde también se pueden ver otros servicios relacionados que podrían motivar el aumento en los estados altos de esta variable. Y con el fin de dar un ejemplo de la dinámica que se debe seguir para mejorar las relaciones de confianza entre los miembros de la comunidad a fin de consolidar EWA en el tiempo, como herramienta fundamental de apoyo a las actividades de Etnoeducación de la comunidad Nasa, recomendamos a los administradores (principalmente) y demás interesados en la comunidad virtual EWA como estrategia: “promover el servicio de gestión de clases” y para lograrlo proponemos seguir alguna o todas estas recomendaciones:

- Promover jornadas de capacitación de EWA centradas en el uso apropiado del gestor de clase en las actividades educativas. Con el fin de que los docentes



generen actividades adecuadas tendientes a promover el intercambio de información entre los usuarios.

- Realizar un video de cómo se debería usar el servicio de gestión de clases, con el fin de mejorar su uso.
- Propiciar espacios de práctica que permitan a los docentes publicar materiales como recursos educativos de apoyo a las clases o como complemento. Así mismo incluir a los estudiantes para que ingresen a la comunidad y se documenten con estos materiales, de tal forma que tanto docentes como estudiantes puedan apreciar las ventajas de publicar información en la comunidad virtual.

Teniendo en cuenta que existe un trabajo de grado anterior a este llamado: “MÓDULO DE SOSTENIBILIDAD PARA LA COMUNIDAD VIRTUAL DE APOYO A LOS PROCESOS DE ETNOEDUCACIÓN PARA LA COMUNIDAD INDÍGENA NASA” (Ruiz, 2010), donde se llevó a cabo un amplio estudio de la cuantificación de estrategias encaminadas a mejorar la sostenibilidad de esta comunidad virtual, se optó por retomar ese estudio para evaluar la estrategia que surgió de la presente investigación (modelo computacional soportado en redes bayesianas para EWA), con el fin de dar mayor soporte a esta estrategia; Dando como resultado que la estrategia planteada aquí es aceptable y por tanto es admisible su aplicación en EWA, pues obtuvo una puntuación de 3,97, lo cual se puede apreciar en mayor detalle en el ANEXO U.



6. RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 RESULTADOS

Los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto, producto de los procesos de investigación, innovación y desarrollo tecnológico son:

1. Un modelo computacional adecuado para la comunidad virtual EWA soportado en redes bayesianas, que permite comprender las dinámicas de capital social que están presentes en esta comunidad. Este modelo cuenta con las variables, sus relaciones, y las tablas de probabilidad asociadas a cada variable, producto del análisis de las características particulares del modelo de esta comunidad virtual como son aspectos de Etnoeducación, formación de personas Nasa, cosmovisión, identidad cultural, revitalización de la lengua nasayuwe, principios, propósitos y elementos que integran este modelo.
2. Una herramienta software que procesa el modelo computacional adecuado. esta herramienta utiliza GENIE & SMILE para la construcción y procesamiento de la red bayesiana diseñada en esta investigación y permite el acceso a dos tipos de usuario Administrador y docente, donde se permite a cada uno dependiendo de su rol realizar acciones como: Gestión de usuarios, Gestionar Visualización Modelo Computacional, Gestionar Escenarios, Gestionar Análisis de Inferencia, Generar Estrategias, y Gestionar Sugerencias, Consultar Escenarios, Cambiar contraseña, entre otros.
3. Definición de dos escenarios sobre los cuales se realizó el análisis de inferencia y se estimaron las probabilidades a futuro de las variables participación en redes y capital social (escenario 1) y confianza (escenario 2) a partir de los valores observados en las relaciones de las variables del modelo computacional diseñado. Los escenarios diseñados tuvieron como base el servicio de gestión de clases de EWA. A partir de la inferencia realizada se elaboró una estrategia que permitiera modificar los valores de las variables observadas, se le adicionaron recomendaciones para llevarla a cabo, al igual que se hizo una evaluación de esta estrategia a la luz del modelo de sostenibilidad definido para EWA, encontrando buena calificación para la estrategia propuesta.
4. El marco de referencia que involucra temas como: comunidad virtual, etnoeducación, comunidad Nasa, EWA, capital social, modelos computacionales, redes bayesianas, proceso unificado, entre otros, el cual se convierte en un referente valioso para la construcción de otros modelos computacionales para otras comunidades,

Además se realizaron dos artículos de investigación con los resultados obtenidos del proceso de investigación.

