

**AMBIENTE DE APRENDIZAJE ESCOLAR PARA APOYAR EL
SOSTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN CHAGAS**

OSCAR JULIÁN MEDRANO GARCÍA

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2015**

**AMBIENTE DE APRENDIZAJE ESCOLAR PARA APOYAR EL
SOSTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN CHAGAS**

OSCAR JULÍAN MEDRANO GARCÍA

Trabajo de grado para optar por el título de Ingeniero de Sistemas

Director:

**Ing. Hugo Hernando Andrade Sosa
M. Sc. Informática**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISICOMECAÑICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E INFORMÁTICA
BUCARAMANGA
2015**

DEDICATORIA

A mis padres Manuel y Socorro, quienes me han apoyado en todo momento y desde el hogar me formaron como persona. A mis hermanos Manuel y Laura, compañía permanente de mi vida.

A Tatiana Gélvez, mi amiga incondicional por su valiosa amistad y por todos los buenos momentos que me ha permitido vivir a su lado.

AGRADECIMIENTOS

A todos los miembros del grupo SIMON, especialmente a su líder y fundador, el profesor Hugo Andrade por ser persona fundamental durante mi proceso de formación profesional y apoyarme cuando más lo necesitaba para culminar esta etapa de mi carrera.

A la Fundación Colegio UIS, por proporcionar las condiciones necesarias para realizar las pruebas de este proyecto.

A la ingeniera Natalia Martínez, por sus orientaciones y por estar siempre atenta al desarrollo del proyecto.

CONTENIDO

pág.

INTRODUCCIÓN	13
1. OBJETIVOS	14
1.1 OBJETIVO GENERAL	14
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1 PROYECTO INSTITUCIONAL	18
3.1.1 Características del Proyecto Institucional	19
3.1.2 Etapas del proyecto institucional	20
3.2 MODELADO Y SIMULACIÓN CON DS	21
3.3 METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN DEL MS EN LA ESCUELA	22
3.4 PRUEBAS A MODELOS DE SIMULACIÓN	24

4. AMBIENTE DE APRENDIZAJE ESCOLAR.....	27
5. METODOLOGÍA.....	31
5.1 ASPECTOS DE LA METODOLOGÍA	31
5.2 FASES DE LA METODOLOGÍA	32
6. DESARROLLO DEL PROYECTO.....	35
6.1 REVISIÓN Y MEJORA DEL MATERIAL ACADÉMICO	35
6.1.1 Introducción	35
6.1.2 Revisión del material académico inicial	35
6.1.3 Mejoras realizadas al material académico inicial	36
6.1.3.1 Definición de esquema – guía de las actividades escolares	36
6.1.3.2 Soluciones propuestas a inconvenientes presentados	36
6.2 PRUEBAS Y MEJORAS DE MODELOS DE SIMULACIÓN.....	44
6.2.1 Modelos de DS.....	45
6.2.1.1 Modelo juego de la epidemia primaria.....	45
6.2.1.2 Modelo juego de la epidemia secundaria.....	47
6.2.1.3 Modelo epidemia por vector	47

6.2.1.4 Modelo ciclo de vida del triatomino.....	51
6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE	53
6.3.1 Fase de inicio	53
6.3.1.1 Requisitos.....	54
6.3.1.2 Análisis	64
6.3.1.3 Diseño.....	66
6.3.2 Fase de elaboración	68
6.3.2.1 Requisitos.....	68
6.3.2.2 Análisis	68
6.3.2.3 Diseño	74
6.3.2.4 Implementación.....	77
6.3.3 Fase de construcción.....	79
6.3.3.1 Primera iteración.....	80
6.3.3.2 Segunda iteración.....	83
6.4 PRUEBAS	87
6.4.1 Pruebas de sistema.....	87

6.4.2 Pruebas de receptividad	88
6.4.2.1 Formación docente	89
6.4.2.2 Aplicación de actividades con estudiantes	90
7. CONCLUSIONES	93
8. RECOMENDACIONES.....	94
BIBLIOGRAFÍA.....	95

RESUMEN

Título:

AMBIENTE DE APRENDIZAJE ESCOLAR PARA APOYAR EL SOSTENIMIENTO DE UN SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA EN CHAGAS.*

Autor:

OSCAR JULIAN MEDRANO GARCIA. **

Palabras clave:

INFORMÁTICA EDUCATIVA, PROYECTO INSTITUCIONAL, SAT, ENFERMEDAD DE CHAGAS, MODELADO Y SIMULACIÓN, INGENIERIA DEL SOFTWARE.

Descripción:

La presente propuesta se basa en el desarrollo de un software educativo que apoye la ejecución de actividades escolares contempladas en un Proyecto Educativo Institucional que busca promover el cambio de actitudes y prácticas de una comunidad para que esté preparada para enfrentar enfermedades por vector, especialmente la enfermedad de Chagas (cuyo vector es el triatomino), y así disminuir la probabilidad de contagio por la presencia del vector transmisor en la comunidad vulnerable. El proyecto Institucional usa simuladores que recrean fenómenos útiles como alternativa para promover el aprendizaje en los participantes.

El software se fundamenta en la necesidad de crear recursos que faciliten la ejecución del Proyecto Institucional debido a la dificultad de implementarlo y hacerlo sostenible en las instituciones educativas de la región cuyo enfoque pedagógico difiere profundamente del enfoque del proyecto educativo propuesto. Adicionalmente, existen antecedentes de ejecución del Proyecto Institucional con resultados que afianzan la idea de crear recursos que lo apoyen. Gracias a su condición de manejador de contenidos, este software es adaptable a cualquier proyecto institucional dirigido a la enseñanza de enfermedades de transmisión por vector en la educación escolar. Para la creación de la herramienta se aplicó el RUP (*Rational Unified Process*), metodología caracterizada por ser dirigida por casos de uso, centrada en la arquitectura y con desarrollo iterativo e incremental.

* Proyecto de grado.

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director: M. Sc. Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirectores: Ph.D. Gerardo Muñoz Mantilla, M. Sc. Giovanni López Molina.

ABSTRACT

TITLE:

SCHOOL LEARNING ENVIRONMENT TO SUPPORT THE SUSTENANCE OF A EARLY WARNING SYSTEM IN CHAGAS.*

AUTHOR:

OSCAR JULIAN MEDRANO GARCIA. **

KEYWORDS:

EDUCATIONAL COMPUTER, INSTITUTIONAL PROJECT, SAT, CHAGAS DISEASE, MODELING AND SIMULATION, SOFTWARE ENGINEERING.

DESCRIPTION:

This proposal is based in development of educational software that support the execution of school activities included in a educational Project which seek promote a change in attitudes and practices of a community to be prepared to confront disease vector, especially Chagas disease (which it is vector is triatomine), and therefore decrease the infection probability by the presence of transmitter vector in vulnerable community. The Institutional Project use simulators that recreate phenomenon of interest as alternative to promote the learning in participants.

The software is based in the necessity for resources to facilitate the execution of Institutional Project due to the difficulty of implement it and do it sustainable in educational institutions in the región, whose pedagogical approach differs deeply of approach proposed in educational Project. Additionally exist execution records of Institutional Project with results that strengthen the idea of create resources that support it. Thanks to it status of content handler, this software is adaptable to any Institutional Project to education of diseases vector in school education.

To create the tool we applied the RUP methodology, characterized by being directed by use cases, focusing on architecture and iterative and incremental development.

* Bachelor Thesis

** Facultad de ingenierías Físico-Mecánicas. Escuela de Ingeniería de Sistemas. Director: M. Sc. Hugo Hernando Andrade Sosa. Codirectores: Ph.D. Gerardo Muñoz Mantilla, M. Sc. Giovanni López Molina.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, gracias al avance progresivo de las TI (Tecnologías de Información) se ha buscado que estas intervengan significativamente en la educación, tal como lo han hecho en otras disciplinas. Diferentes iniciativas han surgido en el orden nacional e internacional para que a través de las TI se apoyen procesos de enseñanza-aprendizaje aplicados en diversidad de contextos. A nivel local destacamos la iniciativa impulsada por el grupo SIMON quien ha enfocado parte de su investigación a integrar el uso de las TI en la educación para mejorar su quehacer a partir de una propuesta pedagógica centrada en los procesos de pensamiento y apoyada en modelos de simulación.

Entre los trabajos realizados por el grupo SIMON orientados a uso de las TI en la educación preescolar, básica y media destacamos el proyecto MAC (Micromundos para el aprendizaje de las ciencias) y el proyecto MICRHO en sus diferentes versiones que promueven el modelo educativo propuesto desde el grupo como una alternativa al enfoque educativo tradicional.

La presente propuesta consiste en el desarrollo de un software que integra contenidos académicos (entre ellos, modelos de simulación) dirigidos a enseñar temáticas relativas a las enfermedades por vector, principalmente la enfermedad de Chagas. El propósito del software se fundamenta en apoyar la ejecución de un Proyecto institucional¹ desde la escuela el cual busca difundir el conocimiento de la enfermedad de Chagas a la comunidad para que afronte adecuadamente este tipo de problemáticas. El Proyecto institucional está conformado por un conjunto de actividades escolares con propósito donde intervienen estudiantes, profesores y comunidad en general para aprender sobre la enfermedad.

La metodología utilizada para desarrollar el software es el Proceso unificado de desarrollo de software caracterizado por ser “dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura e iterativo e incremental”².

¹ Proyecto Institucional: Proyecto aplicado al interior de las instituciones educativas para generar conocimiento con respecto a una problemática particular (Contagio por enfermedad de Chagas) que involucren a todos los miembros de una institución y promueva el cambio de actitudes y prácticas en cada uno de ellos.

² BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar y RUMBAUGH, James. El proceso unificado en el desarrollo de software. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. 464 p. ISBN 84-7829-036-2.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un ambiente de aprendizaje escolar que por medio de contenidos académicos ya probados en la comunidad y modelos de Dinámica de Sistemas, fomente en los estudiantes y la comunidad un cambio en su forma de actuar ante el riesgo de transmisión del parásito *Trypanosoma cruzi*, causante de la enfermedad de Chagas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.** Desarrollar una versión mejorada de contenidos académicos utilizados en las escuelas a partir de la realimentación con los principales participantes de la ejecución del Proyecto Institucional durante el año 2012.
- 2.** Implementar un ambiente software que cuente principalmente con las siguientes especificaciones:
 - Permitir el inicio de sesión con tipos de usuario diferentes (Estudiante, Profesor, Administrador y TCS), los dos primeros con ciertas restricciones sobre funcionalidades del ambiente.
 - Permitir la inserción, modificación y eliminación de clases integradas por parte de los docentes y administradores.
 - Proporcionar las herramientas necesarias para la realización de actividades contempladas en el proyecto institucional tales como: cuestionarios, modelos de simulación, imágenes, videos, etc.
 - Proporcionar un espacio de ayuda como mecanismo de consulta para orientar a los usuarios en la correcta utilización del ambiente.
- 3.** Mejorar los modelos de Dinámica de Sistemas utilizados durante la ejecución del Proyecto Institucional en las escuelas (Simulador del juego de la epidemia para secundaria, simulador del juego de la epidemia para grados tercero y quinto, simulador epidemia por vector para estudiantes entre grado tercero y undécimo y simulador del ciclo de vida del triatomino.) teniendo en cuenta los resultados de la ejecución de pruebas (Prueba de evaluación de la estructura, de Evaluación de Parámetros, de condiciones extremas, de idoneidad de los límites, Consistencia Dimensional y Análisis de Sensibilidad) para que posteriormente sean incluidos en el ambiente.
- 4.** Realizar pruebas de aceptación y de sistema al ambiente de aprendizaje para determinar si cumple con las expectativas y funciona adecuadamente.

2. JUSTIFICACIÓN

La población bumanguesa ha tenido un crecimiento vertiginoso en los últimos años. Como consecuencia, la extensión geográfica del Área Metropolitana ha aumentado hacia las regiones aledañas a la escarpa de la meseta de Bucaramanga. Algunos barrios conformados por dicha expansión limitan con bosques pertenecientes a la meseta, donde habitan tanto el vector transmisor como los animales que sirven de reservorio al parásito *Trypanosoma Cruzi* que ocasiona la enfermedad de Chagas.

Por tal motivo, el grupo SIMON de Investigación en su interés por contribuir con el estudio y solución de la problemática social del país, realiza un proyecto financiado por COLCIENCIAS, denominado “Determinación de zonas de riesgo de transmisión de *T. cruzi* vía oral e implementación de un sistema de alerta temprano para Chagas agudo en Bucaramanga”. El principal objetivo del proyecto es la creación de un SAT (Sistema de Alerta Temprana) en la comunidad afectada. El SAT que se desea implementar en las comunidades afectadas requiere de la participación activa de sus habitantes, para que cumpla sus objetivos. Por tal motivo, las personas deben conocer tanto del funcionamiento del SAT como de los fundamentos de la problemática, que particularmente consiste en el riesgo de trasmisión del parásito.

Se busca que a partir de la ejecución de un Proyecto Institucional en las escuelas, los estudiantes y profesores participen en las actividades propuestas en el proyecto y así se promueva un cambio en las actitudes y prácticas de las personas cuando aprenden sobre la enfermedad, además del funcionamiento y utilización del SAT. Sin embargo, para que el proyecto institucional promueva cambios en la vida cotidiana de las personas es necesario que genere cambios profundos en sus modelos mentales y esto se da en la medida que exista un aprendizaje significativo.

Para que el Proyecto Institucional genere aprendizaje significativo en la comunidad escolar es necesario que cumpla con las siguientes características:

1. Transversal, es decir integre todas las áreas del conocimiento para que desde cada una se aporte a la comprensión de la problemática que aborda el proyecto institucional.
2. Genere cambios en los modelos mentales de los participantes, traducido en un cambio en sus actitudes y prácticas.
3. Fomente un aprendizaje desde la experiencia que genere espacios de reflexión.

Las anteriores características hacen que el proyecto institucional tenga un enfoque diferente al tradicional y tienda a generar conflictos con la forma de enseñar de los docentes. Al ser diferente resulta difícil implementarlo y hacerlo sostenible, por lo cual es necesario buscar estrategias que faciliten su aplicación. Dentro de estas estrategias se propone la creación de un software que apoye el desarrollo de las actividades escolares que contempla el Proyecto Institucional.

El Proyecto Institucional mencionado cuenta con antecedentes en su ejecución. Durante el año 2012, se aplicó en 3 instituciones pertenecientes a comunidades afectadas por la enfermedad como parte del proyecto de grado de un grupo de estudiantes de Licenciatura en Educación Básica con énfasis en Ciencias Naturales^{3 4 5}. Los resultados de esta experiencia permitieron identificar algunos inconvenientes durante la ejecución de las actividades escolares, especialmente en aquellas realizadas en el aula de clase:

- Desorden presentado durante el desarrollo de las actividades escolares debido a que los contenidos académicos estaban dispersos y sin un orden establecido.
- Dificultad para revisar las respuestas dadas por los estudiantes a las actividades propuestas porque no se centralizaba la información y en algunos casos los estudiantes no contestaban las preguntas planteadas.
- Comportamiento inadecuado en los simuladores de los modelos debido principalmente a que los modelos de simulación no eran sometidos a pruebas para verificar si su comportamiento era acorde al fenómeno simulado. En algunas ocasiones el modelo no presentaba resultados correctos porque los estudiantes modificaban su estructura básica sin el consentimiento del orientador.
- Los contenidos académicos, especialmente guías y documentos presentaban detalles por corregir.

Estos inconvenientes motivaron al grupo SIMON a plantear la creación de un software que apoye el desarrollo de las actividades escolares (especialmente

³ LEAL Julieth. Lineamientos para la formación de profesores de nivel preescolar, en el marco del proyecto Construyamos un ambiente saludable en comunidad para el diseño del SAT-CHAGAS en la Institución Educativa Las Américas. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2013. 103 p.

⁴ MANRIQUE Rocío, RANGEL Julieth. Aportes para la formación de profesores de Educación Básica Primaria, en el marco del proyecto Construyamos un ambiente saludable en comunidad para el diseño del SAT-CHAGAS en el Colegio Técnico Empresarial José María Estévez. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2013, 106 p.

⁵ BARBOSA Jessica, SANDOVAL Laura. Estrategias para la formación de docentes de educación secundaria, en el marco del proyecto construyamos un ambiente saludable en comunidad para el diseño del SAT-CHAGAS en el Instituto Integrado Jorge Eliecer Gaitán. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2013, 111 p.

aquellas actividades que requieren el uso del computador) y ofrezca características útiles a los participantes, con el fin de ser utilizado en experiencias futuras de aplicación del Proyecto Institucional.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 PROYECTO INSTITUCIONAL

Un proyecto institucional es un proyecto aplicado al interior de las instituciones educativas para generar conocimiento con respecto a una problemática particular que involucren a todos los miembros de una institución y promueva el cambio de actitudes y prácticas en cada uno de ellos. El aprendizaje promovido por el proyecto institucional es mediado por el modelado y simulación, actividades lúdicas, clases integradas y situaciones problémicas de aprendizaje.

El proyecto institucional sobre el cual se soporta el presente trabajo de investigación se denomina “Construyamos un ambiente saludable en comunidad”⁶ y está fundamentado en la necesidad de generar conocimientos que permitan modificar las actitudes y prácticas de una comunidad para que esté preparada para enfrentar enfermedades de transmisión por vector, particularmente, la enfermedad de Chagas cuyo vector es el triatomino, portador del parásito *tryppanosoma cruzi*.

Este proyecto institucional hace parte de las estrategias de sostenibilidad de un sistema de alerta temprana en salud (SAT) para el caso de la enfermedad de Chagas. El SAT por su parte, sirve a la comunidad “articulando un conjunto de acciones de diferentes instituciones, en respuesta a un estímulo (una alerta temprana) para que las personas en las organizaciones y en su contexto respondan a las necesidades de la comunidad”⁷. Sin embargo, es necesario que la comunidad conozca sobre el SAT y la problemática que enfrenta para que este sea útil y sostenible.

El proyecto institucional es aplicado en instituciones educativas ubicadas en la zona de influencia de la comunidad y en él participan de forma directa, estudiantes y docentes que ejecutan las actividades escolares que lo conforman. Para extender el aprendizaje a la comunidad, los estudiantes comparten el conocimiento adquirido a sus familias.

⁶ Proyecto institucional realizado por el grupo SIMON de Investigación en el marco de la investigación titulada “Determinación de zonas de riesgo de transmisión de *T. Cruzi* via oral e implementación de un sistema de alerta temprano para Chagas agudo en Bucaramanga”, financiado por Colciencias (Convocatoria 519-201).

⁷ MARTÍNEZ, Natalia; LÓPEZ, Giovanni; ANDRADE, Hugo; MUÑOZ, Gerardo. La dinámica de sistemas en un proyecto educativo para la sostenibilidad de un sistema de alerta temprana en salud. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander, 2012. 15 p.

3.1.1 Características del Proyecto Institucional

A continuación se encuentran las características generales que definen un proyecto institucional:

1. La noción de Proyecto institucional implica que se desarrolla mediante proyectos de aula, actividades, clases, acciones individuales y colectivas. En general, con acciones con significado, con sentido para el proyecto educativo institucional y para los procesos de aprendizaje individuales y colectivos, de manera integrada con el objeto del proyecto y trascendiendo el espacio de la escuela para involucrar en el aprendizaje a la familia y con ella el entorno social de la sede educativa.
2. En general se propone promover el cambio de actitudes y prácticas, principalmente con fundamento en el conocimiento (un aprendizaje que construye y reconstruye los modelos mentales colectivos e individuales de los participantes y en dicho proceso se cambia resultado del aprendizaje).
3. Se desenvuelve en una dinámica que va desde la experiencia (real o simulada en vivo o mediante otro medio) a la explicación base para orientar nuevas experiencias en un proceso de construcción de conocimiento con significado (aprendizaje significativo).
4. Implica un proyecto escolar donde todos y cada uno de los miembros de la comunidad construyen un nivel de comprensión general del fenómeno y a partir de esa comprensión general promueve experiencias, acciones que al reflexionar sobre ellas, generan aprendizaje en todos los participantes (incluido el promotor), de tal forma que todos los miembros de la comunidad escolar van creando explicaciones diversas que aportan en el fomento de las acciones y la calidad de las mismas.
5. Proyecto que trasciende la escuela promoviendo la construcción de un conocimiento social, de la comunidad, en la relación estudiantes – familia. El niño y el Joven lleva las inquietudes a la familia, y la familia va la escuela a compartir el aprendizaje con sus hijos. De esta forma surge un aprendizaje significativo socialmente, contextualizado y transformador del individuo y de la sociedad a la que pertenece. El conocimiento así es cambio (es mío) y es para el cambio (de mi sociedad), el conocimiento es motor de cambio.

3.1.2 Etapas del proyecto institucional

El proyecto institucional está conformado por un conjunto de actividades escolares, clasificadas en cuatro etapas. Las actividades escolares comprenden actividades lúdicas, de conceptualización y de trabajo con simuladores sobre modelos de DS y MBOR.

Etapla general

Etapla orientada a comprender de forma general la problemática que aborda el proyecto institucional, las epidemias de transmisión por vector y en particular, la enfermedad de Chagas, cuyo vector es el triatomino.

Actividades:

- Juego de la epidemia
- Simulador juego de la epidemia
- Tipos de epidemia
- Identificación de la enfermedad de Chagas

Etapla profundización I

Etapla orientada a conocer en detalle el desarrollo de epidemias por vector a partir de modelos de simulación. Adicionalmente se estudian los componentes biológicos asociados al triatomino (vector transmisor de la enfermedad de Chagas), su dinámica poblacional y su ciclo de reproducción. Finalmente, se presentan las barreras humano – vector como un mecanismo para evitar el contacto directo con el triatomino.

Actividades:

- Enfermedades por vector
- Ecosistemas del triatomino
- Barreras para el triatomino

Etapla profundización II

Etapla orientada a profundizar en la comprensión de las acciones para intervenir de forma oportuna en los casos donde se ha identificado el contagio por enfermedad de Chagas. Se instruye a las personas en los síntomas producidos por la

enfermedad, la manera como las personas pueden ayudar a diagnosticarla y finalmente solicitar la intervención de las entidades responsables de la atención.

Actividades:

- Fiebres en las personas
- Previniendo la epidemia
- Participando en el SAT

Etapas de cierre

Etapas orientadas a consolidar los aprendizajes adquiridos en las etapas anteriores a partir de eventos institucionales que involucren a la comunidad escolar y los padres de familia. Además, durante esta etapa se realimenta la experiencia con el fin de definir aprendizajes, realizar sugerencias y plantear posibles mejoras para aplicaciones futuras del proyecto institucional.

Actividades:

- Feria en la sede escolar
- Encuentro de experiencias aprendizaje SAT-CHAGAS.

3.2 MODELADO Y SIMULACIÓN CON DS⁸

La percepción que tenemos sobre un fenómeno particular constituye el modelo mental que lo conforma. El modelo mental es un elemento implícito, abstracto que se encuentra en nuestro interior y tiende a condicionar nuestra percepción y nuestro actuar frente al fenómeno en contexto. Cuando interactuamos con el fenómeno, nuestro modelo mental sobre este cambia.

Buscamos con el apoyo de la DS representar de forma explícita el modelo mental. La DS permite representar cualquier fenómeno en términos de un modelo de simulación a través de un conjunto de herramientas metodológicas. El objetivo de obtener esta representación consiste en manipularla para aprender sobre el fenómeno y reformular en consecuencia el modelo mental propio. El modelo formal resultante es un vínculo explícito entre el fenómeno y nuestro modelo mental.

Así como nosotros podemos interactuar con el fenómeno, podemos también interactuar con el modelo de DS. Es posible proponer acciones al modelo con la

⁸ NAVAS, Ximena. Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación. Un enfoque sistémico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2006. 297 p.

certeza de que se comportará de determinada manera como consecuencia de esas acciones permitiendo simular diferentes escenarios del fenómeno de estudio para comprenderlo de forma más amplia.

3.3 METODOLOGÍA DE INTEGRACIÓN DEL MS EN LA ESCUELA⁹

La metodología ilustrada a continuación es propuesta por (Maestre, 2011) para integrar el modelado y simulación en la escuela contemplando la lúdica. Parte de esta metodología es utilizada en algunas etapas del proceso de aprendizaje aplicado en el Proyecto Institucional, del cual hace parte el presente proyecto de investigación.

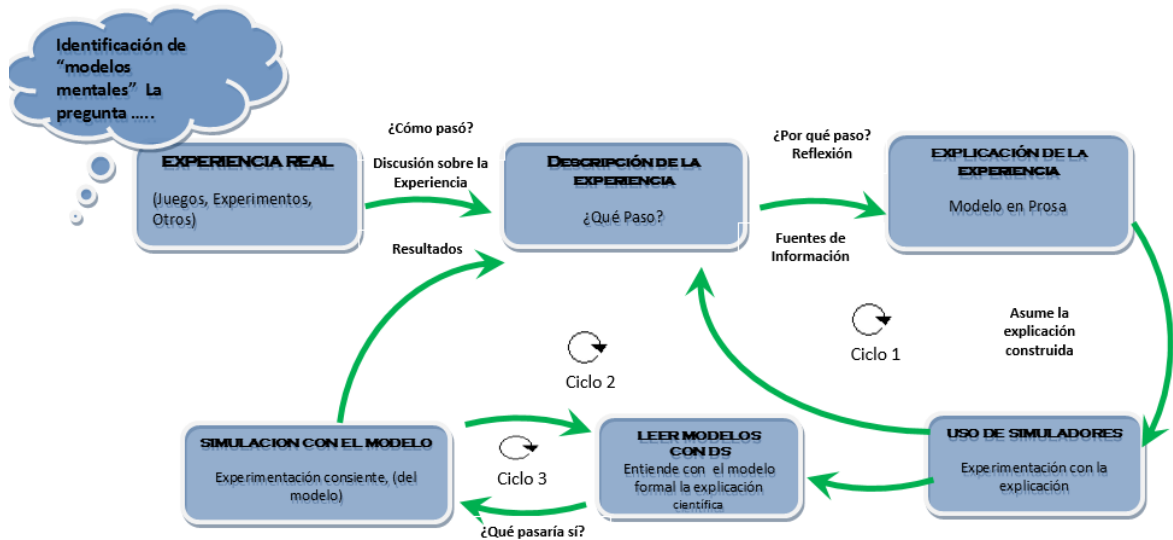
La metodología está conformada por 3 etapas:

1. Vivencia de experiencia lúdica de formación docente y el aprendizaje.
2. Formalización de la formación docente.
3. Diseño de actividades escolares.

Para el contexto del proyecto, sólo la primera etapa es aplicada pero no totalmente ya que no es interés del proyecto que sus participantes interactúen con el modelo de simulación formal para interpretarlo y proponer alternativas a su estructura. La propuesta educativa se dirige hasta la etapa de uso de simuladores donde a través de este recurso se busca afianzar aprendizajes adquiridos con la lúdica (Ver Figura 1).

⁹ MAESTRE, Gina. Propuesta de uso de lúdica mediada por la tecnología de la información para facilitar la integración del modelado y la simulación en la escuela. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2011. 128 p.

Figura 1. Metodología para la integración de DS en la escuela.



Fuente: Grupo SIMON de Investigación

La metodología inicia con la identificación de los modelos mentales que tienen los estudiantes acerca del fenómeno de estudio a partir del desarrollo de alguna actividad como encuestas, preguntas, socialización o lluvia de ideas. Los modelos mentales identificados antes de la ejecución de la experiencia permiten comprobar el avance en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Es importante que los estudiantes no conozcan el motivo por el cual se realiza esta actividad inicial para que no estén prevenidos a la hora de exponer sus modelos mentales y sean conscientes de los mismos.

La experiencia real involucra la necesidad de realizar actividades lúdicas que recreen el fenómeno de estudio tales como juegos, experimentos o experiencias en vivo, con el fin de que el estudiante perciba por su cuenta el comportamiento del fenómeno y consolide el aprendizaje iniciado con la identificación de su modelo mental. La actividad lúdica cumple su propósito si logra generar en los estudiantes un conflicto entre su modelo mental y la experiencia vivida, para que surjan nuevos interrogantes que despierten el interés por aprender más sobre el fenómeno.

Posteriormente se propone una socialización entre los estudiantes que permita exponer sus modelos mentales surgidos de la experiencia con la actividad lúdica. Los estudiantes construyen explicaciones a lo percibido respondiendo interrogantes como qué pasó y cómo pasó. Se realiza una descripción de la experiencia a partir de los resultados de la actividad lúdica.

Teniendo en cuenta la descripción anterior el estudiante está en capacidad de generar una explicación de la experiencia respondiendo al porqué de esta, apoyado

en la experiencia misma y en diferentes fuentes de información. El resultado es una explicación formal de la experiencia vivida que puede motivar el interés por conocer nuevos escenarios (variantes) del fenómeno de estudio.

Los estudiantes utilizan los simuladores para experimentar con la explicación construida y valerse de estos para plantear nuevas hipótesis y experimentar nuevos escenarios del fenómeno estudiado que amplíen su análisis sobre el mismo.

Este primer ciclo (Ver figura 1) puede repetirse las veces que sea necesario para consolidar el aprendizaje del fenómeno en los participantes y si es necesario, puede dirigirse nuevamente a la actividad lúdica. Es importante tener en cuenta que no es necesario que los participantes conozcan de modelado en DS y MBOR para participar hasta este punto de la metodología ya que interactúan con el simulador sin tener que manipular el modelo matemático que rige su comportamiento.

Puede profundizarse en la metodología con aquellos participantes que cuenten con un conocimiento básico de modelado matemático de acuerdo al enfoque de DS y MBOR planteando la lectura del modelo que rige el comportamiento del simulador utilizado anteriormente. El modelo matemático propuesto está representado en términos de variables y relaciones entre estas. Con la lectura consciente del modelo se completa el ciclo 2 (Ver *Figura 1*) que permite un primer acercamiento entre el modelo mental de los participantes y el modelo formal que representa al fenómeno de estudio, entendiendo la explicación científica apoyados en el modelo formal.

Cuando los participantes tengan clara la estructura general del modelo representada en términos de variables y sus relaciones, pueden experimentar directamente con el modelo, alternando las variables que lo conforman e incluso proponiendo una nueva estructura que incluya otras variables que consideren pertinentes. De esta manera, el ciclo 3 ilustrado en la metodología es repetido cuando se entra en un proceso permanente de lectura y comprensión del modelo.

3.4 PRUEBAS A MODELOS DE SIMULACIÓN

No podemos afirmar que un modelo es válido, debido a que un modelo es una representación abstracta de la realidad y por lo tanto no es posible que el modelo contemple todos los aspectos de una situación real. Simplemente, debemos afirmar que el modelo es útil para nuestro propósito cuando otorga una noción cercana a la realidad y funciona de acuerdo al comportamiento de esa realidad.

Cuando un modelo es desarrollado para una finalidad particular, es necesario que este supere una serie de pruebas con el fin de determinar su utilidad o si cumple con el propósito para el que fue planteado. Estas pruebas son de interés para

quienes participan en el desarrollo del modelo (modeladores) como también para quienes lo van a utilizar y quieren sacar conclusiones de los resultados que estos arrojan (los usuarios del modelo). A continuación se enuncian brevemente las pruebas que deben ser realizadas para cualquier tipo de modelo de dinámica de sistemas:

Prueba de idoneidad de los límites

Los modelos son limitados. Por tal motivo es necesario determinar los alcances del modelo según el propósito para el cual se desarrolla. En un modelo de dinámica de sistemas existen dos tipos de variables: exógenas y endógenas. Las variables exógenas son las aquellas que afectan al sistema pero no poseen un lazo de realimentación con el mismo; las variables endógenas son aquellas que afectan al sistema, son relevantes al propósito y poseen un lazo de realimentación con el sistema. La prueba consiste en determinar si las variables del modelo están correctamente clasificadas en exógenas y endógenas por medio de tablas de límites del modelo y diagramas de subsistemas.

Prueba para la evaluación de la estructura

Permite determinar si el modelo es consistente con el propósito que se tiene al modelar un sistema real. La evaluación de la estructura se enfoca al nivel de la agregación y la conformidad del modelo a las realidades físicas básicas (tales como las leyes de conservación). Por ejemplo, cuando un modelo viola las leyes físicas de la materia es porque el modelo no captura apropiadamente la estructura de flujos y niveles del sistema, y puede darse el caso de que aparezcan niveles con valores negativos cuando no tienen por qué.

Consistencia dimensional

La consistencia dimensional es una de las pruebas más básicas que debe estar entre las primeras a realizar. Se debe especificar siempre las unidades de medida para cada variable conforme se construye el modelo. La inconsistencia dimensional o de unidades, puede revelar más que un error tipográfico, una proporción invertida, o una constante temporal ausente. Más frecuentemente, errores en las unidades revelan fallas importantes en la comprensión de la estructura o el proceso de decisión que se está tratando de modelar.

Prueba de Evaluación de Parámetros

Nos permite evaluar si cada variable y parámetro utilizado en el modelo posee un significado en el problema abordado. La prueba permite determinar si el valor de cada parámetro es adecuado y si se realizan estimaciones estadísticas sobre datos numéricos otorgados por la situación problema. Cuando no se pueden obtener estos datos para realizar la estimación, es necesario recurrir a la opinión de expertos o de los involucrados en el problema.

Prueba en condiciones extremas

Evalúa si el modelo se comporta de una manera realista sin importar qué tan extremas sean las entradas o políticas impuestas. Las pruebas permiten conocer si un modelo se comporta adecuadamente cuando las entradas toman valores extremos tales como cero o infinito. Estas pruebas pueden ser llevadas a cabo de dos formas:

- Por inspección directa de las ecuaciones del modelo
- Por simulación evaluando su comportamiento

Análisis de sensibilidad

Consiste en variar parámetros entre cierto rango de valores y revisar el comportamiento del modelo. Si el modelo no sufre modificaciones, entonces el modelo está bien estructurado y por lo tanto es robusto. Esta prueba le da una idea al modelador sobre la incertidumbre que tiene su modelo ante una alteración en los parámetros de entrada. Hay otros dos tipos de sensibilidad además del de parámetros: Sensibilidad de modo de comportamiento y sensibilidad de políticas.

4. AMBIENTE DE APRENDIZAJE ESCOLAR

En la literatura se plantean definiciones del concepto ambiente de aprendizaje. Vamos a exponer algunas de estas aproximaciones para posteriormente definir el ambiente de aprendizaje propuesto en el presente proyecto:

- Un ambiente de aprendizaje es un espacio en el que los estudiantes interactúan, bajo condiciones y circunstancias físicas, humanas, sociales y culturales propicias, para generar experiencias de aprendizaje significativo y con sentido. Dichas experiencias son el resultado de actividades y dinámicas propuestas, acompañadas y orientadas por un docente.¹⁰
- El ambiente es concebido como construcción diaria, reflexión cotidiana, singularidad permanente que asegure la diversidad y con ella la riqueza de la vida en relación. La expresión ambiente educativo induce a pensar el ambiente como sujeto que actúa con el ser humano y lo transforma. De allí se deriva que educa la ciudad (la ciudad educadora), la calle, la escuela, la familia, el barrio y los grupos de pares, entre otros. Reflexionar sobre ambientes educativos para el sano desarrollo de los sujetos convoca a concebir un gran tejido construido con el fin específico de aprender y educarse.¹¹
- Otra de las nociones de ambiente educativo remite al escenario donde existen y se desarrollan condiciones favorables de aprendizaje. Un espacio y un tiempo en movimiento, donde los participantes desarrollan capacidades, competencias, habilidades y valores.¹²

La noción de ambiente de aprendizaje escolar propuesta en este proyecto es afín a las definiciones anteriores de ambiente de aprendizaje. Nuestra propuesta consiste en la formación de un ambiente en la escuela que genere aprendizajes significativos en los estudiantes bajo la orientación de los docentes y el uso de un software educativo como recurso principal para apoyar la ejecución de actividades referentes

¹⁰ DUARTE, Jakeline. AMBIENTES DE APRENDIZAJE: UNA APROXIMACION CONCEPTUAL. Universidad de Antioquía. [online]. Medellín 2003, n.29, pp. 97-113. ISSN 0718 0705. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052003000100007>.

¹¹ AMBIENTES DE APRENDIZAJE: DESARROLLO DE COMPETENCIAS MATEMÁTICAS. Colombia aprende, la red de conocimiento. MEN. Disponible en: <http://www.colombiaaprende.edu.co/html/productos/1685/w3-article-288989.html>

¹² CENTRO DE EDUCACION EN APOYO A LA PRODUCCION Y AL MEDIO AMBIENTE. . Los ambientes educativos. ¿Generadores de capital humano? Revista Debate en Educación de Adultos. 1997. A.C. CEP México, Parras. 7: pp. 15-18.

a la enfermedad de Chagas. Todos los participantes del ambiente adquieren algún tipo de aprendizaje con su experiencia en el mismo. Incluso, el ambiente involucra indirectamente a la familia (comunidad) cuando esta recibe y reflexiona las inquietudes y experiencias que los estudiantes obtienen en la escuela.

La enfermedad de Chagas es la temática abordada en el ambiente de aprendizaje porque es un problema que afecta directamente a la comunidad, es de su interés conocerlo y por lo tanto necesitan actuar para mitigarlo.

El Proyecto Institucional “Construyamos un ambiente saludable en comunidad SAT-CHAGAS” presenta la enfermedad de Chagas en una serie de módulos o etapas estructuradas que están conformadas por un grupo de actividades. Estas actividades son el núcleo del ambiente de aprendizaje escolar propuesto. Cada actividad tiene definido un propósito, usuarios finales y las acciones a realizar y a su vez están conformadas por un conjunto de recursos académicos que apoyan su desarrollo en el ambiente. Siguiendo una planeación curricular, las actividades son desarrolladas por los estudiantes con la orientación del docente y la utilización del software cuando se requiera aunque algunas actividades del proyecto no necesitan apoyarse en el software para ser desarrolladas.

Software educativo

Es el medio o recurso utilizado por los participantes del ambiente para apoyar el proceso de aprendizaje. Su función principal es facilitar el desarrollo de las actividades aplicadas en el ambiente sirviendo de apoyo a este proceso.

Rol del estudiante

El estudiante disfruta su participación en el ambiente de aprendizaje cuando realiza las actividades con agrado y tiene en cuenta la importancia de su proceso de aprendizaje. Cuenta con algunas tareas adicionales como:

- Ser el principal promotor de su proceso de aprendizaje motivado por aprender la temática tratada en el ambiente de aprendizaje, mostrando un interés permanente en la problemática.
- Participar activamente en las actividades propuestas durante la aplicación del ambiente de aprendizaje.
- Trabajar colaborativamente con sus compañeros con el fin de generar espacios de discusión que estimulen su proceso de aprendizaje.

- Utilizar el software cuando las actividades planteadas en el ambiente lo requieran.
- Informar al docente sobre inconvenientes presentados durante el desarrollo de las actividades para que este último proponga ideas que los solucionen.

Rol del docente

El docente promueve la realización de las actividades buscando que el ambiente sea lúdico y significativo para el estudiante. Cuenta con algunas tareas adicionales como:

- Servir de guía u orientador del estudiante durante su participación en el ambiente y procurar que este sea el actor principal de su proceso de aprendizaje.
- Utilizar con propiedad el software cuando las actividades lo requieran.
- Fomentar el uso del software por parte del estudiante y orientarlo durante la utilización de este recurso.
- Fomentar la participación activa y permanente de los estudiantes en el ambiente de aprendizaje escolar.
- Atender las inquietudes de los estudiantes referentes a la utilización del software y proponer soluciones. Esta clase de soluciones pueden involucrar modificaciones a las actividades (en cuanto a su metodología o materiales que la conforman) o desarrollo de sesiones personalizadas con el estudiante para reforzar competencias sin completar, si es el caso.
- Intercambiar conocimientos y experiencias resultantes de su participación en el ambiente de aprendizaje escolar con sus colegas.
- Realizar reuniones con sus colegas para plantear cualquier tipo de modificación a las actividades del ambiente (en cuanto a diseño y/o contenidos) y en caso de consenso, materializar esos cambios utilizando el software.
- Tolerar las sugerencias y recomendaciones que propongan los promotores del proyecto (grupo SIMON) ya que estas buscan beneficiar el proceso de aprendizaje impulsado por el ambiente.
- Proponer sugerencias y recomendaciones a los promotores del proyecto sobre el ambiente en general para que se tengan en cuenta en otro escenario de aplicación.

Conocimientos necesarios para desarrollar el rol de docente

Para cumplir adecuadamente con las diferentes funciones de su rol en el ambiente de aprendizaje, el docente previamente debe conocer sobre:

- La temática abordada en el ambiente de aprendizaje, en este caso las generalidades de la enfermedad de Chagas necesarias para que la comunidad pueda actuar autónomamente.
- Informática básica.
- El funcionamiento del software que se utilizará en el ambiente de aprendizaje escolar.
- El Proyecto Institucional que engloba todas las actividades aplicadas en el ambiente de aprendizaje.
- Estructura genérica utilizada para organizar todas las actividades aplicadas en el ambiente y sus respectivos materiales.
- Competencias básicas en matemáticas y ciencias naturales.

Los anteriores aspectos serán revisados detalladamente durante la aplicación de un proceso de formación docente que debe realizarse antes de que se ejecute el ambiente de aprendizaje escolar. Se espera que con la formación docente, los profesores obtengan los saberes anteriormente mencionados que son fundamentales para el cumplimiento de su rol dentro del ambiente.

5. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto es el Proceso Unificado de desarrollo de software (más conocido como RUP, en inglés *Rational Unified Process*). Se escogió esta metodología por los siguientes motivos:

- Permite identificar los riesgos críticos desde el principio del proyecto con el fin de verificar si este es viable. Gracias al desarrollo iterativo e incremental, es posible mitigar los riesgos críticos del proyecto trabajando en ellos desde las iteraciones iniciales. La eliminación oportuna de esta clase de riesgos evita tener que asumir costos grandes en el proyecto cuando el proceso de desarrollo se encuentre avanzado.
- Con el enfoque de desarrollo iterativo e incremental es posible tener versiones del sistema ejecutable desde el principio del proceso de desarrollo, que a pesar de no implementar gran parte de la funcionalidad definitiva, si permiten obtener una perspectiva más amplia del progreso alcanzado sobre las funcionalidades principales del proyecto.
- Es flexible en el sentido de que permite adaptar el proceso de desarrollo de acuerdo a las condiciones propias de cada proyecto individual tales como tiempo, complejidad y área de aplicación.

5.1 ASPECTOS DE LA METODOLOGÍA

La metodología en cuestión tiene algunos atributos que la caracterizan: Proceso dirigido por casos de uso, centrado en la arquitectura y su desarrollo es iterativo e incremental. Resulta necesario describirlos brevemente a continuación.

Dirigido por casos de uso

Los casos de uso son considerados como una herramienta que va más allá de especificar los requisitos del sistema ya que busca guiar todo el proceso de desarrollo (diseño, implementación, pruebas). Los casos de uso no llegan a ser aislados únicamente para ser trabajados al inicio del proceso y guiar las etapas posteriores, sino que se desarrollan de forma paralela a la arquitectura del sistema. Es decir, “los casos de uso guían la arquitectura del sistema y la arquitectura del

sistema influye en la selección de los casos de uso. Por lo tanto, tanto la arquitectura del sistema como los casos de uso maduran según avanza el ciclo de desarrollo”¹³.

Centrado en la arquitectura

La arquitectura software establecida durante el desarrollo del proyecto define el trabajo inicial y futuro en el sistema. La arquitectura cubre todos los casos de uso más significativos (aislando los detalles) de tal forma que no será modificada con el paso del tiempo; al contrario, la arquitectura generada será la base para futuras generaciones del software. La arquitectura es comprensible a todos los participantes del proceso de desarrollo ya que ofrece diferentes vistas del sistema de acuerdo al flujo de trabajo de interés (requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas).

Desarrollo iterativo e incremental

Un proyecto de software se divide en partes pequeñas con el fin de hacerlo más manejable. Cada una de esas partes se denomina iteración, la cual tiene (por lo general) todas las etapas comunes de un proyecto (requisitos, análisis, diseño, implementación y pruebas) buscando que al final de cada una se tenga un código ejecutable que incremente la funcionalidad general implementada en el sistema. Cuando el producto de una iteración adiciona funcionalidad con respecto al estado del proyecto en la iteración inmediatamente anterior, puede considerarse a la iteración como un incremento, que hace “crecer al producto”.

5.2 FASES DE LA METODOLOGÍA

El proceso unificado divide el proceso de desarrollo en ciclos, cada uno de los cuales está conformado por cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. Cada fase finaliza con un hito, el cual define la entrega de ciertos productos de desarrollo hasta cierto estado. Para hacer el trabajo más manejable, cada una de las fases se divide en iteraciones que buscan agregar funcionalidad al desarrollo conjunto.

¹³ BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar y RUMBAUGH, James. En: El proceso unificado en el desarrollo de software. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. p. 5.

Fase de inicio

En la fase de inicio se analiza el proyecto a tal punto de tener la certeza de que es viable implementarlo. Se conoce el contexto del sistema y su alcance para identificar la mayor parte de los requisitos, considerando los más importantes y asignando prioridades para planear el trabajo posterior. Los requisitos identificados son representados en un modelo de casos de uso.

Fase de elaboración

En la fase de elaboración se completa la mayor parte del flujo de trabajo de requisitos para encontrar un nivel profundo de comprensión del sistema que nos permita elaborar su arquitectura. El trabajo de esta fase se enfoca en crear una arquitectura del sistema sólida que sirva de guía para las fases posteriores y las próximas generaciones del sistema. Al terminar esta fase, hay un equilibrio establecido entre el modelo de casos de uso y la arquitectura del sistema.

Fase de construcción

En la fase de construcción se crea el producto software. En palabras de la metodología, “se añaden los músculos (software terminado) al esqueleto (la arquitectura)”¹⁴. El flujo de trabajo principal de esta fase es la implementación cuyo producto final debe cumplir con los requisitos propuestos al inicio del proyecto. El trabajo de esta fase se coordina de acuerdo a las prioridades asignadas a los casos de uso en la fase de inicio, asignando el trabajo a las diferentes iteraciones de desarrollo teniendo en cuenta la prioridad dada.

Fase de transición

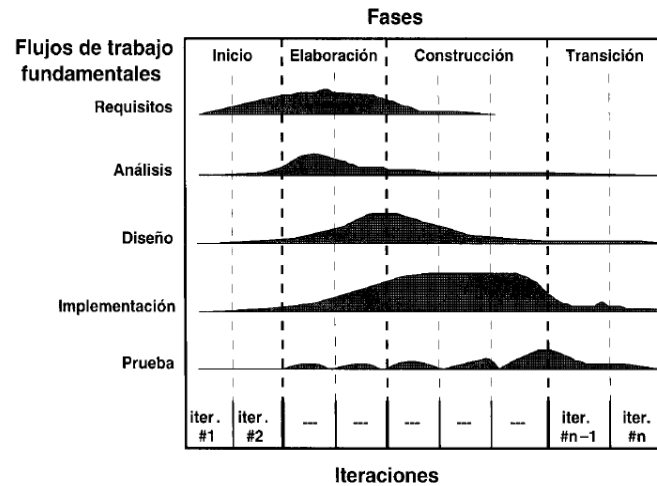
En la fase de transición el software es presentado a los usuarios finales para que estos lo prueben e informen los defectos que posee. El resultado de estas pruebas determina las mejoras que deben realizarse en el software. Durante esta fase es necesario implantar el software en el entorno donde operará.

La *figura 2* ilustra la distribución de un proyecto en fases de desarrollo donde cada fase se divide en un número indefinido de iteraciones cuyo valor depende del grado de profundidad que se desee alcanzar para cada fase. La cantidad de iteraciones definida depende del sistema a implementar. Cada flujo de trabajo fundamental (Requisitos, Análisis, Diseño, Implementación y Pruebas) es elaborado en mayor o

¹⁴ *Ibíd.*, p. 12.

menor medida de acuerdo a cada fase de desarrollo. La *figura 2* presenta una aproximación de la distribución de los flujos de trabajo en cada una de las fases.

Figura 2. Los cinco flujos de trabajo fundamental y las fases de la metodología.



Fuente: Proceso Unificado de Desarrollo de software

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

6.1 REVISIÓN Y MEJORA DEL MATERIAL ACADÉMICO

6.1.1 Introducción

El presente proyecto está basado en un trabajo previo realizado por el grupo SIMON en diferentes instituciones educativas que buscaba introducir a la comunidad en general sobre la enfermedad de Chagas para que esta se apropiara del problema y lo considerara importante. Para esto se aplicó en las escuelas un Proyecto Institucional apoyado en las TI que consiste en la realización de proyectos de aula y clases integradas enfocados en las enfermedades transmitidas por vector (especialmente la enfermedad de Chagas), las estrategias de prevención y los métodos de atención temprana.

Los contenidos académicos utilizados en la aplicación del Proyecto Institucional necesitan ser revisados para realizar una nueva versión de estos y posteriormente integrarlos en el ambiente de aprendizaje escolar que es en definitiva un software educativo. Para realizar estas mejoras al material académico inicial se tuvieron en cuenta los aportes y sugerencias de las personas involucradas en el desarrollo y aplicación del Proyecto Institucional quienes manifestaron su punto de vista sobre el proyecto y los aspectos a mejorar del mismo.

6.1.2 Revisión del material académico inicial

El material académico inicialmente utilizado como parte del Proyecto Institucional aplicado a las escuelas en la experiencia del año 2012, fue sometido a verificación con el apoyo de los coordinadores del proyecto de ese entonces. Se realizaron sesiones individuales y grupales con ellos para identificar qué inconvenientes habían encontrado con el material durante su participación en la experiencia. Estos aportes constituyen la línea base para mejorar el material académico. Es importante aclarar que las modificaciones realizadas involucran detalles puntuales de los contenidos académicos que conforman el material y no buscan reformular un nuevo material para reemplazar el anterior.

Los inconvenientes identificados por los coordinadores indicaron la necesidad de realizar mejoras en:

- Definir cada actividad con el fin de que los participantes cuenten con lineamientos básicos a la hora de participar en cada una de ellas.
- Contenidos académicos que presentaron dificultades a la hora de ser utilizados.

6.1.3 Mejoras realizadas al material académico inicial

6.1.3.1 Definición de esquema – guía de las actividades escolares

Como punto de partida para realizar la versión mejorada, los coordinadores del proyecto institucional indicaron la necesidad de realizar un esquema para cada actividad que permitiera identificar los siguientes aspectos:

- Nombre: Nombre de la actividad.
- Propósito:
- Usuarios finales: Población escolar a la cual está dirigida la actividad.
- Acciones a realizar: Secuencia de acciones propuesta para participar en el desarrollo de la actividad.
- Resultados obtenidos: Aprendizaje obtenido por los participantes de la actividad al finalizar su participación en ella.

Con el apoyo de los coordinadores se realizó un esquema – guía que definió todos los aspectos indicados anteriormente para cada actividad buscando que cualquier participante del proyecto contara con una idea preliminar clara de cada actividad antes de aplicarla.

6.1.3.2 Soluciones propuestas a inconvenientes presentados

A continuación se encuentran listados los aportes realizados por los coordinadores en términos de inconvenientes presentados en cada una de las actividades que conforman el proyecto institucional. Para cada inconveniente se relaciona el contenido académico del problema y la solución implementada:

Actividad 1 – Juego de la epidemia

Tabla 1. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 1.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
Los estudiantes y profesores no seguían las reglas del juego como correspondía.	Planillas de orientación para jugador y árbitro del juego de la epidemia.	Se indicó al inicio de cada planilla de orientación del jugador y el árbitro las instrucciones para diligenciar la información en tablas y gráficas. Se indicó en las planillas del jugador soluciones a interrogantes comunes que pueden surgir cuando participen en la actividad. Es preciso aclarar que los docentes deben asegurar que los estudiantes entienden el juego antes de participar en él.
Inconsistencias presentadas en el material que apoya la realización del juego.	Planillas de orientación de jugador y árbitro.	Para las planillas de orientación se modificó la extensión de la tabla y la gráfica, ya que en las orientaciones generales se recomienda que el juego vaya de 15 a 20 jugadas pero estos sólo están desarrolladas para describir 15 jugadas. Además se puso 1 en el primer elemento de la columna # enfermos de las tablas de los árbitros

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
		para evitar problemas de comprensión e incoherencias ya que este elemento de la columna tendrá siempre ese valor.
Modificación de aspectos del material que llevan a confusión de los participantes del juego.	Todo el material de la actividad	Se eliminó el término “señal” cuando nos referimos al número que el árbitro asigna aleatoriamente para cada jugada. Se modificó el encabezado de la columna # 4 que decía “¿Saludó a un enfermo?” por “¿Está sano y saludó a un enfermo?” para que se proporcione la información adecuada cuando el estudiante diligencie dicha columna.

Actividad 2 – Simulador juego de la epidemia

Tabla 2. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 2.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
Modelos de simulación en EVOLUCION presentan resultados erróneos cuando son utilizados por los estudiantes	Simuladores Juego de la Epidemia EVOLUCION	Se probaron los modelos de simulación tanto en el animador como con las pruebas tradicionales y los resultados son correctos.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
Preguntas abiertas son contestadas erróneamente o no son contestadas	Guía de simulador de los estudiantes	Se replantearon algunas preguntas que son dirigidas tras el uso del simulador para que sean lo más puntuales posible.
Reflexión sobre la relación de aprendizajes de la actividad 1 y 2 no es apoyada por el material de la actividad.	Guía de simulador de los estudiantes y profesores.	Se plantearon preguntas que motiven a la reflexión de los estudiantes y profesores sobre los aprendizajes obtenidos en las dos primeras actividades. Plantear nuevamente preguntas como qué es una epidemia, qué es un contagio, cómo se genera, etc.
No existe material dedicado al desarrollo de la actividad opcional (Presentación de simulador HOMOS en grados cuarto y quinto de primaria)	No hay material actual que tenga que ser modificado para solucionar este inconveniente.	Se realizó la guía de simulador para HOMOS teniendo en cuenta que los estudiantes han desarrollado una actividad previa con el simulador de EVOLUCION. Se modificó la guía de simulador en HOMOS para los orientadores de los grados inferiores de primaria.
Elementos del modelo de simulación de HOMOS mal representados. Los objetos que representan sanos y enfermos en el	Simulador Juego de la Epidemia en HOMOS	Se modificó la representación de los objetos sanos y enfermos utilizados en el simulador de HOMOS por personas.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
simulador son semovientes (vacas).		

Actividad 3 – Tipos de epidemias

Observación: Cuando los promotores desarrollaron la actividad en las instituciones no encontraron inconvenientes. El principal motivo por el cual no hubo inconvenientes fue por la motivación que tenían los estudiantes al participar en este tipo de tareas (manualidades, para la elaboración de un collage).

Actividad 4 – Identificación de la enfermedad de Chagas

Tabla 3 - Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 4.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
Problemas de comprensión de las preguntas de la guía por parte de los estudiantes	Guía de preguntas de video Chagas	Se modificó el espacio de respuesta para la pregunta 2 de la guía del video. Además se incluyó una pregunta referente a los síntomas necesaria para permitir recordar información dada en el video
Ambientación del video (sonido de fondo) tiene problemas.	Video de identificación de la enfermedad de Chagas	Se corrigieron los problemas del sonido del video con el programa fuente en el que se desarrolló.

Actividad 5 – Enfermedades por vector

Tabla 4. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 5.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
Problemas a la hora de introducir el concepto de Tasa de reproducción y el de tasa en general.	Guía de simulador epidemia por vector	El propósito de la actividad fue replanteado indicando que el estudiante en lugar de aprender el concepto de tasa de reproducción y la tasa de contagio debe conocer la influencia de la tasa de reproducción sobre la población del vector y la dinámica de la epidemia.
Ausencia de guía para el simulador epidemia por vector en HOMOS	Simulador Epidemia por Vector en HOMOS	Se realizó la guía correspondiente teniendo en cuenta la población objetivo.
Problemas de interacción con el modelo de EVOLUCION	Guía de simulador epidemia por vector.	Se indicó en la guía correspondiente las instrucciones que debe seguir el usuario para lograr el comportamiento esperado en el simulador.
Actividad de profundización de la enfermedad de Chagas en Colombia está mal definida	Planeación de la actividad (P5).	La actividad de profundización está definida como una tarea en la cual se contextualiza la enfermedad de Chagas exponiendo porcentajes de la tasa de Contagio (tasa de incidencia) y casos de contagio de la

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
		enfermedad en Colombia. Debido a la dificultad de encontrar porcentajes de la tasa de contagio de la enfermedad para Colombia, esta información es omitida de la actividad y sólo se presentan casos de contagio de la enfermedad en la región.

Actividad 6 – Ecosistemas del triatomino

Tabla 5. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 6.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
No hay explicación del ciclo de vida del triatomino previo uso del simulador	Planeación de la actividad (P6).	Se creó un recurso que explica los aspectos más relevantes del ciclo de vida del triatomino necesario para entender adecuadamente los resultados del simulador.
No hay sopa de letras para estudiantes de primaria	Lectura de triatomino para primaria	Se realizó una sopa de letras dirigida a los estudiantes de primaria a partir de su lectura asociada.

Actividad 7 – Barreras para el triatomino

Tabla 6. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 7.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
No hay material teórico que sirva de soporte para referirse a las barreras humano – vector	No hay material previo involucrado	Se elaboró material teórico como referencia para explicar las diferentes barreras humano – vector disponible.
No hay guía de preguntas que motive a reflexionar sobre el uso barreras humano – vector en el entorno del problema para que se impulse su utilización en sus hogares.	No hay material previo involucrado	Se elaboró una sección de preguntas que motiva un espacio de análisis sobre la explicación dada en la actividad acerca de barreras humano – vector y sobre la responsabilidad de los estudiantes por implementar en su entorno este tipo de elementos cuanto antes.

Actividad 8 – Síntomas de las personas con la enfermedad de Chagas

Tabla 7. Descripción de inconvenientes con material académico de la actividad 8.

Inconveniente presentado	Material involucrado	Solución implementada
No hay material que apoye la explicación de los diferentes síntomas de la enfermedad de Chagas	No hay material previo involucrado	Se elaboró material teórico para facilitar la explicación a los estudiantes sobre síntomas de la enfermedad de Chagas.
No está definido un mecanismo que permita promover en los	No hay material previo involucrado	Se realizó un material para apoyar la promoción de la

estudiantes el uso del termómetro y seguimiento del síntoma febril		importancia del termómetro y la necesidad de hacer seguimiento al síntoma febril.
--	--	---

6.2 PRUEBAS Y MEJORAS DE MODELOS DE SIMULACIÓN

Los modelos de simulación utilizados en la propuesta educativa están dirigidos a estudiantes de diferentes grados escolares. Por lo tanto es necesario aplicar cierto modelo de simulación de acuerdo al grado escolar de interés: Los estudiantes pertenecientes a los grados de primaria utilizan modelos de simulación basados en el MBOR (Modelado basado en objetos y reglas) mientras que los estudiantes pertenecientes a los grados de secundaria utilizan modelos de simulación de DS (Dinámica de sistemas). De esta manera el proyecto institucional dirige su propuesta de utilización de modelos de simulación como parte del proceso de aprendizaje a todos los grados escolares.

Uno de los objetivos del presente proyecto consiste en la realización de pruebas a los modelos de simulación de Dinámica de Sistemas utilizados como recurso académico para introducir a los estudiantes de instituciones educativas en el conocimiento de la enfermedad de Chagas. A partir del resultado de las pruebas, se determina si un modelo debe ser mejorado e incluso si es necesario realizar una nueva versión del mismo por la cantidad de cambios estructurales que implica su corrección.

Como se indicó anteriormente, para la experiencia de aplicación del proyecto institucional se utilizaron dos tipos de modelos: modelos en DS y modelos basados en Objetos y Reglas. Los modelos de DS fueron probados tomando como referencia a (Stermán, 2000). Por otra parte, para los modelos basados en Objetos y Reglas no se encontraron fuentes bibliográficas que sirvieran de referencia para probarlos. Sin embargo, se realizaron algunas verificaciones básicas a los Objetos y las Reglas de cada modelo para determinar si se encontraban bien definidas.

Los modelos utilizados como recurso académico dentro de la propuesta educativa son:

Tabla 8. Listado de modelos de simulación utilizados en el proyecto institucional

Modelos de DS	Modelos BOR
• Modelo Juego de la epidemia primaria • Modelo Juego de la epidemia secundaria. • Modelo epidemia por vector • Modelo ciclo de vida triatomino	• Modelo Juego de la epidemia • Modelo epidemia por vector • Modelo transmisión Chagas • Modelo ciclo de vida triatomino

6.2.1 Modelos de DS

Las pruebas aplicadas a los modelos de simulación en Dinámica de sistemas son las siguientes:

- Prueba de idoneidad de los límites
- Prueba de evaluación de la estructura
- Prueba de consistencia dimensional
- Prueba de evaluación de parámetros
- Prueba de condiciones extremas
- Prueba de paso de integración
- Análisis de sensibilidad

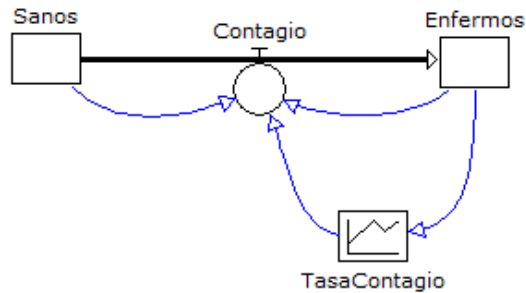
En esta sección se describe de forma general el trabajo de pruebas realizado a los modelos describiendo para cada uno de los modelos su propósito, los resultados de las pruebas y las mejoras realizadas. Las pruebas aplicadas en detalle a los modelos de simulación se encuentran en el *Anexo A*.

6.2.1.1 Modelo juego de la epidemia primaria

Propósito del modelo

Recrear la vivencia del juego de la epidemia, donde una persona enferma da inicio a una dinámica de contagio en una población inicialmente sana. El contagio se da paulatinamente, es decir que las personas se contagian poco a poco dependiendo de ciertos factores. En el juego corresponde al encuentro de los sanos y enfermos y depende de la tasa de contagio.

Figura 3. Diagrama flujo - nivel del modelo Simulador Juego de la Epidemia (Primaria)



Resultados de las pruebas

- El modelo presenta problemas de consistencia dimensional en su ecuación principal (flujo CONTAGIO) por lo que es necesario revisar la estructura general del modelo para solucionar este inconveniente.
- La función no lineal TASACONTAGIO fue formulada originalmente a prueba y error. Por lo tanto, es necesario revisarla según unos criterios específicos y si es necesario reformularla.
- El modelo no respeta las leyes de conservación de la materia cuando es sometido a condiciones extremas, lo que obliga a hacer un control al valor que adopte el flujo CONTAGIO.

Mejoras realizadas

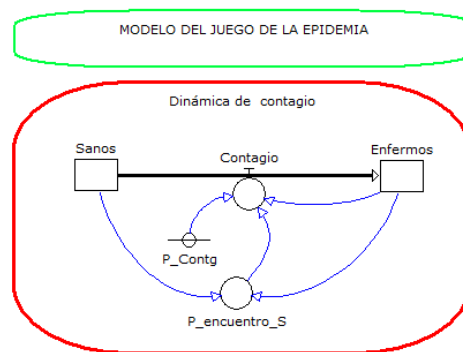
- Se redefinió la ecuación asociada al flujo CONTAGIO, excluyendo la influencia de la variable ENFERMOS sobre el flujo y asumiendo que la influencia de la función no lineal TASACONTAGIO sobre este representa implícitamente el efecto de la dinámica de enfermos a través del tiempo. De esta manera, el problema de consistencia dimensional identificado inicialmente es solucionado. Asimismo, el problema de condiciones extremas se soluciona por efecto del cambio de la ecuación del flujo CONTAGIO.
- Se modificó la función no lineal tomando como referencia teórica a (Sterman, 2000). Además se normalizó la entrada de la función para que sea más robusta.

6.2.1.2 Modelo juego de la epidemia secundaria

Propósito del modelo

Recrear la vivencia del juego de la epidemia, donde una persona enferma da inicio a una dinámica de contagio en una población inicialmente sana. El contagio se da paulatinamente, es decir que las personas se contagian poco a poco dependiendo de ciertos factores. En el juego corresponde al encuentro de los sanos y enfermos y depende de la tasa de contagio.

Figura 4. Diagrama de flujo - nivel del modelo Simulador Juego de la epidemia (Secundaria)



Resultado de las pruebas

- La prueba de evaluación de parámetros aplicada al modelo permitió identificar que el modelo no tenía bien definido su único parámetro P_CONTAG cuantitativamente hablando.

Mejoras realizadas

- Se modificó el valor del parámetro de acuerdo a las condiciones dadas para la ejecución del juego ya que inicialmente no tenía en cuenta el hecho de que para existir contagio (en el juego) se debe cumplir que: los números del árbitro y jugador sean iguales y, que se salude a un enfermo.

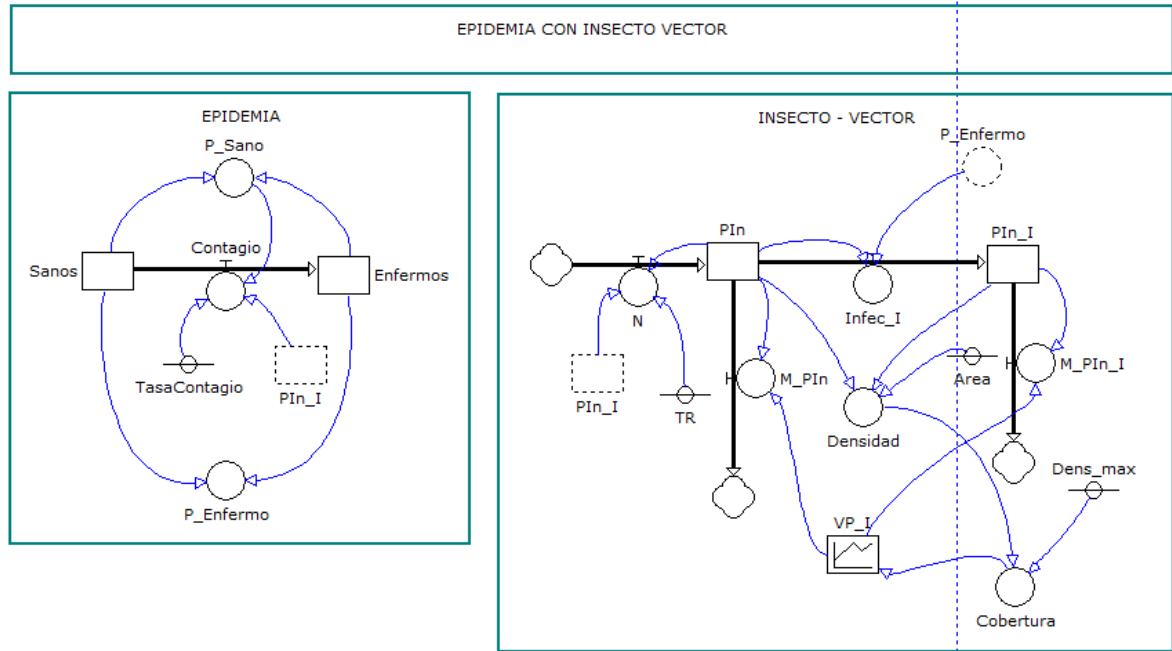
6.2.1.3 Modelo epidemia por vector

Propósito del modelo

El modelo simulará la dinámica de epidemia de una población de personas generada por la presencia de un insecto – vector infectado con la enfermedad. El

modelo ilustrará la dependencia directa que tiene la evolución de la epidemia sobre el grado de infección que tenga la población de insectos en el entorno.

Figura 5. Diagrama de flujo - nivel del simulador epidemia por vector



Resultados de las pruebas

- Estructura del modelo: Hay variables a las que se cuestiona su presencia en el modelo. Un ejemplo es *P_SANO* (Probabilidad de encontrar a una persona sana). La definición de la población de sanos en el flujo *Contagio* debe ser replanteada.
- Consistencia dimensional: Algunas de las ecuaciones del modelo no poseen las dimensiones correctas según el contexto en el que se utilizan. Nos referimos de forma particular al flujo *Contagio* y al flujo *INFECC_I* (Insectos infectados). Esto es corroborado por los inconvenientes presentados en las pruebas de Condiciones Extremas y Análisis de Sensibilidad.
- Función tabla *VP_I* no definida para población de insectos superior al margen de la densidad máxima: Si la población de insectos inicial es superior en número a lo estipulado por densidad máxima (*DENS_MAX*), el modelo no se encarga de estabilizar el sistema para corregir esto, sino que tolera ese crecimiento que al final es regulado por un equilibrio dinámico. Todo indica a que la función tabla *VP_I* no es lo suficientemente robusta para considerar este tipo de valores.

- Valores de los parámetros: El valor dado a los parámetros del modelo no tienen un soporte estadístico o bibliográfico, a pesar de que el modelo se comporta adecuadamente bajo condiciones normales con los valores propuestos originalmente.
- Las variables y parámetros del modelo no están definidas dimensionalmente para otorgar claridad al mismo.

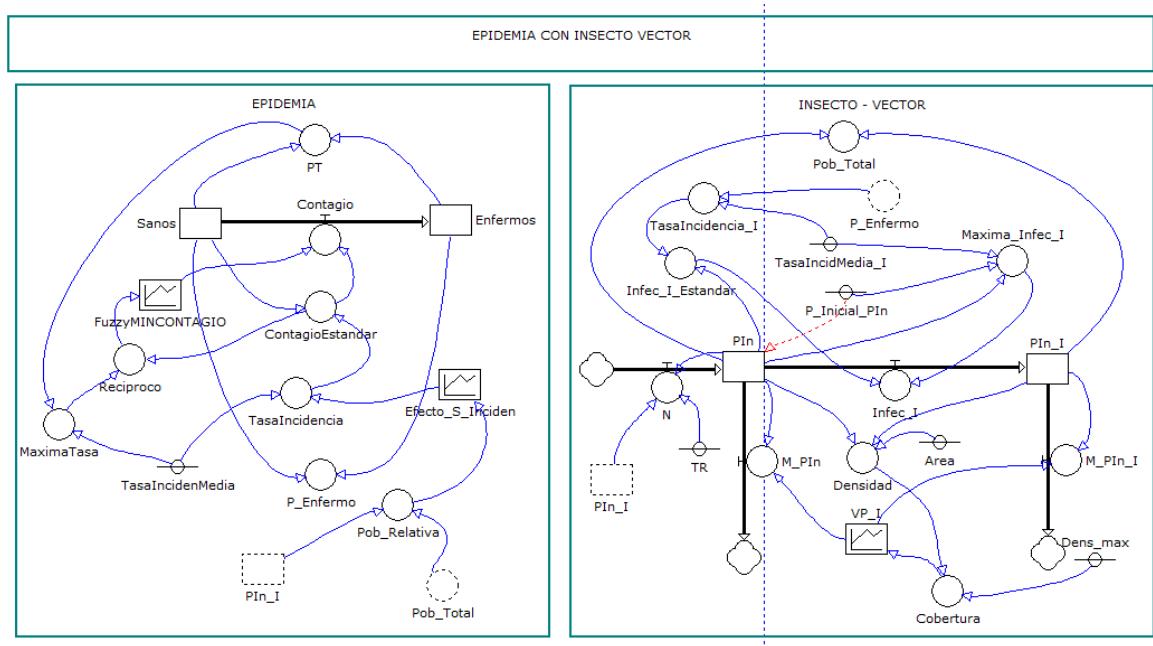
Mejoras realizadas

Las modificaciones estructurales aplicadas al modelo obligaron a crear una nueva versión del mismo que incluyera las mejoras realizadas. El diagrama de flujo nivel para la nueva versión es ilustrado a continuación. Las principales mejoras realizadas al modelo inicial son:

- Se representó a los sanos en el flujo de contagio a partir de su valor absoluto y no en función de su valor relativo como se encontraba inicialmente planteado en el modelo.
- Para dejar dimensionalmente consistente el flujo CONTAGIO fue necesario crear algunas variables auxiliares y parámetros adicionales que condensaran la influencia de la cantidad de insectos infectados sobre el contagio de las personas. Sin embargo, después de probar la nueva versión del modelo bajo condiciones extremas, el comportamiento era irrazonable para algunas de estas ya que vulneraba las leyes de conservación de la materia. La solución de este nuevo problema involucró la formulación genérica propuesta en (Sterman, 2000) para impedir la no negatividad del nivel que representa la población de personas sanas y además la formulación de una función no-lineal que impide que el flujo Contagio adopte valores incorrectos que afecten la dinámica del modelo.
- Para dejar dimensionalmente consistente el flujo INFEC_I fue necesario definir una tasa que regulara este flujo ya que no existía en la versión inicial. Esta tasa es un valor de referencia que indica la cantidad de insectos infectados por cada insecto en un instante de tiempo. Para obtener la tasa que regula el flujo es necesario tener en cuenta otros parámetros y variables auxiliares adicionales que participan en la dinámica de la población de insectos.
- Se reformuló la estructura de mortalidad del modelo inicial de tal forma que el crecimiento poblacional de los insectos se vea condicionado a la máxima densidad posible en el entorno. De esta manera, la población de insectos siempre tendrá una tendencia al valor máximo permitido según el parámetro DENS_MAX.

- Después de revisar la bibliografía disponible en busca de información que apoyara el valor dado a los diferentes parámetros del modelo, encontramos que algunos valores de parámetros no tienen soporte bibliográfico (es el caso de TASAINCIDMEDIA_I, que representa la tasa de incidencia de la población de vectores presentes en el entorno), en otros casos no estaba en el alcance del modelo profundizar en su estudio (para los parámetros AREA y DENS_MAX) dejando los valores que inicialmente tenía el modelo y en otros casos el valor propuesto en la literatura afectaba significativamente el comportamiento que se quería presentar a los estudiantes desde el punto de vista educativo. Sólo el parámetro TR (tasa de reproducción del vector) fue modificado de acuerdo a un soporte bibliográfico que indicaba un valor de 0,229¹⁵.

Figura 6. Diagrama de flujo - nivel para la nueva versión del modelo Simulador epidemia por vector



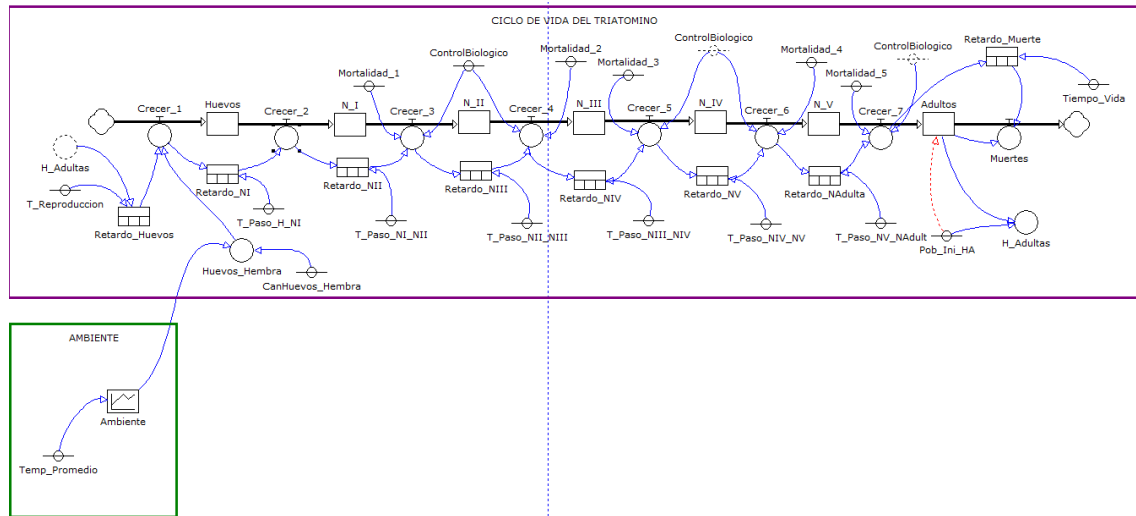
¹⁵ FELICIANGELI, Dora; RAVINOVICH, Jorge. VITAL STATISTICS OF TRIATOMINAE (HEMIPTERA: REDUVIIDAE) UNDER LABORATORY CONDITIONS. En: Journal of Medical Entomology. Enero, 1985. Vol. 22 No. 1, p. 43 – 48.

6.2.1.4 Modelo ciclo de vida del triatomino

Propósito del modelo

Recrear el ciclo de vida del triatomino en sus diferentes etapas. El modelo tendrá a disposición del usuario la dinámica poblacional de dos de los estadios (Huevos y Adultos) para que comprenda los aspectos básicos del ciclo de vida sin detallar los estadios intermedios (Estadios ninfales). Se espera además que el estudiante identifique el efecto directo de la temperatura y el control biológico (tales como fumigación, ubicación de trampas en sectores específicos o la mejora de condiciones higiénicas en el entorno) sobre la población de triatomino.

Figura 7. Diagrama de flujo nivel modelo Simulador ciclo de vida del triatomino



Resultados de las pruebas

- Flujo de mortalidad adultos mal definido: En las pruebas de condiciones extremas realizadas al modelo en cuestión se identificó este problema. La razón es que el flujo MUERTES se comporta de acuerdo al flujo de entrada CRECER_7 en el nivel adultos y no de acuerdo al valor real de triatomino adultos (nivel ADULTOS) que es el que debe considerarse. Así, no importa cuántos triatomino adultos existan sino cuántas ninfas serán adultos, lo cual no corresponde a la realidad.
- Representación incorrecta de la mortalidad en las etapas HUEVOS a NINFA V: La mortalidad de triatomino en estados ninfales anteriores al estado adulto está mal definida porque se representa a partir de la disminución de cantidad de material que pasa de un estado a otro funcionando como un filtro.

Una representación verdadera de la mortalidad es cuando hay un flujo de salida del nivel que representa el estado ninfal que provoca la “desaparición” del material del sistema.

- Ausencia de representación de la mortalidad en el modelo para la etapa HUEVOS.
- Algunas variables del modelo no tienen un nombre adecuado que indique su función: Ejemplos de estas variables son los flujos CRECER_1 a CRECER_7, MORTALIDAD_1 – MORTALIDAD_5, POB_INI_HA.
- Condición extrema TEMP_PROMEDIO = 0. Cuando el modelo es sometido a esta prueba la cantidad de adultos no es afectada de ninguna manera por este efecto lo que vulnera la confianza sobre los resultados del comportamiento del modelo.

Mejoras realizadas

- Se creó un flujo real de mortalidad para la etapa ADULTOS que inicialmente no existía permitiendo sacar material dentro del modelo en lugar de filtrar el paso de material de un nivel a otro. Además, la creación de este nuevo flujo evita la necesidad de utilizar sentencias IF en la estructura del modelo que tienden a afectar su calidad.
- Se redefinió la variable auxiliar H_ADULTAS que determina cuántos triatomíneos existen para participar en el proceso de reproducción de una nueva población. El valor de la variable H_ADULTAS es utilizado para calcular la cantidad de huevos incubados en la población. Con la modificación realizada, el número de huevos que serán incubados depende totalmente de la población de adultos disponible en el entorno. Anteriormente, a pesar de que la población de adultos era cero, el modelo continuaba con el proceso de reproducción.
- Se creó un flujo real de la mortalidad para cada una de las etapas del ciclo de vida del triatómino. Ahora existe una salida clara de material (triatominos) en cada una de las etapas por efecto de la mortalidad normal en cada una de ellas, contrario a lo que ocurría con el modelo anterior que filtraba el paso de material de un flujo a otro.
- Se asignaron nombres acordes a la realidad para la mayoría de elementos que intervienen en el modelo con el fin de hacer más clara su interpretación.
- El modelo se comporta correctamente cuando el valor de la temperatura promedio es cero, debido a que ahora los triatóminos adultos presentes en el entorno se ven afectados por la variación de la temperatura gracias a la influencia de la temperatura sobre el nivel de ADULTOS.

6.3 IMPLEMENTACIÓN DEL SOFTWARE

Para el proceso de implementación del software se utilizó la herramienta de desarrollo DELPHI XE7 con el fin de integrar los componentes de HOMOS y EVOLUCION, herramientas desarrolladas en el lenguaje de programación DELPHI por el grupo SIMON para realizar modelos matemáticos. Para el software a implementar requerimos únicamente los simuladores de los modelos que recrean fenómenos relativos a las enfermedades por vector ya que el usuario final usa los simuladores sin tener que interactuar el modelo matemático que define su comportamiento.

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto es el RUP y divide el proyecto en cuatro fases: Inicio, Elaboración, Construcción y Transición. A continuación se detalla el trabajo realizado en las tres primeras fases. Se dedica una sección aparte a las pruebas porque constituyen un objetivo específico del proyecto, pero el trabajo realizado en las pruebas es equivalente a la fase de Transición de la metodología.

6.3.1 Fase de inicio

Esta fase permite delimitar el problema identificado de tal forma que el alcance sea lo suficientemente claro para definir qué riesgos críticos deben considerarse y así determinar si es viable continuar con el desarrollo del proyecto. Es normal que antes de iniciar esta fase, exista un estudio previo del problema a abordar. Dependiendo de la complejidad del proyecto, el esfuerzo dedicado al estudio previo varía.

Una propuesta de arquitectura debe surgir de esta fase de inicio. Esta arquitectura será considerada como candidata y si es aceptada, se refinará en las fases posteriores de la metodología.

Para el sistema a implementar, en la fase de inicio se trabajaron las etapas de requisitos, análisis y diseño. En la etapa de requisitos se identificaron los requisitos del sistema y se plantearon en términos de casos de uso, además se definió la prioridad de cada uno para determinar cuándo implementarlos. En la etapa de análisis se propuso una arquitectura candidata del sistema a partir de los casos de uso identificados. En la etapa de diseño se identificaron los nodos participantes y la configuración de red sugerida para el entorno de implantación del sistema.

6.3.1.1 Requisitos

Identificación de requisitos candidatos

Con el apoyo del director y los codirectores del proyecto, se definieron formalmente los requisitos que debía cumplir el software a desarrollar. Estos requisitos complementan los inicialmente establecidos en el plan de proyecto. A continuación se detallan los requisitos para el sistema a realizar:

1. Permitir el inicio de sesión con tipos de usuarios diferentes (Estudiante, Docente, Administrador y TCS). En el caso del usuario estudiante sólo se exigirá iniciar sesión con un usuario registrado previamente en el sistema a aquellos estudiantes pertenecientes a cursos superiores a tercero de primaria. Para estudiantes de cursos inferiores a tercero de primaria es suficiente con indicar su nombre completo.
2. Permitir al docente insertar, modificar y eliminar una clase personalizada en el desarrollo de una actividad. El docente puede elaborar esta clase proponiendo un orden o estructura particular de presentación de contenidos y agregando u omitiendo ciertos recursos adicionales para la actividad.
3. Proporcionar las herramientas necesarias para la realización de actividades contempladas en el proyecto institucional tales como: cuestionarios, modelos de simulación, imágenes, videos, etc.
4. Proporcionar al docente alternativas para difundir a los estudiantes las clases elaboradas por él: Si hay una arquitectura de red en el entorno de ejecución del software puede enviarse la clase a los computadores de los estudiantes a través de la red; Si no hay una arquitectura de este tipo, puede generarse un archivo con la clase creada y enviarse a los estudiantes por distintos medios.
5. Permitir al docente realizar la clase de dos formas diferentes: Que otorgue libertad a los estudiantes para manipular todos los contenidos dirigidos a su curso, o que restrinja los contenidos académicos únicamente a la elaboración de una actividad particular.
6. Permitir al administrador crear nuevas versiones del material académico del software y exportarlas a un archivo para actualizar la versión en otros equipos que tengan el software instalado.
7. Permitir al administrador crear, modificar y eliminar cuentas de usuario del software.

8. Permitir al docente recibir las respuestas de los estudiantes a preguntas planteadas en las guías de actividades que poseen dicha interactividad. La transferencia de las respuestas puede realizarse por medio de archivos o a través de la red.
9. Permitir al docente imprimir material académico de una actividad particular (en caso de que la actividad deba realizarse sin el apoyo del computador o cuando el docente lo requiera.)
10. Proporcionar un espacio de ayuda como mecanismo de consulta para orientar a los usuarios en la correcta utilización del ambiente.

Contexto del sistema

El contexto del sistema nos permite comprender el entorno en el cual el sistema funcionará. La metodología seleccionada (RUP) nos ofrece dos herramientas para comprender el contexto del sistema que se está elaborando:

1. Modelo de dominio
2. Modelo de negocio

El software será utilizado en la sala de informática de la institución educativa que participa en el Proyecto Institucional (PI). Los usuarios Estudiante y Docente utilizarán permanentemente el sistema para apoyar el desarrollo de las actividades del PI; el usuario Administrador lo utilizará eventualmente cuando sea necesario gestionar los usuarios del mismo o cuando desee realizar una actualización a los contenidos académicos disponibles en la versión inicial del software. Por su parte, el TCS lo utilizará cuando desee visualizar el material académico que conforma el proyecto institucional.

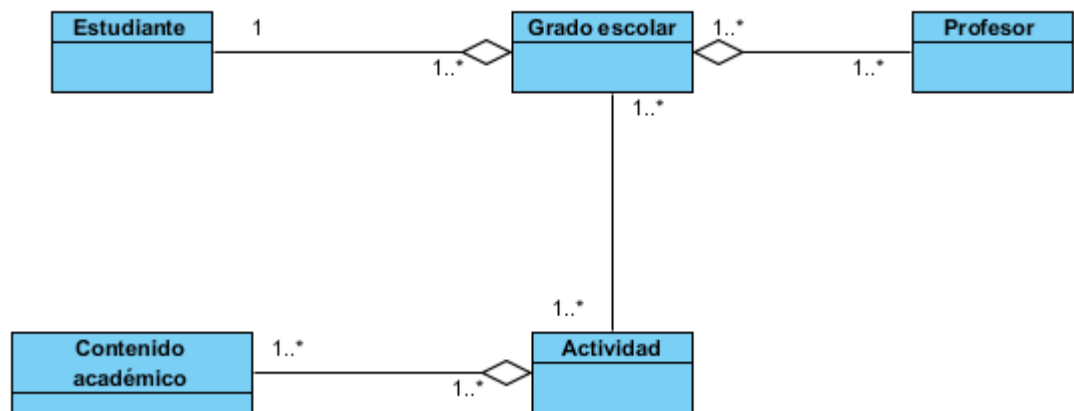
Modelo de dominio

Un modelo del dominio captura los tipos más importantes de objetos en el contexto del sistema. Estos objetos representan “las cosas” que existen o los eventos que suceden en el entorno en el que trabaja el sistema.¹⁶ El modelo de dominio se describe como un diagrama de clases de UML.

¹⁶ BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar y RUMBAUGH, James. En: El proceso unificado en el desarrollo de software. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. p. 112.

En nuestro caso, el modelo de dominio ilustrado a continuación representa de forma general la interacción de los objetos más importantes (conceptuales y reales) que participan en el sistema. El objeto principal del sistema son las actividades escolares utilizadas por estudiantes y docentes en el aula de clase. Como los actores Estudiante y Docente hacen parte del núcleo del negocio también se encuentran representados en términos de objetos.

Figura 8. Modelo de dominio propuesto representado en diagramas de clase



Modelo del negocio

El modelado del negocio nos permite identificar los principales procesos de negocio del contexto de nuestro sistema y los actores beneficiados por la dinámica de ese contexto. Los procesos de negocio identificados se representan en términos de casos de uso que sirven de punto de partida para definir formalmente los requisitos del sistema.

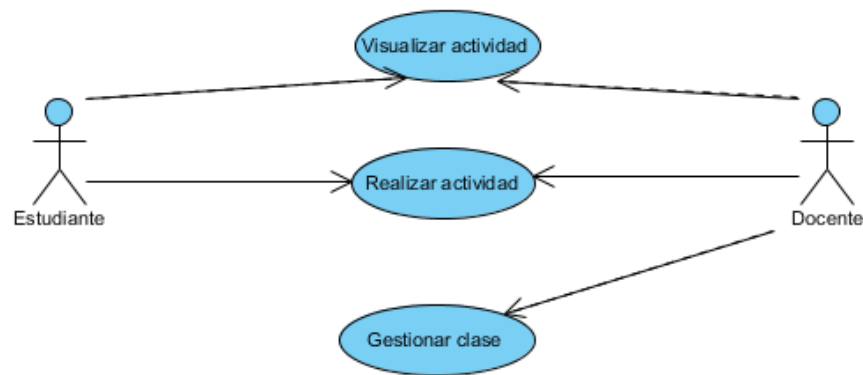
El contexto del sistema a desarrollar contempla la participación permanente de los actores Estudiante y Docente durante la ejecución de actividades escolares que hacen parte del Proyecto Institucional propuesto para aprender sobre la enfermedad de Chagas. Los procesos de negocio identificados para este contexto son:

Visualizar actividad: El estudiante y el docente en calidad de observadores revisan los contenidos académicos disponibles para determinada actividad con el fin de tener una vista preliminar de su composición.

Realizar actividad: El estudiante realiza una determinada actividad utilizando los contenidos académicos facilitados por el docente. El docente supervisa y apoya la labor de los estudiantes.

Gestionar clase: El docente propone alternativas de aplicación de una actividad determinada de acuerdo al contexto del aula de clase y teniendo en cuenta parámetros como: grado de dificultad del material, disposición de los estudiantes, nivel de comprensión alcanzado por los estudiantes, etc.

Figura 9. Procesos de negocio del sistema representado en casos de uso



Cuadro 1. Descripción caso de uso que representa a proceso de negocio Visualizar actividad

Caso de uso: Visualizar actividad
<i>Precondición</i> Estudiantes y docente se encuentran reunidos en un espacio acondicionado para revisar alguna actividad determinada.
<i>Flujo de sucesos</i> 1. El docente presenta a sus estudiantes una breve introducción a una determinada actividad. 2. El docente presenta a sus estudiantes los contenidos académicos que pertenecen a la actividad en cuestión. 3. Los estudiantes revisan los contenidos académicos facilitados sin resolver los cuestionamientos que algunos de estos propongan.

Cuadro 2. Descripción caso de uso que representa a proceso de negocio Realizar actividad

Caso de uso: Realizar actividad
<i>Precondición</i> Estudiantes y docente se encuentran reunidos en un espacio determinado con el fin de participar en la ejecución de una actividad del proyecto escolar propuesto.
<i>Flujo de sucesos</i> 1. El docente presenta a sus estudiantes una breve introducción a una determinada actividad. 2. El docente entrega a sus estudiantes los contenidos académicos que pertenecen a la actividad en cuestión. 3. Los estudiantes participan activamente en la ejecución de la actividad resolviendo los cuestionamientos propuestos en algunos contenidos académicos y se apoyan en el docente para comprender la temática abordada por la actividad. 4. Cuando los estudiantes finalicen el desarrollo de la actividad, el docente recolecta el trabajo realizado por ellos para revisarlo posteriormente. 5. El docente realiza una pequeña sesión de realimentación de conceptos con el fin de afianzar el aprendizaje logrado tras el desarrollo de la actividad.