- a. El primero tiene como título: “Comunidad virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa”, que hace referencia a la propuesta de este proyecto de investigación, este artículo fue publicado en el Boletín VRI Agosto 2010 / Año 12 – No. 19 (ver ANEXO V).
- b. Y el segundo tiene como título: “Modelo Computacional Soportado en Redes Bayesianas para la Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación



de la Comunidad Nasa” y, hace referencia a todo el proceso seguido para llegar a proponer el modelo computacional adecuado en esta investigación; este artículo fue enviado a la revista de Ingeniería y Ciencia de la Universidad EAFIT.

6.2 DIFICULTADES PRESENTADAS Y SOLUCIONES PLANTEADAS DURANTE EL DESARROLLO DEL PROYECTO

6.2.1 Dificultad y Solución 1

Dificultad: poca experiencia del equipo de investigación en cuanto a la utilización de herramientas para la construcción de las redes bayesianas y su posterior conexión con herramientas para la construcción de la herramienta software (ver capítulo 4), lo cual conllevó a un desfase de tiempo.

Solución: el equipo de investigación se documentó muy bien sobre las herramientas más utilizadas en la actualidad, seleccionando la más conveniente para el desarrollo de este modelo computacional y su posterior utilización en la herramienta software.

6.2.1 Dificultad y Solución 2

Dificultad: en esta investigación se tocan diferentes temas como ciencias sociales, probabilidad, modelos computacionales, comunidades virtuales, redes bayesianas, Etnoeducación e ingeniería del software; por lo tanto, el proceso de documentación, análisis, apropiación y aplicación de esta información tomó más tiempo del planeado lo cual retrasó el desarrollo del proyecto según el cronograma planteado y el tiempo requerido para las otras actividades del proyecto.

Solución: se optó por recoger un buen marco de referencia, que permitiera al grupo de investigación conceptualizar adecuadamente los temas y además se buscó un grupo de expertos (ver perfil de expertos en ANEXO L) en los diferentes temas, que tuvieran disponibilidad de colaborar con la investigación.

6.2.2 Dificultad y Solución 3

Dificultad: la construcción de la red bayesiana de forma manual trae consigo algunas dificultades, en el caso de esta investigación se presentó una dificultad en la identificación de las relaciones entre las variables pues no se tenía documentación específica sobre el tema, y además decidir la dirección de los enlaces conllevó a grandes discusiones entre el grupo de investigación y los expertos.

Solución: se optó por tratar de unificar conceptos entre los expertos y el equipo de investigación sobre la comunidad virtual EWA y sobre los posibles resultados que se obtendrían de la red bayesiana al aprobar o rechazar un enlace entre las variables.

6.3 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.3.1 Conclusiones

A continuación se presentan las conclusiones a las que se llegó después del desarrollo de este proyecto:

- Como producto de un proceso de investigación riguroso y documentado, se obtuvo un Marco de Referencia (ver capítulo 2) en comunidades virtuales, Etnoeducación,



comunidades virtuales de Etnoeducación, Comunidad Nasa, comunidad virtual EWA, Modelos Computacionales, teoría de la probabilidad, teoría de grafos, redes bayesianas, modelos canónicos, Inferencia, entre otros, lo cual fue punto de partida para el diseño y definición del modelo computacional soportado en redes bayesianas para estudiar las dinámicas de capital social de la comunidad virtual EWA, y que a futuro servirá para el desarrollo de otras investigaciones sobre el tema.