Cuadro 3. Descripción caso de uso que representa a proceso de negocio Gestionar clase

Caso de uso: Gestionar clase
<i>Precondición</i> El docente ha participado en la ejecución de una actividad del proyecto escolar propuesto.
<i>Flujo de sucesos</i> 1. El docente reconoce problemas presentados durante la ejecución de una actividad. 2. El docente plantea ajustes que puede aplicar al desarrollo posterior de la actividad en cuestión u otras actividades relativas al proyecto escolar. 3. El docente aplica los ajustes planteados en una ejecución de actividades posterior.

Actores y casos de uso del sistema

Para identificar los actores y casos de uso del sistema se realizaron varias reuniones con los directores del proyecto y las personas que participaron en la aplicación del proyecto Institucional en el año 2012. Para esta tarea de identificación de actores y casos de uso fue fundamental el conocimiento adquirido sobre el contexto del sistema al principio de esta fase.

Actores del sistema

- **Estudiante**

Un Estudiante representa el actor principal del software. Utiliza el software para fines educativos porque tiene a disposición los contenidos académicos (tales como guías, videos, modelos de simulación, cuestionarios, etc.) necesarios para la ejecución de las actividades contempladas en el Proyecto Institucional.

- **Docente**

Un Docente representa a la persona encargada de orientar al estudiante durante el proceso de aprendizaje de la enfermedad de Chagas propuesto por el Proyecto Institucional. Busca con el apoyo del software acompañar a los estudiantes en el desarrollo de las actividades y realizar una mejor gestión escolar.

- **Administrador**

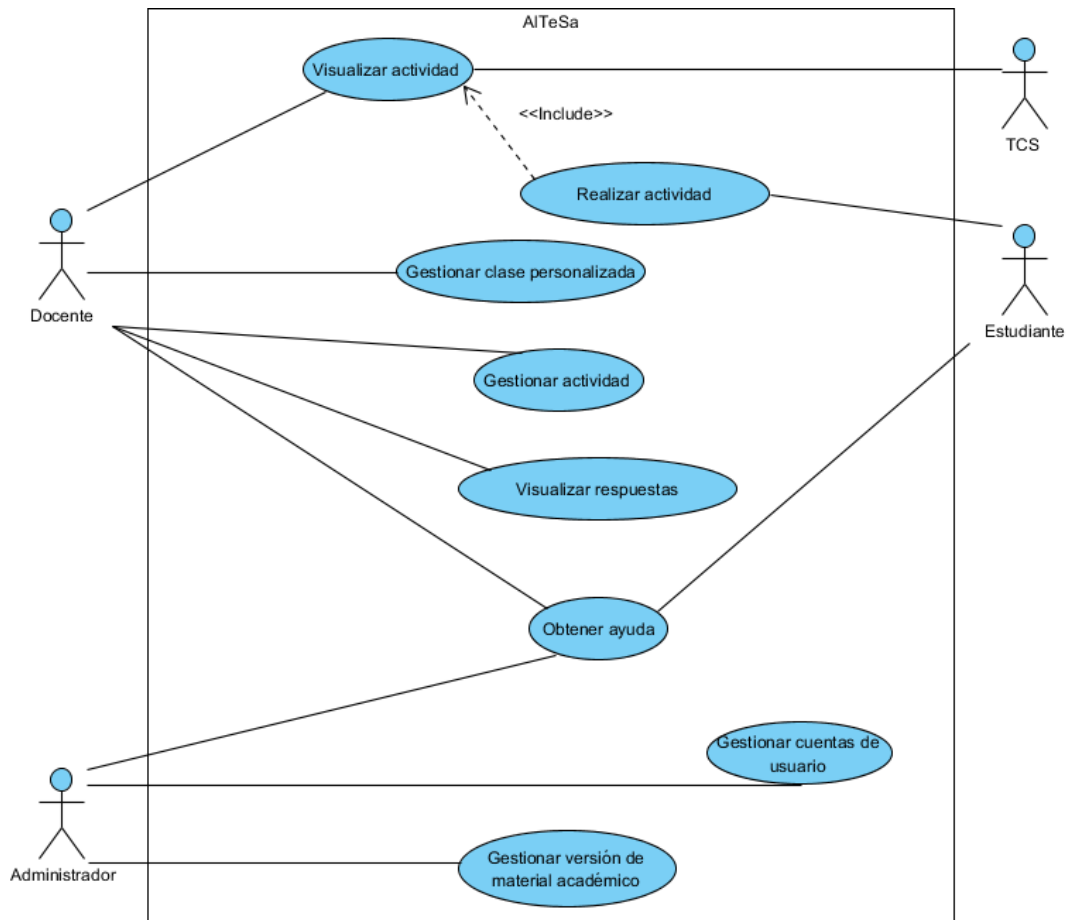
Un administrador representa a la persona encargada de velar por el buen uso del software. Gestiona las cuentas de usuario y actualiza el material académico presente en el software en caso de existir una nueva versión disponible.

- **TCS (Trabajador comunitario en salud)**

Un TCS representa a la persona que se encuentra permanentemente con la comunidad orientándola en aspectos relativos a la problemática existente. El TCS se apoya en el software para revisar el material utilizado desde la escuela para instruir a estudiantes, profesores y comunidad en general.

Casos de uso general del sistema

Figura 10. Modelo de casos de uso general



Descripción del modelo general de casos de uso

El caso de uso *Visualizar actividad* es utilizado por los actores docente, estudiante y TCS para revisar cualquier actividad disponible en el software. Previamente es necesario que el actor correspondiente indique implícita o explícitamente el (los) grado (s) asociado (s) con el fin de que el sistema prepare la visualización de la actividad de acuerdo a esta información.

El caso de uso *Realizar actividad* es utilizado por el actor estudiante en actividades que deben responderse con el apoyo del sistema. Sin embargo, dependiendo del grado escolar asociado al actor estudiante se permite la realización de este caso de uso: únicamente los estudiantes pertenecientes a un grado escolar superior a segundo de primaria pueden utilizar este caso de uso. Los estudiantes de primero

y segundo de primaria no pueden hacerlo porque asumimos que no cuentan con las habilidades computacionales para utilizar este recurso del sistema.

El caso de uso *Gestionar clase personalizada* es utilizado por el actor docente para crear, modificar y eliminar clases personalizadas que ha creado previamente. Adicionalmente, el docente podrá consultar en detalle cada una de las clases personalizadas que ha creado y transferir alguna por un medio disponible (a través de la red o en un archivo) a las sesiones abiertas por los estudiantes en sus respectivos equipos para que estos puedan utilizarlas.

El caso de uso *Gestionar actividad* es utilizado por el actor docente para bloquear las sesiones de los estudiantes conectados en red, forzando a la sesión de cada uno a mostrar la actividad exigida remotamente por el docente. También se aplica para realizar la operación inversa, es decir desbloquear las sesiones de los estudiantes cuando han sido previamente bloqueadas por el docente que utiliza el caso de uso.

El caso de uso *Visualizar respuestas* es utilizado por el actor docente para consultar las respuestas dadas por los estudiantes a cuestionamientos propuestos durante el desarrollo de cada actividad. Adicionalmente, el actor docente puede cargar las respuestas de un estudiante desde un archivo cuando el estudiante seleccione ese medio de transferencia de información.

El caso de uso *Obtener ayuda* es utilizado por los actores estudiante, docente y administrador para consultar la ayuda disponible en el sistema con respecto a cualquier aspecto relativo a este.

El caso de uso *Gestionar cuentas de usuario* es utilizado por el actor administrador para crear, modificar y eliminar las cuentas de usuario tipo estudiante, docente y administrador disponibles en el sistema. Asimismo puede consultar información referente a las cuentas de usuario existentes en el sistema.

El caso de uso *Gestionar versión de material académico* es utilizado por el actor administrador para crear y actualizar la versión del material académico que está ejecutándose en el sistema. Para el proceso de creación, el actor administrador puede valerse de la versión actual para crear la nueva versión o puede crear la nueva versión del ambiente sin considerar la versión actual. Para el proceso de actualización, el actor administrador debe disponer previamente de un archivo con la versión actualizada que reemplazará a la actual.

El caso de uso *Iniciar sesión* es utilizado por todos los actores del sistema para poder acceder a él. Todos los actores requieren tener un usuario previamente registrado en el sistema para iniciar sesión, excepto el actor estudiante si pertenece a primero o segundo de primaria ya que es suficiente que indique su nombre completo.

Identificar riesgos críticos

La identificación de los riesgos críticos es una tarea fundamental en la fase de inicio. En la siguiente tabla se encuentra una descripción de los riesgos que a juicio del autor puede tener el sistema durante su desarrollo. Cada riesgo se encuentra detallado en cinco atributos comunes:

- NO. : Indica el identificador del riesgo con el cual será citado.
- Nombre: Nombre del riesgo.
- Descripción: Es una breve descripción que define de forma general el riesgo.
- Impacto: Indica qué partes del proyecto o del sistema se verán afectadas por el riesgo.
- Prioridad: Relevancia que tiene el riesgo sobre el proyecto. El riesgo se clasificará como crítico, significativo o rutinario.

Tabla 9. Listado de riesgos críticos para el desarrollo del software

NO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	PRIORIDAD
1	Presentación inadecuada del contenido académico	Presentar adecuadamente el recurso académico en el software dependiendo de la población escolar a la cual este dirigido, revisando aspectos clave como complejidad y facilidad de comprensión de los contenidos.	Funcionalidad dirigida al usuario Estudiante y Docente (Caso de uso: Visualizar Actividad)	Crítico
2	Ausencia de modelos de simulación en el software por imposibilidad de integrar EVOLUCION y HOMOS a la herramienta.	Integración de las herramientas de simulación HOMOS y EVOLUCION para ejecutar los modelos de simulación en el software.	Funcionalidad dirigida al usuario Estudiante y Docente (Caso de uso: Visualizar Actividad)	Crítico
3	Desconocimiento en la implementación de la	No hay un dominio suficiente en el lenguaje de programación por parte	Funcionalidad dirigida al usuario Estudiante (Caso de uso: Realizar	Crítico

NO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN	IMPACTO	PRIORIDAD
	transferencia de información a través de la red entre los computadores.	del desarrollador para implementar esta funcionalidad.	Actividad) y Docente (Caso de uso: Visualizar respuestas, Gestionar clase)	
4	Desconocimiento del proceso de importar y exportar cambios como archivos en el software.	La generación de archivos como una alternativa para la difusión de modificaciones en el ambiente de aprendizaje de la sala de informática es desconocida aún para pensar en el proceso de implementación.	Funcionalidad dirigida a todos los usuarios del sistema (Caso de uso: Realizar actividad, Gestionar clase, Visualizar respuestas, Gestionar versión)	Crítico

Priorizar casos de uso

Esta tarea permite determinar cuáles casos de uso de los actualmente identificados deben considerarse en las primeras iteraciones de las etapas de desarrollo del proyecto (análisis, diseño, implementación y pruebas). Esta elección se realiza de acuerdo al grado de importancia que tienen los casos de uso sobre los “procesos del negocio” que apoyará el software y los riesgos críticos identificados. La siguiente lista muestra el orden de desarrollo de los casos de uso, siendo el primero de la lista el más prioritario y el último el menos prioritario.

1. Visualizar actividad
2. Realizar actividad
3. Visualizar respuestas
4. Gestionar actividad
5. Gestionar clase personalizada
6. Gestionar cuentas de usuario
7. Crear versión de material académico
8. Actualizar versión de material académico
9. Obtener ayuda

6.3.1.2 Análisis

Análisis de la arquitectura

Identificación de paquetes de análisis

Debemos identificar los paquetes de análisis que permiten agrupar casos de uso identificados anteriormente (en el flujo de trabajo de requisitos). El proceso de asignación de casos de uso a paquetes particulares puede realizarse de tres formas:

- Los casos de uso requeridos para dar soporte a un determinado proceso de negocio.

Los procesos de negocio identificados en el flujo de trabajo de requisitos son: *Visualizar actividad*, *Realizar actividad* y *Gestionar clase*. Los casos de uso de los dos primeros procesos de negocio (*Visualizar actividad* y *Realizar actividad*) son agrupados a partir de otro criterio diferente. Los casos de uso del tercer proceso de negocio (*Gestionar clase*) son agrupados teniendo en cuenta el tercer criterio de agrupamiento definido por la metodología¹⁷ (*Los casos de uso que están relacionados mediante relaciones de generalización y de extensión*).

- Los casos de uso requeridos para dar soporte a un determinado actor del sistema.

Varios de los casos de uso identificados en los requisitos soportan parte de la funcionalidad de un solo actor del sistema. Estos casos de uso son agrupados en los siguientes paquetes de análisis:

VISUALIZAR RESPUESTAS: Contiene el caso de uso *Visualizar respuestas* perteneciente al usuario Docente.

REALIZAR ACTIVIDAD: Contiene el caso de uso *Realizar actividad* perteneciente al usuario Estudiante.

GESTIÓN DE VERSION: Contiene el caso de uso *Gestionar versiones material académico* perteneciente al usuario Administrador.

¹⁷ BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar y RUMBAUGH, James. En: El proceso unificado en el desarrollo de software. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. p. 188.

GESTIÓN DE USUARIO: Contiene el caso de uso *Gestionar cuentas de usuario* perteneciente al usuario Administrador.

- Los casos de uso que están relacionados mediante relaciones de generalización y de extensión.

En el modelo de casos de uso desarrollado hasta el momento hay casos de uso que tienen relaciones de generalización entre sí (*Gestionar clase personalizada* y *Gestionar actividad que extienden a Gestionar clase*). El paquete de análisis que definimos para agrupar estos casos de uso se denomina GESTIÓN CLASE.

Gestión de aspectos comunes entre paquetes de análisis

Los paquetes de análisis GESTIÓN CLASE y REALIZAR ACTIVIDAD comparten el caso de uso *Visualizar actividad*. Por lo tanto es conveniente agrupar la funcionalidad del caso de uso *Visualizar actividad* en un paquete independiente denominado VISUALIZAR ACTIVIDAD que pertenezca a la capa general de la aplicación. De esta manera, la dependencia estará sobre el paquete de análisis y no sobre el caso de uso.

Otro aspecto común identificado involucra al caso de uso *Iniciar sesión*, el cual debe ser utilizado por todos los casos de uso para obtener la información del usuario que ingresa al sistema y por consiguiente, personalizar la interfaz gráfica a mostrar. El caso de uso *Iniciar sesión* será agrupado en un paquete independiente denominado INICIO DE SESIÓN.

Definición de dependencias entre paquetes de análisis

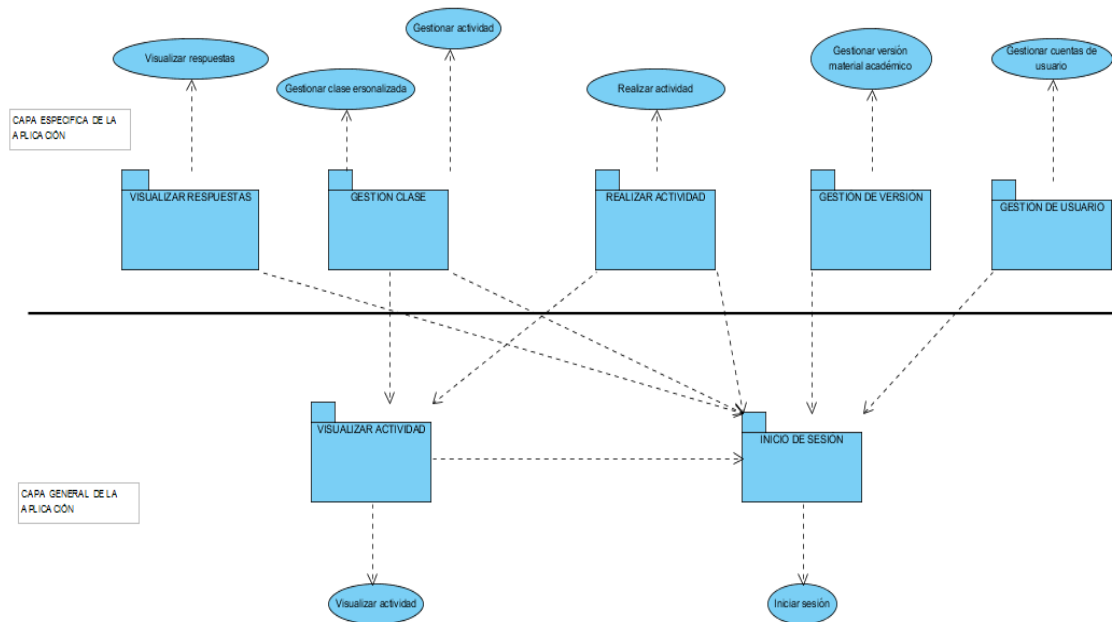
Básicamente encontramos dependencias sobre dos paquetes de análisis del grupo de paquetes identificado anteriormente. En la siguiente imagen se ilustra la arquitectura del software en términos de paquetes de análisis que agrupan los casos de uso identificados inicialmente. Los paquetes de análisis pertenecen a dos secciones: Capa general de la aplicación (Donde se ubican los paquetes de análisis cuya funcionalidad es utilizada por otros paquetes) y Capa específica de la aplicación (Donde se ubican paquetes de análisis que ofrecen una funcionalidad particular).

- Dependencia de GESTIÓN CLASE y REALIZAR ACTIVIDAD sobre VISUALIZAR ACTIVIDAD: Establece la necesidad que los casos de uso *Gestionar actividad*, *Gestionar clase personalizada* (pertenecientes al

actor Docente) y *Realizar actividad* (perteneciente al actor Estudiante) tienen sobre el caso de uso *Visualizar actividad* para ejecutar su funcionalidad.

- Dependencia de VISUALIZAR RESPUESTAS, GESTIÓN CLASE, REALIZAR ACTIVIDAD, GESTIÓN DE VERSIÓN, GESTIÓN DE USUARIO y VISUALIZAR ACTIVIDAD sobre INICIO DE SESIÓN: Para acceder a cualquier funcionalidad disponible en el sistema todo actor debe iniciar sesión. Por lo tanto, todos los casos de uso que ofrezcan una funcionalidad particular a un actor dependen del caso de uso *Iniciar sesión*.

Figura 11. Dependencias y capas de paquetes de análisis del sistema



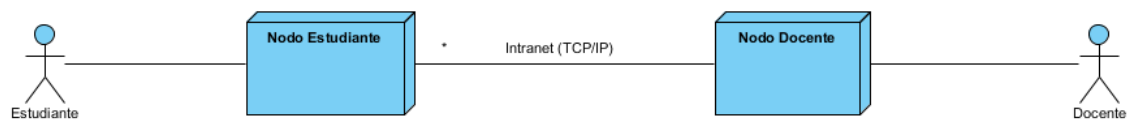
6.3.1.3 Diseño

El trabajo realizado en el flujo de diseño para esta fase no es profundo. Únicamente se presenta el modelo de despliegue del sistema a partir de la identificación de los nodos y la configuración de red necesaria para el sistema.

Identificación de nodos y configuraciones de red

Los nodos participantes en el sistema son: un nodo docente y varios nodos estudiante, todos comunicados en red a través del protocolo TCP/IP. El escenario ideal donde se implantaría el sistema estaría conformado por una red de computadores formalmente establecida, donde cada nodo estaría identificado en la red por una IP fija y todas las direcciones IP harían parte de una misma subred.

Figura 12. Diagrama de despliegue del sistema a desarrollar



El sistema a desarrollar utiliza la configuración de red disponible en el entorno para ejecutar algunas de sus funcionalidades. Sin embargo, desde la identificación de los requisitos del sistema se estableció que la ausencia de una configuración de red básica en el entorno de trabajo no debe constituir un obstáculo para el funcionamiento del sistema. Por lo tanto, la existencia de una configuración de red facilitaría el proceso de transferencia de información entre los nodos de estudiantes y el nodo del docente.

La arquitectura utilizada para la implementación del sistema contempla 3 capas, todas localizadas en un mismo nodo independiente: capa de presentación, capa de lógica de aplicación y capa de funcionalidad de base de datos.

- Capa de presentación: Muestra el sistema al usuario e intercambia permanentemente información con él. Esta capa tiene comunicación directa con la *Capa de la lógica del negocio* y es equivalente a la GUI presentada a los usuarios del sistema.
- Capa de la lógica del negocio: Agrupa todas las funciones y reglas del negocio. Procesa la información proveniente de la *Capa de presentación* y con la ayuda de la *Capa de funcionalidad de base de datos* almacena o recupera datos del sistema.
- Capa de funcionalidad de base de datos: Encargada de almacenar los datos del sistema. Su función consiste en responder a todas las solicitudes de información que la *Capa de la lógica del negocio* requiera. Está representada por la base de datos del sistema.

6.3.2 Fase de elaboración

El objetivo principal de esta fase consiste en construir la línea base de la arquitectura del proyecto. Para cumplir este objetivo es necesario completar el trabajo de la etapa de requisitos, detallando todos los casos de uso identificados en la fase de inicio. En la etapa de análisis se debe revisar la arquitectura propuesta inicialmente y profundizarla, de tal forma que contemple todos los requisitos identificados con el nivel de detalle definido a esta altura del proyecto. En la etapa de diseño se debe crear la arquitectura base en términos de subsistemas que permita conocer las partes que conforman el proyecto desde el punto de vista funcional. En la etapa de implementación se presenta un prototipo inicial que contempla menos del 10% de los casos de uso y guía el trabajo de las fases siguientes.

6.3.2.1 Requisitos

Durante la fase de inicio se trabajó ampliamente en el flujo de trabajo de requisitos del sistema estudiando el contexto del sistema, presentando en términos de casos de uso los diferentes requisitos identificados y planificando el trabajo en etapas posteriores a partir de la priorización de casos de uso.

Ahora en la fase de elaboración, se busca comprender en detalle cada uno de los requisitos identificados inicialmente para estructurar el trabajo en las otras etapas. El trabajo de requisitos en esta fase está enfocado a detallar los casos de uso identificados en la fase de inicio, lo que permitirá identificar casos de uso que no generan un resultado concreto al actor que los utiliza y por lo tanto obligará subdividirlos en casos de uso más específicos.

El detalle identificado a cada caso de uso se encuentra disponible en el *Anexo B*.

6.3.2.2 Análisis

En la fase de inicio se abordaron algunos aspectos relativos al análisis del sistema identificando los paquetes de análisis que lo conforman y sus dependencias.

En la fase de elaboración es necesario profundizar el desarrollo del flujo de trabajo de análisis, continuando con el análisis de la arquitectura e iniciando el análisis de los casos de uso, las clases y los paquetes que conforman el sistema.

Análisis de la arquitectura

En este punto se tiene una arquitectura base con los subsistemas de análisis y sus dependencias. Sin embargo, es necesario someter esta arquitectura inicial a modificaciones tras encontrar aspectos comunes en los paquetes de análisis que pueden ser representados en nuevos paquetes de análisis pertenecientes a la capa general de la aplicación.

Gestión de aspectos comunes entre paquetes de análisis

A esta altura de la fase de elaboración se han identificado clases de análisis utilizadas por varios paquetes de análisis. Estas clases de análisis son consideradas como compartidas y deben agruparse en paquetes de análisis independientes con el fin de que los paquetes de análisis que las utilizan manifiesten una dependencia sobre paquetes de análisis externos. Los paquetes de análisis que agrupan clases de análisis compartidas se ilustran a continuación.

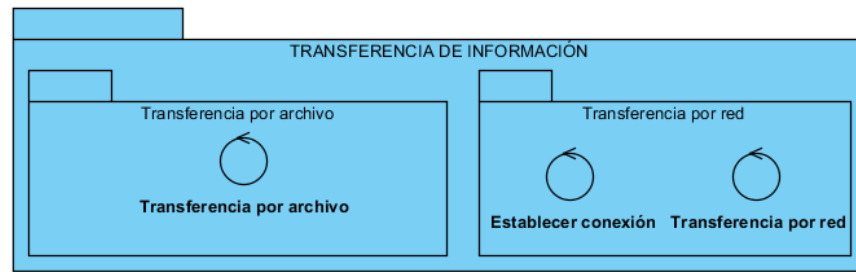
Transferencia de información

La función principal de este paquete consiste en agrupar todas las clases de análisis que participan durante el proceso de transferencia de información en cualquiera de los modos disponibles: a través de la red o exportando a un archivo. El paquete de análisis denominado TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN es utilizado por los siguientes casos de uso:

- Visualizar actividad
- Realizar actividad
- Gestionar actividad
- Gestionar clase personalizada
- Crear versión de material académico
- Actualizar versión de material académico
- Visualizar respuestas

Este paquete es subdividido en dos paquetes: Transferencia por archivo y Transferencia por red. Los casos de uso que utilizan el paquete global pueden utilizar uno de los dos paquetes internos o, en algunos casos utilizar los dos.

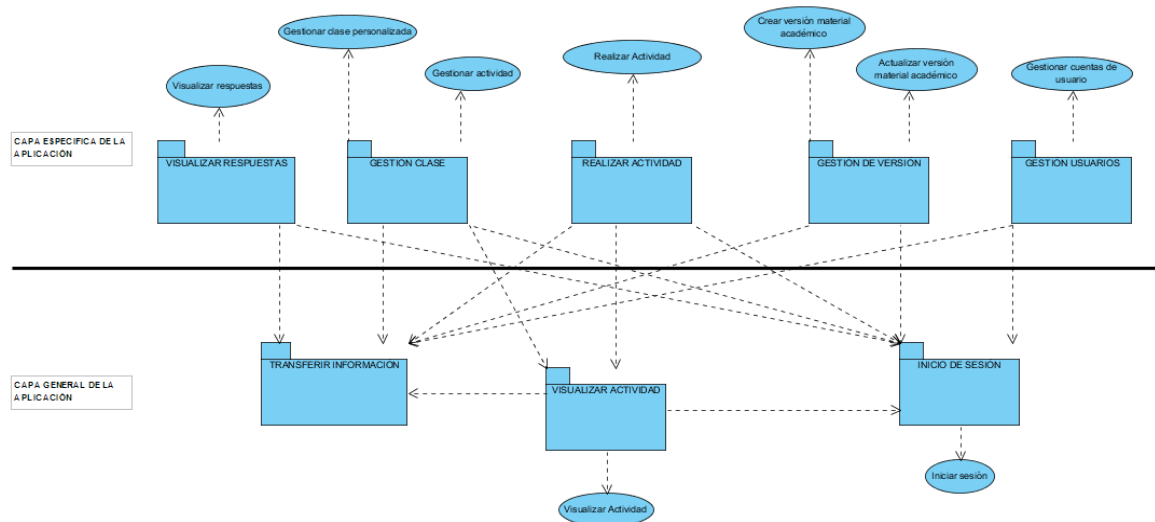
Figura 13. Paquete de análisis Transferencia de información



Dependencias entre paquetes de análisis

Teniendo en cuenta los nuevos paquetes de análisis identificados durante la fase de elaboración, las dependencias entre los paquetes de análisis participantes es ilustrada en el siguiente diagrama.

Figura 14. Dependencias y capas de paquetes de análisis del sistema



Análisis de casos de uso

Durante esta fase se analizan los casos de uso identificados en la fase de inicio. Este análisis individual de cada caso de uso permite comprender el comportamiento de las clases de análisis que lo conforman y conocer en detalle cómo interactúan para cumplir el propósito del caso de uso.

Todas las clases de análisis identificadas en esta fase no necesariamente serán clases de implementación durante la fase de construcción. No obstante, pueden ser métodos que harán parte de clases más generales.

A continuación serán detallados de forma muy general los 3 primeros casos de uso de acuerdo a la prioridad dada en la fase de inicio. El análisis detallado que se realizó a cada caso de uso puede ser revisado en el *Anexo C* de este documento.

Caso de uso Visualizar actividad

El caso de uso *Visualizar actividad* es utilizado por los actores estudiante, docente y TCS. Para el actor estudiante existe un comportamiento adicional que captura y procesa las peticiones del docente enviadas por la red para preparar la visualización de una actividad particular. Este comportamiento adicional es representado por las clases de análisis *Establecer conexión* y *Transferencia por red*. Para el actor TCS el comportamiento de este caso de uso es el mismo identificado para el actor docente.

Figura 15. Diagrama de clases de análisis del caso de uso Visualizar actividad – Usuario Estudiante

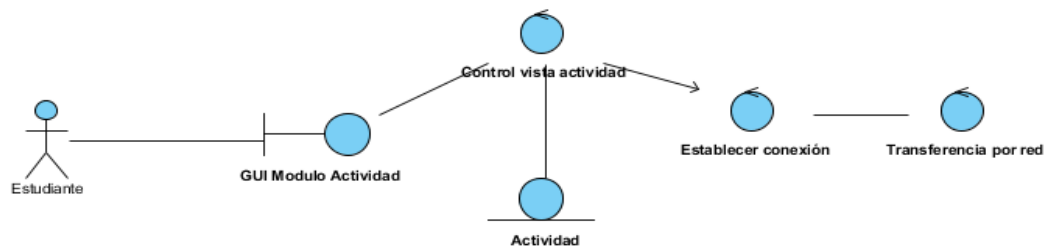
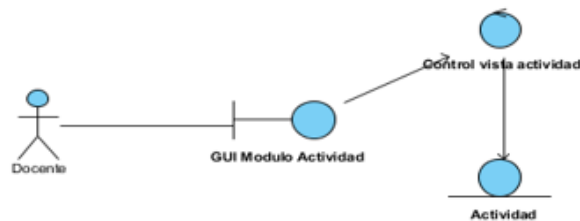


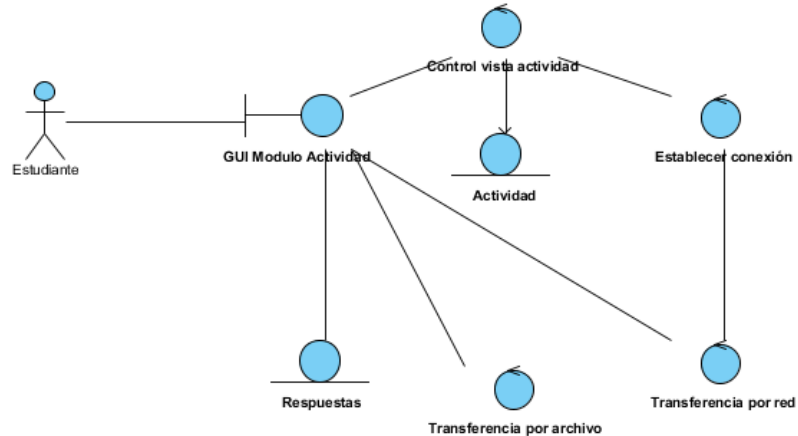
Figura 16. Diagrama de clases de análisis del caso de uso Visualizar actividad – Usuario Docente



Caso de uso Realizar actividad

El caso de uso *Realizar actividad* es utilizado por el actor estudiante. Como se indicó en los requisitos, el caso de uso *Realizar actividad* depende del caso de uso *Visualizar actividad*. Por lo tanto las clases de análisis pertenecientes al caso de uso *Visualizar actividad* deben hacer parte de las clases de análisis del caso de uso *Realizar actividad*. Adicionalmente se incluyen la clase de análisis Respuestas para representar la funcionalidad de creación de respuestas y posterior transferencia al docente por uno de los medios disponibles.

Figura 17. Diagrama de clases de análisis del caso de uso Realizar actividad

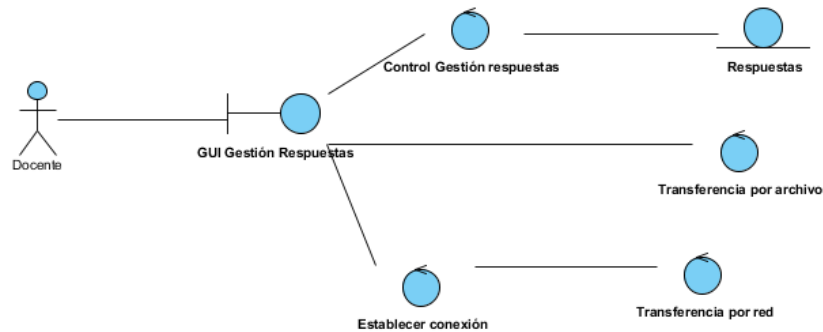


Caso de uso Visualizar respuestas

El caso de uso *Visualizar respuestas* es utilizado por el actor docente. Las clases de análisis que participan en este caso de uso son:

- *Control gestión respuestas y Respuestas*: Encargadas de presentar las respuestas al actor que las consulta.
- *Establecer conexión y Transferencia por red*: Encargadas de recibir las respuestas a través de la red.
- *Transferencia por archivo*: Encargada de decodificar el archivo que contiene las respuestas.

Figura 18. Diagrama de clases de análisis del caso de uso Visualizar respuestas

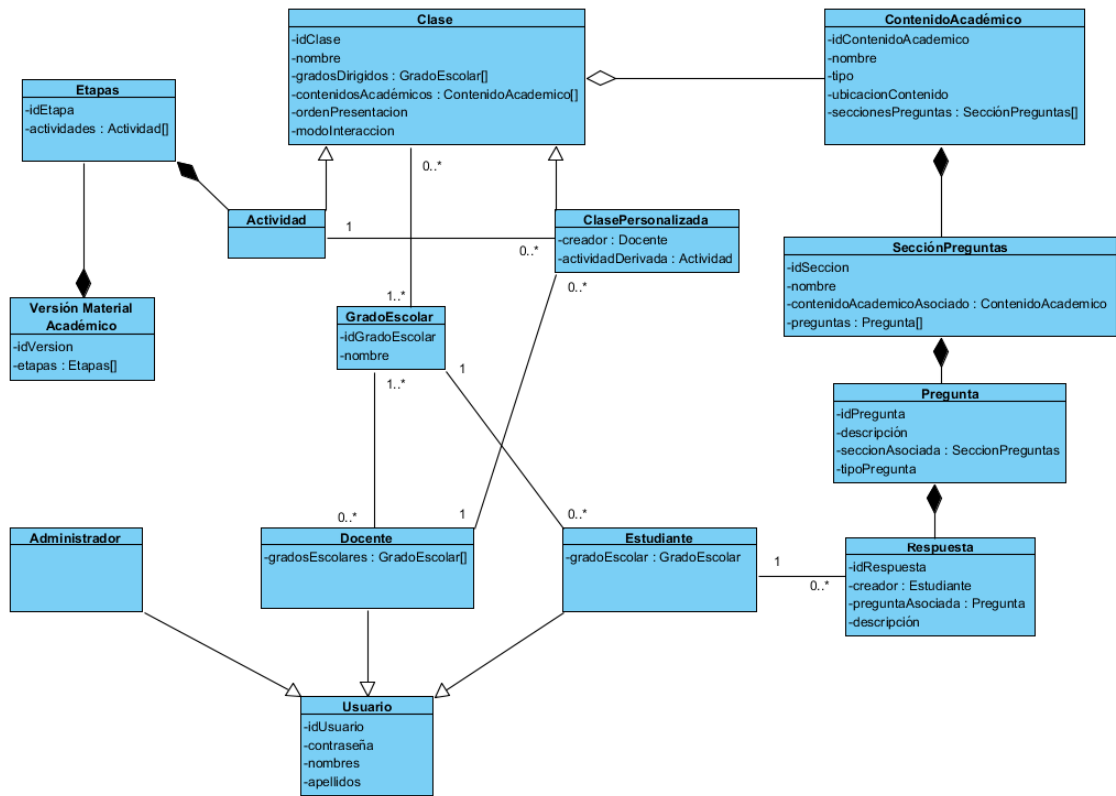


Análisis de clases

El análisis realizado a los casos de uso y la identificación de dependencias de paquetes de análisis sobre ciertas clases de entidad permitió encontrar un número significativo de clases de análisis (clases de entidad, clases de control y clases de interfaz) que participan en las realizaciones de los casos de uso del sistema. Cada clase identificada debe ser analizada para determinar las responsabilidades, atributos y relaciones que tiene con otras clases del sistema.

El diagrama de clases siguiente se encuentra conformado únicamente por clases de entidad del sistema a crear. No se incluye ninguna clase de control o de interfaz porque no pueden establecerse relaciones de asociación, agregación y composición entre estas.

Figura 19. Diagrama de clases del sistema a implementar



6.3.2.3 Diseño

Identificación de subsistemas de aplicación

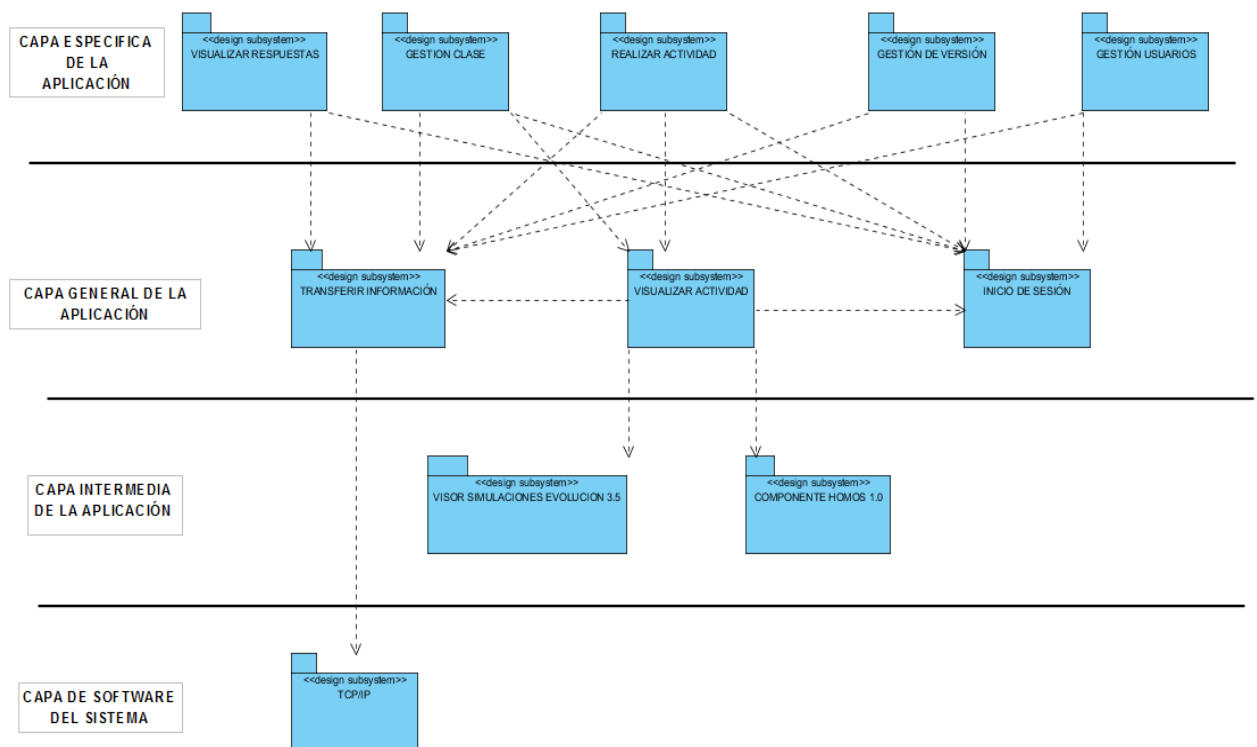
Gracias al trabajo previo realizado durante la etapa de análisis contamos a esta altura con una descomposición del sistema en términos de los siguientes paquetes de análisis:

- Visualizar actividad
- Realizar actividad
- Gestión clase
- Visualizar respuestas
- Gestión de usuarios
- Gestión de versión
- Inicio de sesión
- Transferencia de información

Una tarea fundamental del diseño consiste en identificar los subsistemas de la aplicación para plantear la arquitectura base de todo el proyecto. En primera instancia, para identificar los subsistemas de aplicación partimos de los paquetes de análisis identificados, haciendo la trazabilidad correspondiente y asumiendo que la descomposición sugerida en la etapa de análisis es correcta.

Los subsistemas tienen dependencias tanto verticales (entre subsistemas de diferente capa) como horizontales (subsistemas de la misma capa). Una dependencia de un subsistema a otro indica la necesidad del dependiente de utilizar parte o toda la funcionalidad de un subsistema ajeno. Las dependencias existentes entre los subsistemas identificados son ilustradas a continuación.

Figura 20. Dependencias y capas de subsistemas del sistema a implementar



Además de los subsistemas derivados de los paquetes de análisis, existen otros subsistemas que hacen parte del software a desarrollar y que colaboran con la realización de algunos subsistemas anteriormente mencionados. Para nuestro sistema, hay software reutilizado que es fundamental para dos de los subsistemas:

- El subsistema *Visualizar actividad* reutiliza software para mostrar aquellas actividades con simuladores de EVOLUCION y HOMOS. Esta reutilización debe considerarse como parte del sistema y por lo tanto, se establecen dos subsistemas adicionales denominados VISOR SIMULACIONES EVOLUCION 3.5 y COMPONENTE HOMOS 1.0 ubicados en la capa intermedia de la aplicación.
- El subsistema *Trasferencia de información* utiliza el protocolo TCP/IP para transferir información a través de una conexión de red. Por lo tanto, se crea un subsistema adicional denominado TCP/IP ubicado en la capa de software del sistema.

Diseñar casos de uso

Durante el flujo de trabajo de requisitos se estableció un orden de prioridad para cada caso de uso con el fin de organizar el trabajo de las fases posteriores. De acuerdo a ese orden, los casos de uso de mayor importancia corresponden a aquellos dirigidos a los actores estudiante y docente porque apoyan las actividades cotidianas realizadas en el aula.

En esta fase serán diseñados los casos de uso *Visualizar actividad* y *Realizar actividad* correspondientes a la funcionalidad utilizada por el estudiante quien es el principal actor del sistema. En la fase posterior serán diseñados casos de uso los restantes.

Los casos de uso son diseñados en términos de las interacciones de las clases de diseño que lo conforman. A continuación se muestra el diagrama de secuencia que detalla los mensajes intercambiados entre las clases de diseño para cada caso de uso diseñado en esta fase. Nótese que el intercambio de mensajes en el diagrama de secuencia se aproxima a la noción de llamada de métodos o funciones en la fase de implementación.

Figura 21. Diagrama de secuencia de caso de uso Visualizar actividad

sd Diagrama de Secuencia - Visualizar actividad

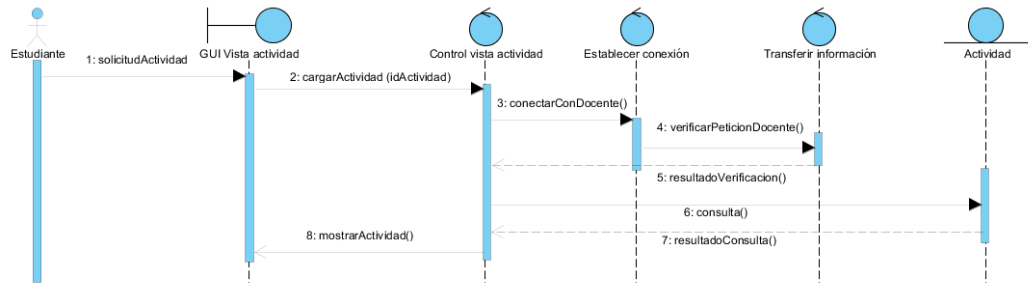
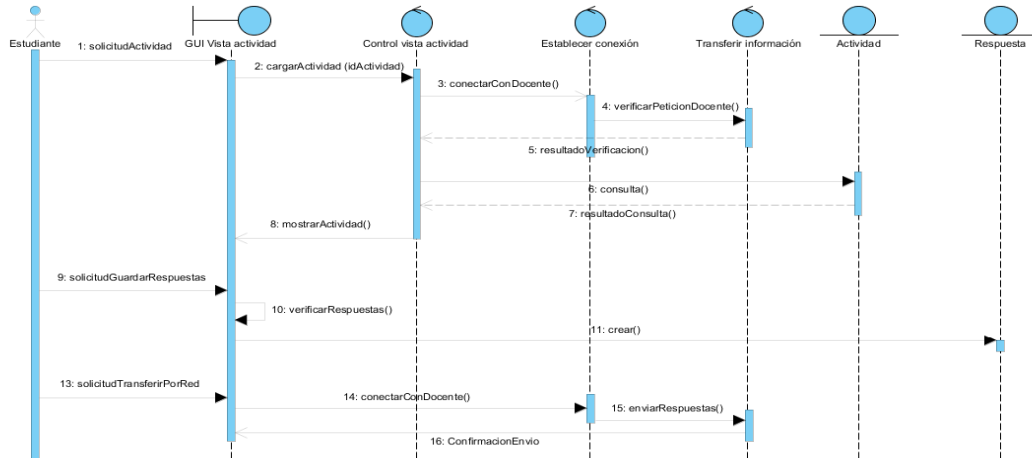


Figura 22. Diagrama de secuencia de caso de uso Realizar actividad en modo de transferencia por red

sd Diagrama de Secuencia - Realizar actividad TRANSF. POR RED



6.3.2.4 Implementación

Con el propósito de iniciar el proceso de implementación para la generación del producto final, en esta fase se inició el desarrollo del subsistema *Visualizar actividad*. En la fase de construcción se implementarán los subsistemas restantes.

Subsistema Visualizar actividad

Con el propósito de iniciar el proceso de implementación para la generación del producto final, en esta fase se inició el desarrollo del subsistema *Visualizar*

actividad. Este subsistema es conformado por dos clases: *Visualizar actividad* y *Control vista actividad*.

Visualizar actividad

Permite la visualización de todos los contenidos académicos (documentos, presentaciones Power Point, Videos, Simuladores de EVOLUCION, Simuladores de HOMOS) de cualquier actividad consultada por los actores estudiante y docente. La variedad de contenidos académicos disponibles para una actividad determinada obliga a la utilización de software ajeno al implementado:

- Microsoft Power Point (Para la visualización de presentaciones).
- Sumatra PDF – Portable (Documentos PDF).
- Visor de simulaciones (Para la visualización de simuladores de EVOLUCION 3.5)

Por otra parte para mostrar los simuladores de HOMOS fue necesario crear un componente basado en el código fuente de HOMOS 1.0¹⁸ y en las adaptaciones realizadas en el software MICRHO 2.0¹⁹ para mejorar la interacción del usuario con el simulador.