- Se generó un modelo computacional soportado en redes bayesianas que permite estudiar las dinámicas de capital social para la consolidación de la comunidad virtual EWA como una herramienta de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la comunidad Nasa; lo cual implicó construir la parte cualitativa de la red (es decir, las variables, sus estados y las relación entre ellas) y la parte cuantitativa que es la distribución de probabilidades a priori y condicionales de las variables (es decir, las tablas de probabilidades condicionales asociadas a cada variable). Esto se logró mediante la adaptación de metodologías (tanto de investigación, como prácticas) y su seguimiento riguroso, haciendo posible unir los puntos comunes de las dinámicas de capital social, las redes bayesianas, las comunidades virtuales, las dinámicas de la Comunidad virtual EWA, la comunidad Nasa, entre otras.
- El modelo computacional adecuado permite a los usuarios principalmente administradores obtener información global de las dinámicas de capital social, para que ellos puedan definir una estrategia tendiente a reforzar su sostenibilidad y adelantar acciones para fortalecer la participación activa de sus integrantes permitiendo así mejorar las relaciones de confianza entre los miembros de la comunidad a fin de consolidar EWA en el tiempo a la luz de las interacciones que se representa en las dinámicas dentro de ella.
- Técnicas como las redes bayesianas son una buena herramienta para guardar información sobre las dependencias e independencias existentes entre las variables involucradas, permitiendo manejar situaciones donde existe incertidumbre, como lo es el análisis del capital social. Además por medio de la representación gráfica de la red bayesiana se facilita la interpretación y obtención de conclusiones sobre el dominio en estudio, permitiendo realizar un análisis más apropiado y global de los datos, sumado a que le permite al usuario centrarse en las variables del modelo que a él más le interesen motivar.
- Los modelos canónicos utilizados para la obtención de la parte cuantitativa de la red bayesiana permiten un ahorro de tiempo al momento de obtener las probabilidades condicionales para cada variable, más aún si se cuenta solo con la ayuda de un solo experto, ahorrando así espacio en almacenamiento de información, ahorro en tiempo en cuanto a la propagación de la evidencia, y sobre todo, estos modelos permiten ahorrar tiempo en cuanto a la obtención del conocimiento.
- Con la unión de la librería de Genie y Smile Smilenet y la plataforma .NET se pudo crear una herramienta software logrando que la información esté disponible al usuario para que éste la visualice, lo cual permite generar escenarios, realizar un análisis de estos y con los resultados arrojados por la herramienta facilitar el ingreso por parte del usuario de estrategias.



- Es posible enriquecer el conocimiento y desarrollar un enfoque de innovación, que tiene como punto de partida un proceso de investigación teórico cuyos resultados se pueden llevar al campo práctico, como es el caso del capital social en comunidades virtuales de etnoeducación, o el uso de redes bayesianas para modelar información de índole social.
- Con el análisis de inferencia sobre el modelo computacional realizado en esta investigación se pudieron analizar algunos casos dados en la comunidad virtual EWA que inducían a un aumento de capital social, participación en redes y confianza dada las evidencias en información y normas sociales.

6.3.2 Recomendaciones y trabajo futuros

- Debido a que la comunidad virtual se encuentra en su primera fase de implantación y las estrategias fueron diseñadas para esta fase, es necesario desarrollar estrategias de sostenibilidad para las etapas posteriores de la comunidad virtual.
- Se recomienda tanto a los administradores, docentes y directivos de la comunidad EWA, que realicen recomendaciones validas en la aplicación software de tal forma que se puedan tener en cuenta en las siguientes generaciones de usuarios.
- Debido al corto plazo de este proyecto y a que la sostenibilidad se debe valorar en un largo plazo, como trabajo futuro se recomienda evaluar las estrategias de sostenibilidad desarrolladas en este módulo, teniendo así un resultado más exacto de este proyecto.
- Se recomienda como trabajo futuro proponer un nuevo estudio de variables, relaciones y TPC del modelo computacional una vez la comunidad virtual EWA tenga más tiempo de funcionamiento y uso, de tal forma que se permita hacer ajustes al modelo propuesto en este trabajo o por el contrario su ratificación.



7. BIBLIOGRAFIA

(Álvarez, 1994). Álvarez Munárriz, Luis. Fundamentos de Inteligencia Artificial. Universidad de Murcia, España. 1994.

(Ambler, 2006). Ambler's, Scott. The Agile Unified Process v1.1. Disponible en: <http://www.amblysoft.com/unifiedprocess/aup11>. Visitado: 2 de marzo de 2010.

(Amiano, 2007). Amiano Bonatxea, Iratxe. El capital social como indicador de la eficiencia de la gestión de los recursos en las ONGD. Disponible en: http://www.hegoa.ehu.es/congreso/bilbo/komu/3_Participacion/4_Iratxe-Amiano.pdf. Visitada: 2 de marzo de 2010.

(Atria, 2003). La dinámica del desarrollo del capital social: factores principales y su relación con movimientos sociales. Chile. 2003.

(Arbelaez, *et al.*, 2009) Arbelaez, Ronald. Idrobo, William, Sierra, Luz M. Rojas, Tulio. Trabajo de grado: Módulo de Enseñanza Aprendizaje para la Comunidad Virtual de apoyo a los procesos de Etnoeducación Nasa. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. 2009.

(Benavides, *et al.*, 2010) Benavides, Diego. Benavides, Oscar. Sierra, Luz M. Trabajo de grado: Módulo de evaluación del aprendizaje del Nasa Yuwe de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la comunidad indígena Nasa. Universidad del Cauca. Popayán, Colombia. 2010.

(Bonfil, 1987). Bonfil, Guillermo. Lineamientos generales de Educación Indígena, VI Edición modificada. Bogotá, agosto de 1987- Página 51.

(Cazares, *et al.*, 1999). Cázares, Laura. Christen, Maria. Jaramillo, Enrique. Villaseñor, Zamudio Luz Elena. Técnicas actuales de investigación documental. Editorial Trillas. 1999. México.

(Cesari, 2006). Cesari, Matilde Ines. Nivel de significancia estadística para el aprendizaje de una red bayesiana. Instituto Tecnológico de Buenos Aires. 2006.

(Chávez, *et al.*, 2008). Chávez, María del Carmen. Casas, Gladys. Moreira, Jorge. Predicción de mutaciones en secuencia de la proteína transcriptasa inversa del VIH usando nuevos métodos para el aprendizaje estructural de redes bayesianas. 2008. Cuba. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/avances/article/viewFile/10026/10554>. Visitada: 8 de junio de 2010.

(Chiu, *et al.*, 2006). Chiu, Chao-Min. Hsu, Meng-Hsiang. Wang, Eric T.G. Understanding knowledge sharing in virtual communities: An integration of social capital and social cognitive theories. National Central University, Jhongli, Taiwan. 2006. Disponible en http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6V8S-4K427KC-1-1&_cdi=5878&_user=4173194&_orig=search&_coverDate=12%2F31%2F2006&_sk=99579996&view=c&wchp=dGLbVlb-



zSkWA&md5=52e303a86a8a7a45d636505bf4058045&ie=/sdarticle.pdf. Visitada: 26 de noviembre de 2006.

(COROMINAS, 2008). Breve diccionario etimológico de la Lengua Castellana. Madrid: Editorial Gredos, S.A.

(CRIC, 2008). Consejo Regional Indígena del Cauca CRIC. "¿Qué pasaría si la escuela...? 30 años de construcción de una educación propia". Popayán, Colombia. 2004. Disponible en: <http://www.humanas.unal.edu.co/colantropos/documentos/pebi.pdf>. Visitado: 25 de Abril 2008.

(Daniel, 2009). Daniel, Ben Key. Social Capital Modeling in Virtual Communities Bayesian Belief Network Approaches. New York. 2009.

(Díez, *et al.*, 2007). FJ Díez. canonical Probabilistic Models for Knowledge Engineering. 2007. Technical Report CISIAD-06-01

(Díez, 2010). Díez, F.J. Fundamentos en redes bayesianas. Dpto. Inteligencia Artificial. UNED, Curso de experto Universitario en probabilidad y estadística en medicina. Disponible en: <http://www.ia.uned.es/cursos/prob-estd>. Consultado el 21 de julio de 2010.

(Díez, 2010). Díez, F.J. Introducción a los modelos gráficos probabilísticos. UNED. Dpto. Inteligencia Artificial. 2007.

(DRA, 2010). Diccionario de la Real Academia Española. Disponible en: <http://buscon.rae.es/drael/>. Visitada: 26 de Noviembre de 2009.

(Felgaer, 2005). Felgaer, Pablo Ezequiel. Tesis de grado: Optimización de Redes Bayesianas Basado en Técnicas de Aprendizaje por Inducción. Universidad de Buenos Aires, Argentina. 2005.

(Fernández, 2002). Fernández Galán, Severino. Tesis doctoral: Redes bayesianas temporales: aplicaciones médicas e industriales. Universidad Nacional de Educación a Distancia. Madrid, España. 2002.

(Flórez, *et al.*, 2008). Flórez López, Fernández, José Miguel, 2008. Las Redes Neuronales Artificiales, Fundamentos Teóricos y aplicaciones prácticas. 2008.