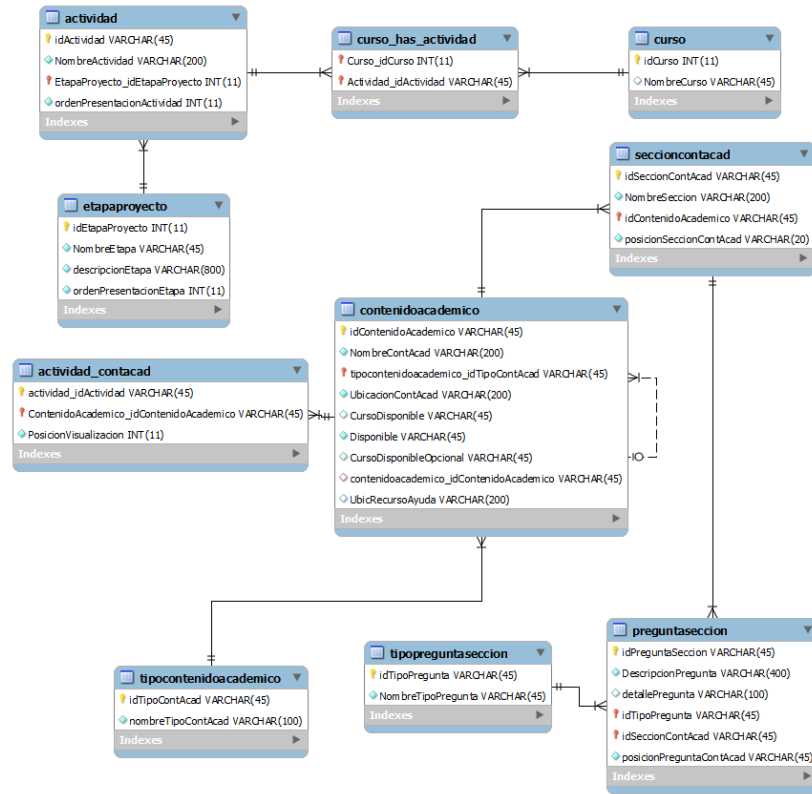
Control vista actividad

Define la configuración de visualización de una actividad determinada a partir del paso de parámetros iniciales provenientes de la clase o subsistema que solicita visualizar una actividad determinada.

¹⁸ DUARTE, Carmen; LOZANO, Oscar. HOMOS 1.0: Herramienta software para el modelamiento y simulación basado en objetos y reglas. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 1998. 215 p.

¹⁹ ORTIZ, John; SUAREZ, Diana. MICRHO 2.0: Micromundo para el desarrollo del pensamiento sistémico soportado en el modelamiento basado en objetos y reglas. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2008. 398 p.

Figura 23. Diagrama entidad – relación (E-R) para el subsistema Visualizar actividad



6.3.3 Fase de construcción

El objetivo principal de esta fase es dejar listo el producto software en su versión operativa para ser utilizado en el entorno del usuario final. El producto debe cubrir los requisitos propuestos en la fase de inicio. El orden de ejecución de esta fase está determinado por la prioridad dada a los casos de uso, representados ahora en subsistemas. La construcción de los subsistemas puede ser distribuida en varias iteraciones dependiendo de la complejidad del proyecto.

Objetivos de la fase de construcción:

- Consolidar la arquitectura base del sistema a implementar para completar el flujo del trabajo del diseño.
- Elaborar una versión beta del sistema ejecutable que permita completar el flujo de trabajo de implementación elaborando e integrando los subsistemas implementados.

En la primera iteración de la fase de construcción fueron implementados los subsistemas dirigidos a la funcionalidad de los usuarios estudiante y docente. En la segunda iteración se implementaron los subsistemas dirigidos a la funcionalidad del usuario administrador.

Los subsistemas *Transferencia de información* e *Inicio de sesión* pertenecientes a la capa general de la aplicación fueron implementados gradualmente durante las dos iteraciones mencionadas ya que estos eran adaptados a las necesidades de implementación de los subsistemas pertenecientes a la capa específica de la aplicación. Sin embargo, estos se presentan al final de la segunda iteración porque hasta ese momento se implementaron completamente.

Algunas de las GUI del software implementado están disponibles en el *Anexo G*.

6.3.3.1 Primera iteración

Diseño

Para la primera iteración se propone diseñar los casos de uso *Gestionar clase personalizada*, *Gestionar actividad* y *Visualizar respuestas*.

El diseño de los casos de uso está representado en diagramas de secuencia que ilustran las clases de diseño necesarias para la realización del caso de uso y sus respectivas interacciones. Las clases de diseño identificadas en esta etapa surgieron de las clases de análisis halladas anteriormente.

Los diagramas de secuencia producto del trabajo en la etapa de diseño representan el comportamiento básico de los subsistemas que se implementarán en la siguiente etapa. Sin embargo, este producto es fundamental para iniciar el proceso de implementación de cada subsistema.

El diseño de los casos de uso se encuentra detallado en el *Anexo D*.

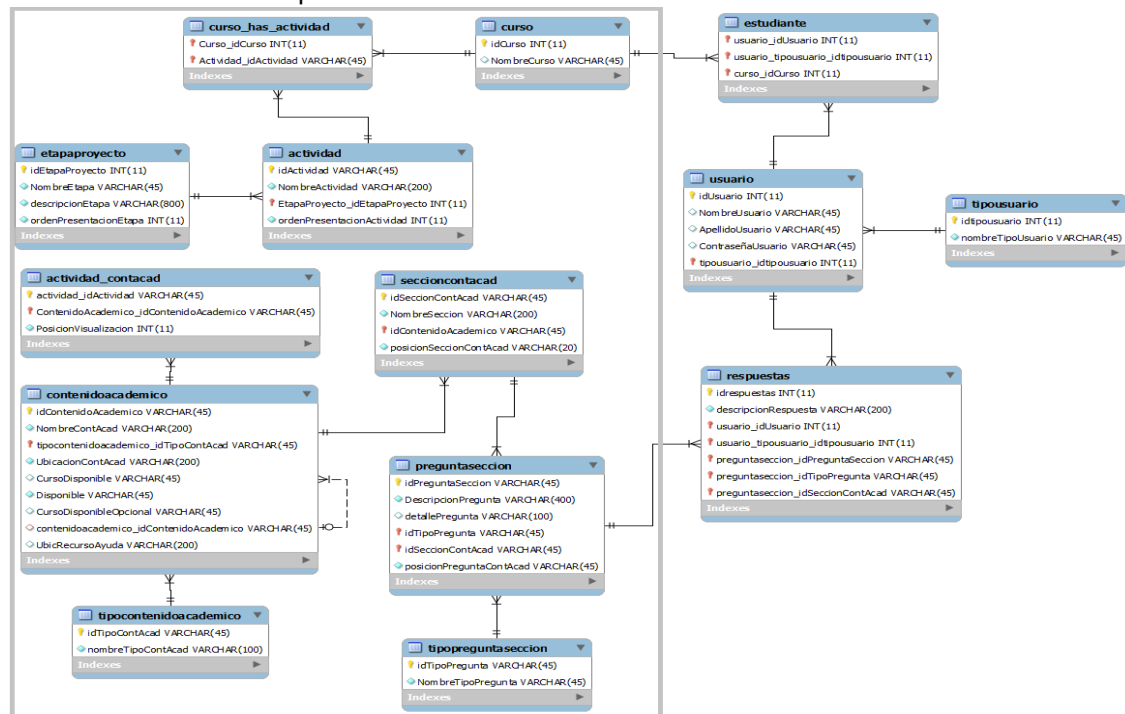
Implementación

Subsistema Realizar actividad

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por el usuario estudiante para desarrollar las actividades propuestas en el sistema. Se basa en el subsistema *Visualizar actividad* para definir la presentación de la actividad solicitada por el

estudiante y mostrar los contenidos académicos correspondientes. Su implementación principal se encarga de adaptar la presentación de la actividad para que el estudiante resuelva los planteamientos propuestos desde el sistema.

Figura 24. Diagrama E-R para el subsistema Realizar actividad. Las tablas de la región encerrada pertenecen al subsistema Visualizar actividad.



Este subsistema se apoya en el subsistema *Transferencia de información* para permitir al estudiante transferir (a través de alguno de los medios disponibles en el sistema) las respuestas de una actividad particular al computador del docente.

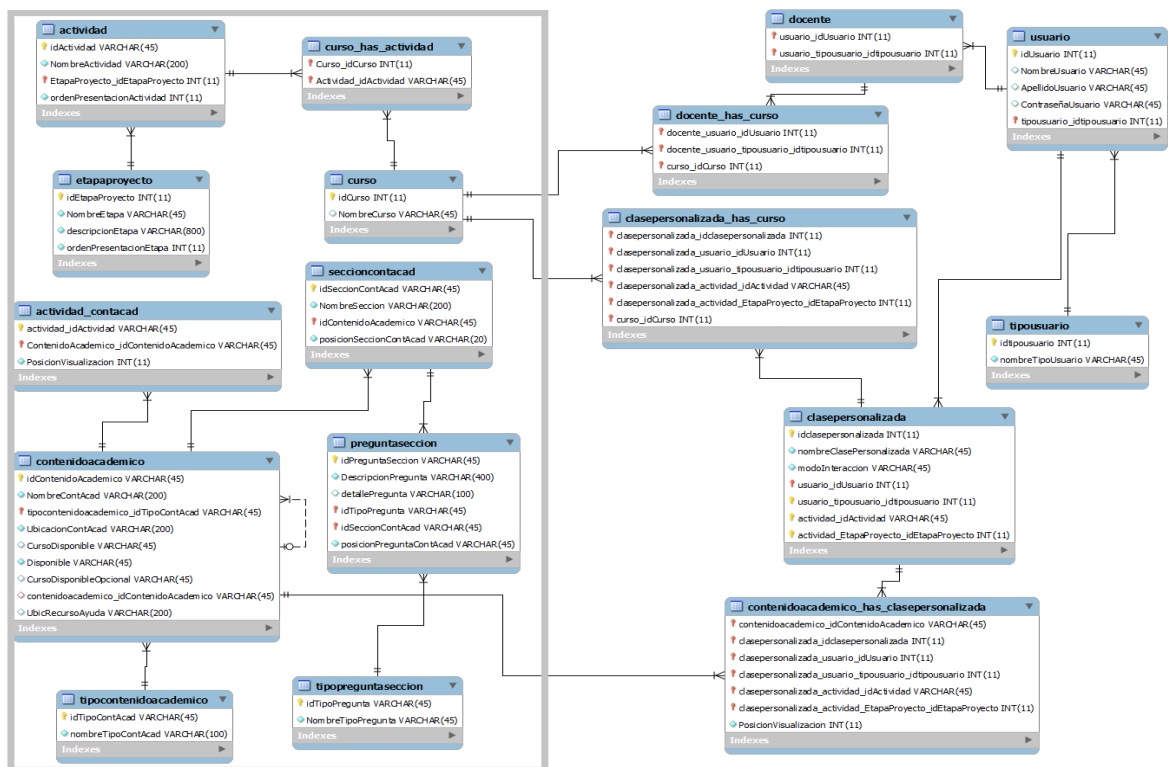
Subsistema Gestión clase

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por el usuario docente para administrar una sesión de actividades en el sistema. Este subsistema requiere la información de inicio de sesión del docente para preparar la presentación de las actividades (a partir de los grados escolares que el docente tiene a cargo) y mostrar las clases personalizadas que el docente ha creado. Por lo tanto, la información de inicio de sesión es obtenida desde el subsistema *Inicio de sesión* y la presentación de las actividades es definida con la ayuda del subsistema *Visualizar actividad*.

Adicionalmente, la función del subsistema *Gestión clase* es apoyada por el subsistema *Transferencia de información* para gestionar una clase remotamente (si existe una configuración de red adecuada en el entorno físico de trabajo) o a través de la transferencia de archivos.

Incluso desde este subsistema el docente puede gestionar clases personalizadas creando, modificando o eliminando elementos de este tipo.

Figura 25. Diagrama E-R del subsistema gestión clase. Las tablas de la región encerrada pertenecen al subsistema Visualizar actividad.



Subsistema Visualizar respuestas

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por el usuario docente para revisar las respuestas dadas por sus estudiantes a los planteamientos propuestos en las diferentes actividades que conforman el ambiente. Este subsistema se apoya en el subsistema *Inicio de sesión* para obtener la información de inicio de sesión y así filtrar las respuestas de los estudiantes, mostrando únicamente aquellas pertenecientes a estudiantes de los cursos a cargo del docente. De igual forma, su

Implementación

Subsistema gestión de versión

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por el usuario administrador para gestionar la versión de material académico del ambiente. Desde este subsistema el administrador puede crear una nueva versión del material académico y decidir si lo hace basándose en la versión actual del ambiente. También puede actualizar la versión del material académico si tiene un archivo de versión compatible con el sistema.

Este subsistema se apoya en el subsistema *Transferencia de información* para exportar e importar los archivos con las versiones creadas del ambiente. Hay que tener en cuenta que la transferencia de esta clase de información solo puede realizarse a través de archivo porque el archivo creado es muy grande (contiene todos los contenidos académicos del ambiente) para considerar una transferencia a través de la red. Por lo tanto, el proceso de actualización debe realizarse individualmente de forma manual computador por computador.

Para la implementación de este subsistema fue necesario duplicar las tablas de la base de datos que conforman la versión del material académico y considerar a las tablas duplicadas como temporales que registran los cambios realizados por el administrador a la hora de crear una versión. De esta manera, durante el proceso de creación de versión el administrador realiza los ajustes que considere sin afectar la versión que en su momento se ejecute en el sistema, logrando además que la versión creada se acople adecuadamente al sistema en un eventual proceso de actualización.

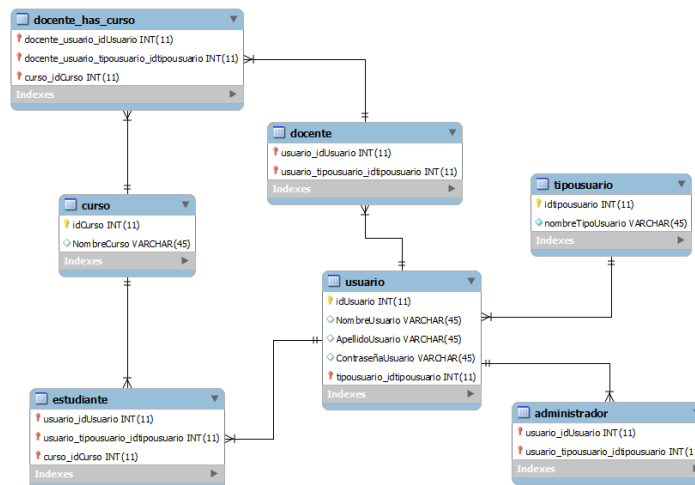
A continuación se ilustra el diagrama entidad – relación para el subsistema de gestión de versiones. De las tablas indicadas en el diagrama, hay algunas que no pueden ser alteradas ya que hacen parte de la configuración inicial del sistema y por lo tanto no fueron duplicadas para implementar este subsistema. Estas tablas son: *curso*, *tipocontenidoacademico*, *tipomensaje* y *tipopreguntaseccion*. Las tablas restantes del diagrama sí son duplicadas.

El diagrama de bases de datos en UML presenta la siguiente estructura:

- Tablas y sus atributos principales:**
 - actividad**: idActivad VARCHAR(45), NonBreActivad VARCHAR(200), EtapaProyecto idEtapaProyecto INT(11), OrdenPresentacionActivid INT(11).
 - curso_has_actividad**: Curso idCurso INT(11), Activid idActivad VARCHAR(45).
 - curso**: idCurso INT(11), NonBreCurso VARCHAR(45).
 - mensajeSeccion**: idMensajeSeccion INT(11), tituloMensajeSeccion VARCHAR(200), descripcionMensajeSeccion VARCHAR(400), seccionContenido idSeccionContadac VARCHAR(45), contenidoContadac idContenidoAcademico VARCHAR(45), tipoMensaje idTipoMensaje INT(11).
 - tipomensaje**: idTipoMensaje INT(11), descripcionTipoMensaje VARCHAR(45).
 - etapaproyecto**: idEtapaproyecto INT(11), NonBreEtapas VARCHAR(45), descripcionEtapas VARCHAR(800), ordenPresentacionEtapas INT(11).
 - contenidoacademico**: idContenidoAcademico VARCHAR(45), NonBreContadac VARCHAR(200), tiposeccionContadac idTipoSeccionContadac VARCHAR(45), UbicacionContadac VARCHAR(200), cursoDisponible VARCHAR(45), Disponible VARCHAR(45), cursoDisponibleOpcional VARCHAR(45), contenidoAcademico idContenidoAcademico VARCHAR(45), UbicacionAyuda VARCHAR(200).
 - seccioncontadac**: idSeccionContadac VARCHAR(45), NonBreSeccion VARCHAR(200), idContenidoAcademico idContenidoAcademico VARCHAR(45), posiconSeccionContadac VARCHAR(200).
 - mensajepregunta**: idMensajePregunta INT(11), tituloMensajePregunta VARCHAR(200), descripcionMensajePregunta VARCHAR(400), preguntaSeccion idPreguntaSeccion VARCHAR(45), preguntaContadac idSeccionContadac VARCHAR(45), tipoPregunta idTipoPregunta INT(11), ubicacionPreguntaMensajePreg VARCHAR(400).
 - tipocontenidoacademico**: idTipoContadac VARCHAR(45), nombreTipoContadac VARCHAR(100).
 - preguntaSeccion**: idPreguntaSeccion VARCHAR(45), descripcionPregunta VARCHAR(400), detallePregunta VARCHAR(100), idTipoPregunta VARCHAR(45), idSeccionContadac VARCHAR(45), posiconPreguntaContadac VARCHAR(45).
 - tipopreguntaSeccion**: idTipoPregunta VARCHAR(45), NonBreTipoPregunta VARCHAR(45).
- Relaciones:**
 - actividad** tiene una relación uno a muchos con **curso_has_actividad**.
 - curso_has_actividad** tiene una relación uno a muchos con **curso**.
 - mensajeSeccion** tiene una relación uno a muchos con **tipomensaje**.
 - mensajeSeccion** tiene una relación uno a muchos con **seccioncontadac**.
 - mensajeSeccion** tiene una relación uno a muchos con **mensajepregunta**.
 - mensajepregunta** tiene una relación uno a muchos con **tipopreguntaSeccion**.
 - mensajepregunta** tiene una relación uno a muchos con **preguntaSeccion**.
 - preguntaSeccion** tiene una relación uno a muchos con **seccioncontadac**.
 - seccioncontadac** tiene una relación uno a muchos con **contenidoacademico**.
 - contenidoacademico** tiene una relación uno a muchos con **tipocontenidoacademico**.

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por el usuario administrador para gestionar las cuentas de usuario del sistema. En este subsistema el administrador puede crear, modificar y eliminar usuarios.

Figura 28. GUI Subsistema Gestión de usuarios e Inicio de sesión



Subsistema inicio de sesión

La funcionalidad de este subsistema es utilizada por todos los usuarios (Estudiante, Docente, Administrador y TCS) del sistema. Su función principal consiste en autenticar la información ingresada por un usuario para permitir o denegar su acceso al sistema. Valida la información ingresada con la almacenada en la base de datos para tomar dicha decisión.

Subsistema Transferencia de información

Este subsistema apoya en mayor o menor medida la función de todos los subsistemas pertenecientes a la capa específica de la aplicación. Se encarga de cualquier transferencia de información que se presente en el sistema.

El sistema admite dos tipos de transferencia: a través de la red (si la configuración de red es adecuada) y a través de archivos. Para la transferencia de información a través de la red utiliza la tecnología de Sockets de Windows, la cual está basada en la comunicación bajo el protocolo TCP/IP utilizando puertos individuales para cada comunicación. Por medio de sockets es posible comunicar dos nodos de la red para transferir entre sí desde mensajes individuales hasta archivos en cualquier formato. Para la transferencia por medio de archivos se utiliza el paquete ABBREVIA que permite manipular archivos comprimidos (en formato ZIP) y se maneja una codificación especial para los archivos creados desde el sistema con el fin de identificar los archivos compatibles con el sistema cuando intenten ser cargados en él.

6.4 PRUEBAS

Para probar el software se aplicaron dos tipos de pruebas:

- Pruebas de sistema: Buscan evaluar el software desde el punto de vista funcional a partir de la ejecución de casos de prueba, pruebas de unidad, etc.
- Pruebas de receptividad: Busca evaluar el software desde la perspectiva de los usuarios finales (la comunidad escolar) en el entorno normal de trabajo.

6.4.1 Pruebas de sistema

Para probar el software desarrollado se aplicaron casos de prueba a cada uno de los casos de uso más importantes con el fin de verificar la funcionalidad principal del software. La mayoría de los casos de prueba presentaron resultados esperados; otros casos de prueba permitieron identificar errores por corregir. Los casos de prueba aplicados se encuentran disponibles en el *Anexo E*.

La siguiente tabla relaciona el resultado de la aplicación de los casos de prueba con cada caso de uso. Si un caso de uso tiene un resultado incorrecto indica que al menos un caso de prueba ejecutado en él no finalizó como se esperaba.

Tabla 10. Resumen de resultados de la aplicación de casos de prueba a cada caso de uso

CASO DE USO	RESULTADO
Iniciar sesión	Correcto
Realizar actividad	Incorrecto
Cargar respuestas desde archivo	Correcto
Crear clase personalizada	Correcto
Modificar clase personalizada	Incorrecto
Eliminar clase personalizada	Correcto
Bloquear actividad	Correcto
Desbloquear actividad	Correcto
Crear usuario	Correcto
Modificar usuario	Correcto
Eliminar usuario	Correcto
Crear versión	Correcto
Actualizar versión	Correcto

De acuerdo al resultado de los casos de prueba, se realizaron las correcciones pertinentes al sistema y se aplicaron nuevamente los casos de prueba arrojando

esta vez resultados satisfactorios. Adicionalmente se aplicaron otros casos de prueba más generales que sugiere el RUP, tales como las pruebas de instalación y las pruebas de configuración.

Pruebas de instalación

Para realizar esta prueba el software fue instalado en diferentes plataformas del sistema operativo Windows. A continuación se listan los sistemas operativos en los cuales ha sido probado y funciona correctamente.

Tabla 11. Sistemas operativos donde se ha probado el software

SISTEMA OPERATIVO	ARQUITECTURA	RESULTADO
Windows 7	32, 64 bits	Correcto
Windows 8	32, 64 bits	Correcto
Windows 10	32, 64 bits	Correcto

Pruebas de configuración

Al realizar esta prueba de configuración notamos una limitante: la arquitectura de red debe cumplir con unas condiciones particulares para que la funcionalidad de transferencia por red pueda ser utilizada. Específicamente es necesario que los equipos que participen del proceso de transferencia pertenezcan a la misma red de clase C.

6.4.2 Pruebas de receptividad

El entorno operativo del software es la institución educativa. Para la realización de las pruebas se contó con el apoyo de la comunidad escolar de la Fundación Colegio UIS quien proporcionó todas las facilidades para aplicarlas.

El proyecto escolar en el cual se desarrolla este trabajo de investigación propone que los estudiantes y profesores de las instituciones educativas sean los principales participantes del proceso de aprendizaje. Por ello además de evaluar el software, nuestro interés con esta prueba consistía en verificar cómo los estudiantes y profesores asumían sus roles dentro del contexto del proyecto escolar y se apoyaban en el software para realizar las actividades escolares correspondientes.

Consideramos que la mejor forma de realizar las pruebas era recrear el escenario en el cual estudiantes y profesores ejecutaban las actividades apoyados en el software con la mínima intervención posible de parte nuestra. Allí el docente debía

ser el orientador principal de las actividades y los estudiantes seguían sus indicaciones para elaborarlas. Sin embargo, para aplicar las pruebas de esa manera se realizó previamente una formación docente, buscando que los docentes se apropiaran de la propuesta, conocieran el funcionamiento del software y por lo tanto contaran con los recursos suficientes para orientar autónomamente la actividad con los estudiantes.

Debido a las limitaciones de tiempo y espacio para realizar la prueba, sólo se desarrollaron las tres primeras actividades del proyecto escolar (Actividad 1 – Juego de la epidemia, Actividad 2 – Simulador Juego de la epidemia y Actividad 3 – Tipos de epidemia). Asimismo, sólo se aplicó con un número específico de profesores y estudiantes de los grados de tercero y séptimo de la institución educativa.

Esta prueba se realizó en dos etapas:

1. Formación docente.
2. Aplicación de actividades con estudiantes.

6.4.2.1 Formación docente

La formación docente se realizó en dos sesiones los días 15 y 16 de Octubre. Participaron nueve docentes pertenecientes a diferentes áreas: Ciencias Naturales, Informática, Matemáticas y Educación Física.

Las sesiones fueron una oportunidad para contextualizar a los docentes sobre la problemática que se busca enseñar en las escuelas y proponer el uso de las TI como un medio para apoyar el proceso de enseñanza en cualquier área del conocimiento. En estas sesiones los docentes realizaron las actividades dispuestas para la prueba asumiendo el rol de estudiantes con el fin de contar con una idea clara del desarrollo de la actividad antes de aplicarla con los estudiantes.

Primera sesión

La primera sesión estuvo dedicada al Juego de la epidemia (Actividad 1) que consiste en una actividad lúdica que recrea el desarrollo de una epidemia en una población de personas. Al final de la primera sesión se presentó el software y se instaló en los equipos personales de cada docente para que lo experimentaran.

Segunda sesión

La segunda sesión estuvo dedicada a las dos actividades restantes (Simulador Juego de la epidemia y Tipos de epidemia) donde los docentes apoyados en el software las realizaban. Previamente fue necesario explicar las funcionalidades del software para que los docentes lo conocieran en detalle y lo manipularan adecuadamente.

El uso del software por parte de los docentes en esta sesión fue una manera de probarlo por primera vez con usuarios finales. El desarrollo de esta sesión permitió recoger aportes y recomendaciones de los docentes con respecto al software para tenerlos en cuenta antes de realizar la prueba con los estudiantes. Estos aportes fueron transmitidos tanto verbalmente como por escrito en un formato dispuesto para ese fin.

Los principales aportes realizados por los docentes fueron:

- Es posible que una actividad no pueda ser contestada completamente por el estudiante debido a la falta de tiempo. Por lo tanto proponen que el software guarde el progreso del estudiante con respecto al desarrollo de la actividad para que en una sesión posterior pueda completarla.
- En los simuladores de HOMOS crear un botón que permita reiniciar la simulación al estado inicial ya que los niños por su curiosidad no acatan todas las indicaciones dadas desde el principio y actualmente hay que salirse de la actividad para reiniciar el escenario.
- Presentar oportunamente las instrucciones para utilizar los simuladores ya que actualmente se dan después de interactuar con ellos.
- Quitar la limitante de no poder salir de una actividad hasta contestar sus preguntas, ya que puede presentarse el caso en el que el estudiante acceda accidentalmente a una actividad diferente a la planteada.

6.4.2.2 Aplicación de actividades con estudiantes

La prueba con los estudiantes se realizó los días 27 y 29 de Octubre. En esta prueba participaron todos los estudiantes de los grados 3B y 7C de la institución educativa.

Se aplicaron las tres actividades escolares planteadas inicialmente. Sin embargo, antes de realizar las actividades 2 (Simulador Juego de la epidemia) y 3 (Tipos de epidemia) que requieren el uso del computador, se acondicionó la sala de informática instalando el software en cada uno de los equipos de la sala.

La mayoría de docentes que participaron en el proceso de formación docente estuvieron involucrados directamente en el desarrollo de al menos una de las

actividades realizadas con los estudiantes. La distribución de los docentes para cada actividad estuvo determinada por el área de conocimiento que enseñan. Para adaptar el desarrollo de las actividades al horario regular de clases de la institución y fomentar la participación de todos los docentes involucrados fue necesario:

- Planificar la ejecución de cada actividad para ser realizada en un tiempo de 45 minutos (duración de una clase en la institución).
- Dividir la actividad 1 (Juego de la epidemia) en dos sesiones: Juego de la epidemia (Desarrollo de la actividad lúdica) y Análisis del juego de la epidemia (Análisis de resultados del juego de la epidemia).

Todas las actividades estuvieron condicionadas por el tiempo de ejecución dedicado a cada una, lo que obligó a realizarlas de forma apresurada generando algunos inconvenientes durante su ejecución (todos los estudiantes no alcanzaban a completarlas, los docentes no podían profundizar en su explicación y los estudiantes no contaban con el espacio suficiente para analizar aspectos importantes de cada actividad).

Por otra parte, los docentes participantes asumieron correctamente su rol ya que la intención de estas actividades era (además de probar el software) buscar que el docente encargado orientara toda la actividad sin la intervención de quien realizaba la prueba. Esto permitió al autor dedicarse exclusivamente a observar la experiencia en el aula con cada actividad para identificar qué aspectos mejorar tanto del software como de la aplicación misma de cada actividad. Este proceso de orientación fue realizado teniendo en cuenta los lineamientos para el diseño de experimentos propuestos por (Arismendi, 2012).

La descripción de las pruebas realizadas a los usuarios finales se encuentra disponible en el *Anexo F*.

La aplicación de estas pruebas permitió identificar algunos inconvenientes con la utilización del software:

- Dificultad en los estudiantes para hallar la manera de responder las preguntas dadas en la guía de actividades.
- Ausencia de una indicación a los estudiantes que permita aclararles la manera adecuada de salir de una actividad cuando han contestado sus preguntas. Actualmente existen dos modos para salir de una actividad: dando clic en el botón cerrar del formulario de la actividad o llegando al final de la línea de secuencia de la actividad y dando clic en el botón salida. El primer modo permite salir de la actividad pero no guarda las respuestas del estudiante; el segundo permite salir de la actividad y además ofrece guardar las respuestas en un archivo o transferirlas por red al computador del docente (si la red está configurada).

- Es posible abrir más de una instancia de la aplicación desde un mismo equipo. Se verificó que algunos estudiantes iniciaron varias veces la aplicación haciendo que se bloqueara.
- Confusión en los estudiantes a la hora de guardar las respuestas ya que en primera instancia pensaban que habían contestado todas las preguntas de una actividad y no entendían por qué el software no permitía guardarlas arrojando el error: *'Hay preguntas que no se han contestado'*.
- El comportamiento de los controles de manipulación de material disponibles en los modelos de EVOLUCION hace que los estudiantes tiendan a confundirse pensando que el control se ha bloqueado cuando este deja una estela en su recorrido.
- Los valores de material expresados en decimal por el animador del modelo confunde a los estudiantes quienes piensan que el valor presentado es muy grande, y en otros casos no asocian esa representación numérica con cantidades de elementos del mundo real (como personas).

7. CONCLUSIONES

- La metodología utilizada se adapta al ritmo del proyecto (tiempos e intensidad) que se quiere realizar ya que permite dividir cada una de las fases en un número determinado de iteraciones de acuerdo a las necesidades de cada proyecto. Sin embargo, no pierde de vista que cada fase debe terminar con unos productos específicos para poder continuar con la siguiente. Además la trazabilidad que ofrece la metodología en cada una de las etapas del proyecto permite que el producto final concuerde con los requisitos planteados al inicio del proyecto.
- La metodología utilizada permitió identificar oportunamente los riesgos críticos del proceso de desarrollo de software para tratar de mitigarlos desde el principio. Gracias a esta tarea, el desarrollo del proyecto no se vio nunca amenazado por algún riesgo que no pudiera ser controlado. Además, la identificación de estos riesgos permitió organizar el trabajo asignando prioridades a las funcionalidades del software.
- El uso de simuladores como parte del proceso de aprendizaje en las escuelas es una herramienta que permite afianzar el aprendizaje sobre fenómenos de interés y además es un punto de partida para integrar progresivamente la DS en la educación escolar.
- Teniendo como referente la primera experiencia de aplicación del proyecto institucional (año 2012) y comparándola con la experiencia actual (durante la aplicación de pruebas), podemos afirmar que el software realizado cumple su propósito de apoyar el desarrollo de las actividades escolares ya que contribuye a mantener el orden propuesto para cada actividad, ofrece herramientas para que el docente controle la sesión de sus estudiantes y fomenta la participación de la comunidad escolar en el proyecto institucional promoviendo el uso del computador.
- El software desarrollado puede servir como herramienta de apoyo a proyectos institucionales futuros que traten otro tipo de enfermedades por vector ya que sólo es necesario realizar unas cuantas modificaciones técnicas en el mismo para adaptarlo a una nueva temática.

8. RECOMENDACIONES

Para el desarrollo de proyectos de software dirigidos al ámbito escolar es fundamental contar con el apoyo de un experto en pedagogía que se encargue de revisar y adaptar el material académico de acuerdo a la población objetivo, y un diseñador gráfico que aporte significativamente al desarrollo de la interfaz gráfica de usuario dirigida a los estudiantes.

Realizar una prueba de campo en una institución educativa en la cual se cuente con los recursos necesarios para aplicar el proyecto institucional de forma paralela al desarrollo del calendario escolar con el fin de aplicar todas las actividades propuestas y probar los contenidos académicos en su totalidad. Además es conveniente buscar mecanismos que permitan medir el impacto del aprendizaje de los estudiantes en la forma de actuar de la comunidad.

Elaborar un componente del software EVOLUCION 4.5 para las versiones actuales del entorno de programación DELPHI con el fin de aprovechar las mejoras que posee EVOLUCION en su última versión y poder integrarlo como parte de las aplicaciones que utilicen sus animadores.

Mejorar permanentemente el contenido académico utilizado buscando que sea más didáctico y agradable a los estudiantes, especialmente para los niños de edades tempranas.

BIBLIOGRAFÍA

ANDRADE, Sosa; NAVAS, Ximena; MAESTRE Gina, LOPEZ Giovanni. El modelado y la simulación en la escuela: De preescolar a undécimo grado construyendo explicaciones científicas. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2013. 260 p. ISBN 978-958-8788-68-9.

ARISMENDI, José. Lineamientos de diseño de experimentos para apreciar aportes de la dinámica de sistemas (DS) en los procesos de aprendizaje y formación escolar. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander. 2012. 212 p.

BOOCH, Grady; JACOBSON, Ivar y RUMBAUGH, James. El proceso unificado en el desarrollo de software. Madrid: Pearson Educación S.A, 2000. 464 p. ISBN 84-7829-036-2.

CAMPDERRICH, Benet. Ingeniería del software. Barcelona: Editorial UOC. 2003. 320 p. ISBN 84-8318-997-6.

DUARTE, Carmen; LOZANO, Oscar. HOMOS 1.0: Herramienta software para el modelamiento y simulación basado en objetos y reglas. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 1998. 215 p.

MAESTRE, Gina. Propuesta de uso de lúdica mediada por la tecnología de la información para facilitar la integración del modelado y la simulación en la escuela. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2011. 128 p.

NAVAS, Ximena. Propuesta informática para la educación en el cambio, basada en ambientes de modelado y simulación. Un enfoque sistémico. Bucaramanga.: Universidad Industrial de Santander. 2006. 297 p.

ORTIZ, John; SUAREZ, Diana. MICRHO 2.0: Micromundo para el desarrollo del pensamiento sistémico soportado en el modelamiento basado en objetos y reglas. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander. 2008. 398 p.

STERMAN, John. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a complex world. United States: McGraw-Hill, 2000. 1008 p. ISBN 0-07-231135-5.

ANEXO A. PRUEBAS A MODELOS DE DINÁMICA DE SISTEMAS

El presente anexo describe en detalle las diferentes pruebas realizadas a los modelos de dinámica de sistemas que hacen parte del contenido académico del software. Cada uno de los modelos probados era mejorado de acuerdo a los resultados de las pruebas que se aplicaron.

Modelo del Juego de la epidemia Primaria

Prueba de idoneidad de los límites

El modelo de DS tiene un alcance limitado porque las variables que hacen parte de este son cuatro y todas son endógenas:

- SANOS (Nivel)
- ENFERMOS (Nivel)
- CONTAGIO (Flujo)
- TASACONTAGIO (Función no lineal)

Este modelo se limita a recrear el fenómeno ocurrido en el juego de la Epidemia y lo hace adecuadamente con la interacción de estas variables endógenas. Las personas sanas se contagian progresivamente, tal cual ocurre realmente. Las cuatro variables utilizadas en el modelo son suficientes para representar el fenómeno.

¿Qué variables y otras cuestiones importantes se han excluido del modelo?

El modelo excluye un aspecto importante para el desarrollo del juego de la epidemia, la inserción de alguna variable que represente las reglas del juego planteadas por el árbitro. No tomamos en cuenta los factores que influyen de manera directa en una epidemia como la prevalencia o incidencia de una persona para una enfermedad particular o la forma de transmisión particular de la enfermedad.

¿Cuál es el horizonte de tiempo relevante del problema?

Bajo las condiciones normales del sistema (sanos y enfermos mayor que cero), el modelo puede representar el desarrollo del juego de la epidemia en un instante determinado de tiempo y el interés global se centra durante la transición de personas sanas a enfermas.

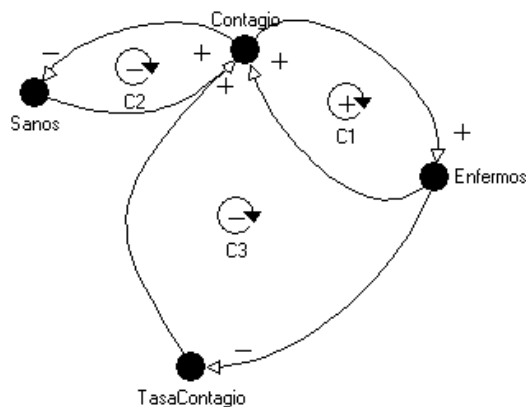
Prueba de evaluación de la estructura

¿La estructura del modelo es consistente con el conocimiento relevante del sistema?

El modelo es consistente con la realidad del fenómeno que se desea simular. En el juego de la epidemia interviene varias personas (estudiantes) que adoptan un rol (sano o enfermo) durante el desarrollo del juego. La idea es que las personas sanas pasen a enfermas en un tiempo determinado y este contagio es influenciado indirectamente por la cantidad de personas enfermas que existan en el entorno. Todo esto es representado en el modelo a partir de diferentes tipos de variables.

Nivel de agregación del diagrama causal

Figura 29. Diagrama de influencias del Simulador Juego de la Epidemia PRIMARIA

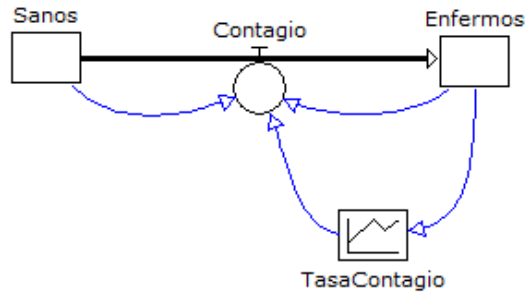


El anterior corresponde al diagrama de influencias (también llamado diagrama causal) del modelo Juego de la Epidemia para Primaria. Allí están representadas todas las posibles relaciones causales que se presentan entre las variables del modelo. Como consecuencia de estas relaciones hay establecidos tres ciclos de realimentación (dos negativos y uno positivo) los cuales formalizan el comportamiento dinámico del modelo. Sin embargo es cuestionable la presencia de la influencia de las personas enfermas en el contagio: hay una influencia directa representada en el ciclo de realimentación positivo (C1) y otra influencia indirecta representada por el ciclo de realimentación negativo (C3) a través de la función no lineal TASACONTAGIO.

No resulta conveniente establecer un nivel de agregación al diagrama de influencias porque el modelo es muy simple conceptualmente y simula correctamente la dinámica de la epidemia.

Nivel de agregación del diagrama flujo nivel

Figura 30. Diagrama flujo nivel del modelo Simulador Juego de la Epidemia PRIMARIA



Como ocurre con el diagrama de influencias, el diagrama flujo nivel representa también la dinámica del juego de la epidemia con las variables que se encuentran representadas en el modelo, sin la necesidad de ampliar en nivel de agregación porque aquí están representados los elementos necesarios y básicos para el desarrollo de la dinámica del Juego de la Epidemia.

Prueba de consistencia dimensional

Esta prueba consiste en revisar las ecuaciones que componen el modelo desde el punto de vista de las unidades o dimensiones. Tras esta revisión concluimos que el modelo no es consistente dimensionalmente para la ecuación CONTAGIO.

Dimensiones de las variables de la ecuación:

SANOS (Personas)

ENFERMOS (Personas)

TASACONTAGIO (1/Unidad de tiempo = 1/Jugada)

CONTAGIO

$$\text{CONTAGIO} = \text{INT} (\text{SANOS} * \text{ENFERMOS} * \text{TASACONTAGIO}) \text{ [Personas}^2\text{/Unidad de Tiempo]}$$

La ecuación del contagio no presenta las dimensiones adecuadas. CONTAGIO es el único flujo de material del modelo encargado de establecer la relación entre los niveles SANOS y ENFERMOS. Por tal motivo, este debe tener como unidades Personas/Unidad de Tiempo porque esta es la función del flujo. Es necesario modificar la estructura del modelo en cuanto a flujos de información dirigidos a CONTAGIO para corregir esto.

Prueba de evaluación de parámetros

Formalmente no existe un parámetro en el modelo. Una aproximación a este es la función no lineal TASACONTAGIO que representa la influencia existente en el contagio por parte de las personas enfermas. Por lo tanto, se analizará esta función no lineal como alternativa al desarrollo de esta prueba.

Gráfica 1. Representación gráfica de la función no lineal TASACONTAGIO



Según los autores del modelo, la función no lineal no ha sido desarrollada a partir de un fundamento conceptual que soporte la tendencia de su comportamiento sino que ha sido establecida a prueba y error para lograr la dinámica del juego de la epidemia. Por lo tanto esta función debe ser evaluada tanto cuantitativa como cualitativamente y si es el caso debe ser reformulada.

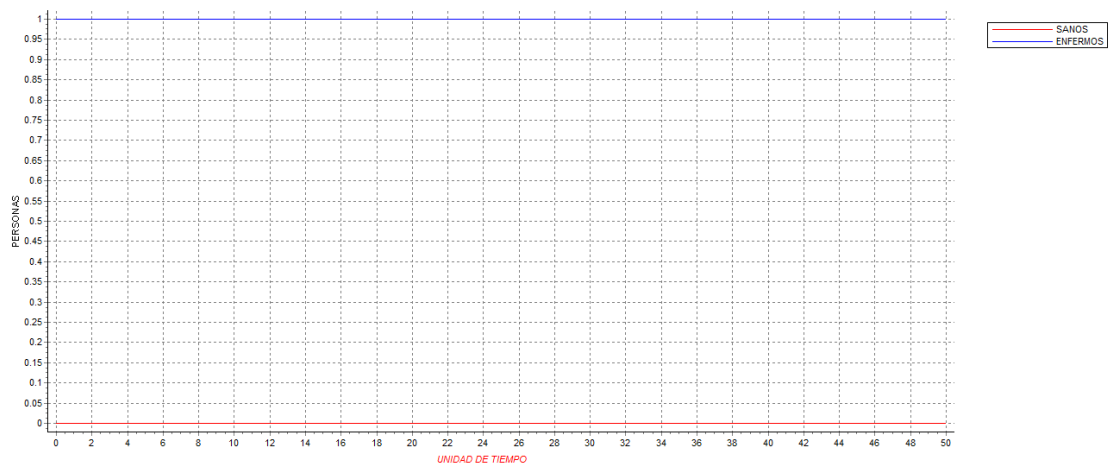
Prueba de condiciones extremas

Esta prueba consiste en determinar cuál es el comportamiento adoptado por el modelo si sus variables más importantes tienen valores extremos como condición inicial. La prueba que aplicaremos para analizar el comportamiento es la prueba por simulación.

Sanos = 0 con condiciones restantes normales

Se supone que el modelo bajo esta condición no puede generar ningún tipo de comportamiento dinámico porque el contagio nunca se efectuará si no existe ninguna persona sana a quien contagiar.

Gráfica 2. Comportamiento dinámica de la epidemia bajo condición SANOS = 0

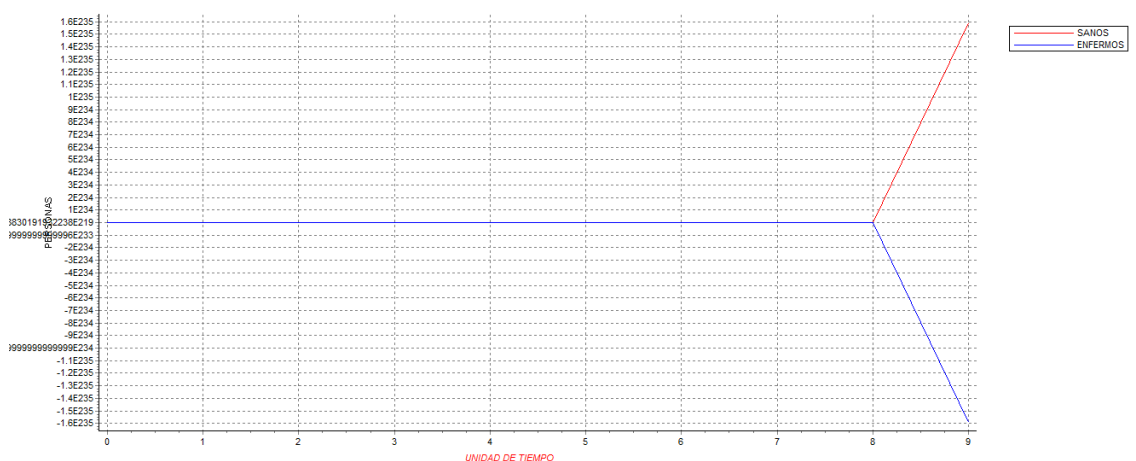


El comportamiento del modelo bajo estas condiciones es el esperado porque la dinámica de la epidemia nunca se desarrolla si no existe alguien a quien contagiar, el contagio será cero durante toda la simulación.