(Forni, *et al.*, 2004). Forni, Pablo, Marcelo, Siles, Lucrecia, Barreiro. "¿Qué es el Capital Social cómo Analizarlo en contextos de Exclusión Social y Pobreza?," JSRI Research Report #35, The Julian Samora Research Institute, Michigan State University, East Lansing, Michigan, 2004.

(Gámez, *et al.*, 1998). Gámez Martín, José Antonio. Puerta Callejón, José Miguel Sistemas Expertos Probabilísticos. Universidad de Castilla, La Mancha. Cuenca, España. 1998.

(García, *et al.*, 2010). García Gallego, Daniel. García Herrero, Jesús. Desarrollo de un Entorno de Usuario para Aplicaciones de Redes Bayesianas Dinámicas a Problemas de Fusión de Información, Proyecto Fin de carrera Ingeniería Informática. Universidad Carlos III de Madrid, España. Febrero de 2010.



(García, 2007). Susi García, Rosario. Analisis de Sensibilidad en Redes Bayesianas Gaussianas, Memoria para optar el grado de doctor. Unniversidad Complutense de Madrid, Madrid, 2007, pág. 31.

(GENIE & SMILE, 2007). <http://genie.sis.pitt.edu/about.html>

(González, 2004). E. González, R. Laza and R. Pavón, "Sistema de Tutorización basado en Agentes: SITUA," ed: I Taller en Desarrollo de Sistemas Multiagente (DESMA 2004).

(González, 2009). Rodrigo González Reyes (2009). Capital social: una revisión introductoria a sus principales conceptos. Universidad de Guadalajara, México. 2009.

(IEEE, 1990). IEEE Standard Glossary of Software Engineering Terminology 610.12-1990. Standards Coordinating Committee of the IEEE Computer Society, USA. Publicado en Diciembre de 1990. E-ISBN: 0-7381-0391-8. Disponible en: <http://ieeexplore.ieee.org/servlet/opac?punumber=2238>. Visitado: 15 de junio de 2011.

(Instituto Colombiano de Cultura Hispánica, 2002). Instituto Colombiano de Cultura Hispánica (2002). Geografía Humana de Colombia. Región Andina Central, Tomo IV, Volumen II. Bogota, Instituto Colombiano de Cultura Hispanica. 2000. Disponible en: <http://www.banrepcultural.org/blaavirtual/geografia/geohum2/indice.htm>. Visitada: 9 Noviembre de 2010.

(Jensen, et al., 2007). Jensen, Finn V. Nielsen, Thomas D. Bayesian Networks and Decision Graphs. Information Science and Statistics. Department of Computer Science Aalborg University, Department of Computer Science Aalborg University. Dinamarca, Febrero 8 de 2007.

(Kliksberg, 1999). Kliksberg, Bernardo. Capital Social Y Cultura, Claves esenciales del Desarrollo. Bsnco Interamericano de desarrollo. 1999. Disponible en: http://www6.iadb.org/intal/aplicaciones/uploads/publicaciones/e_INTAL_DD_07_2000_kliksberg.pdf. Visitada: 26 de noviembre de 2009.

(Kliksberg, 2009). Kliksberg, Bernardo. "El Capital Social y la Cultura. Las dimensiones postergadas del desarrollo". Argentina. 2009. Disponible en: <http://www.redivu.org/docs/articulos/Las%20Dimensiones%20Postergadas%20Del%20Desarrollo%20-%20Bernardo%20Kliksberg.pdf>. Visitada: 20 septiembre de 2009.

(Koski, et al., 2009). Koski, Timo. Noble, Jhon M. Bayesian Networks An Introduction. 2009.

(Kuri, 2010). Kuri Abdala, José Antonio. Incertidumbre, Métodos Probabilísticos de Análisis de Alternativas. Apuntes de planeación. Universidad Nacional Autónoma de México. Disponible en: http://www.ingenieria.unam.mx/~jkuri/Apunt_Planeacion_internet/TEMAV.4.pdf Visitada: 10 de enero de 2010.

(Lacave, 2002). Lacave, Carmen. Tesis Doctoral. Explicación en Redes Bayesianas Causales. Aplicaciones Médicas. Universidad Nacional de Educación a Distancia, Madrid, 2002. Disponible en: www.inf-cr.uclm.es/www/clacave/public/tesisdefinitiva.pdf. Visitada: 01 de septiembre de 2010.