Sanos = 1000 con condiciones restantes normales

Se espera que el modelo bajo esta condición produzca la dinámica de la epidemia de forma natural porque el contagio puede efectuarse sin ningún inconveniente. No importa que tan grande sea el valor del nivel SANOS porque en algún punto de la simulación todos pasaran a enfermos.

Gráfica 3. Comportamiento dinámica de la epidemia bajo condición SANOS = 1000



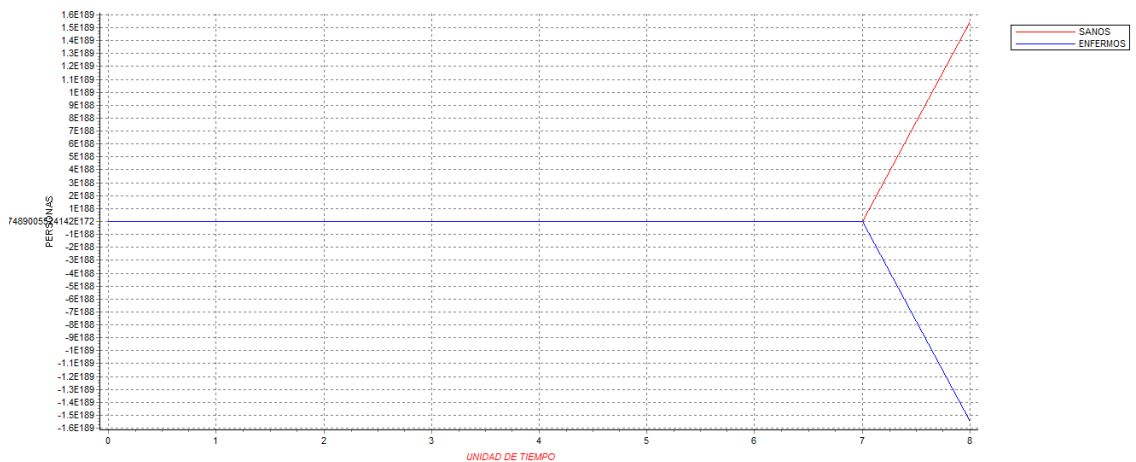
Sin embargo el comportamiento manifestado por el modelo es diferente a lo que se pensaba. La dinámica de la epidemia presenta un comportamiento inadecuado

porque los dos niveles del modelo adoptan valores positivos y negativos muy grandes. Por lo general, este comportamiento es generado por el incumplimiento de las leyes de conservación de la materia en donde es necesario revisar la ecuación de CONTAGIO.

Enfermos = 1000 con condiciones restantes normales

A partir del comportamiento bajo la condición inmediatamente anterior podríamos suponer que el modelo adoptará valores positivos y negativos muy grandes para los niveles que lo componen. Sin embargo, en este caso es posible que la función no lineal TASACONTAGIO impida el desarrollo de este comportamiento debido a que para valores superiores a 5 para el nivel ENFERMOS, $TASACONTAGIO = 0.01$, lo que provocará que el flujo CONTAGIO sea pequeño durante toda la simulación.

Gráfica 4. Comportamiento dinámica de epidemia bajo condición ENFERMOS = 1000

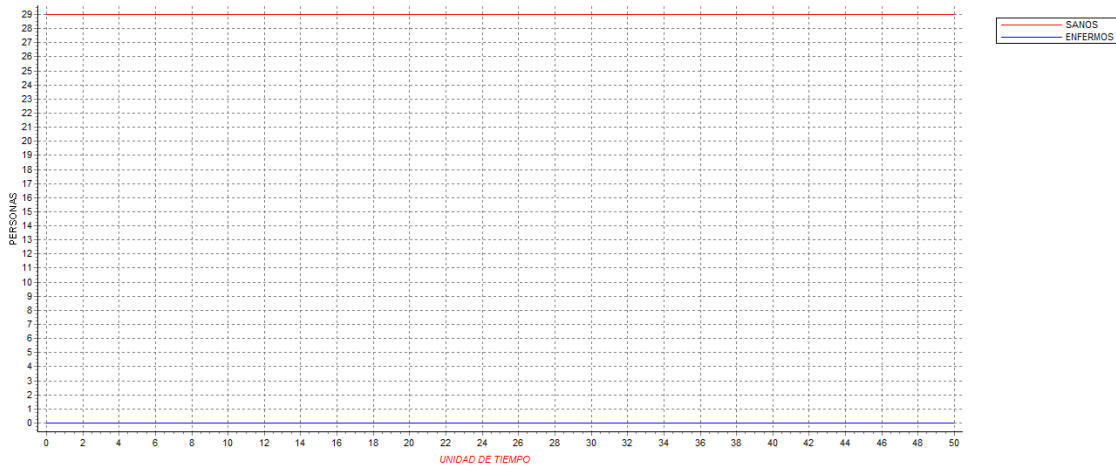


El comportamiento del modelo es el mismo que se obtuvo en la condición anterior, debido a que el flujo CONTAGIO tiene un enlace de información directo con el nivel ENFERMOS lo que hace que este adopte valores muy grandes y provoque el mismo comportamiento de la condición anterior ($SANOS = 1000$).

Enfermos = 0 con condiciones restantes normales

El modelo bajo estas condiciones no debe manifestar ningún tipo de dinámica de epidemia porque no hay ninguna persona enferma que tenga la enfermedad y pueda llegar a propagarla en el entorno. Como se puede ver en la Gráfica 5 este es exactamente el mismo comportamiento presentado por el modelo por lo que tiene una tendencia adecuada.

Gráfica 5. Comportamiento dinámica de la epidemia bajo condición ENFERMOS = 0



Prueba de paso de integración

Esta prueba consiste en variar las condiciones de simulación a las cuales es sometido el modelo. Esta prueba es posible hacerla desde el software EVOLUCION a partir de la variación del paso de integración así como también del método de integración (Euler o Runge Kutta). En la siguiente tabla se resumen los resultados del modelo bajo diferentes condiciones de simulación.

Tabla 12. Resultado prueba de paso de integración

PASO DE INTEGRACIÓN	MÉTODO DE INTEGRACIÓN	COMPORTAMIENTO
2	Euler	Normal
0.5	Euler	Normal
0.25	Euler	Normal
2	Runge Kutta	Normal
0.5	Runge Kutta	Normal
0.25	Runge Kutta	Normal

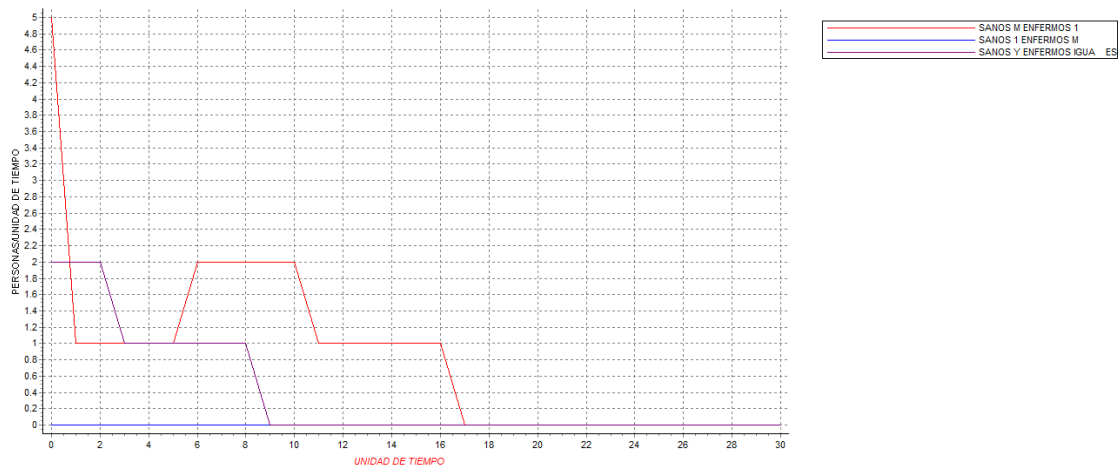
Análisis de sensibilidad

El software EVOLUCION ofrece dos mecanismos para realizar el análisis de sensibilidad: Por variación de parámetros y por variación de escenarios. Sin embargo, como este modelo no tiene ningún parámetro en su formulación, solo se aplicará el análisis de sensibilidad por variación de escenarios.

Análisis de sensibilidad por variación de escenarios

El único escenario que vamos a evaluar es la dinámica de la epidemia representada por el valor del flujo CONTAGIO durante el desarrollo de la simulación. Como se ilustra en la *Gráfica 6*, el modelo adopta diferentes comportamientos bajo variadas condiciones iniciales de los niveles que lo componen.

Gráfica 6. Análisis de sensibilidad por variación de escenarios SIMULADOR JUEGO DE LA EPIDEMIA PRIMARIA



El flujo CONTAGIO tiene un comportamiento discreto durante la simulación porque así está definido, esto con el fin de facilitar la comprensión de la dinámica de la epidemia por parte de los estudiantes de primaria impidiendo que los resultados se presenten en valores decimales poco entendibles para ellos.

La epidemia es más corta si la mitad de la población se encuentra enferma desde el principio de la simulación (SANOS Y ENFERMOS IGUALES), lo cual resulta lógico; la epidemia se demora más si la mayoría de las personas están sanas (SANOS M-MUCHOS ENFERMOS 1) porque toda la población debe llegar a contagiarse. Por último el contagio llega a ser prácticamente nulo si la población de personas está en su mayoría infectada desde el principio de la simulación.

El comportamiento del flujo CONTAGIO no presenta la misma tendencia del desarrollo de una epidemia normal en la cual, el contagio aumenta progresivamente, llega a un valor máximo y disminuye hasta ser cero.

Modelo del Juego de la epidemia Secundaria

Prueba de idoneidad de los límites

Las variables que están presentes en el modelo del Juego de la epidemia son clasificadas en endógenas y exógenas:

Tabla 13. Variables exógenas y endógenas utilizadas en el modelo Juego de la Epidemia

VARIABLE EXÓGENA	VARIABLE ENDÓGENA
P_Contg (Probabilidad de que una persona sana salude a una enferma).	• Sanos (Personas sanas) • Enfermos (Personas enfermas) • P_Encuentro_S (Probabilidad de que un enfermo se encuentre con un sano) • Contagio (Personas sanas contagiadas por unidad de tiempo)

Las variables anteriormente descritas y su interacción, simulan adecuadamente el comportamiento del juego de la epidemia y cumple con las condiciones básicas mencionadas en el propósito del modelo:

- ✓ Hay una población de personas, sanas inicialmente (Sanos = 29) que se ven afectadas por la presencia de un enfermo (Enfermos = 1), el cual inicia la dinámica de contagio (acompañados del flujo Contagio) y la transición de sanos a enfermos en un tiempo determinado.
- ✓ Las personas se contagian poco a poco dependiendo de ciertos factores:
 - La tasa de contagio (Determinada en el modelo por la Probabilidad de Contagio: P_Contg).
 - El encuentro entre sanos y enfermos (Determinado en el modelo por la Probabilidad que un enfermo tiene de encontrarse con uno sano: P_Encuentro_S).

¿Qué variables y otras cuestiones importantes se han excluido del modelo?

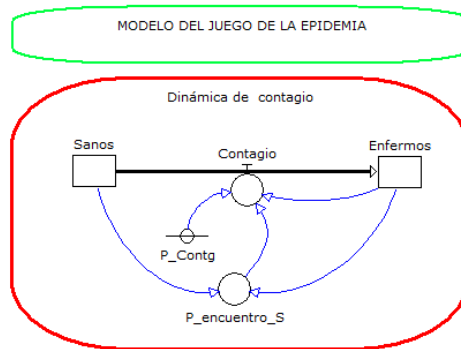
Notoriamente, el modelo omite factores importantes en el desarrollo de una epidemia tales como las condiciones ambientales, sanitarias, las tasas de incidencia y prevalencia de la epidemia y la influencia del vector de la enfermedad particularmente. Sin embargo, el modelo del Juego de la Epidemia como su nombre

lo indica, se enfoca principalmente en los factores asociados a la dinámica de Juego de la epidemia que se realizó en una actividad anterior.

¿Cuál es el horizonte de tiempo relevante del problema?

El horizonte de tiempo de interés en el modelo es el comprendido durante la transición de sanos a enfermos de la población; una vez todos estén enfermos, el comportamiento posterior no será relevante debido a que no habrá ninguna modificación en él.

Figura 31. Modelo del Juego de la Epidemia original

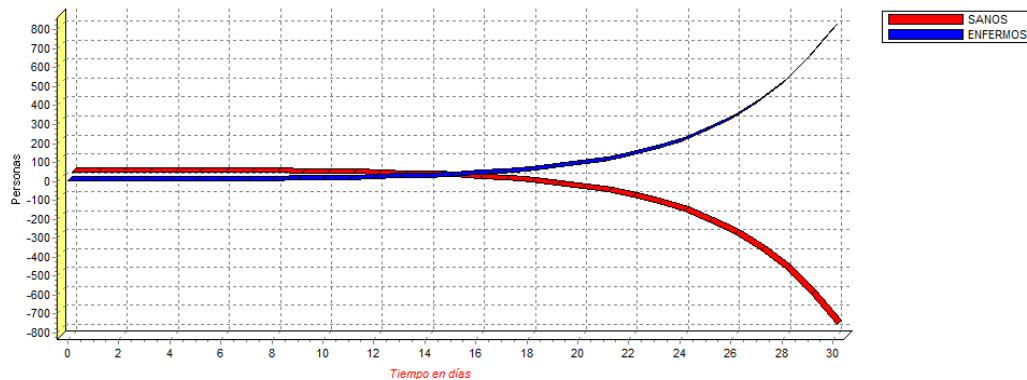


¿Cambian las recomendaciones propuestas cuando el límite del modelo es extendido?

El modelo cambia sus condiciones si es modificado en su estructura. Particularmente hablando, el modelo cambia sus políticas si alguna de sus variables endógenas es transformada en exógena, esto debido a que una variable tan importante como $P_{Encuentro_S}$ se transforma en exógena. Sin embargo, el resultado del modelo es inadecuado cuando fijamos $P_{Encuentro_S} = 0.5$ como puede verse en la *Gráfica 7*. El comportamiento presentado es inadecuado ya que no cumple la ley de conservación de la materia y por el contrario este llega a adoptar valores grandes positivos y negativos conforme avanza el tiempo.

Por lo tanto la realización de esta modificación no es pertinente tenerla en cuenta sino que simplemente sirve para indicar que las condiciones cambian si se pasa de variables endógenas a exógenas.

Gráfica 7. Comportamiento modelo con P_encuentro_S como variable exógena y paso de integración modificado



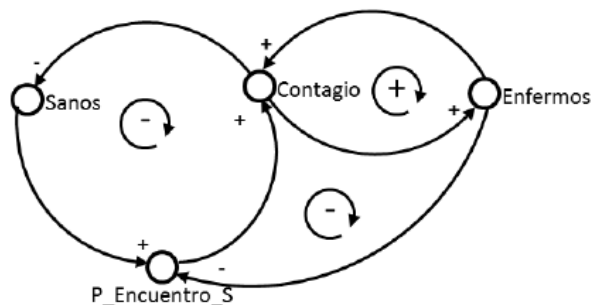
Prueba de valoración de la estructura

¿La estructura del modelo es consistente con el conocimiento relevante del sistema?

Si es consistente porque el modelo recrea la dinámica del Juego de la Epidemia que realizaron los estudiantes durante la actividad lúdica del Juego de la Epidemia del inicio del proyecto Institucional. El juego consiste en que un jugador (estudiante) está contagiado pero no indica a los otros su estado; el resto de jugadores están inicialmente sanos y consecuentemente (por la presencia del estudiante infectado) se va contagiando hasta que todos queden en ese estado. Este, a la larga es el sistema que se desea modelar.

Nivel de agregación del diagrama causal

Figura 32. Diagrama causal Juego de la Epidemia



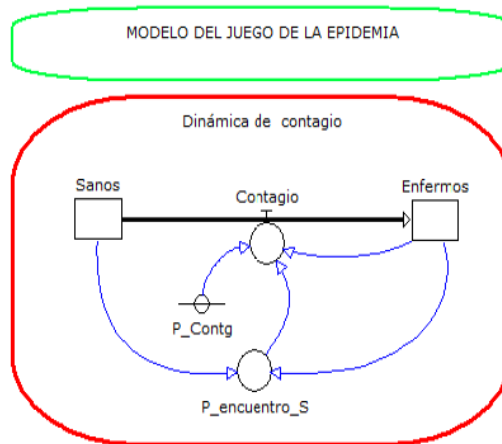
Fuente: La dinámica de sistemas en un proyecto educativo para la sostenibilidad de un sistema de alerta temprana en salud.

El diagrama causal del Juego de la Epidemia presentado contiene las relaciones causales de todas las variables que interactúan para recrear el fenómeno. Debido

a la simplicidad del modelo este contiene las variables suficientes y no hay necesidad de aumentar la complejidad de este porque esta lo estrictamente necesario. Por lo tanto, el modelo presenta el nivel de agregación adecuado para el propósito del modelo.

Nivel de agregación del diagrama de flujos y niveles

Figura 33. Diagrama de flujo nivel del modelo Juego de la Epidemia



El diagrama de flujo nivel presentado es adecuado al propósito del modelo porque representan la dinámica del Juego de la Epidemia. El nivel de agregación del diagrama flujo nivel se limita a recrear el Juego de la Epidemia presentando las variables suficientes para simular el modelo.

Prueba de consistencia dimensional

La prueba consiste en la revisión de cada ecuación del modelo para determinar si los elementos que componen la ecuación y la ecuación en su conjunto poseen las unidades adecuadas según la función que cumplen dentro del modelo.

Niveles

Tabla 14. Representación de niveles del modelo

Nombre del nivel	Condición inicial	Unidades
Sanos	29	Personas
Enfermos	1	Personas

La entrada y salida del flujo Contagio son Personas. Por lo tanto las unidades del flujo debe ser Personas/Unidad de Tiempo (Persona/Jugada):

$$\text{Flujo Contagio} = \text{MIN} (\text{Tasa Deseada}, \text{Tasa Máxima})$$

El flujo en cualquier instante de tiempo adoptará una de las dos tasas como valor; cada una de estas tasas debe tener como unidades Persona/Unidad de Tiempo:

Tabla 15. Representación de tasas del modelo

Nombre de la tasa	Representación en el modelo	Unidades
Tasa Deseada	$(P_{\text{encuentro_S}} * \text{Enfermos}) * P_{\text{Contg}}$	$(\text{Adimensional} * \text{Personas}) * (1/\text{Jugada})$ Personas/Jugada
Tasa Máxima	$\text{MaximoContagio} = \text{Sanos} / (\text{Pob_Inic_Sanos} / (PT * P_{\text{Contg}}))$	$\text{Personas} / (\text{Personas} / (\text{Personas} * (1/\text{Jugada})))$ Personas/Jugada

El modelo es consistente dimensionalmente hablando; sus unidades son coherentes.

Prueba de evaluación de parámetros

Esta prueba consiste en evaluar cada parámetro presente en el modelo tanto en su significado en la vida real como en el valor que adopta el parámetro durante la simulación.

¿Los valores de los parámetros son consistentes con el conocimiento numérico del sistema?

No, el único parámetro denominado P_{Contg} no tiene un valor consistente con la realidad. Este parámetro no ha sido previamente documentado para determinar el origen de su valor y además no corresponde con las instrucciones dadas para el Juego de la Epidemia.

¿Todos los parámetros tienen su homólogo en el mundo real?

Si, el parámetro P_{Contg} tiene su equivalente en el mundo real ya que este representa la probabilidad de que el contacto entre un sano y un enfermo genere contagio.

P Contg (Probabilidad de Contagio)

Corresponde a la probabilidad de que el contacto entre un sano y un enfermo genere contagio en el sano. Teniendo en cuenta las orientaciones del Juego de la epidemia para que exista contagio al haber contacto entre un sano y un enfermo debe cumplirse las siguientes condiciones:

Se debe cumplir que los números de la columna “Jugador” y “Señal del árbitro” sean iguales y que además que la persona a la cual saludo le hizo la seña que le indico que estaba enfermo. Como se muestra en la tabla:

Tabla 16. Regla de cumplimiento de contagio en el Juego de la epidemia

Jugador 1o2	Señal del árbitro 1o2	¿Saludo a un enfermo?	Estado Actual
1	1	Si	Enfermo
2	2	Si	Enfermo

La información anterior permite calcular la probabilidad de contagio en el sistema:

Número del Jugador y Señal del árbitro Iguales:	{ Enfermo
	{ Sano
Número del Jugador y Señal del árbitro Diferentes:	{ Enfermo
	{ Sano

$$P (\text{Números Iguales y Jugador Enfermo}) = P (\text{Números Iguales}) * P (\text{Jugador Enfermo}) = 0.5 * 0.5 = 0.25$$

Por lo tanto, según el criterio anterior la probabilidad de contagio del modelo inicial ($P_{\text{Contg}} = 0.5$) no es consistente con el Juego de la epidemia ya que esta solo considera la probabilidad de que el jugador saludado sea enfermo. La probabilidad del contagio con las condiciones anteriores es **0.25**.

Prueba de condiciones extremas

Hay dos maneras de llevar a cabo esta prueba: Por inspección directa de las ecuaciones del modelo y por simulación. Cuando se realiza por inspección directa de las ecuaciones del modelo debe examinarse una a una las ecuaciones del mismo: mirar su salida a partir de cualquier tipo de valor extremo que tome los

parámetros que la componen (debe mirar las entradas tanto individualmente como grupalmente). Sin embargo, para los modelos aquí presentados se realiza esta prueba es por simulación del modelo para analizar su comportamiento.

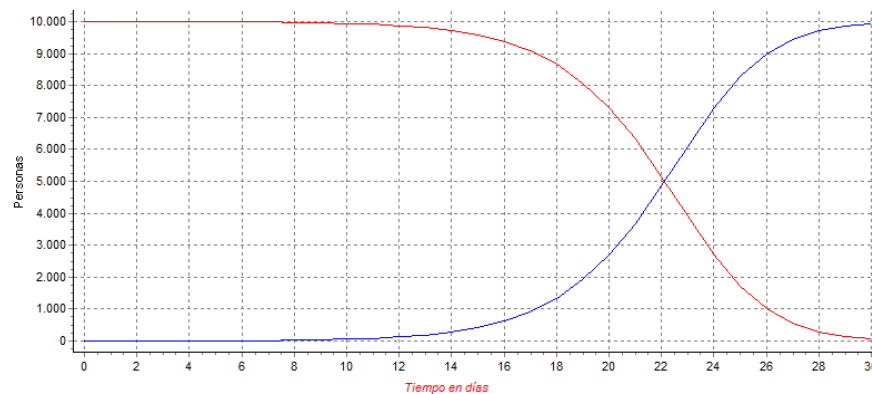
Prueba por simulación

Para el modelo en cuestión se utilizaron condiciones iniciales diferentes alternando las posibilidades de cero a infinito entre los niveles Sanos y Enfermos y se simuló el modelo para revisar los diferentes comportamientos.

Sanos = 10000 y Enfermos = 1 con condiciones restantes normales

El comportamiento presentado por el modelo bajo estas condiciones es el presentado en la *Gráfica 8*. La población de sanos independientemente de lo grande que sea termina por contagiarse en su totalidad en algún tiempo de la simulación bajo la presencia de al menos un enfermo. Este comportamiento es adecuado a la dinámica del Juego de la Epidemia modelada.

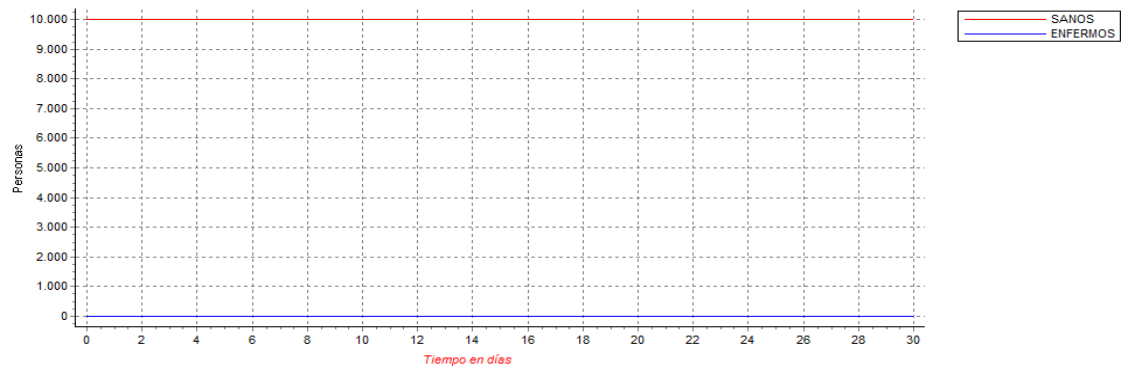
Gráfica 8. Comportamiento Juego de la Epidemia para Sanos = 10000 y Enfermos 1



Sanos = 10000 y Enfermos = 0 con condiciones restantes normales

El comportamiento del modelo bajo estas condiciones esta presentado en la *Gráfica 9*. Si no existe ningún enfermo en el entorno es imposible que llegue a desarrollarse el contagio. Por lo tanto, la población de sanos y enfermos permanece con los mismos valores desde el principio hasta el final de la simulación. Este comportamiento es adecuado según el propósito del modelo.

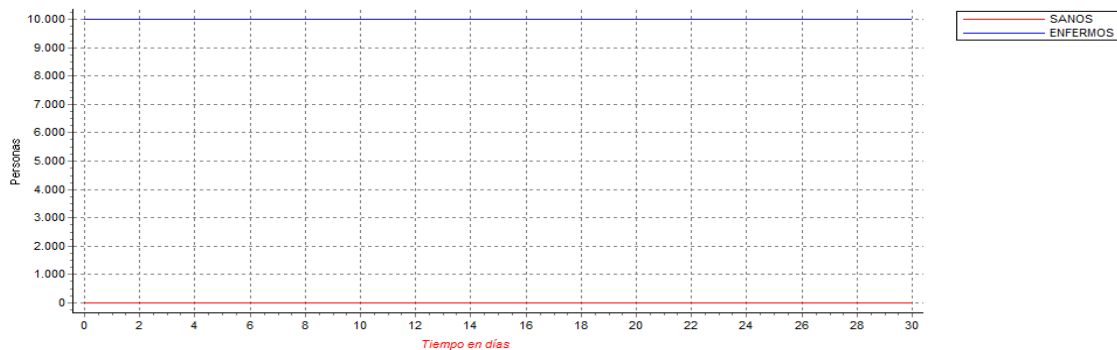
Gráfica 9. Comportamiento Juego de la Epidemia Sanos = 10000 y Enfermos = 0



Sanos = 1 y Enfermos = 10000 con condiciones restantes normales

El comportamiento bajo estas condiciones es el presentado en la *Gráfica 10*. La cantidad de sanos pasa de uno a cero pero no se nota el cambio por el rango tan grande del eje Y. Sin embargo, al final todos terminan enfermos y la simulación permanece constante desde entonces. El comportamiento del modelo es el adecuado durante toda la simulación.

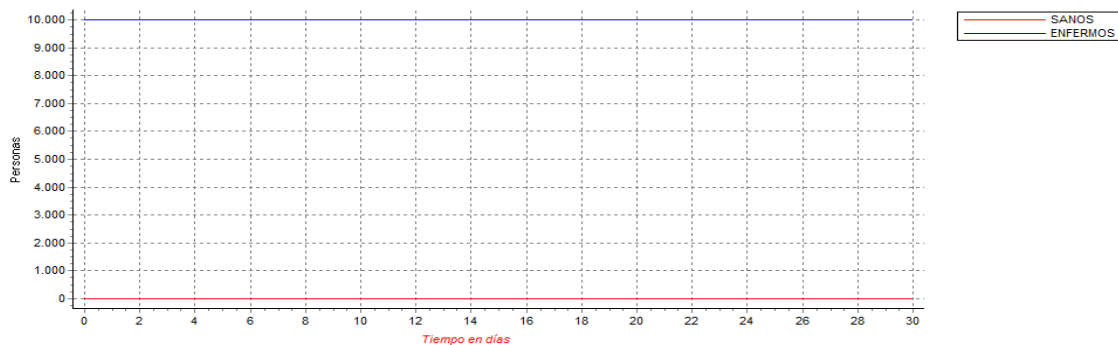
Gráfica 10. Comportamiento del modelo Juego de la Epidemia para Sanos = 1 Enfermos = 10000



Sanos = 0 y Enfermos = 10000 con condiciones restantes normales

El comportamiento del modelo bajo las condiciones anteriormente presentadas es presentado en la *Gráfica 11*. El comportamiento a pesar de ser similar al anterior es adecuado, porque no hay ningún sano a quien contagiar y por lo tanto el modelo permanecerá estable durante toda la simulación.

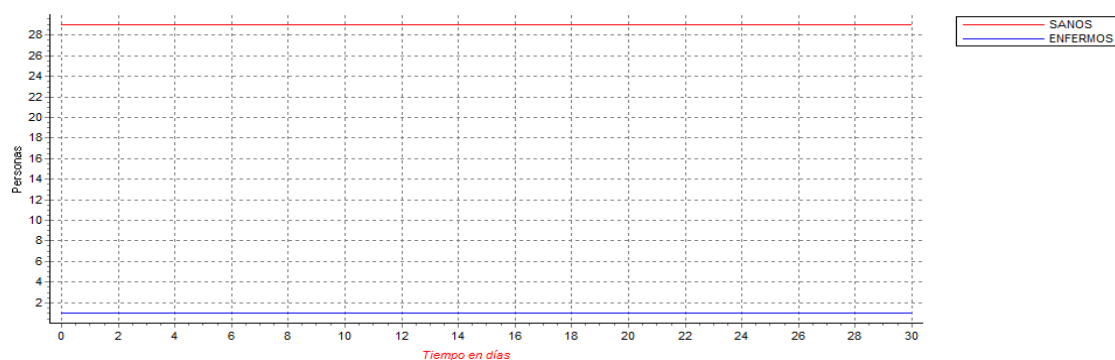
Gráfica 11. Comportamiento del modelo Juego de la Epidemia bajo condiciones Sanos = 0 y Enfermos = 10000



$P_{\text{Contg}} = 0$ con condiciones restantes normales

Bajo esta condición se supone que el modelo no presenta ningún tipo de contagio ni debe haber transición de sanos y enfermos porque la probabilidad de contagiarse será cero. El comportamiento del modelo es expresado en la *Gráfica 12*. Como se puede ver no hay ningún tipo de contagio durante la simulación porque al haber contacto entre sanos y enfermos no se presenta contagio ($P_{\text{Contg}} = 0$). Por lo tanto, el modelo llega a ser adecuado en su comportamiento bajo estas condiciones.

Gráfica 12. Comportamiento Juego de la Epidemia para $P_{\text{Contg}} = 0$

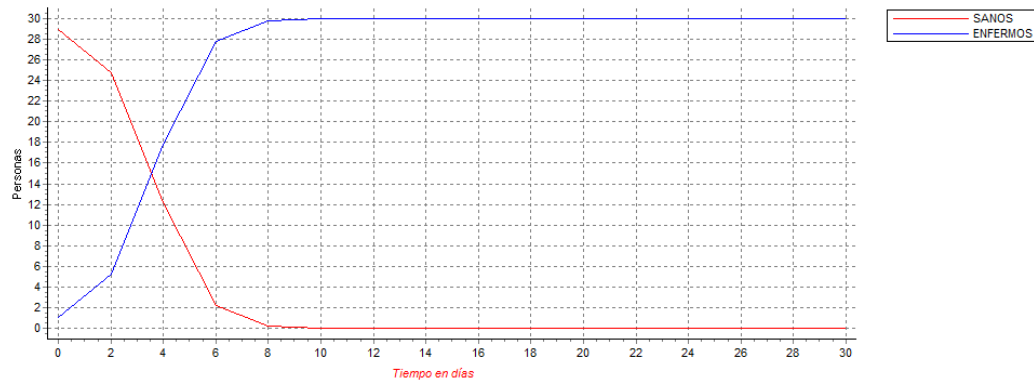


$P_{\text{Contg}} = 1$ con condiciones restantes normales

Bajo esta condición, la epidemia o el contagio debe propagarse en un tiempo inferior al que normalmente se desarrolla porque la probabilidad de que exista contagio al haber contacto entre un sano y un enfermo es alta ($P_{\text{Contg}} = 1$). El comportamiento del modelo con esta condición es el de la *Gráfica 13*. Como se

puede ver, el contagio se realiza en un tiempo más corto al normal porque el contagio está condicionado únicamente por la variable $P_Encuentro_S$.

Gráfica 13. Comportamiento Juego de la Epidemia cuando $P_Contg = 1$



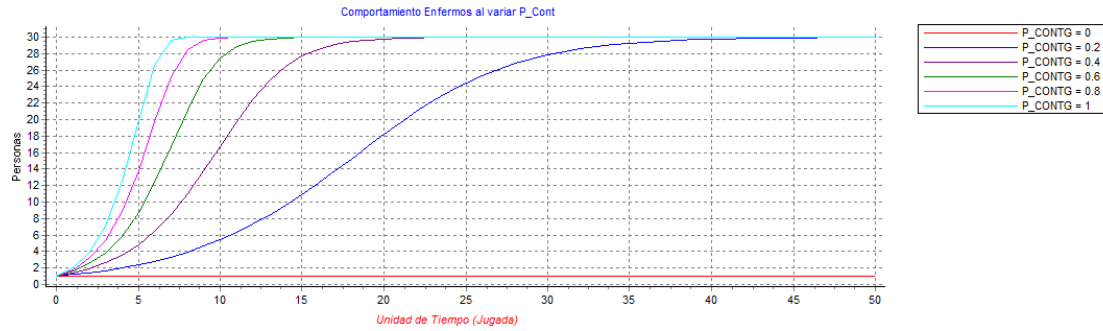
Revisando cada uno de los comportamientos presentados por el modelo bajo condiciones extremas, nos damos cuenta que presenta resultados coherentes y supera la prueba sin inconvenientes.

Análisis de sensibilidad

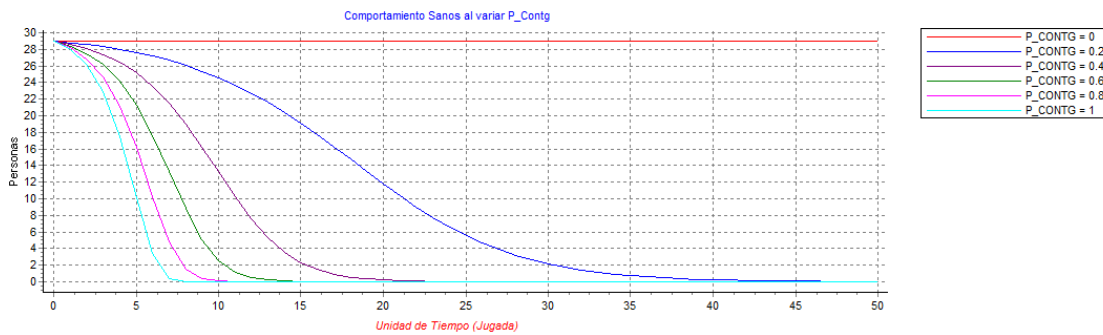
Análisis de sensibilidad por variación de Parámetros

Esta prueba consiste en la variación de los valores de los parámetros del modelo bajo un rango de incertidumbre propio de cada parámetro, obtenido de la inferencia del parámetro o por el método estadístico por el que se halló su valor base. El único parámetro que será evaluado es el nombrado en el modelo como P_Contg (Probabilidad del contagio) el cual corresponde a la probabilidad que existe de que un enfermo contagie a un sano al haber contacto mutuo. El rango de incertidumbre de este parámetro, al ser una probabilidad, es el comprendido entre cero y uno (0 – 1). A continuación se presentan los resultados de este análisis de sensibilidad, que en la herramienta EVOLUCION solo puede ser ejecutado para la evaluación de una variable de interés por turno.

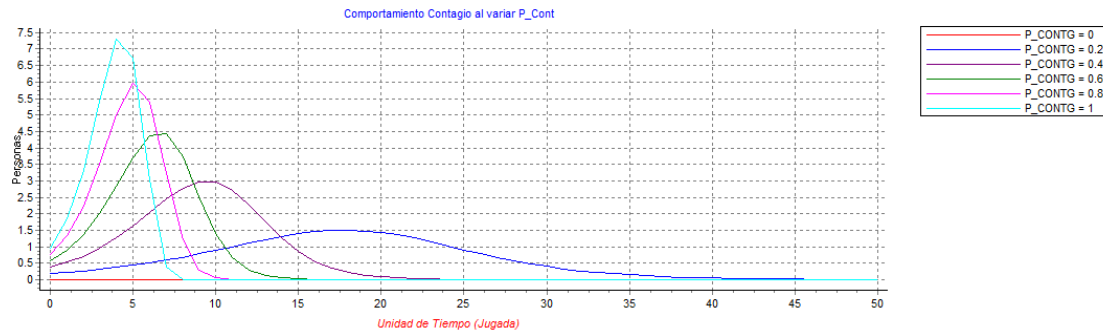
Gráfica 14. Comportamiento Población Enfermos al variar parámetro P_Contg



Gráfica 15. Comportamiento Población Sanos al variar parámetro P_Contg



Gráfica 16. Comportamiento Contagio al variar P_Contg

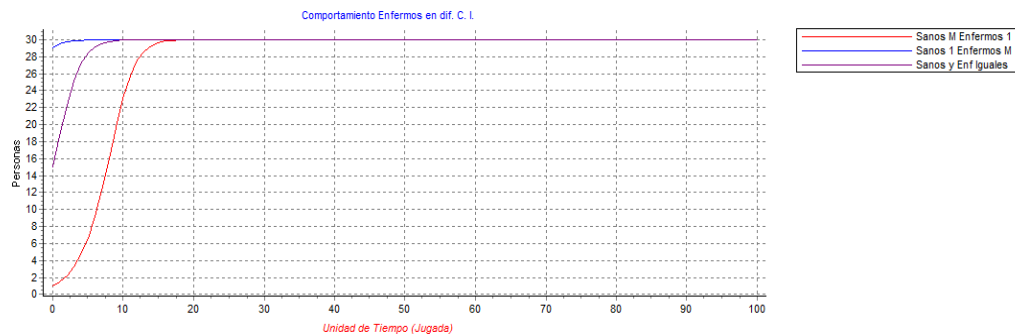


El comportamiento representado por el modelo en cada una de las variantes para P_Contg es el adecuado tanto para los niveles (Sanos y Enfermos) como para el flujo que los intermedia (Contagio). Conforme se va incrementando el valor de P_Contg , cada una de las variables afectadas por esta modificación se vuelve más pendiente y su transición hacia el estado final es mucho más rápida. No podemos contemplar comportamientos más allá del rango de incertidumbre fijado (0 – 1) ya que estamos hablando de una probabilidad.

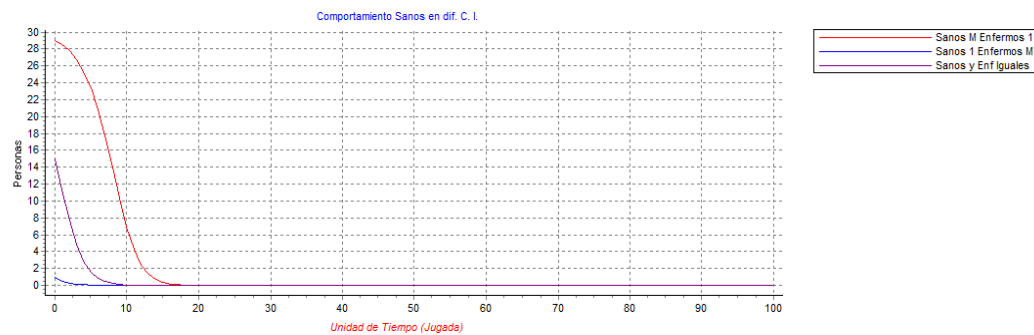
Análisis de sensibilidad por variación de Escenarios

Esta prueba consiste en la variación de las condiciones iniciales del modelo para determinar si el comportamiento efectuado es el esperado dependiendo de cada escenario. Como ocurre en la variación de parámetros, EVOLUCION solo permite observar el comportamiento de una variable en una misma gráfica.

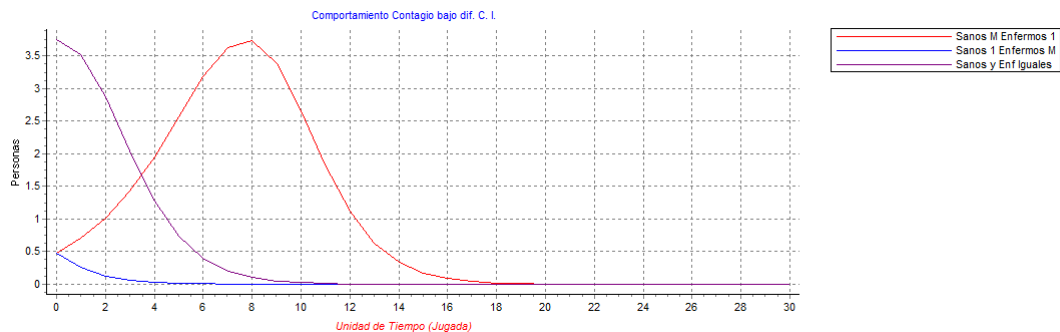
Gráfica 17. Comportamiento población enfermos por variación de escenarios



Gráfica 18. Comportamiento población Sanos por variación de escenarios



Gráfica 19. Comportamiento Contagio por variación de escenarios



El resultado de esta prueba es consistente con el comportamiento esperado del modelo bajo las diferentes condiciones iniciales. La condición original en la cual hay muchos sanos y tan solo un enfermo en la población presenta el comportamiento estándar del modelo. La condición en la cual hay la misma cantidad de sanos y

enfermos presenta un comportamiento adecuado donde los sanos se acercan rápidamente a cero y el contagio en este caso, tiene exactamente la misma tendencia de la mitad derecha del contagio original.

Prueba de paso de integración

La prueba de paso de integración consiste en variar el valor numérico del paso de integración (al doble, a la mitad, etc.) y el método de integración utilizado (el software EVOLUCION ofrece dos: el método Euler y el método Runge Kutta). Los resultados de la prueba indican que el comportamiento no cambio en absoluto al variar las condiciones de integración del modelo. Las condiciones estándar de integración del modelo son Paso = 1 y Método = Euler.

Tabla 17. Resultado prueba de paso de integración

PASO DE INTEGRACIÓN	MÉTODO DE INTEGRACIÓN	COMPORTAMIENTO
2	Euler	Normal
0.5	Euler	Normal
0.25	Euler	Normal
2	Runge Kutta	Normal
0.5	Runge Kutta	Normal
0.25	Runge Kutta	Normal

Modelo de simulador epidemia por vector

Prueba de idoneidad de los límites

Este modelo corresponde a una extensión del modelo del Juego de la epidemia en el cual el contagio era provocado por el contacto directo entre una persona sana y otra enferma, con el agregado de que el contagio ahora depende principalmente de la cantidad de insectos infectados presentes en el entorno. La lista de variables que intervienen en el modelo se encuentra listada en la siguiente tabla:

Tabla 18. Listado de variables que conforman el modelo

VARIABLES ENDÓGENAS	VARIABLES EXÓGENAS
Sector EPIDEMIA: • Sanos • Enfermos • Contagio • P_Sano • P_Enfermo Sector INSECTO – VECTOR: • PIn (Población de Insectos) • PIn_I (Población Insectos Infectados) • Infec_I (Insectos afectados en un instante de tiempo) • N (Natalidad de Insectos) • M_PIn (Mortalidad PIn) • Densidad • M_PIn_I (Mortalidad PIn_I) • Cobertura • VP_I (Vida promedio del insecto)	Sector EPIDEMIA: • TasaContagio Sector INSECTO – VECTOR: • TR (Tasa de Reproducción Insectos) • Area • Dens_Max (Densidad Máxima)

Las variables que componen el modelo y su interacción pueden lograr el cumplimiento del propósito originalmente definido. Sin embargo, considero que el parámetro TasaContagio no debe ir en el modelo si consideramos la premisa de que el contagio no se genera por contacto entre sanos y enfermos sino por la población del vector infectado presente en el entorno.

¿Qué variables y otras cuestiones importantes se han excluido del modelo?

Hay factores que no se incluyen en el modelo utilizado debido a que no representan un interés importante dentro del propósito del modelo como el efecto de la invasión del humano al ecosistema del vector (como influencia directa del incremento de la población de vectores en el entorno) o las condiciones higiénicas y ambientales que motivan la presencia de vectores y la reproducción de los mismos o la cantidad de animales silvestres presentes en el entorno que pueden ser reservorios del parásito facilitando la propagación de la enfermedad y siendo determinantes en la densidad de vectores en una región específica.

¿Cuál es el horizonte de tiempo relevante del problema?