(Lisakka, 2007). Lisakka, Laura. Medición del capital social y aplicaciones. Universidad del País Vasco – EUSTAT. 2007.

(López, *et al.*, 2007). López, Jorge. García García, Juan. De la Fuente Sánchez, Leticia. De la Fuente Solana, Emilia Inmaculada. Las Redes Bayesiana como Herramienta en Modelado en Psicología. Red de revista Científicas de América Latina y del Caribe, España y Portugal. Universidad de Murcia. Murcia, España. 2007.

(Martel, *et al.*, 1996). Martel, Pedro. Díez Vegas, Francisco Javier. “Probabilidad y estadística en medicina: Aplicaciones en la Práctica Clínica y en la Gestión Sanitaria” Madrid, 1996.

(Millán, *et al.*, 2004). Millán, René. Gordon, Sara. Capital social: una lectura de tres perspectivas clásicas. Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Sociales. 2004. Disponible en: <http://www.ejournal.unam.mx/rms/2004-4/RMS04404.pdf>. Visitada: 20 septiembre de 2009.

(Ministerio de Educación Nacional, 1994). Ley 115 de 1994, por la cual se expide la ley general de educación. Disponible en: <http://www.mineduacion.gov.co/1621/article-85906.html>. Visitado: 01 de Diciembre de 2010.

(Mittal, *et al.*, 2007). Mittal, Ankush. Kassim, Ashraf. Bayesian Network Technologies: Applications and Graphical Models. Indian Institute of Technology, India. National University of Singapore, Singapore University of Saskatchewan, Canada. EducationalTestingService, USA, University of Saskatchewan, Canada. 2007.

(Mujika, *et al.*, 2010). Mujika Alberdi, Alazne. Ayerbe Echeverría, Miguel. Ayerbe Mujika, Olatz. Ceberio, Aitziber Elola. Navarro Pikabea, Itziar. Orkestra - Instituto Vasco de Competitividad Fundación Deusto. 2010.

(Olson, 1992). Olson M. La lógica de la acción colectiva. Bienes públicos y la teoría de grupos. Limusa, México D.F. 1992.

(Ostrom, *et al.*, 2003). Ostrom, Elinor. T. K. Ahn, Olivares, Cecilia. Una perspectiva del capital social desde las ciencias sociales: capital social y acción colectiva. Universidad Nacional Autónoma de México. Revista Mexicana de Sociología, Vol. 65, No. 1 (Jan. - Mar., 2003), pp. 155-233. Disponible en: <http://www.jstor.org/stable/3541518>. Visitada: 21 de abril de 2010.

(Onyx, *et al.*, 1997). Onyx, Jenny y Paul Bullen. En prensa. “Measuring Social Capital in Five Communities.” Journal of Applied Behavioral Science.

(Patterns & Practices, 2009). Microsoft Patterns & Practices Team. Microsoft Application Architecture Guide, 2nd Edition., patterns & practices Developer Center., Chapter 5: Layered Application Guidelines., Disponible: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ee658109.aspx>. Visitada: 21 de abril del 2011.

(Pérez, *et al.*, 2007). Pérez, Iván. León, Betzabeth. Lógica difusa para principiantes, Teoría y Práctica. Caracas, Venezuela. 2007.

(Putnam, 2000). Putnam, Robert. Bowling Alone. The Collapse and Revival of American Community, Simon and Schuster, New York. 2000.



(Ramírez, 2008). Ramírez, Katty. “El Rol del Capital Social en la Sociedad del Conocimiento como Pilar de las Políticas Educativas para la Humanización de la Sociedad”. 2008. Disponible en: <http://www.escuelapnud.org/biblioteca/index.php?doc=1871>. Visitada: 19 de noviembre de 2009.

(Ramos, 2007). Ramos, Raquel Ale thia. La comunidad Virtual y sus lugares de encuentro. Foro. Disponible en: <http://cvnt.blogspot.com/2007/03/por-raquel-alethia-ramos-bjar-es-una.html>. Visitado: 12 de enero de 2011.

(Rheingold, 1993). Rheingold, Howard. The Virtual Community. ADDISON-WESLEY PUBLISHING COMPANY Reading. 1993. Disponible en: <http://www.rheingold.com/vc/book/intro.html>. Visitada: 12 enero de 2011.