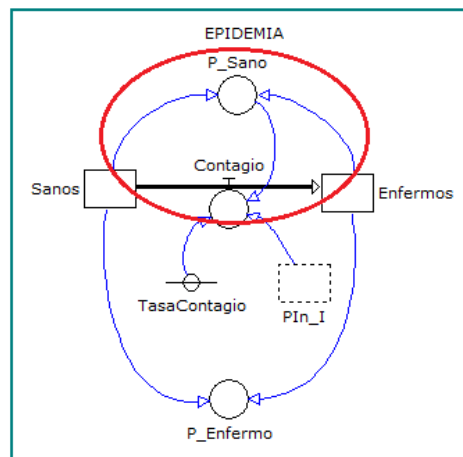
Bajo las condiciones estándar del modelo, las variables tienden a un comportamiento sin modificaciones cuando la variación de la población de vectores infectados y no infectados es mínima. El horizonte de tiempo de interés es limitado al tiempo necesario para que el sistema se estabilice que corresponde a una pequeña franja de tiempo (Entre 30 y 40 unidades de tiempo).

Prueba de evaluación de la estructura

¿La estructura del modelo es consistente con el conocimiento relevante del sistema?

Es cuestionable la presencia de una variable como P_Sano (Probabilidad de encontrar un Sano) en este modelo y la influencia que tiene sobre el flujo Contagio dentro del sector EPIDEMIA, debido a que el contagio ya no es generado por el contacto entre personas (donde se necesitaba de esta probabilidad) sino únicamente por la cantidad de insectos infectados. La presencia de esta variable indica que la cantidad de sanos presente en la población no es contemplada en su valor absoluto sino en el relativo (una proporción) y no aborda la realidad de la dinámica de contagio en función de la cantidad absoluta de sanos.

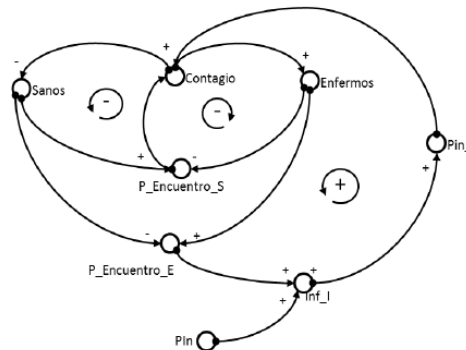
Figura 34. Sector EPIDEMIA con la influencia de P_Sano en el modelo



La dinámica poblacional de vector es acorde al propósito del modelo porque se preocupa únicamente por los aspectos relevantes del comportamiento de una población y controla su crecimiento respetando la premisa de que los recursos son limitados.

Nivel de agregación del diagrama causal

Figura 35. Diagrama causal modelo Epidemia por vector (Original)



Fuente: La dinámica de sistemas en un proyecto educativo para la sostenibilidad de un sistema de alerta temprana en salud.

El diagrama causal propuesto originalmente, omite las realimentaciones donde participa la variable densidad como agente controlador del crecimiento poblacional de los vectores, que considero es fundamental para el desarrollo de la dinámica del sistema y el cumplimiento de leyes de conservación de la materia.

Nivel de agregación del diagrama de flujos y niveles

El nivel de agregación resulta adecuado al propósito formulado porque presenta la dinámica poblacional del vector en sus componentes básicos (flujos de natalidad y mortalidad; nivel de población de Insectos), y la dinámica de la epidemia tanto en humanos (flujo de Contagio; Niveles Sanos y Enfermos) como en insectos (flujo de Insectos infectados; Niveles de Población Insectos infectados y no infectados) corresponde con los lineamientos del propósito del modelo. Por lo tanto, no es posible agregar más flujos y niveles intermedios para detallar el modelo ni tampoco simplificar los que están presentes porque desconoceríamos los límites fijados en el propósito.

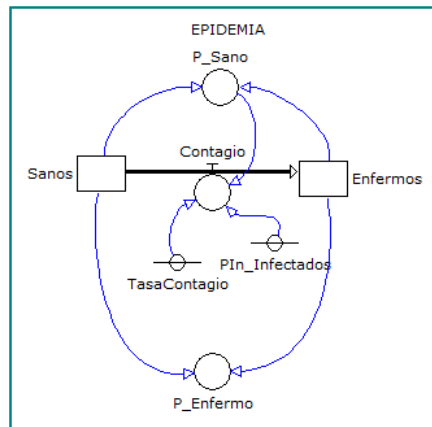
Prueba de modelo parcial (Partial Model Test)

El propósito de esta prueba consiste en aislar los subsistemas existentes en el modelo para determinar si su comportamiento individual es el adecuado. Los subsistemas que hay en el presente modelo son: Subsistema EPIDEMIA y Subsistema INSECTO – VECTOR. La forma de aislar estos subsistemas del resto del sistema es reemplazando las variables exógenas del subsistema por un parámetro.

Subsistema EPIDEMIA

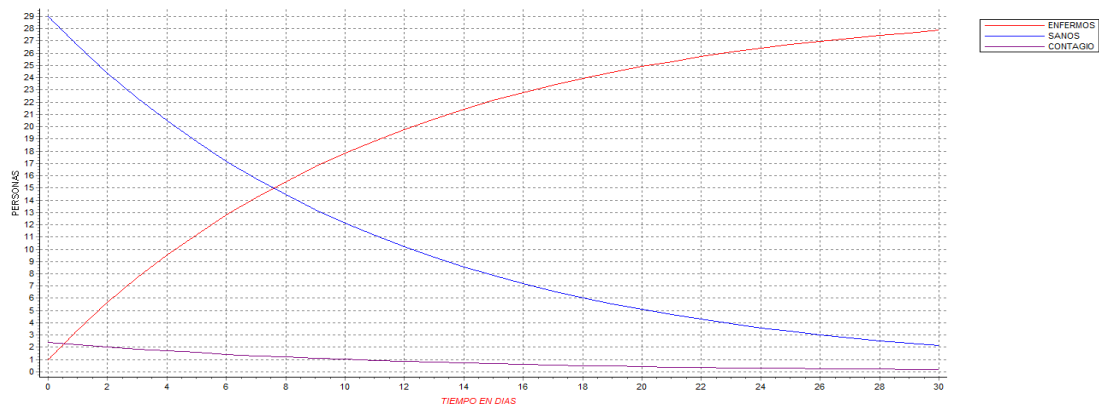
Para realizar esta prueba al sector EPIDEMIA del modelo, debe cambiarse la variable exógena (clonada) de PIn_I por un parámetro (PIn_Infectados) (Figura 36). PIn_I es la población de insectos infectados en el entorno que afecta directamente el contagio de personas. El valor de este parámetro será 500 Insectos. El propósito de este cambio es mirar si el comportamiento individual efectuado por el subsistema EPIDEMIA es adecuado a partir de lo planeado.

Figura 36. Diagrama flujo nivel sector EPIDEMIA con PIn_Infectados como parámetro



El comportamiento del modelo es ilustrado en la Gráfica 20. Presenta la misma tendencia comparándolo con el comportamiento del modelo con la variable exógena clonada. La diferencia se presenta en la intensidad del contagio en el modelo porque el contagio es relativamente alto desde el principio, cosa que no ocurre con el subsistema original.

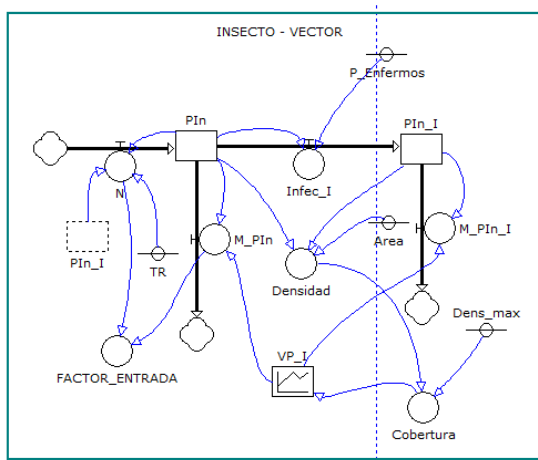
Gráfica 20. Comportamiento subsistema EPIDEMIA con PIn_Infectados como parámetro



Subsistema INSECTO – VECTOR

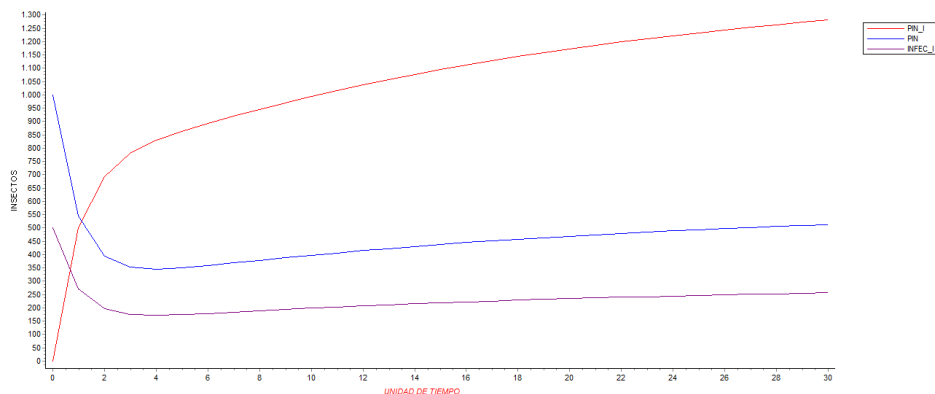
Para probar este subsistema debe realizarse el mismo procedimiento que se realizó para el Subsistema EPIDEMIA. Debe aislarse del modelo completo a partir del reemplazo de la variable exógena clonada P_Enfermo por un parámetro P_Enfermos y analizar si el comportamiento concuerda con la formulación original. P_Enfermo es la proporción de personas enfermas sobre el total de la población de personas. El valor del parámetro P_Enfermos es 0.5.

Gráfica 21. Diagrama flujo nivel subsistema INSECTO - VECTOR con P_Enfermo como parámetro



Como se ilustra en la *Gráfica 22*, el subsistema se comporta de manera muy similar a cuando tenía P_Enfermos como variable exógena clonada. Sin embargo, esta prueba debe realizarse para P_Enfermos > 0.2 porque de lo contrario la población de insectos infectados no será mayor a la población de insectos. Teniendo en cuenta esta sugerencia, el subsistema INSECTO -VECTOR está bien formulado individualmente en cuanto a su estructura se refiere.

Gráfica 22. Comportamiento subsistema INSECTO - VECTOR con P_Enfermo como parámetro



Prueba de Consistencia Dimensional

Tras revisar el modelo y las variables que lo componen concluimos que:

- Hay un problema de consistencia dimensional en el flujo que comprende la transición de PIn (Población de Insectos) a PIn_I (Población de Insectos infectados) ya que sus unidades (Insectos) no son adecuadas para su función (Debería ser Insectos/Unidad de Tiempo). No hay una tasa de infección en el flujo Infec_I que permita conocer cuántos insectos se infectan por unidad de tiempo.
- El flujo Contagio no posee las unidades adecuadas para la estructura que se está intentando modelar. Debería ser Personas/Unidad de Tiempo pero esta como Insectos/Unidad de Tiempo. Su fórmula no corresponde con el comportamiento del modelo.
- En el modelo no son claras las unidades de cada una de las variables y parámetros que lo componen. Algunas de las variables y parámetros no está definida dimensionalmente quitando claridad al modelo tanto para su comprensión como para su evaluación.

Prueba de evaluación de parámetros

¿Los valores de los parámetros son consistentes con el conocimiento numérico del sistema?

A partir de consultas realizadas a las personas que elaboraron el modelo en cuestión, se pudo saber que los valores de los parámetros no poseen un soporte bibliográfico que los respalde ni fueron estimados estadísticamente. Es importante por lo tanto aclarar y en algunos casos corregir el significado de los parámetros, buscar información sobre ellos o solicitar la opinión de expertos en caso de ausencia de referencias bibliográficas.

Los valores de los parámetros pueden no ser consistentes con los conocimientos teóricos que se han desarrollado a lo largo de los años sobre las características poblacionales de los triatominos y la dinámica poblacional de la epidemia por vector. Esto debido a que fueron estimados a prueba y error. Por lo tanto, es necesario realizar una revisión bibliográfica exhaustiva sobre la temática abordada para estimar los parámetros del modelo.

¿Todos los parámetros tienen su homólogo en el mundo real?

Para responder esta pregunta, cada parámetro debe ser examinado individualmente.

Parámetro TasaContagio

El parámetro está definido en el modelo como: “Probabilidad de que se encuentre un expuesto con un propagador y dicho encuentro genere contagio”. Si miramos este parámetro desde el contexto de la enfermedad de Chagas, seguramente no tendría homólogo en el mundo real ya que las principales formas de generar contagio son por: vía oral, transmisión vectorial, transfusión de sangre, trasplante de órganos, accidentes de laboratorio. Sin embargo, hay algunos casos de transmisión congénita y por leche materna pero no hay posibilidad de que este tipo de contagio pueda generar epidemia.

Es conveniente redefinir el parámetro para asignarle un significado adecuado a partir de lo que se conoce en el mundo real.

Parámetro Tasa de Reproducción (TR)

Este parámetro se define como: “La tasa de reproducción del insecto”. A diferencia del anterior, este parámetro según este significado tiene su equivalente en el mundo real. Si consideramos de forma particular el triatomino como vector transmisor de la enfermedad de Chagas, existe literatura y estudios que han cuantificado su tasa de reproducción.

Parámetro Densidad Máxima (Dens_max)

Está definido en el modelo como: “Cantidad de insectos máxima en un área determinada”. Este parámetro cumple la función de agente regulador de la población de insectos impidiendo que esta crezca sin límite. Puede que específicamente para el triatomino, su población no sea regulada directamente por la densidad en un sector determinado, ya que esta especie cuenta con la capacidad de auto-controlar con diversos mecanismos su crecimiento poblacional y evitar la mortalidad de sus individuos por este factor²⁰. Sin embargo, para el contexto de la situación que se está intentando recrear con el modelo (Epidemia por presencia del vector), la importancia de la exactitud en este sector del modelo pasa a un segundo plano y sería tolerado como originalmente se encuentra. Además, la referencia consultada indica que los efectos que incrementan la tasa de mortalidad en triatominos son la irritabilidad de los reservorios por las picaduras de este que trae como consecuencia un mayor riesgo de muerte, la presencia de enemigos naturales y condiciones

²⁰ SCHOFIELD, C. POPULATION DYNAMICS AND CONTROL OF TRIATOMA INFESTANTS. En: Annales de la Société belge de médecine tropicale. Abril, 1985. Vol. 65, No. 1, p. 149 – 164.

climáticas desfavorables. El hecho de considerar cualquiera de los aspectos mencionados anteriormente dentro del modelo excede su alcance, lo que refuerza la decisión de dejar a la densidad como agente regulador. El parámetro Dens_max si tiene un homólogo en el modelo.

Parámetro Area

Se define como: “Cantidad de terreno en el cual se va a realizar la simulación”. Este parámetro posee su equivalente en el mundo real: La población de triatominos se encuentra en una región específica que debe ser limitada por esta área. Al menos de forma aproximada porque es complejo encontrar estudios donde cuantifiquen este atributo de la población de triatominos.

Todos los parámetros utilizados en el modelo representan algún factor en el mundo real.

Prueba de condiciones extremas

Hay dos maneras de llevar a cabo esta prueba: Por inspección directa de las ecuaciones del modelo y por simulación. Cuando se realiza por inspección directa de las ecuaciones del modelo debe examinarse una a una las ecuaciones del mismo: mirar su salida a partir de cualquier tipo de valor extremo que tome los parámetros que la componen (debe mirar las entradas tanto individualmente como grupalmente).

Prueba por inspección de las ecuaciones del modelo

A continuación vamos a identificar qué salidas tienen las ecuaciones del modelo (ecuaciones de los flujos) a partir de las entradas de sus variables. Hay que tener en cuenta que los resultados de esta prueba deben ser analizados más desde el punto de vista cualitativo que cuantitativo. La razón de lo anterior es que no se tienen valores numéricos precisos del límite superior de cada uno de las variables porque no hay disponible literatura sobre ello.

Nomenclatura:

TasaContagio = Probabilidad de que se encuentre un expuesto con un propagador y dicho encuentro genere contagio.

P_Sano = Probabilidad de encontrar a una persona sana.

PIn_I = Población de insectos infectados.

PIn = Población de insectos

TR = Tasa de reproducción

N = Natalidad

VP_I = Vida promedio del insecto

M_PIn = Mortalidad población de insectos

M_PIn_I = Mortalidad población de insectos infectados

- Flujo Contagio

$$\text{Contagio} = \text{TasaContagio} * P_Sano * PIn_I$$

Valores máximos y mínimos (en condiciones extremas) para cada variable:

TasaContagio: Es una tasa. Sin embargo en el modelo esta descrito como una proporción. Su rango es [0,1]

P_Sano: Es una proporción. Su rango es [0,1]

PIn_I: Es un nivel, cuya cantidad es determinada por el valor inicial dado a PIn y PIn_I. Su rango es [0, ∞].

Nota: Para una mejor comprensión del valor máximo que puede adoptar una variable se utilizó el símbolo ∞, sin embargo esto en realidad llega a ser imposible y lo que se busca es que se entienda que la variable puede tomar valores muy grandes pero desconocidos desde el punto de vista cuantitativo.

Combinaciones de variables:

Ahora, la fórmula de flujo Contagio será probada con una o más combinaciones de la fórmula original.

1. Flujo contagio para Tasa Contagio = 0, P_Sano = 0 y/o PIn_I = 0
2. Flujo contagio para TasaContagio = 1, P_Sano = 0.97 (Valor original) y PIn_I = Mayor a cero
3. Flujo contagio para TasaContagio = 0.005 (Valor original), P_Sano = 1 y PIn_I = Mayor a cero
4. Flujo contagio para TasaContagio = 0.005, P_Sano = 0.97 y PIn_I = ∞
5. Flujo Contagio para TasaContagio = 1, P_Sano = 1 y PIn_I = ∞

La anterior es la lista de combinaciones posible de cada una de las variables que compone la ecuación del flujo Contagio. En la *Tabla 2*, se encuentra la información tabulada de los resultados de dichas combinaciones (Salida) y se indica si dicho resultado es razonable según e comportamiento adecuado del flujo.

Tabla 19. Resumen de resultados prueba de condiciones extremas para Flujo CONTAGIO

Flujo Contagio (TasaContagio*P_Sano*PIn_I)							
Combinación No.	TasaContagio		P_Sano		PIn_I	Salida	Razonable (¿?)
1	0	y/o	0	y/o	0	0	✓
2	1	y	0.97	y	> 0	> 0.97	✓
3	0.005	y	1	y	> 0	< 1	✓
4	0.005	y	0.97	Y	∞	∞	✓
5	1	y	1	y	∞	∞	✓

Conclusión: La ecuación de flujo Contagio está bien formulada desde la perspectiva de la prueba de condiciones extremas. Su salida no adopta valores anormales para cualquiera de las condiciones de sus entradas.

- Flujo N (Natalidad de insectos)

$$N = (PIn + PIn_I) * TR$$

Valores máximos y mínimos (en condiciones extremas) para cada variable:

TR: Parámetro (exógeno). Su rango es $[0, \infty]$

PIn: Su rango es $[0, \infty]$

PIn_I: Su rango es $[0, \infty]$

Combinaciones de variables:

1. Flujo Natalidad para $PIn = 0$ ó $PIn_I = 0$ y/o $TR = 0$
2. Flujo Natalidad para $PIn = \infty$ y/o $PIn_I = \infty$ y $TR = 0.2$ (Valor original)
3. Flujo Natalidad para $PIn = 1000$ (Valor original), $PIn_I = 0$ (Valor original) y $TR = \infty$

Tabla 20. Resumen resultados prueba condiciones extremas para Flujo NATALIDAD

Flujo Natalidad ($PIn+PIn_I$)*TR							
Combinación No.	PIn		PIn_I		TR	Salida	Razonable (¿?)
1	0	Ó	0	y/o	0	0	✓
2	∞	Y	∞	y	0.2	∞	✓
3	1000	Y	0	y	∞	∞	✓

Conclusión: La ecuación de flujo Natalidad está bien formulada desde la perspectiva de la prueba de condiciones extremas. Su salida no adopta valores anormales para cualquiera de las condiciones de sus entradas.

- Flujo M_PIn (Mortalidad Población de insectos)

$$M_PIn = PIn/VP_I$$

Valores máximos y mínimos (en condiciones extremas) para cada variable:

PIn: Su rango es $[0, \infty]$

VP_I: Es una función no lineal; Su rango es $[5,8]$

Combinaciones de variables:

1. Flujo M_PIn para $PIn = 0$ y $VP_I = 5$.
2. Flujo M_PIn para $PIn = \infty$ y $VP_I = 5$.
3. Flujo M_PIn para $PIn = 0$ y $VP_I = 8$.
4. Flujo M_PIn para $PIn = \infty$ y $VP_I = 8$

Tabla 21. Resumen resultados prueba condiciones extremas para flujo MORTALIDAD Insectos no Infectados

Flujo $M_{PIn} = PIn/VP_I$					
Combinación No.	PIn		VP_I	Salida	Razonable (¿?)
1	0	y	5	0	✓
2	∞	Y	5	∞	✓
3	0	Y	8	0	✓
4	∞	Y	8	∞	✓

Conclusión: El comportamiento de la ecuación de mortalidad de insectos tiene salidas adecuadas para cada una de sus variables de entrada. La mortalidad es cero cuando no hay ningún insecto y es considerablemente grande cuando su población también es grande.

- Flujo M_{PIn_I} (Mortalidad de población de insectos infectados)

$$M_{PIn_I} = PIn_I/VP_I$$

Valores máximos y mínimos (en condiciones extremas) para cada variable:

PIn_I: Su rango es $[0, \infty]$

VP_I: Su rango es $[5, 8]$

Combinaciones de variables:

1. Flujo M_{PIn_I} para $PIn_I = 0$ y $VP_I = 5$.
2. Flujo M_{PIn_I} para $PIn_I = \infty$ y $VP_I = 5$.
3. Flujo M_{PIn_I} para $PIn_I = 0$ y $VP_I = 8$.
4. Flujo M_{PIn_I} para $PIn_I = \infty$ y $VP_I = 8$

Tabla 22. Resumen resultados prueba condiciones extremas Flujo MORTALIDAD Insectos Infectados

M_PIn_I = PIn_I/VP_I					
Combinación No.	PIn_I		VP_I	Salida	Razonable (¿?)
1	0	Y	5	0	✓
2	∞	Y	5	∞	✓
3	0	Y	8	0	✓
4	∞	Y	8	∞	✓

Conclusión: La salida del flujo M_PIn_I tiene valores adecuados para cada una de las combinaciones de variables de entrada. Este flujo presenta un comportamiento equivalente a presentado por M_PIn.

- Flujo Infec_I (Infección de insectos)

$$\text{Infec_I} = P_Enfermo * PIn$$

Valores máximos y mínimos (en condiciones extremas) para cada variable:

P_Enfermo: Es una probabilidad. Su rango es [0,1]

PIn: Su rango es [0, ∞]

Combinaciones de variables:

1. Flujo Infec_I para P_Enfermo = 0 y PIn = 0.
2. Flujo Infec_I para P_Enfermo = 0 y PIn = ∞ .
3. Flujo Infec_I para P_Enfermo = 1 y PIn = ∞ .
4. Flujo Infec_I para P_Enfermo = 1 y PIn = 0.

Tabla 23. Resumen resultados prueba condiciones extremas Flujo INFECCION Insectos

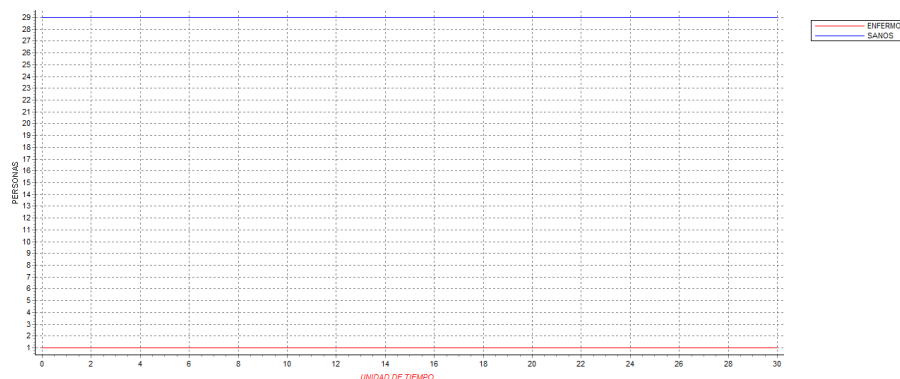
Infec_I = P_Enfermo*PIn					
Combinación No.	P_Enfermo		PIn	Salida	Razonable (¿?)
1	0	Y	0	0	✓
2	0	Y	∞	∞	✓
3	1	Y	∞	∞	✓
4	1	Y	0	0	✓

Prueba por simulación

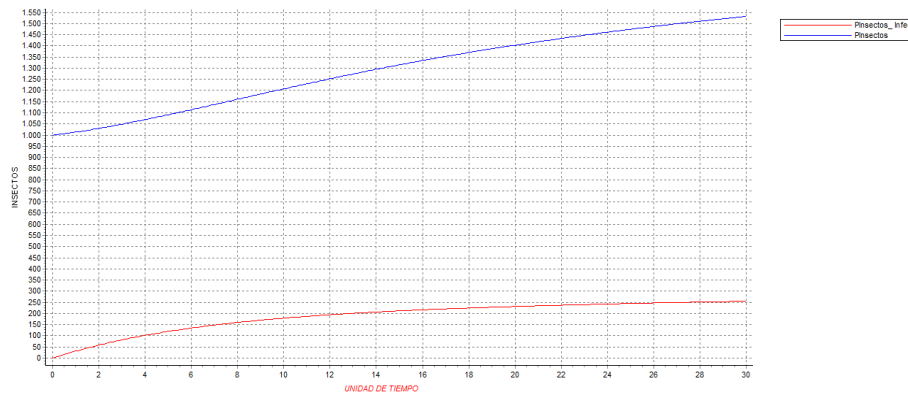
La prueba que se realizará a continuación implica realizar un cambio al valor de niveles y parámetros (condiciones iniciales en general) para revisar el comportamiento adoptado por el modelo. Para aplicar esta prueba es necesario cambiar valores para niveles y parámetros tanto de forma simultanea como independiente. Sin embargo, la prueba será aplicada para las condiciones que se consideren más influyentes dentro del comportamiento del modelo. Los principales comportamientos del modelo que serán evaluados son la dinámica de la epidemia y la dinámica poblacional del insecto.

TasaContagio = 0 con Condiciones restantes normales

Gráfica 23. Comportamiento Epidemia bajo condición TasaContagio = 0



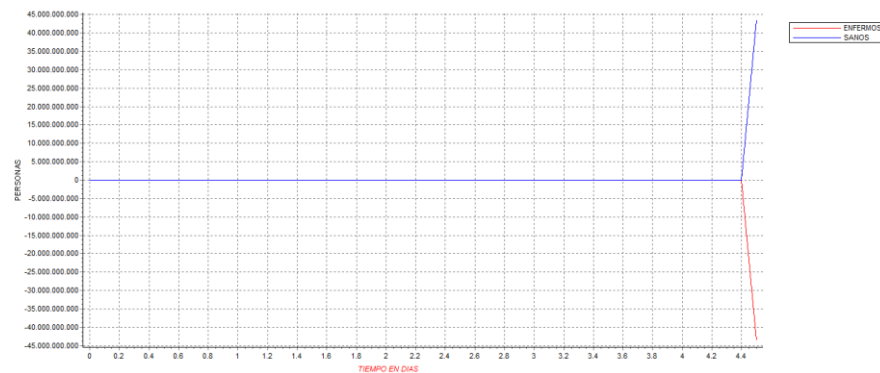
Gráfica 24. Comportamiento Dinámica Poblacional Insectos bajo condición TasaContagio = 0



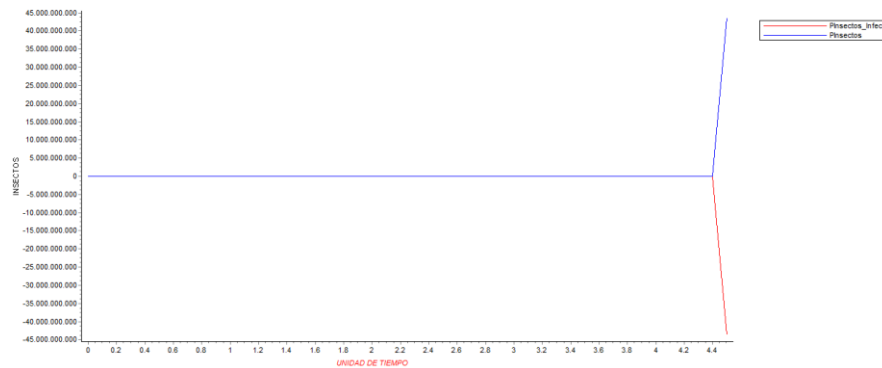
El comportamiento presentado bajo la condición TasaContagio = 0 es adecuado. No hay transición de sanos a enfermos porque no hay Contagio; los niveles de esas poblaciones permanecen constantes. El comportamiento de la población de insectos indica que hay un incremento de la cantidad de insectos infectados pero es muy bajo porque hay muy pocas personas enfermas. Esto hace que los insectos infectados sean proporcionalmente inferiores con respecto a la población de insectos normal y mantengan esa condición a lo largo del tiempo.

TasaContagio = 1 con Condiciones restantes normales

Gráfica 25. Comportamiento Epidemia bajo condición TasaContagio = 1



Gráfica 26. Comportamiento Dinámica Poblacional Insectos bajo condición TasaContagio = 1



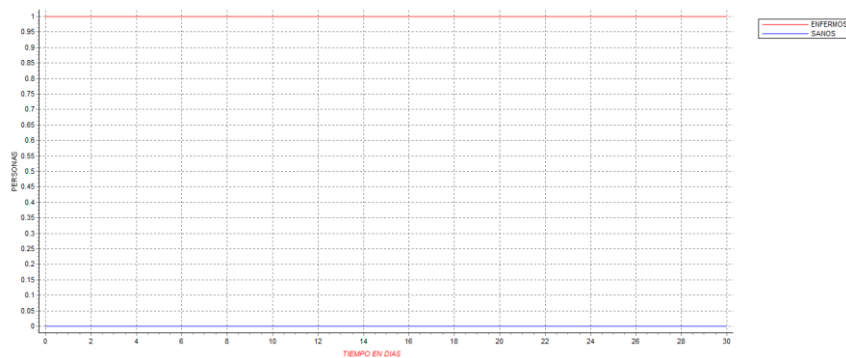
El comportamiento efectuado por el modelo cuando TasaContagio = 1 es irrazonable. La población de sanos adopta valores positivos muy grandes, mientras que la población de enfermos toma valores negativos muy grandes. El tiempo de simulación es muy corto porque se detiene repentinamente al aparecer el siguiente error: “Error matemático durante la simulación al evaluar [P_Enfermo]”. Este error aparece porque el denominador de la ecuación $P_Enfermo = Enfermos / (Sanos + Enfermos)$ es cero.

La ocurrencia de este error se debe a que el flujo Contagio adopta valores muy elevados si la cantidad de insectos infectados es muy grande, es decir, no hay una relación proporcional correcta entre el contagio de la epidemia y la cantidad de población de insectos infectados (PIn_I). Cualquier incremento en la población de insectos infectados, incrementa enormemente el flujo contagio, y si el valor de flujo contagio es superior a la cantidad de sanos en un instante determinado, generará un déficit en la cantidad de sanos, independientemente del valor de P_Sano (Probabilidad de encontrar un sano) que en cierto sentido funciona como realimentación negativa para el flujo contagio. Este es un problema de tipo estructural: es necesario revisar la estructura del modelo para corregirlo y hacer el modelo dimensionalmente consistente.

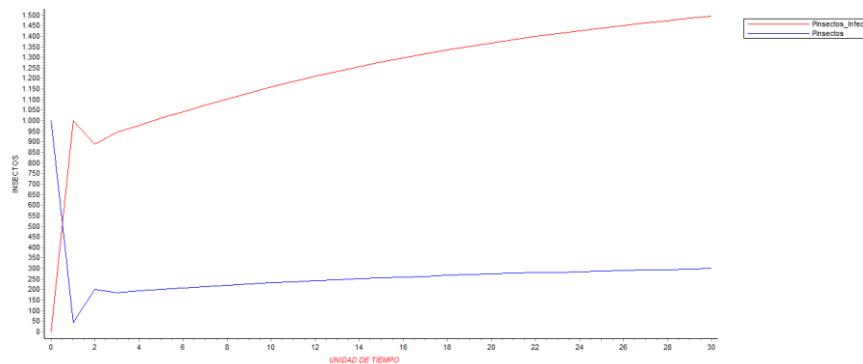
Sanos = 0 con condiciones restantes normales

El comportamiento producto de la condición extrema Sanos = 0 es el esperado. La población de sanos y enfermos permanece estable a lo largo del tiempo porque no hay contagio si no hay a quien contagiar. La dinámica poblacional del insecto es correcta, ya que al ser $P_Enfermo = 1$ (todas las personas están enfermas), la infección de insectos será alta y por lo tanto la población de insectos infectados será la que dominará la proporción sobre la cantidad total de insectos.

Gráfica 27. Comportamiento Epidemia bajo condición Sanos = 0



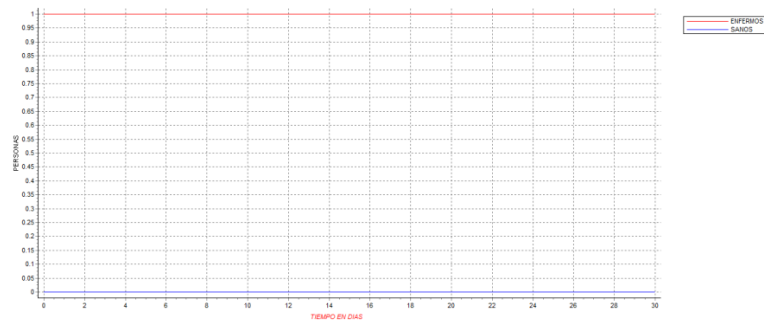
Gráfica 28. Comportamiento Dinámica Poblacional Insectos bajo condición Sanos = 0



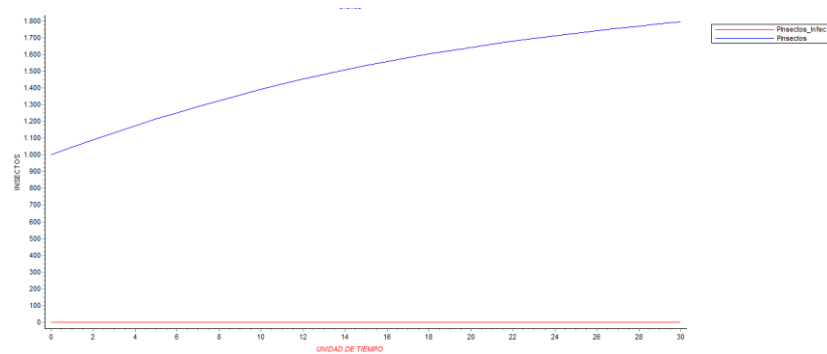
Enfermos = 0 con condiciones restantes normales

Comportamiento esperado bajo condición extrema Enfermos = 0. No puede existir contagio alguno, la epidemia nunca toma fuerza porque debe generarse por la presencia del vector infectado. No hay ningún vector infectado porque no existe algún enfermo que posea la enfermedad y sea foco de origen de la misma. El número de vectores aumenta hasta valores tolerables pero nunca con algún infectado dentro de su población.

Gráfica 29. Comportamiento Epidemia bajo condición Enfermos = 0



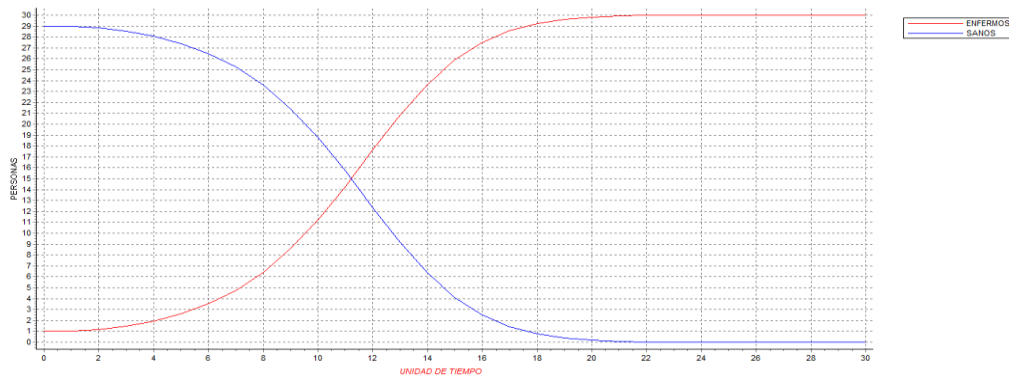
Gráfica 30. Condición Dinámica Poblacional Insectos bajo condición Enfermos = 0



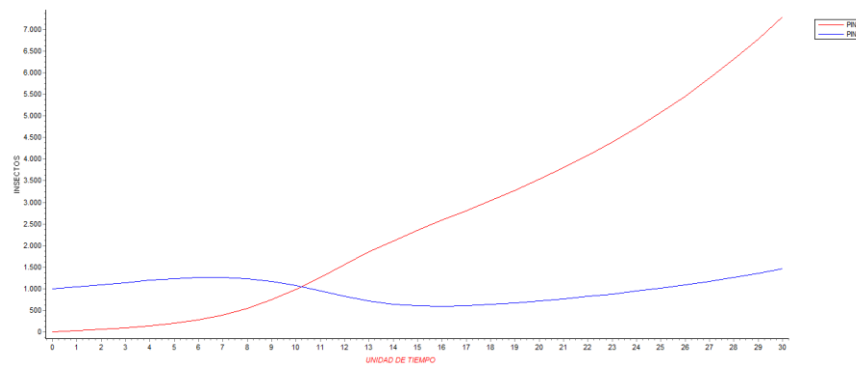
Dens_max = 200000 con condiciones restantes normales

El comportamiento del modelo es adecuado cuando Dens_max = 200000. La dinámica de la epidemia presenta un comportamiento normal, ya que se efectúa la transición de sanos a enfermos en un periodo normal de tiempo. Igualmente, la dinámica poblacional de los insectos presenta un comportamiento natural donde la población crece de forma deliberada bajo un límite bastante flexible de 200000 insectos/área.

Gráfica 31. Comportamiento Epidemia bajo condición $Dens_max = 200000$



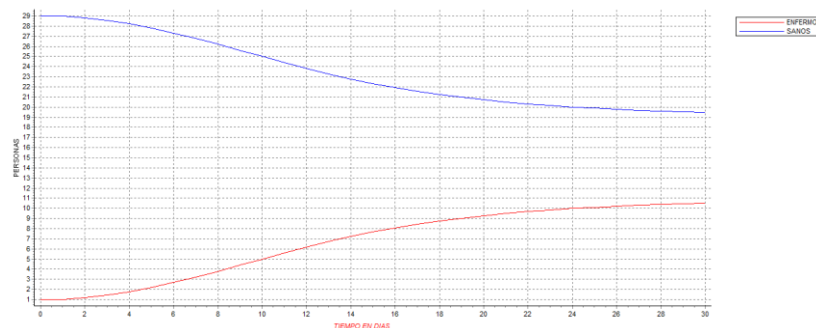
Gráfica 32. Comportamiento Dinámica Poblacional Insectos bajo condición $Dens_max = 200000$



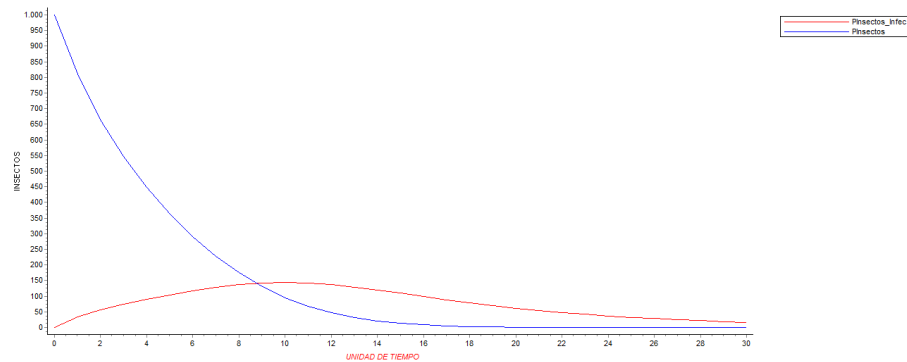
$TR = 0$ con condiciones restantes normales

El comportamiento bajo la condición $TR = 0$ es razonable. La población de vectores decrece conforme avanza el tiempo hasta acercarse a cero. La población de vectores infectados aumenta producto de la propagación de la epidemia. La población de sanos y enfermos decrece y aumenta respectivamente hasta llegar a un punto de equilibrio estable durante el resto de la simulación.

Gráfica 33. Comportamiento Epidemia bajo condición $TR = 0$



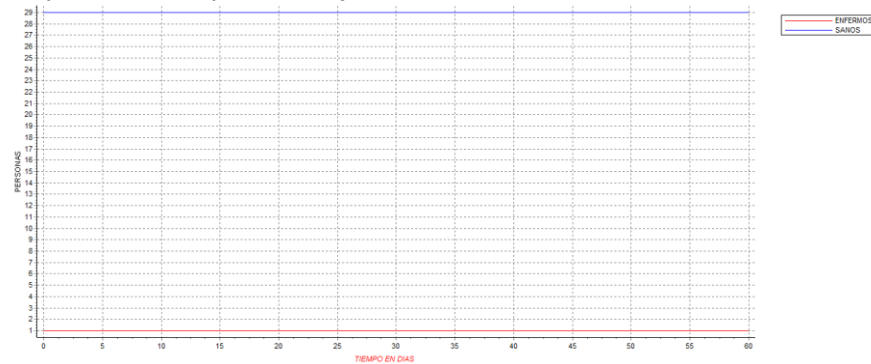
Gráfica 34. Comportamiento Dinámica Poblacional Insectos bajo condición $TR = 0$



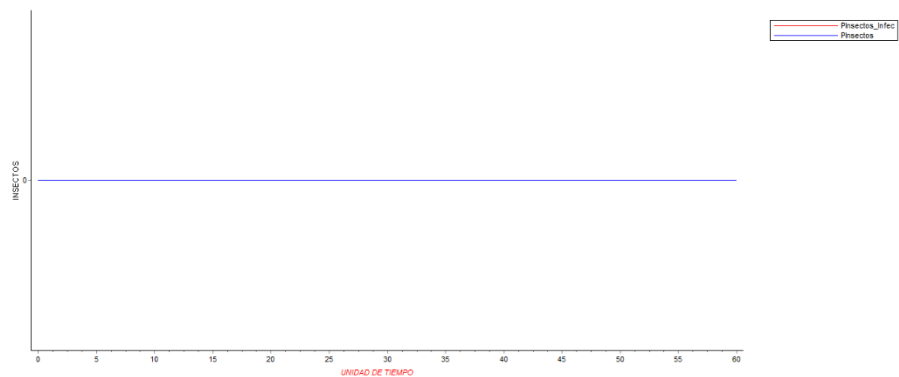
$P_{In} = 0$ con Condiciones restantes normales

Si no hay insectos en el entorno donde se encuentran las personas, no hay forma de que la enfermedad se propague por la población. Hay estabilidad en el comportamiento durante toda la simulación. El comportamiento del modelo es razonable.

Gráfica 35. Comportamiento Epidemia bajo condición $P_{In} = 0$



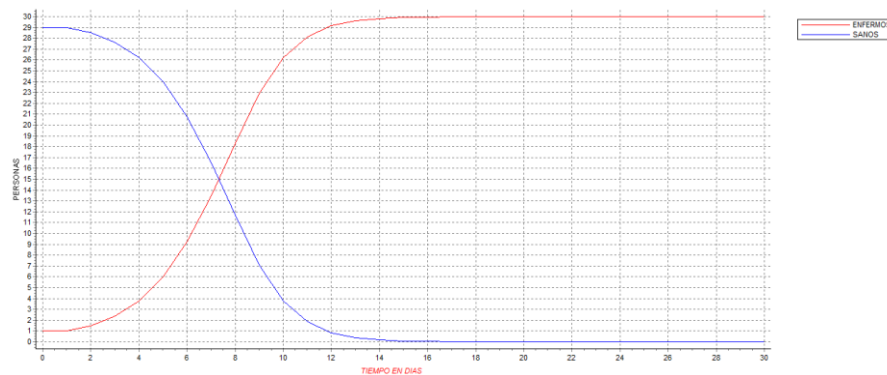
Gráfica 36. Comportamiento Dinámica Poblacional Insecto bajo Condición $P_{In} = 0$



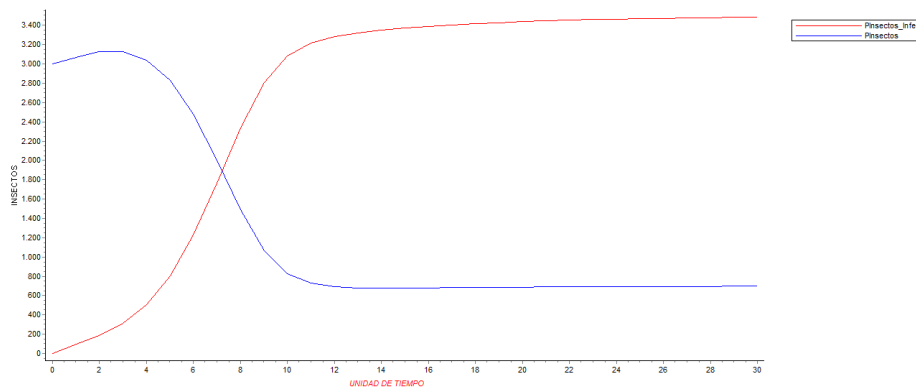
PI_n = 3000 con condiciones restantes normales

El comportamiento manifestado tanto por la población de sanos y enfermos como por la dinámica poblacional de triatominos es acorde a la realidad. Sin embargo, en el modelo queda establecido con los parámetros Dens_max = 2000 y Area = 1 que el límite de densidad poblacional es de 2000 triatominos en el entorno, pero esto no es cumplido durante la ejecución del modelo como se ve en la *Gráfica 38*. Esto se debe a que la función no lineal VP_I no está correctamente definida para valores de Cobertura > 1.1 y la extrapolación ofrecida por EVOLUCION no es lo suficientemente robusta para definir valores diferentes al propuesto en Cobertura = 1.1. La función VP_I conserva el valor de Cobertura = 1.1 para valores de Cobertura > 1.1; esto hace que la mortalidad de triatominos sea endeble con respecto al crecimiento descontrolado de la población sin intentar estabilizar el sistema a la condición adecuada.