(Ruiz, *et al.*, 2010). Ruiz, William. Naranjo, Roberto C. Trabajo de Grado: Modulo de Sostenibilidad para la Comunidad Virtual de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Nasa. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. 2010.

(Saiz, *et al.*, 2008). Saiz, Jorge Enrique. Jiménez, Sander Rangel. Universidad Santo Tomás. Revista Cife No 13. Colombia. 2008.

(Sánchez, 2002). Sánchez, Juan. Introducción a los Modelos. Universidad Católica de Valparaíso, Escuela de Ingeniería del transporte. 2002.

(Salazar, 2003). Salazar Serrudo, Carla. Una Introducción a los Sistemas Experto. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia. Julio de 2003.

(Sensagent, 2009). Diccionario Sensagent. Disponible en: <http://diccionario.sensagent.com/Adecuar/es-es/> visitada: 26 de Noviembre de 2009.

(Sierra, *et al.*, 2007). Sierra, Luz Marina. Naranjo, Roberto. Rojas, Tulio. Tenorio, Alfonso. Comunidad Virtual de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Indígena Nasa. Colombia. Julio de 2007.

(Sierra, *et al.*, 2010). Sierra, Luz Marina. Naranjo, Roberto. Rojas, Tulio. Tenorio, Alfonso. EWA: Comunidad Virtual de Apoyo a los Procesos de Etnoeducación Nasa - Puutxwe'wna dxi'phadenwa'. Ediciones Universidad del Cauca. ISBN 978-958-732-054-1. Colciencias - Universidad del Cauca 2010. Colombia.

(Sudarsky, 2004). Sudarsky, John. Logro y Capital Social: Las llaves del Desarrollo Económico y Social. Planeación Distrital de Bogotá, Colombia. 2010. Disponible En: <http://ares.unimet.edu.ve/academic/revista/anales4.1/documentos/sudarsky.pdf>. Visitada: 8 de agosto de 2010.

(Sucar, 2005). Sucar, Luis Enrique. Chapter 1 Redes Bayesianas. Puebla, Mexico. 2005. Disponible en: <http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Clases-mgp/caprb.pdf> visitada: 12 de noviembre de 2009.

(Tamayo, 1999). Tamayo y Tamayo, Mario. Serie aprender a investigar, modulo 2 La investigación. Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior ICFES. ISBN: 958-9279-13-9 Módulo 2.1999.



(Tomai, *et al.*, 2009). Tomai, Manuela. Rosa, Veronica. Mebane, Minou Ella. Benedetti, Alessia D'AcuntiMaura. Francescato, Donata. Virtual communities in schools as tools to promote social capital with high schools students. University of Roma La Sapienza. Roma, Italy. 2009. Disponible en:

http://www.sciencedirect.com/science?_ob=MIimg&_imagekey=B6VCJ-4X8HGN3-2-1&_cdi=5956&_user=4173194&_orig=search&_coverDate=01%2F31%2F2010&_sk=999459998&view=c&wchp=dGLbVzW-zSkzS&md5=1f3b69c5246e3177d749fcdc32d138ea&ie=/sdarticle.pdf. Visitado: 25 noviembre de 2009.

(Velasco, 2007). Velasco Villanueva, David A. Inteligencia Artificial II. 2007. Disponible en: <http://www.infor.uva.es/~calonso/IAII/Aprendizaje/TrabajoAlumnos/RBmemoria.pdf>. Visitada: 15 de diciembre de 2009.

(Velasco, *et al.*, 2009). Velasco, German. López, José L., Naranjo, Roberto C. Rojas, Tulio. Trabajo de Grado: Modulo de Colaboracion para la Comunidad Virtual de apoyo a los procesos de Etnoeducación de la Comunidad Nasa. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. 2009.

(Woolcock, *et al.*, 2000). Woolcock, Michael. Narayan, Deepa. Capital social: Implicaciones para la teoría, la investigación y las políticas sobre desarrollo. Universidad de Oxford. Estados Unidos. 2000.

(Zagorecki, 2010). Zagorecki, Adam T. Local Probability Distributions In Bayesian Networks: Knowledge Elicitation And Inference. University of Pittsburgh, Pensilvania, Estados Unidos, 2010.