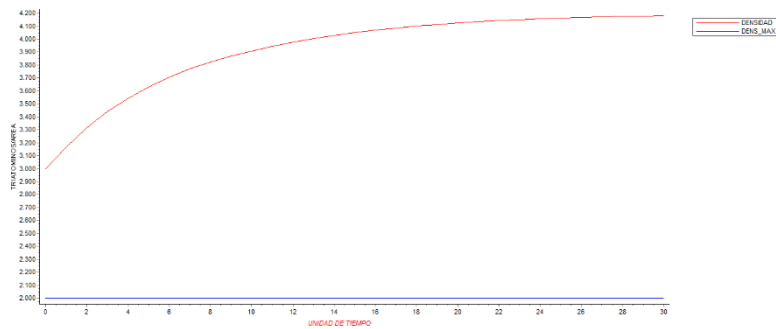
Gráfica 37. Comportamiento Epidemia bajo condición PI_n = 3000



Gráfica 38. Comportamiento Dinámica Poblacional Insecto bajo condición PI_n = 3000



Gráfica 39. Comportamiento densidad bajo condición $P_{In} = 3000$



Prueba de paso de integración

Esta prueba tiene el objetivo de variar numéricamente el paso de integración al cual se ejecuta el modelo (duplicándolo o dejándolo en la mitad de su valor original) y el método de integración (los métodos disponibles en el software EVOLUCION son Euler y Runge Kutta). Como se ilustra en la siguiente tabla, los resultados de esta prueba son adecuados ya que no cambia el comportamiento del modelo cuando se realiza cualquier variación posible a las condiciones de integración.

Tabla 24. Resultado prueba de paso de integración

PASO DE INTEGRACIÓN	MÉTODO DE INTEGRACIÓN	COMPORTAMIENTO
2	Euler	Normal
0.5	Euler	Normal
0.25	Euler	Normal
2	Runge Kutta	Normal
0.5	Runge Kutta	Normal
0.25	Runge Kutta	Normal

Análisis de sensibilidad

El software EVOLUCION ofrece dos mecanismos para realizar el análisis de sensibilidad: Por variación de parámetros y por variación de escenarios.

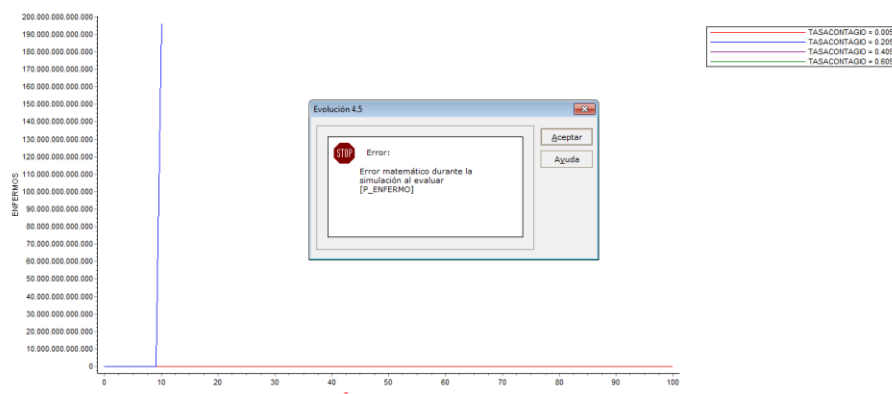
Análisis de sensibilidad por variación de parámetros

Parámetro TasaContagio (Valor estándar = 0.005)

En la descripción del parámetro, se define TasaContagio como “Probabilidad de que se encuentre un expuesto con un propagador y dicho encuentro genere contagio”. Como es una probabilidad, su rango es $[0,1]$ y este también es su rango de incertidumbre. Lo que se hará entonces es visualizar el comportamiento efectuado por el modelo al variar este parámetro dentro del rango de posibles valores.

El resultado de la prueba a este modelo no puede llegar a efectuarse en su totalidad porque aparece el siguiente mensaje durante la simulación: “Error matemático durante la simulación al evaluar $[P_ENFERMO]$ ”. La razón de este inconveniente es un problema de consistencia dimensional en el flujo Contagio que fue identificado y profundizado en una prueba realizada anteriormente (Ver Sección de prueba de consistencia dimensional).

Gráfica 40. Resultado análisis de sensibilidad para parámetro TasaContagio

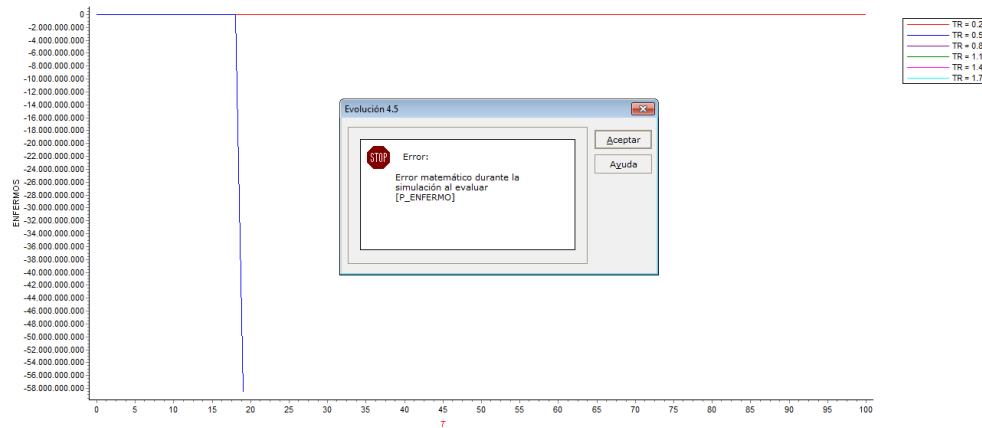


La anterior son los resultados arrojados por EVOLUCION tras evaluar el comportamiento de la población de enfermos para diferentes valores del parámetro TasaContagio. No presentaremos los resultados del análisis de este parámetro para la población de sanos o de triatomins porque presentan el mismo inconveniente.

Parámetro TR – Tasa de Reproducción (Valor inicial = 0.2)

La definición de este parámetro en el modelo indica que “”. Este valor corresponde a una tasa, por lo tanto su valor debe ser mayor a cero. El rango de incertidumbre adoptado para esta tasa lo hemos definido como $[0,1.7]$. Los resultados presentados por EVOLUCION para esta prueba indica la necesidad de hacer el modelo dimensionalmente consistente. Como en la prueba del parámetro anterior, solo se muestra el resultado del software para la población de enfermos ya que las otras simulaciones también presentan resultados semejantes.

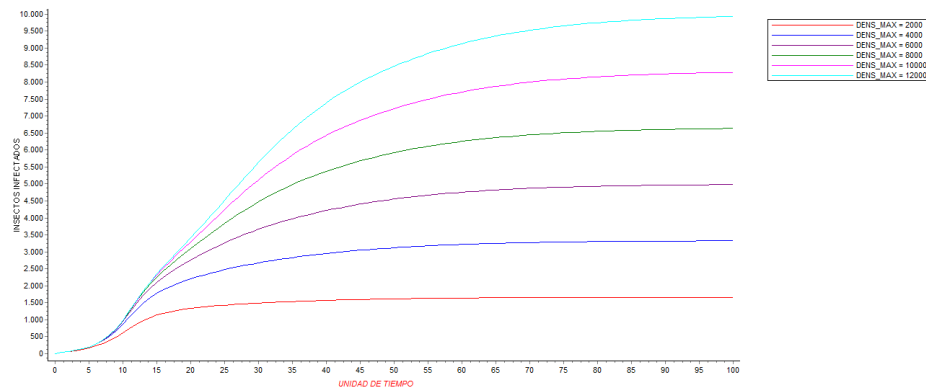
Gráfica 41. Resultado Análisis de sensibilidad para parámetro TR



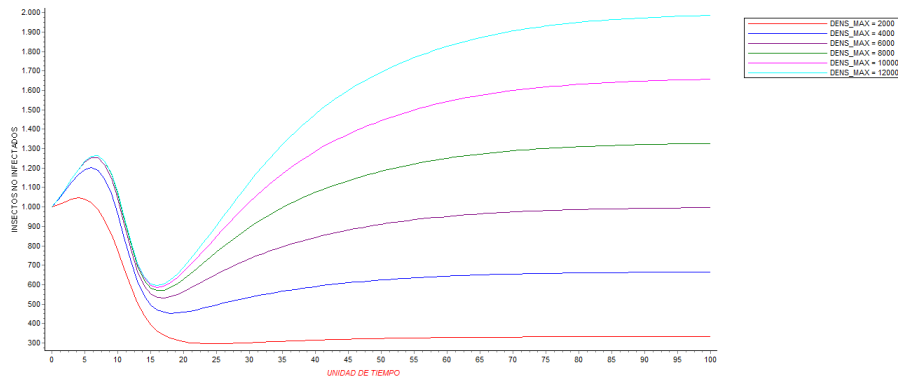
Parámetro Dens_Max (Valor inicial = 2000)

Este parámetro es un indicador de la cantidad insectos limite que debe existir en una región determinada. Es un valor entero y su valor puede llegar a ser grande. El rango escogido para este parámetro fue [2000, 12000].

Gráfica 42. Resultado Análisis de Sensibilidad Insectos Infectados para parámetro Dens_max



Gráfica 43. Resultado Análisis de sensibilidad Insectos No Infectados para parámetro Dens_max



El comportamiento de interés para la variación de la densidad máxima (Dens_max) es el referido a la población de insectos presentes en el entorno. Su resultado es el esperado, la población de insectos es correctamente limitada por el margen de Dens_max impidiendo que crezca más de lo permitido. No hay novedades en este comportamiento.

El parámetro Area no será analizado porque no es muy relevante para el comportamiento del modelo.

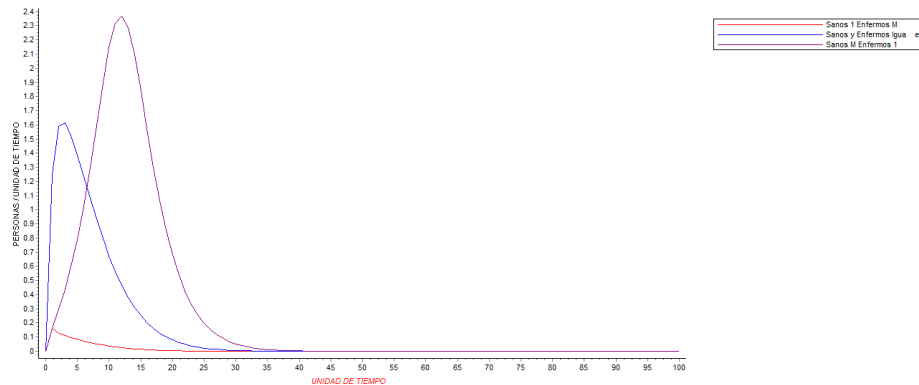
Análisis de sensibilidad por variación de escenarios

Los escenarios que vamos a evaluar en este modelo corresponden a la dinámica de la epidemia y a la dinámica poblacional de triatomíneos a partir de la variación de condiciones iniciales de los niveles. Para este análisis de variación de escenarios vamos a considerar únicamente el comportamiento de los flujos Contagio y Infec_I (Infección Insecto) con los que podemos visualizar la dinámica del modelo en su totalidad.

Variación de condiciones iniciales en el subsistema EPIDEMIA

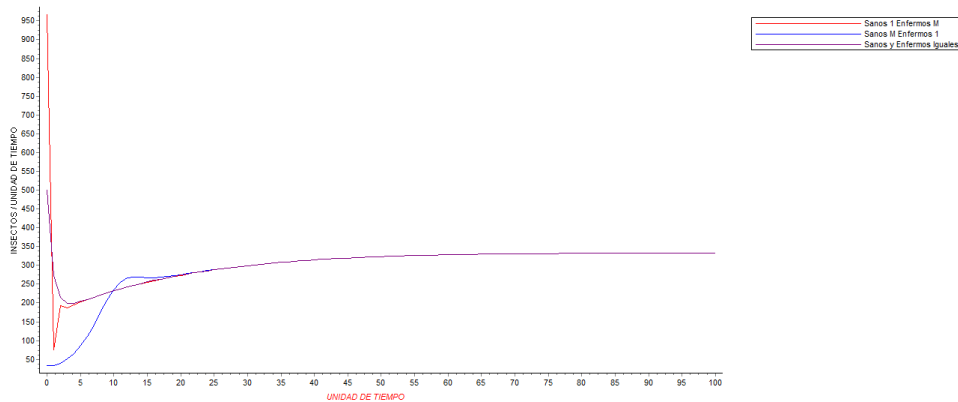
El comportamiento del contagio bajo la variación de escenarios es consistente con la realidad. Casi no se presenta contagio cuando la gran mayoría de la población está enferma; los índices más altos de contagio ocurren cuando la mayoría de la población está sana inicialmente.

Gráfica 44. Resultados Análisis de Sensibilidad para escenario EPIDEMIA



El comportamiento de la infección de insectos es coherente con la realidad. En el primer escenario (Sanos 1 Enfermos Muchos), la infección de los insectos es muy elevada por los altos índices de personas infectadas en el entorno, pero decae rápidamente porque la población de insectos no infectados disminuye de forma importante. En el segundo escenario (Sanos M y Enfermos 1), la infección de insectos crece conforme aumenta la población de enfermos en el entorno, pero se después de un tiempo desarrolla un equilibrio dinámico. En el tercer escenario, la infección empieza alta pero decrece de forma más regular con respecto a lo que ocurre en el primer escenario y llega a desarrollar también un equilibrio dinámico. Un aspecto interesante del resultado de esta prueba es el equilibrio dinámico que se establece para la infección de insectos en los tres escenarios evaluados. Este equilibrio dinámico se debe a que las tasas de entrada y salida para el nivel de población de infectados se equilibran y mantienen ese equilibrio a lo largo del tiempo porque estamos hablando de la misma cantidad de población.

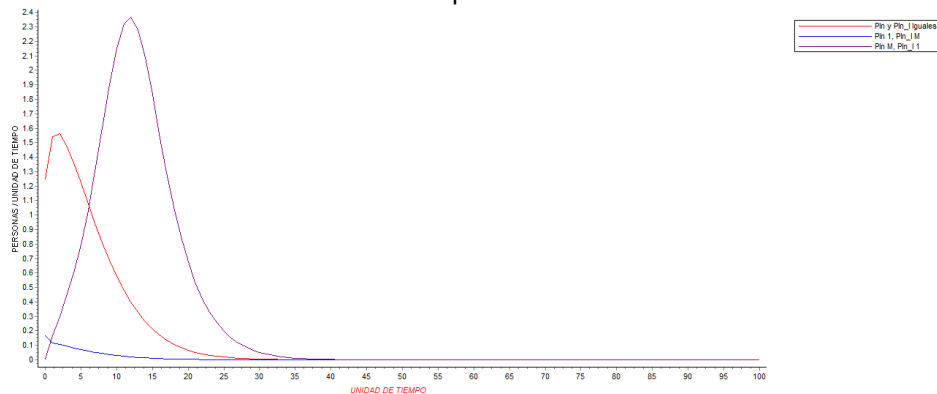
Gráfica 45. Resultados Análisis de Sensibilidad para escenario EPIDEMIA



Variación de condiciones iniciales en el subsistema INSECTO – VECTOR

El comportamiento efectuado por el flujo Contagio es adecuado. El primer escenario ($P_{In} = P_{In_I}$), demuestra que como la mitad de la población de insectos está infectada entonces el contagio de las personas sanas demorará la mitad del tiempo (un poco más). El segundo escenario ($P_{In} = 1$ y $P_{In_I} = \text{Muchos}$) indica que casi toda la población de personas esta contagiada y por lo tanto el contagio de los sanos será casi inmediato. El tercer escenario ($P_{In} = \text{Muchos}$ y $P_{In_I} = 1$) es similar al escenario normal del modelo estudiado, donde la población de insectos aún no se han infectado y por lo tanto el contagio debe seguir la tendencia de la “curva de Gauss”: se incrementa, toma un valor máximo y luego disminuye vertiginosamente.

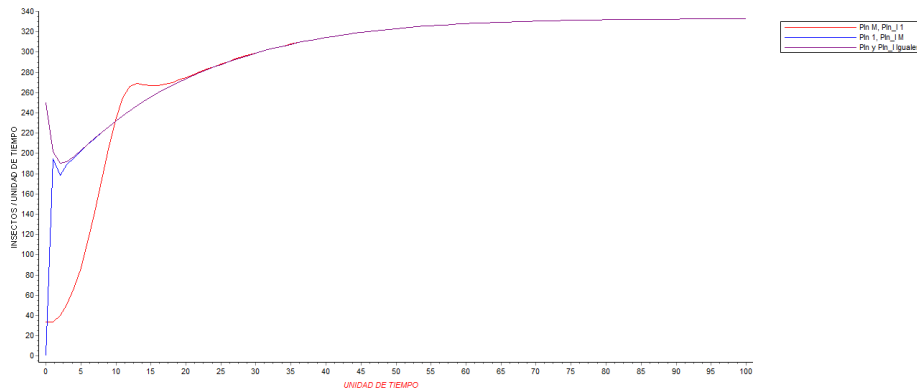
Gráfica 46. Resultados Análisis de Sensibilidad para escenario INSECTO - VECTOR



El resultado de la variación de escenarios para la población de insectos tiene una tendencia similar a la variación de población de insectos para el subsistema EPIDEMIA pero con algunas variantes. La más notable ocurre en el segundo escenario ($P_{In} = 1$ y $P_{In_I} = M$), donde la infección de insectos en lugar de disminuir, crece. Esto se debe a que como no hay insectos no infectados, la infección inicial

parte de cero, a diferencia de la prueba para el subsistema EPIDEMIA en la que la infección inicial es bastante alta. Su comportamiento es acorde a lo esperado.

Gráfica 47. Resultados Análisis de Sensibilidad para escenario INSECTO - VECTOR



Modelo ciclo de vida del triatomino

Prueba de idoneidad de los límites

Propósito del modelo: Recrear el ciclo de vida del triatomino en sus diferentes etapas. El modelo tendrá a disposición del usuario la dinámica poblacional de dos de los estadios (Huevos y Adultos) para que comprenda los aspectos básicos del ciclo de vida sin detallar los estadios intermedios (Estadios ninfales). Se espera además que el estudiante identifique el efecto directo de la temperatura y el control biológico (tales como fumigación, ubicación de trampas en sectores específicos o la mejora de condiciones higiénicas en el entorno) sobre la población de triatominos. (Tomado del Autor).

El modelo en cuestión recrea adecuadamente la dinámica del ciclo de vida del triatomino ya que no omite ningún estadio del ciclo real y contempla la influencia directa de la temperatura y el control biológico sobre la población de triatominos. Por lo tanto en cuanto a límites se refiere este no tiene ningún problema. Las variables que intervienen en el modelo están listadas y clasificadas en la siguiente tabla:

Tabla 25. Variables endógenas y exógenas del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO

VARIABLES ENDÓGENAS	VARIABLES EXÓGENAS
• H_ADULTAS • RETARDO_HUEVOS • CRECER_1 • HUEVOS • RETARDO_NI • HUEVOS HEMBRA • CRECER_2 • RETARDO_NII • N_I • N_II • N_III • N_IV • N_V • ADULTOS • CRECER_3 • CRECER_4 • CRECER_5 • CRECER_6 • CRECER_7 • MUERTES • RETARDO_NIII • RETARDO_NIV • RETARDO_NV • RETARDO_NADULTA • RETARDO_MUERTE • AMBIENTE	• T_PASO_H_NI • T_PASO_NI_NII • T_PASO_NII_NIII • T_PASO_NIII_NIV • T_PASO_NIV_NV • T_PASO_NV_NADULT • CANHUEVOSHEMBRA • MORTALIDAD_1 • MORTALIDAD_2 • MORTALIDAD_3 • MORTALIDAD_4 • MORTALIDAD_5 • CONTROLBIOLOGICO • TIEMPO_VIDA • POB_INI_HA • TEMP_PROMEDIO • T_REPRODUCCION

Las variables anteriormente mencionadas recrean el ciclo de vida del triatomino en todas sus etapas o estadios simulando el tiempo específico de demora de cada etapa particular a partir de la utilización de retardos. Se ilustra también el desarrollo del ciclo de vida cuando hay una dependencia de la población de huevos hacia la población de adultos y se incluye en un mismo modelo la influencia del control biológico (realizado por el humano) sobre el desarrollo de la población de triatominos.

¿Qué variables y otras cuestiones importantes se han excluido del modelo?

El modelo toma en cuenta muchos aspectos relevantes del fenómeno como la influencia de la temperatura y el control biológico en la población de triatomíneos, los cuales afectan de manera importante el desarrollo poblacional. En el modelo se omite la relación de fuentes alimenticias con el incremento de la población ya que la presencia de roedores o humanos condiciona el desarrollo del triatómino en cada una de las etapas de su ciclo de vida. Sin embargo, se justifica su ausencia porque el modelo recrea adecuadamente el fenómeno de interés y la influencia de ciertos aspectos sobre el mismo.

¿Cuál es el horizonte de tiempo relevante del problema?

El ciclo de vida del triatómino bajo condiciones ideales de temperatura y cero control biológico puede desarrollarse óptimamente con un incremento exponencial de su población en cada una de sus etapas. El horizonte de tiempo de la simulación depende de diversos factores ambientales y del valor de los parámetros que establecen la duración y la tasa de mortalidad de cada una de las etapas del ciclo de vida.

Prueba de evaluación de la estructura

¿La estructura del modelo es consistente con el conocimiento relevante del sistema?

La estructura del modelo está bastante ligada al conocimiento real del sistema el cual indica que el ciclo de vida del triatómino está caracterizado por un desarrollo secuencial del triatómino desde el momento que es un huevo hasta su etapa adulta. Además cada una de las etapas tiene un tiempo de desarrollo representado en el modelo por un retardo de material. El modelo representa adecuadamente factores externos al ciclo de vida pero que tienen una influencia directa en este tal como la temperatura y el control biológico en el entorno.

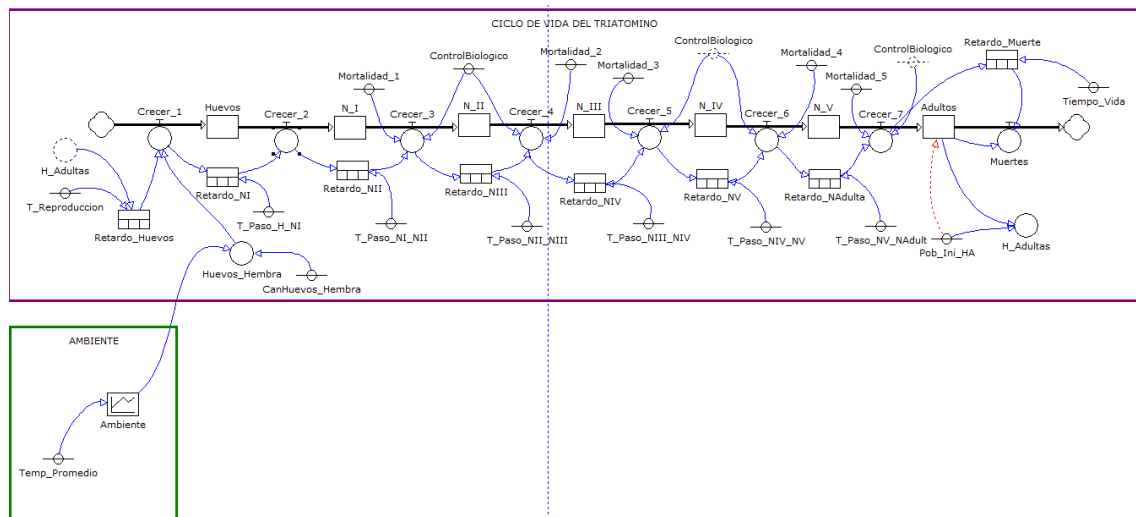
Un detalle cuestionable del modelo es la ausencia de representación formal (por medio de flujos) de la mortalidad para cada una de las etapas del ciclo de vida del triatómino (excepto para la etapa ADULTA) por factores naturales y por efecto del control biológico. La mortalidad en el modelo se representa por la reducción del número de triatóminos que pasan a una nueva etapa con respecto a la cantidad que existía en la etapa inmediatamente anterior, haciendo que los triatóminos no mueran sino que se realice un “filtro de material” en la transición de una etapa a otra. Un ejemplo de esto es la ecuación del flujo CRECER_3:

$$\text{CRECER_3} = \text{INT} (\text{RETARDO_NII} * (1 - \text{MORTALIDAD_1} - (\text{CONTROL BIOLÓGICO}) / 100))$$

La propuesta consiste en modificar la formulación actual de mortalidad de triatominos por la representación de mortalidad a partir de flujos de salida de cada nivel.

Nivel de agregación del diagrama flujo nivel

Gráfica 48. Diagrama de flujo nivel modelo SIMULADOR CICLO DE VIDA TRIATOMINO



El modelo no cuenta con un diagrama causal definido formalmente, por lo tanto solo se analizará el diagrama de flujo nivel. El nivel de agregación de este diagrama es adecuado al propósito para el cual fue diseñado ya que ilustra los aspectos básicos más importantes en cada etapa del ciclo de vida. No es necesario detallar en profundidad cada estado ninfal porque el modelo perdería la precisión y el carácter intuitivo que aún conserva.

Prueba de consistencia dimensional

Esta prueba consiste en analizar todos los componentes del modelo (flujos, niveles, parámetros y funciones no lineales) para determinar si son consistentes dimensionalmente. Ninguno de los componentes del modelo posee aún una especificación de unidades o dimensiones, pero algunas de estas es posible deducirlas. No todos los elementos tienen claras sus unidades a pesar de contar con la estructura del modelo, como es el caso de los parámetros utilizados en los retardos, los que indican la tasa de mortalidad y en especial el control biológico.

Tras revisar exhaustivamente las ecuaciones del modelo nos encontramos con problemas de consistencia dimensional en algunas variables que corresponden a flujos del triatómino. Tal es el caso de CRECER_3, CRECER_4, CRECER_5,

CRECER_6 y CRECER_7. Todo esto partiendo de la suposición de que CONTROLBIOLOGICO tenga como unidades 1/Semana. Las dimensiones de cada uno de los flujos son detalladas a continuación:

CRECER_3

$$\text{INT} (\text{RETARDO_NII} * (1 - \text{MORTALIDAD_1} - (\text{CONTROLBIOLOGICO}) / 100)) \\ [\text{Triatominos/Semanas}^2]$$

CRECER_4

$$\text{INT} (\text{RETARDO_NIII} * (1 - \text{MORTALIDAD_2} - (\text{CONTROLBIOLOGICO}) / 100)) \\ [\text{Triatominos/Semanas}^2]$$

CRECER_5

$$\text{INT} (\text{RETARDO_NIV} * (1 - \text{MORTALIDAD_3} - (\text{CONTROLBIOLOGICO}) / 100)) \\ [\text{Triatominos/Semanas}^2]$$

CRECER_6

$$\text{INT} (\text{RETARDO_NV} * (1 - \text{MORTALIDAD_4} - (\text{CONTROLBIOLOGICO}) / 100)) \\ [\text{Triatominos/Semanas}^2]$$

CRECER_7

$$\text{INT} (\text{RETARDO_NADULTA} * (1 - \text{MORTALIDAD_5} - (\text{CONTROLBIOLOGICO}) / 100)) \\ [\text{Triatominos/Semanas}^2]$$

Como está detallado anteriormente, los flujos poseen unidades incoherentes para el fenómeno que se está simulando ($\text{Triatominos/Semanas}^2$) como consecuencia de la inclusión del factor mortalidad en cada uno de ellos. Se sugiere tratar de manera independiente la transición entre las etapas y mortalidad ocurrida en cada una de ellas para solucionar este inconveniente. Excluyendo a CONTROLBIOLOGICO (Se desconoce cuáles son sus unidades) y las variables mencionadas anteriormente, el modelo no presenta problemas de consistencia dimensional.

Prueba de evaluación de parámetros

¿Los valores de los parámetros son consistentes con el conocimiento numérico del sistema?

A diferencia de los otros modelos de la enfermedad de Chagas que se han probado, este cuenta con un soporte bibliográfico para la mayoría de los parámetros que conforman el modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO. El soporte bibliográfico principal utilizado para este modelo es [2] en el cual se describe el ciclo de vida del

triatomino desde el punto de vista cuantitativo. Podemos afirmar entonces que los valores de los parámetros que indican la mortalidad y el tiempo medio en cada etapa del ciclo de vida están bien fundamentados y son consistentes con la realidad.

Los otros parámetros que afectan al ciclo de vida pero no hacen parte de este son CONTROLBIOLOGICO y TEMPERATURA los cuales no tienen un parámetro definido en el modelo porque son modificados por el usuario cuando este utiliza el animador. Estos adoptan varios rangos: en el caso del parámetro TEMPERATURA su rango es [0, 30] y el parámetro CONTROLBIOLOGICO tiene como rango [0, 10]. El parámetro TEMPERATURA tiene un rango acorde a la realidad cuyo objetivo es definir el impacto de la temperatura sobre el ciclo de vida del triatomino. Sin embargo, el parámetro CONTROLBIOLOGICO no tiene definida con claridad su función y es necesario revisar ese aspecto para definir su rango y si es acorde a la realidad.

El parámetro CANHUEVOS_HEMBRA no tiene un soporte estadístico fundamentado pero tiene un valor acorde a la realidad (10 huevos) ya que en promedio el *Triatoma Dimidiata* puede llegar a producir 16 huevos diarios. El parámetro POB_INI_HA es un parámetro auxiliar cuyo objetivo es inicializar con un valor estándar el número de adultos en la población de triatominos.

Hay que tener en cuenta que el parámetro POB_INI_HA no tiene un nombre adecuado a lo que representa: este modelo representa la cantidad inicial de triatominos adultos en el entorno pero esta denominado como la población inicial de hembras adultas. Debe renombrarse este parámetro.

¿Todos los parámetros tienen su homólogo en el mundo real?

Sí, todos los parámetros tienen su equivalente en el sistema real:

- Los parámetros de mortalidad en cada una de las etapas del ciclo de vida están definidos en el mundo real.
- Los parámetros de tiempo de vida promedio de cada etapa del ciclo de vida del triatomino están definidos en el mundo real.
- El parámetro TEMP_PROMEDIO tiene influencia directa sobre el ciclo de vida del triatomino en la vida real, ya que la dependencia del ciclo de vida sobre este parámetro es fundamental.
- El parámetro CANHUEVOS_HEMBRA tiene su equivalente en el mundo real porque para cada especie de triatomino existe un valor correspondiente a la reproducción en su etapa adulta.
- El parámetro CONTROLBIOLOGICO tiene su equivalente en el mundo real porque este define la acción del ser humano para mitigar el desarrollo de la población de triatominos.

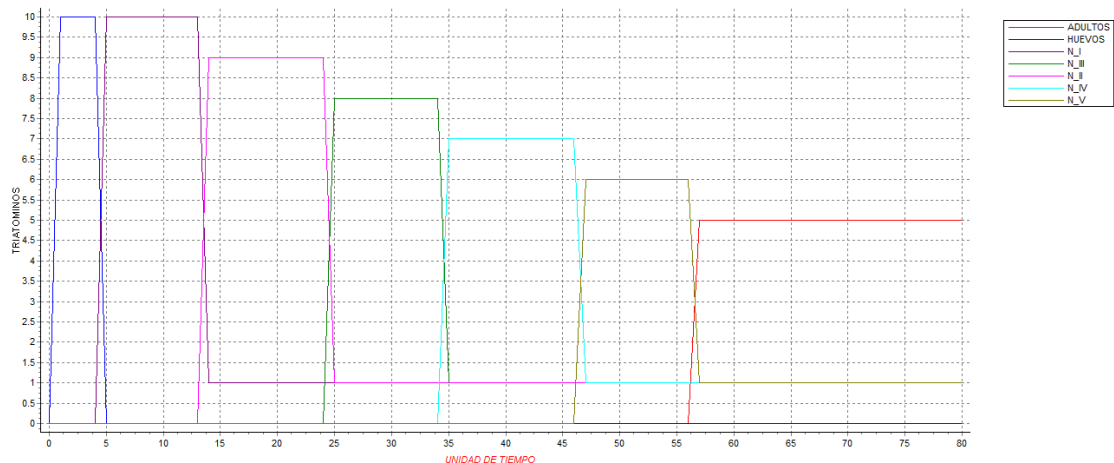
Prueba de condiciones extremas

Esta prueba puede realizarse a partir de dos mecanismos: Por inspección directa y por simulación. En este caso la prueba que aplicaremos es la prueba por simulación en la cual se varían los parámetros en sus valores extremos y es simulado para analizar ese comportamiento bajo esa condición.

POB_INI_HA – Población inicial hembras adultos = 0 con condiciones restantes normales

Se supone que cuando el modelo es sometido a esta condición, no puede desarrollarse el ciclo de vida del triatomo en cualquiera de sus etapas porque no hay un individuo que inicie el desarrollo de su población. El comportamiento presentado por el modelo es ilustrado en la *Gráfica 49*.

Gráfica 49. Comportamiento del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo la condición POB_INI_HA = 0



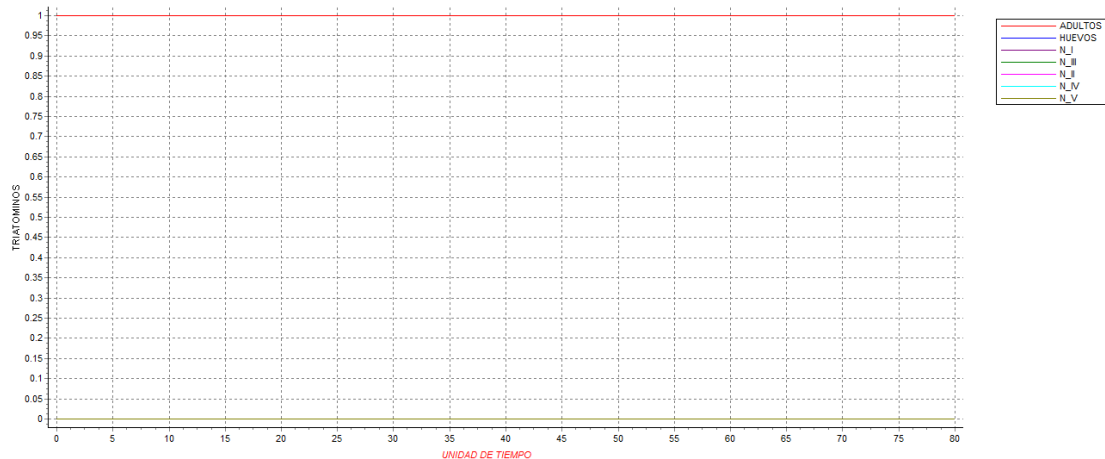
El comportamiento manifestado por el modelo tras esta condición es diferente a la suposición original porque la población de triatomos no puede desarrollarse sin la presencia de un individuo como un triatomo adulto hembra. Es necesario redefinir algunos de los elementos del modelo para mejorar su comportamiento.

TEMP_PROMEDIO = 0 con condiciones restantes normales

El comportamiento del modelo del CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo esta condición impediría la conservación de la población de triatomos durante el desarrollo de la simulación. Esto sería lógico porque en caso de que la temperatura disminuya drásticamente la población de triatomos no crecería y por el contrario

presentaría un aumento en su tasa de mortalidad hasta desaparecer. El comportamiento del modelo es presentado en la *Gráfica 50*.

Gráfica 50. Comportamiento dinámica poblacional bajo condición TEMP_PROMEDIO = 0

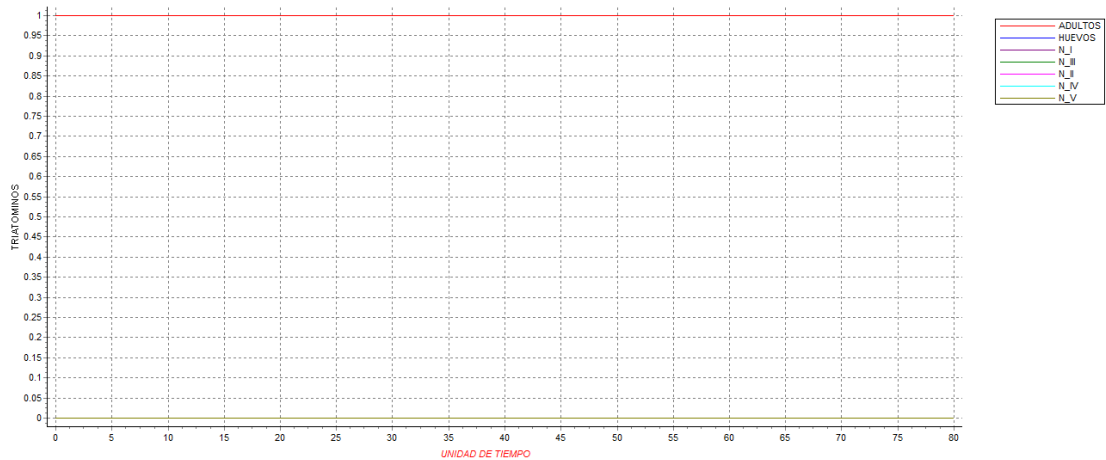


El comportamiento presentado por el modelo es diferente al supuesto, porque todos los triatominos en el entorno deberían morir sin importar su etapa y el modelo presenta un comportamiento diferente. El triatomo adulto con el que inicia la simulación permanece allí sin importar las condiciones ambientales en las que permanece la población de triatominos. Esto resulta inadecuado y por lo tanto debe modificarse el modelo para comportarse como debería.

TEMP_PROMEDIO = 30 con condiciones restantes normales

El comportamiento del modelo bajo esta condición se supone que debe ser normal según la estructura y formulación del modelo el cual considera que la dinámica poblacional de los triatominos tiene un comportamiento óptimo cuando la temperatura es superior a 18 grados centígrados a pesar de que la realidad del fenómeno indica otra cosa: la población de triatominos tiene problemas cuando la temperatura es muy elevada porque requiere alimentación adicional a la normal. El comportamiento del modelo es presentado en la *Gráfica 51*.

Gráfica 51. Comportamiento dinámica poblacional bajo condición TEMP_PROMEDIO = 30

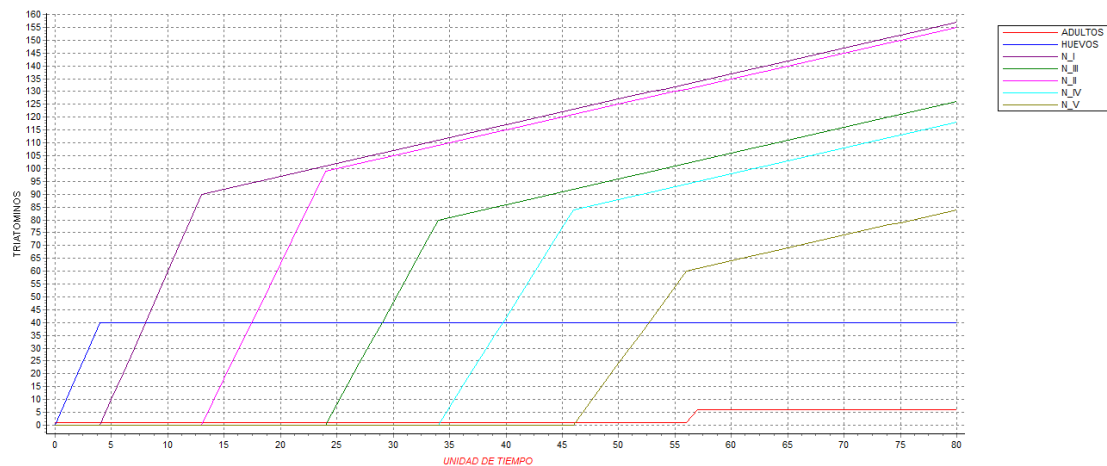


El comportamiento presentado por el modelo resulta inadecuado bajo esta condición porque la población de triatominos no se comporta de forma natural, es decir cómo debería según la formulación del modelo. Esto se debe a una inconsistencia entre la formulación de la temperatura en el modelo a partir del parámetro AMBIENTE y el rango propuesto del animador para el control de la temperatura por parte del usuario final. En la función no lineal llamada AMBIENTE el valor máximo de la temperatura definido es 26 grados y en el animador el valor máximo es 30 grados. Es necesario mejorar esto redefiniendo la función no lineal AMBIENTE adoptándole la capacidad de extrapolación teniendo en cuenta los valores definidos por el modelador. Otra solución mucho más rígida es disminuir el rango del control de temperatura disponible al usuario a $[0,26]$ para hacerlo consistente con lo propuesto en la función no lineal AMBIENTE.

TIEMPO_VIDA = 0 con condiciones restantes normales

El comportamiento que se supone debe manifestar el modelo con esta condición extrema debe ser la ausencia de triatominos adultos durante un amplio periodo de simulación porque la mortalidad de estos es muy elevada. Es tolerable que el modelo presente un valor inicial de triatominos adultos pero estos deben erradicarse inmediatamente. El ciclo de vida del triatominos debe desarrollarse anormalmente porque el eje de su crecimiento (triatominos adultos) prácticamente desaparece del entorno. El comportamiento presentado por el modelo con esta condición es ilustrado en la *Gráfica 52*.

Gráfica 52. Comportamiento del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo condición $TIEMPO_VIDA = 0$

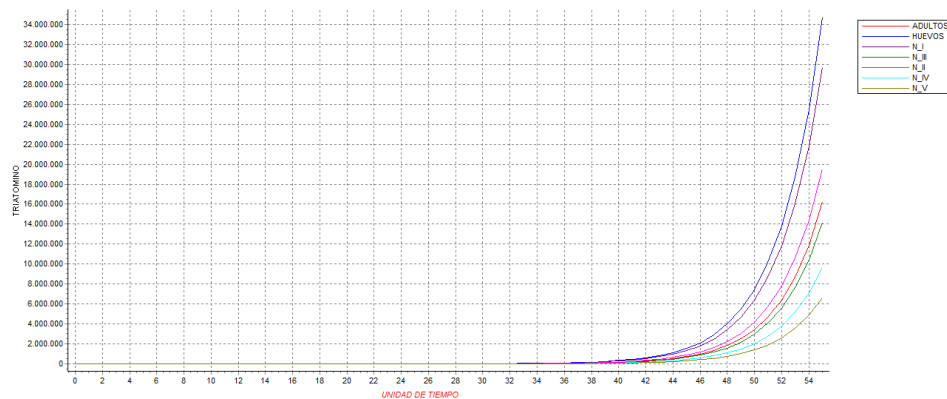


Como se ilustra en la gráfica anterior, tanto el ciclo de vida como la población de triatominos se comporta casi naturalmente, como si la ausencia de los triatominos adultos en el entorno la mayor parte del tiempo no tuviera influencia alguna en el desarrollo del fenómeno descrito. Esto no concuerda con la realidad del fenómeno y por lo tanto debe ser replanteado el manejo de la mortalidad de los triatominos adultos en el modelo porque no se comporta adecuadamente bajo la condición extrema impuesta.

$T_PASO_NI = 0$, $T_PASO_NII = 0$, $T_PASO_NIII = 0$, $T_PASO_NIV = 0$ y $T_PASO_NV = 0$ con condiciones restantes normales

El comportamiento presentado por el modelo bajo estas condiciones debería tener un comportamiento en la cual las etapas de los triatominos presentan la misma tendencia con una cantidad diferente entre unos y otros por la intervención de ciertos factores como la tasa de mortalidad individual de cada etapa del ciclo de vida. El comportamiento presentado por el modelo es ilustrado en la *Gráfica 53*. Su tendencia es acorde a lo supuesto aunque se desconoce por qué el orden de las etapas según su cantidad no es establecido únicamente por el valor de tasa de mortalidad fijado para cada etapa individualmente. Nótese que el valor de la tasa de mortalidad (0.04) para la última etapa en el orden de clasificación no es el valor más alto de mortalidad para que tenga la menor de cantidad de triatominos según la etapa. A pesar de esta anotación el modelo se comporta adecuadamente con esta condición extrema.

Gráfica 53. Comportamiento modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo condición de tiempos de retardo = 0

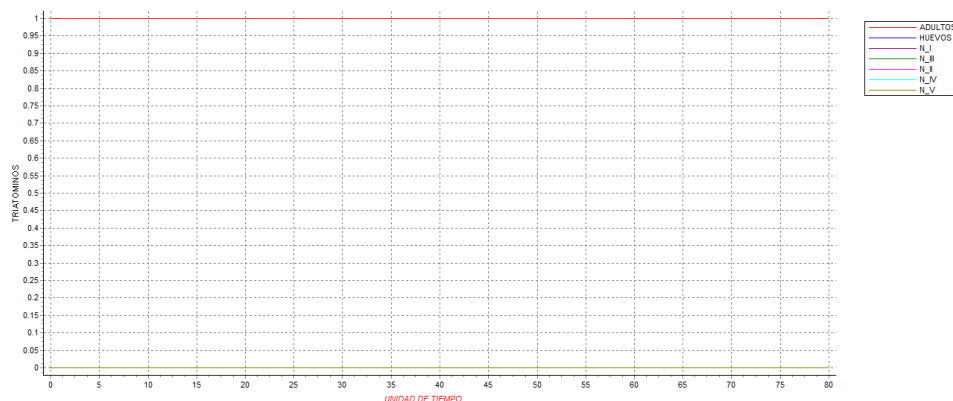


CANHUEVOS_HEMBRA = 0 con condiciones restantes normales

Suponemos que el modelo bajo esta condición extrema presentará un comportamiento en el cual eventualmente la población de triatomos desaparecerá porque los triatomos adultos no podrán producir descendencia y los triatomos adultos existentes morirán en algún momento de la simulación. El comportamiento presentado por el modelo bajo esta condición es ilustrado en la *Gráfica 54*.

El comportamiento presentado por el modelo es diferente al supuesto porque la cantidad de triatomos adultos nunca disminuye y permanece de acuerdo al valor inicial de los triatomos adultos representado por POB_INI_HA (1 en condiciones estándar). Esto resulta inadecuado porque todos los triatomos deben desaparecer si no existe forma de prolongar su existencia a partir de la producción de huevos. Esto se debe a que la mortalidad en el modelo original no toma en cuenta el valor actual del nivel ADULTOS sino su flujo de entrada CRECER_7.

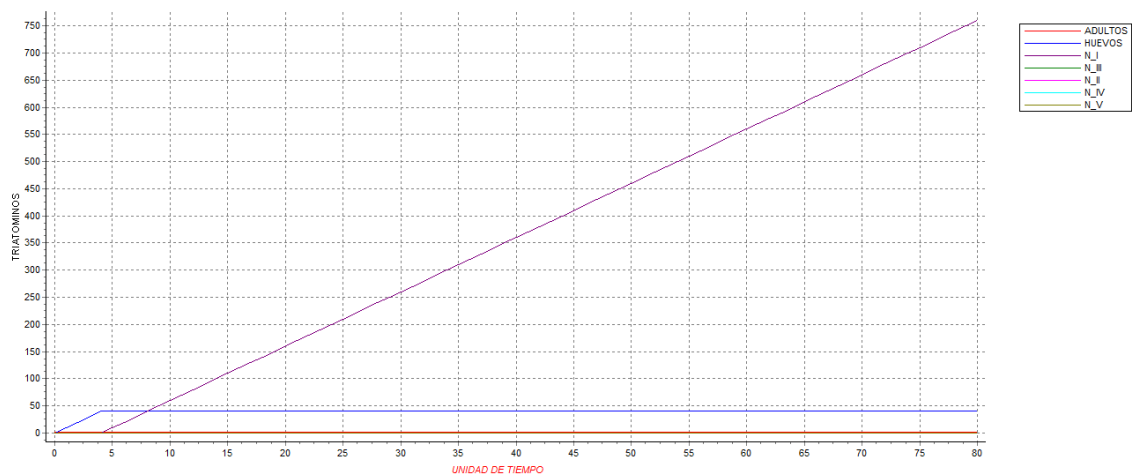
Gráfica 54. Comportamiento modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo la condición CANHUEVOS_HEMBRA = 0



MORTALIDAD_1 = 1, MORTALIDAD_2 = 1, MORTALIDAD_3 = 1,
MORTALIDAD_4 = 1 y MORTALIDAD_5 = 1 con condiciones restantes normales

El valor máximo que puede llegar a presentar la mortalidad es 1 ya que estamos hablando de una proporción o tasa. En este caso, esta es la condición extrema de MORTALIDAD y nuestro objetivo es determinar cuál es el comportamiento del modelo bajo esta condición. Suponemos que el comportamiento presentado por el modelo es que no se desarrolle el triatomo en las etapas para las cuales está definida una tasa de mortalidad. El comportamiento presentado en el modelo se ilustra en la

Gráfica 55. Comportamiento de la dinámica poblacional del CICLO VIDA TRIATOMINO bajo la condición MORTALIDAD_1 - MORTALIDAD_5 = 0



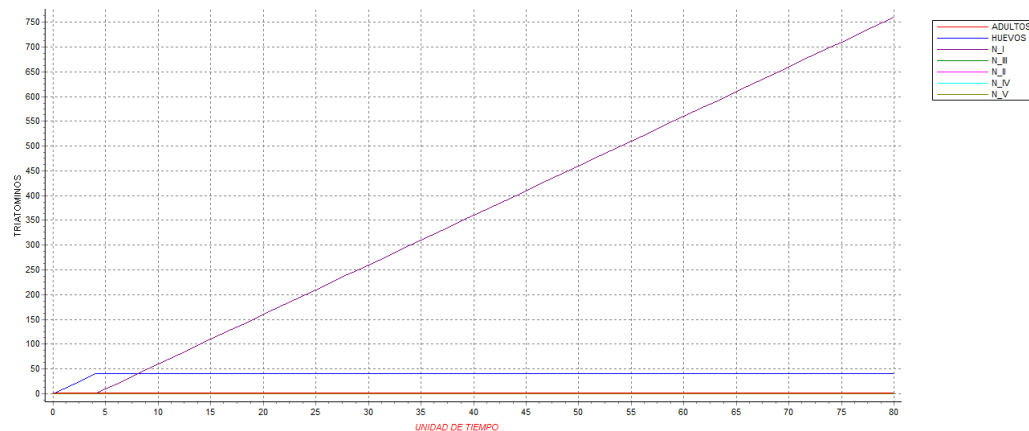
El comportamiento ilustrado por el modelo es adecuado teniendo en cuenta que las etapas del triatomo que tienen definido algún tipo de mortalidad son NINFA_II, NINFA_III, NINFA_IV, NINFA_V. Si todas estas etapas tienen la mortalidad máxima, no puede existir ninguna población de triatominos de este tipo. Sin embargo, es cuestionable que para la población de triatominos en la etapa NINFA_I debe tener definido una tasa de mortalidad como las otras etapas ninfales, sin importar que en la literatura la tasa de mortalidad tenga valor cero. Las etapas HUEVOS y ADULTOS no tienen una tasa de mortalidad definida en la literatura, por lo tanto es aceptable que esta población se comporte naturalmente. Es necesario por tanto definir una tasa de mortalidad para la etapa de NINFA_I.

CONTROLBIOLOGICO = 100 con condiciones restantes

Evaluamos ahora el comportamiento del modelo bajo esta condición extrema. Se supone que cuando el control biológico de las personas hacia la población de triatominos es el máximo, la población de triatominos debe reducirse al mínimo en las etapas afectadas por el control biológico. El control biológico que ejerce las

personas pueden ser acciones de fumigación, postura de barreras, etc. El comportamiento presentado en el modelo es ilustrado en la *Gráfica 56*.

Gráfica 56. Comportamiento de la dinámica de población del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO bajo condición extrema CONTROLBIOLOGICO = 100



El comportamiento del modelo bajo esta condición es adecuado. Sin embargo, ocurre la misma situación que en la condición extrema anterior donde algunas etapas del triatomino no son afectadas directamente por esta condición. Es cuestionable la razón por la cual algunas de las etapas no se ven afectadas por el control biológico ejercido por las personas.

Pruebas de paso de integración

Esta prueba tiene el objetivo de variar numéricamente el paso de integración al cual se ejecuta el modelo (duplicándolo o dejándolo en la mitad de su valor original) y el método de integración (los métodos disponibles en el software EVOLUCION son Euler y Runge Kutta). Como se ilustra en la siguiente tabla, los resultados de esta prueba son adecuados ya que no cambia el comportamiento del modelo cuando se realiza cualquier variación posible a las condiciones de integración.

Tabla 26. Resultados prueba de integración modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO

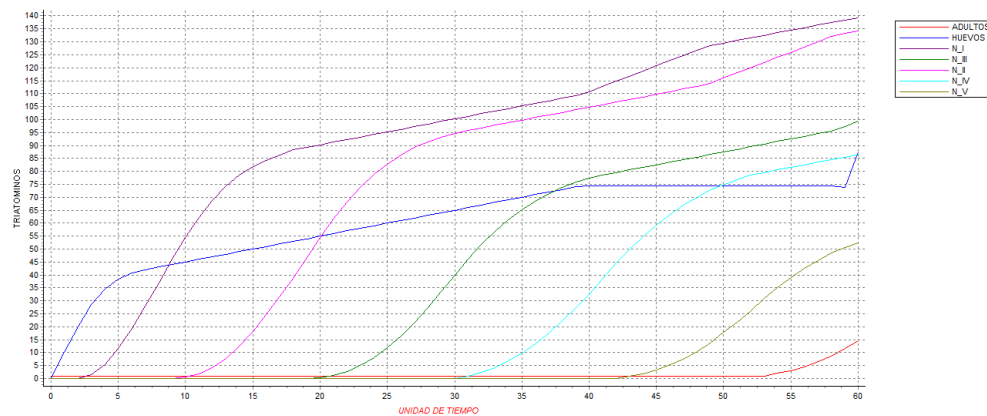
PASO DE INTEGRACIÓN	MÉTODO DE INTEGRACIÓN	COMPORTAMIENTO
0.5	Euler	Normal
0.25	Euler	Normal
0.5	Runge Kutta	Normal
0.25	Runge Kutta	Normal

El modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO presenta cierta incertidumbre al alterar las condiciones de integración del mismo pero se considera normal por la sensibilidad del comportamiento y la dependencia que existe entre las etapas del ciclo de vida del triatomo. El comportamiento presentado por el modelo con diferentes condiciones de integración se ilustra en las siguientes gráficas. Hay que tener en cuenta que la prueba de integración para valores de paso de integración superiores a 1 no puede desarrollarse porque no se cumpliría la condición de retardo:

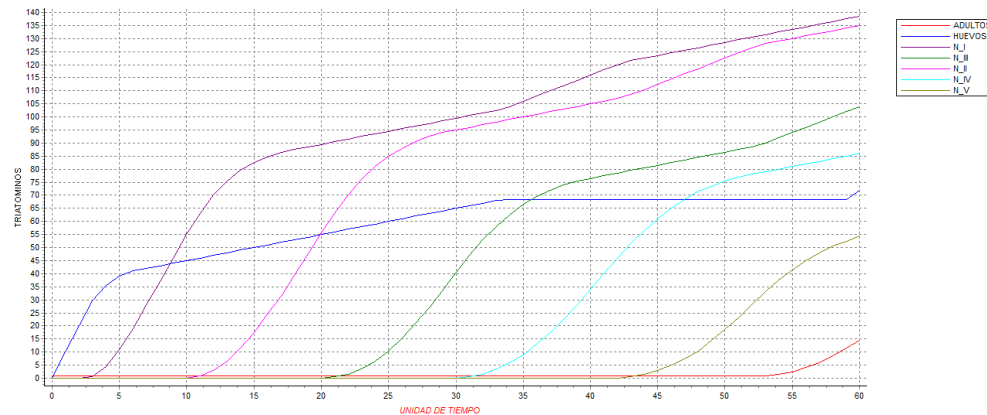
$$\text{INTERVALO DE TIEMPO} \leq \text{TIEMPO DE AJUSTE} / \text{ORDEN}$$

La sección derecha de la desigualdad siempre será constante para todos los retardos que pertenecen al modelo ya que para cada retardo el TIEMPO DE AJUSTE = ORDEN.

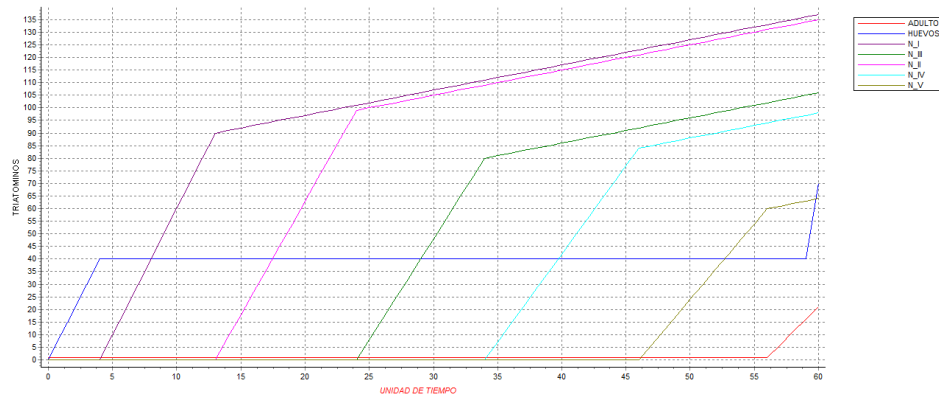
Gráfica 57. Comportamiento del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO cuando Paso Integración 0.25 Método Euler



Gráfica 58. Comportamiento del modelo CICLO DE VIDA TRIATOMINO cuando Paso Integración 0.5 Método Euler



Gráfica 59. Comportamiento del modelo CICLO VIDA TRIATOMINO bajo condiciones normales de simulación

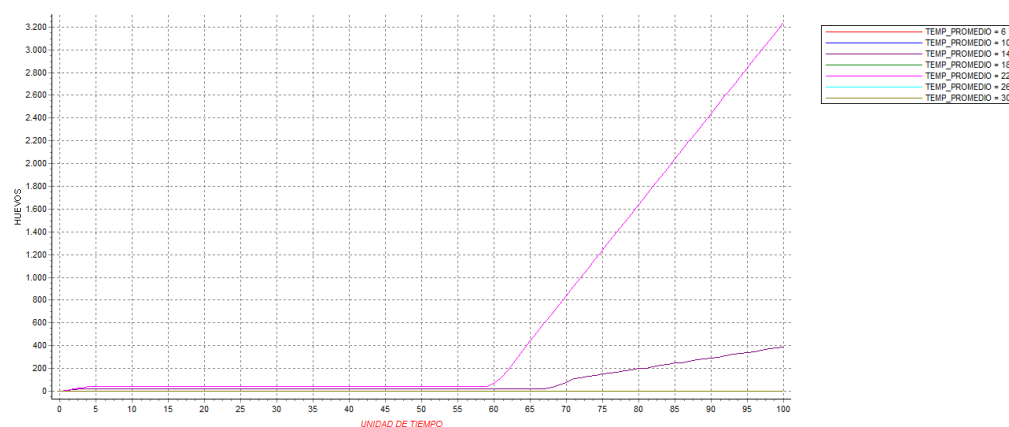


Análisis de sensibilidad por variación de parámetros

Parámetro TEMP_PROMEDIO (Valor estándar = 20)

Como existen muchas variables del modelo que pueden verse afectadas por la variación de este parámetro es bastante engorroso realizar el análisis a todas ellas y por lo tanto solo se evaluará el nivel que se ve directamente afectado por este parámetro: HUEVOS. Este parámetro ha sido variado en el rango [6, 30] en intervalos de 4 unidades de tiempo. Los resultados se ilustran en la figura *Gráfica 60*.

Gráfica 60. Análisis de sensibilidad nivel HUEVOS para variación del parámetro TEMP_PROMEDIO



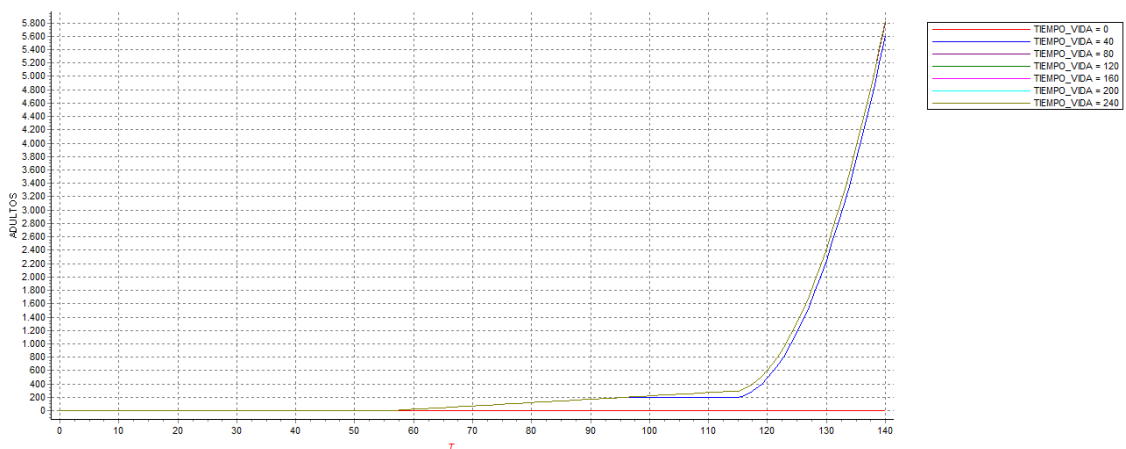
Los resultados de este análisis son extraños. Debería presentarse una cantidad de triatomino específica para temperaturas donde es viable que se desarrolle la

población de triatominos en particular temperaturas superiores a 10 grados centígrados. El problema que ocurre con esto es que la extrapolación de la función no lineal no está definida adecuadamente y por lo tanto no realiza la extrapolación correspondiente. Se debe definir la extrapolación como EXTREMOS en lugar de CICLICA como originalmente se tenía.

Parámetro TIEMPO_VIDA (Valor estándar = 70)

Como ocurrió con el parámetro anterior, solo es posible analizar el parámetro tiempo de vida para una variable, en este caso aquella que se ve directamente afectada por el valor que adopte el parámetro. El rango para el cual se realizará el análisis de sensibilidad es [0,240] con intervalos uniformes de 40 unidades de tiempo. El resultado de este análisis es ilustrado en la *Gráfica 61*.

Gráfica 61. Análisis de sensibilidad ADULTOS con variación de parámetro TIEMPO_VIDA



El resultado de este análisis es inadecuado para los parámetros que estamos utilizando porque sólo existe una pequeña diferencia en la tendencia del comportamiento para cada uno de los valores del parámetro. La causa de esto posiblemente sea la definición del flujo de mortalidad en el modelo la cual justificamos como inadecuada en una prueba anterior.

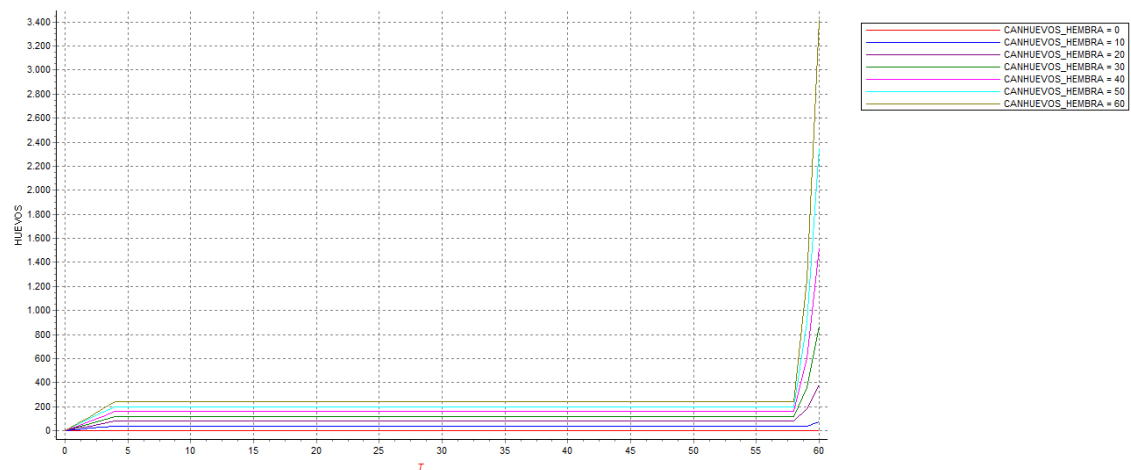
Parámetro CANHUEVOS_HEMBRA (Valor estándar = 10)

Este parámetro indica la cantidad de huevos que una hembra adulta puede incubar. Es claro que la cantidad de este parámetro influye de manera directa en el tamaño de la población de triatominos en todas sus etapas. Sin embargo, para este análisis sólo se tendrá en cuenta el comportamiento de las variables HUEVOS y ADULTOS. El rango de valores que puede adoptar esta variable es [0,60] y su intervalo son 10

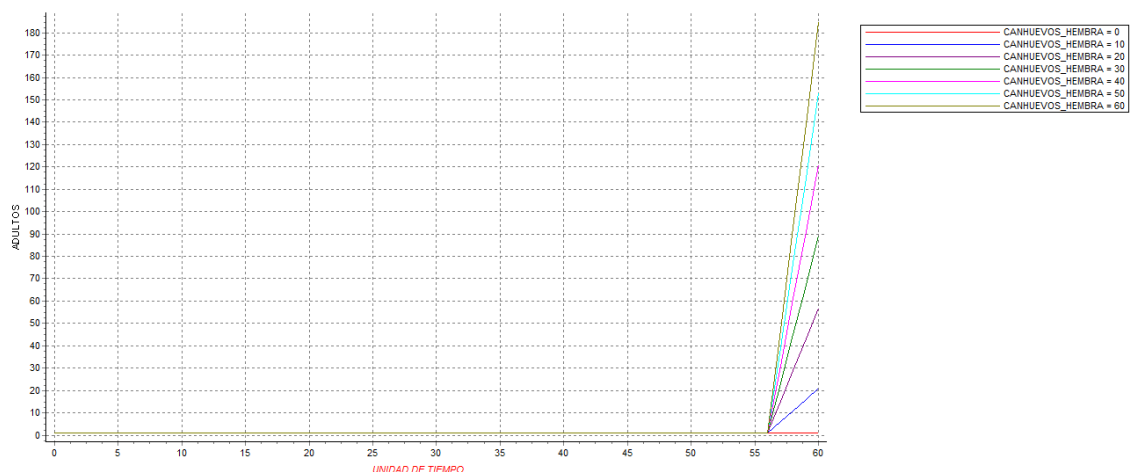
unidades de tiempo. El resultado de este análisis es ilustrado en la *Gráfica 62* y *Gráfica 63*.

El comportamiento presentado tras la realización del análisis es adecuado porque los resultados son consistentes al valor específico del parámetro tanto para la variable HUEVOS como ADULTOS del modelo. La población general de triatomos aumenta conforme se incrementa la cantidad de huevos que produce una hembra adulta.

Gráfica 62. Análisis de sensibilidad HUEVOS por variación del parámetro CANHUEVOS_HEMBRA



Gráfica 63. Análisis de sensibilidad ADULTOS por variación del parámetro CANHUEVOS_HEMBRA



Los parámetros que representan la mortalidad de los triatomos (MORTALIDAD_1, MORTALIDAD_2, MORTALIDAD_3, MORTALIDAD_4 y MORTALIDAD_5) el control biológico ejercido por las personas que habitan en el entorno (CONTROLBIOLOGICO) y la demora en el paso de una etapa a otra definido en el retardo (T_PASO_H_NI, T_PASO_NI_NII, T_PASO_NII_NIII, T_PASO_NIII_NIV y

T_PASO_NIV_NV) no se aplica un análisis de sensibilidad como ocurre con otros parámetros que se encuentran en el modelo.

ANEXO B. REQUISITOS

En el presente anexo se detallan cada uno de los casos de uso identificados de forma más rigurosa al inicio de la fase de elaboración de la metodología. Esto involucra la fragmentación de casos de uso generales en casos de uso más específicos y además la indicación de precondiciones, flujo de sucesos y pos condiciones de cada caso de uso.

DETALLAR CASOS DE USO

Caso de uso: Visualizar actividad

Figura 37. Caso de uso detallado Visualizar actividad

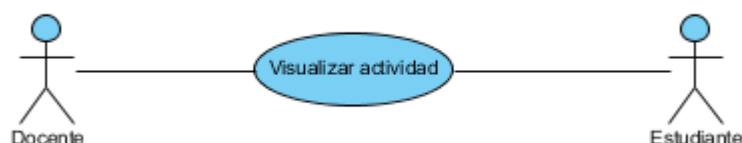


Tabla 27. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Visualizar actividad
<i>Precondición</i> Si el usuario es un estudiante perteneciente a un grado entre primero y tercero de primaria debe proporcionar su nombre completo para iniciar sesión. Si el usuario es un docente o estudiante perteneciente a un grado superior a tercero de primaria debe iniciar sesión con un usuario registrado previamente y ser autenticado por el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i>

1. El usuario selecciona de la bitácora de actividades la actividad que desea visualizar.
2. El sistema selecciona los contenidos académicos para la actividad de acuerdo al grado asociado al usuario que inició sesión.
3. Si el usuario es un estudiante, el sistema verifica el grado al que pertenece y dependiendo de esta información habilita/deshabilita la opción de responder la actividad (en caso de que la actividad tenga contenidos académicos por responder). Si el grado del estudiante está entre primero y tercero, el sistema deshabilita la opción de responder la actividad. Por otra parte, si el grado del estudiante está entre cuarto y undécimo el sistema habilita la opción de responder la actividad. Si el usuario es un docente, el sistema deshabilita la opción de responder la actividad.
4. El sistema muestra la actividad al usuario.
5. La instancia de caso de uso finaliza.

Postcondición

No hay condición posterior a este caso de uso.

Caso de uso: Realizar actividad

Figura 38. Caso de uso detallado Realizar actividad

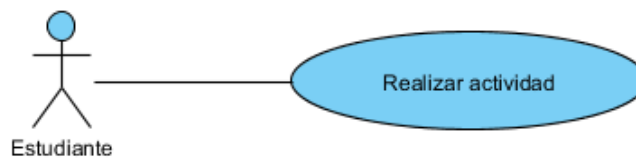


Tabla 28. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Realizar actividad
<i>Precondición</i> El estudiante debe iniciar sesión con un usuario registrado previamente y pertenecer a un grado superior a tercero de primaria. El caso de uso <i>Visualizar actividad</i> debe invocarse por parte del estudiante que inicia sesión.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El estudiante recorre los contenidos académicos de la actividad y responde aquellos que tengan preguntas asociadas. 2. Cuando el estudiante finalice la actividad, el sistema verifica si el docente a cargo de la sala ha establecido una conexión de red con el computador del estudiante. Si hay una conexión establecida, el sistema ofrece dos opciones para transferir sus respuestas al docente a cargo: A través de la red o exportándolas a un archivo. Si no hay una conexión establecida, el sistema sólo ofrece la opción de exportar las respuestas a un archivo. 3. El estudiante selecciona la forma de transferir sus respuestas al docente. 4. La instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> El estudiante realiza la actividad por medio del software y la finaliza.

Caso de uso: Visualizar respuestas

Figura 39. Caso de uso detallado Visualizar respuestas

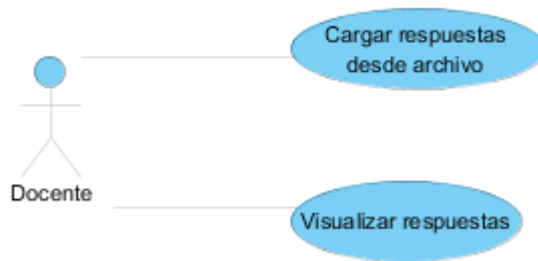


Tabla 29. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Visualizar respuestas
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente solicita visualizar el módulo de gestión de respuestas. 2. A partir de la información de sesión del usuario docente, el sistema verifica si hay respuestas que estén dirigidas a los grados que tiene a cargo. 3. El sistema muestra el módulo de gestión de respuestas con las respuestas obtenidas en el paso anterior. 4. La instancia de caso de uso finaliza. <i>Caminos alternativos</i> En el paso 2, en caso de que el docente no cuente con respuestas de estudiantes pertenecientes a su(s) grado(s) asociado(s), el caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> No hay condición posterior para este caso de uso.

Tabla 30. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Cargar respuestas desde archivo
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente solicita cargar un archivo del sistema con respuestas de un estudiante. 2. El sistema solicita al docente la ubicación del archivo con las respuestas. 3. Una vez el docente indica la ubicación del archivo, el sistema verifica la compatibilidad del mismo. 4. El sistema lee el archivo y carga las respuestas en la base de datos del sistema del docente. 5. La instancia de caso de uso finaliza <i>Caminos alternativos</i> En el paso 3, en caso de que el archivo no sea compatible con el sistema, el caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> No hay condición posterior para este caso de uso.

Caso de uso: Gestionar clase personalizada

Figura 40. Caso de uso detallado Gestionar clase personalizada

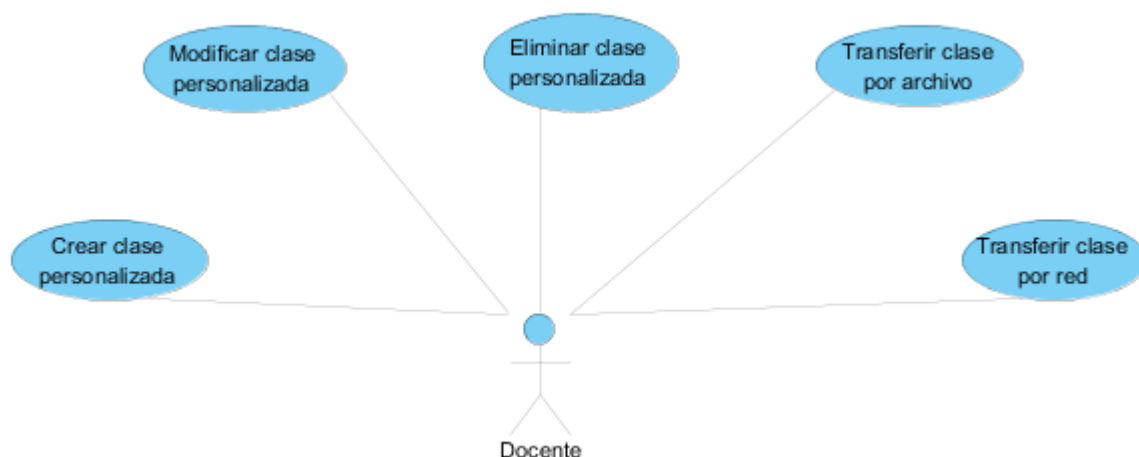


Tabla 31. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Crear clase personalizada
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente ingresa al módulo de gestión de clase y selecciona la actividad de la cual quiere crear la clase personalizada.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente solicita la creación de una clase personalizada para la actividad seleccionada. 2. El sistema presenta el formulario de creación de clase personalizada. El docente ingresa los datos necesarios para la creación de la clase personalizada. 3. El docente solicita guardar la configuración propuesta de clase personalizada.

4. El sistema valida la configuración propuesta por el docente y en caso de que sea correcta crea la clase personalizada. 5. La instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> El docente que invoca al caso de uso crea una clase personalizada en el sistema.

Tabla 32. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Modificar clase personalizada
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente tiene al menos una clase personalizada guardada en el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente ingresa al módulo de gestión de clase. 2. El sistema muestra una lista de las clases personalizadas guardadas en el sistema. 3. El docente selecciona una clase personalizada de la lista y escoge la opción de modificar. 4. El sistema carga la información de la clase personalizada seleccionada y muestra su configuración en un formulario habilitado para que el docente cambie cualquier atributo de la clase personalizada. 5. El docente solicita guardar los cambios realizados a la clase personalizada. 6. El sistema valida la configuración propuesta por el docente y en caso de que sea correcta actualiza la configuración de la clase personalizada. 7. La instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> La clase personalizada seleccionada ha sido actualizada.

Tabla 33. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Eliminar clase personalizada
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente tiene al menos una clase personalizada guardada en el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente ingresa al módulo de gestión de clase. 2. El sistema muestra una lista de las clases personalizadas guardadas en el sistema. 3. El docente selecciona una clase personalizada de la lista y escoge la opción de eliminar. 4. El sistema elimina la clase personalizada del sistema. 5. La instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> El docente que invoca al caso de uso elimina una clase personalizada en el sistema.

Tabla 34. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Transferir clase por archivo
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente tiene al menos una clase personalizada guardada en el sistema.

<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente ingresa al módulo de gestión de clase. 2. El sistema muestra una lista de las clases personalizadas guardadas en el sistema. 3. El docente selecciona una clase personalizada de la lista y escoge la opción de enviar por archivo. 4. El sistema solicita al docente la ubicación de destino donde desea guardar el archivo. 5. Una vez dada, la ubicación del archivo por parte del docente el sistema crea el archivo del sistema con la clase comprimida. 6. La instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> El sistema crea un archivo con la clase personalizada indicada por el docente.

Tabla 35. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Transferir clase por red
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente tiene al menos una clase personalizada guardada en el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente ingresa al módulo de gestión de clase. 2. El sistema muestra una lista de las clases personalizadas guardadas en el sistema. 3. El docente selecciona una clase personalizada de la lista y escoge la opción de enviar por red.

4. El sistema lista los usuarios tipo estudiante a los que será enviada la clase personalizada.
5. El sistema envía la clase personalizada a los estudiantes conectados a través de la red.
6. La instancia de caso de uso finaliza.

Caminos alternativos

En el paso 4, si no hay ningún usuario conectado la instancia de caso de uso finaliza.

Postcondición

El sistema crea un archivo con la clase personalizada comprimida.

Caso de uso: Gestionar actividad

Figura 41. Caso de uso detallado Gestionar actividad

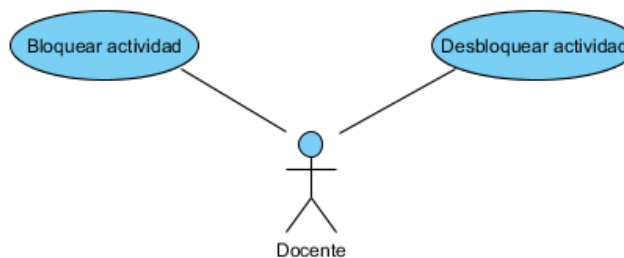


Tabla 36. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Bloquear actividad
<i>Precondición</i> El docente ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El docente ha seleccionado una actividad para gestionar. El docente ha establecido una conexión de red con los estudiantes de la sala.

<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente solicita bloquear la sesión de los estudiantes conectados en red. 2. El sistema envía una petición de bloqueo a todas las sesiones de los estudiantes que se encuentran conectados en red. Las sesiones de los estudiantes son bloqueadas mostrando la actividad solicitada por el docente. 3. El caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> La sesión de los estudiantes conectados en red con el docente es bloqueada.

Tabla 37. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Desbloquear actividad
<i>Precondición</i> Existe al menos una sesión de estudiante bloqueada por el docente que invoca este caso de uso.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El docente solicita desbloquear la sesión de los estudiantes conectados en red. 2. El sistema envía una petición de desbloqueo a todas las sesiones de los estudiantes que se encuentran conectados en red. Las sesiones de los estudiantes son desbloqueadas.

3. El caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> No hay ningún estudiante con sesión bloqueada por el docente que invoca este caso de uso.

Caso de uso: Gestionar cuentas de usuario

Figura 42. Caso de uso detallado Gestionar cuentas de usuario

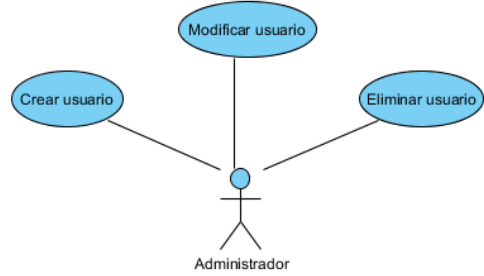


Tabla 38. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Crear usuario
<i>Precondición</i> El administrador ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. El administrador ingresa al módulo de gestión de cuentas de usuario.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El administrador selecciona el tipo de usuario que desea crear y solicita la creación de un nuevo usuario. 2. El sistema muestra el formulario para la creación de usuarios de acuerdo al tipo de usuario seleccionado por el administrador.

3. El administrador diligencia la información solicitada en el formulario y solicita la creación del registro en la base de datos. 4. El sistema valida la información ingresada por el administrador y en caso de ser correcta, crea el nuevo usuario. 5. La instancia del caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> Se ha creado un nuevo usuario en el sistema.

Tabla 39. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Modificar usuario
<i>Precondición</i> El administrador ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. Existe en el sistema al menos un usuario disponible para modificar.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El administrador ingresa al módulo de gestión de cuentas de usuario, selecciona el usuario que desea modificar y solicita la modificación del usuario seleccionado. 2. El sistema muestra el formulario con la información del usuario a modificar. 3. El administrador realiza las modificaciones que considere pertinentes al usuario seleccionado y solicita guardar los cambios realizados. 4. El sistema valida la información ingresada por el administrador y si es correcta actualiza la información del usuario seleccionado. 5. La instancia del caso de uso finaliza.

Postcondición

Se ha modificado un usuario en el sistema.

Tabla 40. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Eliminar usuario

Precondición

El administrador ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema. Existe en el sistema al menos un usuario disponible para eliminar.

Flujo de sucesos

Camino básico

1. El administrador ingresa al módulo de gestión de cuentas de usuario.
2. El sistema muestra una lista de las clases personalizadas guardadas en el sistema.
3. El docente selecciona una clase personalizada de la lista y escoge la opción de eliminar.
4. El sistema elimina la clase personalizada del sistema.
5. La instancia de caso de uso finaliza.

Postcondición

El docente que invoca al caso de uso elimina una clase personalizada en el sistema.

Caso de uso: Gestionar versión de material académico

Figura 43. Caso de uso detallado Gestionar versión de contenido académico

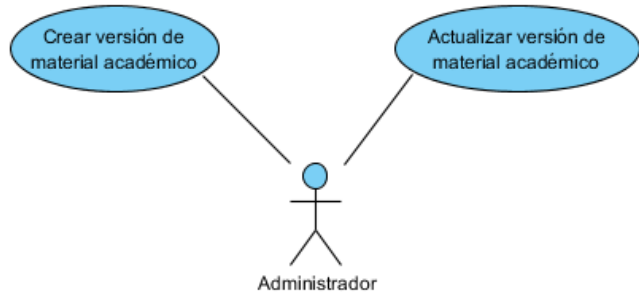


Tabla 41. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Crear versión material académico
<i>Precondición</i> El administrador ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El administrador solicita ingresar al módulo de creación de versión de material académico. 2. El sistema pregunta al administrador si desea crear la versión a partir de la versión actual. Si el administrador responde afirmativamente, el sistema carga la versión actual en el módulo de creación de versión. De lo contrario, el módulo estará disponible para crear la versión desde el principio. 3. El sistema muestra el módulo de creación de versión. 4. Cuando finaliza la configuración de la nueva versión, el administrador solicita al sistema exportar la versión creada a un archivo. 5. El sistema solicita la ubicación donde será guardado el archivo. El administrador proporciona la ubicación de almacenamiento. 6. El sistema crea el archivo en la ubicación especificada y notifica al administrador. 7. El caso de uso finaliza.

<i>Postcondición</i> El administrador ha creado una nueva versión del material académico.

Tabla 42. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Actualizar versión material académico
<i>Precondición</i> El administrador ingresa sus datos de inicio de sesión y es autenticado por el sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El administrador solicita ingresar al módulo de actualización de versión de material académico. 2. El sistema pregunta al administrador si desea exportar la versión actual a un archivo antes de reemplazarla. Si el administrador responde afirmativamente, el sistema guarda la versión actual en un archivo con una ubicación dada por el usuario administrador. 3. El sistema solicita al administrador la ubicación del archivo con la nueva versión del material académico. 4. Una vez dada la ubicación por parte del administrador, el sistema verifica la compatibilidad del archivo dado con la configuración del sistema. 5. El sistema reemplaza la versión actual por la versión comprimida en el archivo. 6. El caso de uso finaliza. <i>Caminos alternativos:</i> En el paso 4, si el archivo no es compatible, la instancia de caso de uso finaliza.
<i>Postcondición</i> La versión del material académico en el computador donde se invoca el caso de uso es actualizada.

Caso de uso: Obtener ayuda

Figura 44. Caso de uso Obtener ayuda

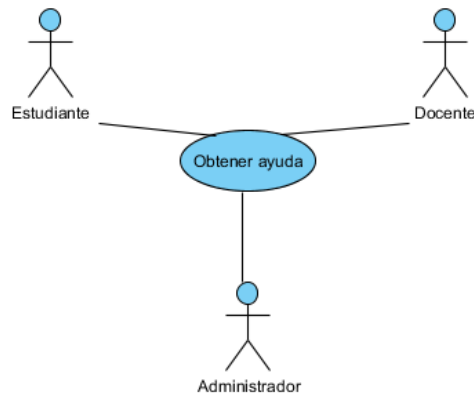


Tabla 43. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Obtener ayuda
<i>Precondición</i> El usuario que invoca el caso de uso debe iniciar sesión
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El usuario solicita el módulo de ayuda dirigiéndose al respectivo sector. 2. El sistema muestra la ayuda dependiendo de la sección desde donde se invoca el caso de uso. 3. La instancia de caso de uso finaliza <i>Caminos alternativos</i>
<i>Postcondición</i> No hay condición posterior a este caso de uso.

Caso de uso: Iniciar sesión

Tabla 44. Descripción detallada de caso de uso

Caso de uso Iniciar sesión
<i>Precondición</i> El usuario que invoca el caso de uso intenta acceder al sistema.
<i>Flujo de sucesos</i> <i>Camino básico</i> 1. El usuario ingresa sus datos de inicio de sesión y solicita ingresar. 2. El sistema autentica la información ingresada por el usuario y permite el acceso mostrando la ventana correspondiente. 3. La instancia de caso de uso finaliza. <i>Caminos alternativos</i> En el paso 2, si el resultado de la autenticación es incorrecto el sistema muestra al usuario el mensaje correspondiente y solicita nuevamente el ingreso de los datos.
<i>Postcondición</i> El usuario ingresa al sistema.

Glosario de términos

Clase personalizada, modo visor, modo acción.

Clase personalizada

En el ambiente se creó una característica llamada **clase personalizada** la cual es una alternativa que tiene el docente al orden por defecto definido en el ambiente para trabajar una actividad específica. Esta alternativa resulta útil para el docente si este quiere realizar algún cambio en los contenidos académicos que conforman actividad, sin que dicha modificación altere de forma significativa la estructura básica de la actividad (es decir, sin que se omitan contenidos académicos básicos de la actividad).

Modo visual

Este es uno de los modos de interacción que tiene un usuario con alguna clase (actividad o clase personalizada) del sistema. Este modo de interacción permite que el usuario explore una clase sin responderla.

Modo acción

Este es uno de los modos de interacción que tiene un usuario con alguna clase (actividad o clase personalizada) del sistema. Este modo de interacción obliga al usuario a responder una clase mientras la recorre.

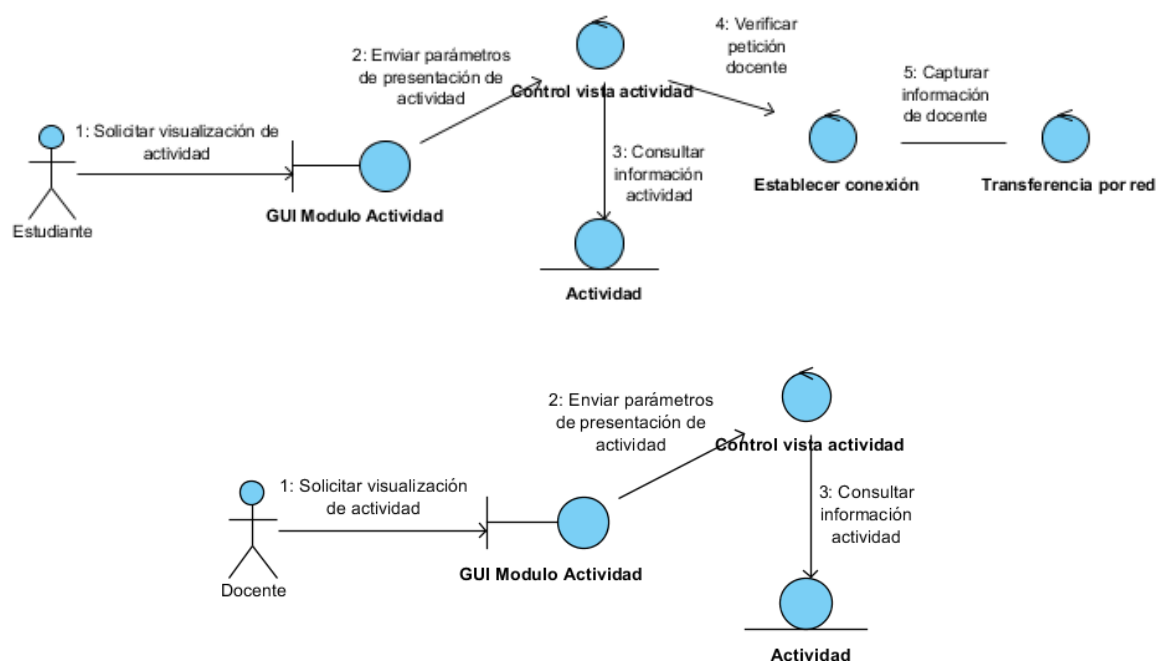
ANEXO C. ANÁLISIS

En esta sección se detalla cada uno de los casos de uso generales en términos de las clases de análisis que lo conforman, ilustrando además los mensajes que se envían entre las clases para realizar el caso de uso. Además este análisis realizado a los casos de uso permite obtener una descripción detallada de la interacción de las clases durante el desarrollo de cada caso de uso denominado *Descripción de interacciones entre clases de análisis*.

Análisis de casos de uso

Caso de uso: Visualizar actividad

Figura 45. Diagrama de clases de análisis Visualizar actividad



Descripción de interacciones entre objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

Existen dos posibles escenarios para esta realización de caso de uso dependiendo del actor que lo utilice. Se hace así porque las clases de análisis utilizadas son las mismas en los dos escenarios posibles.

Actor Estudiante

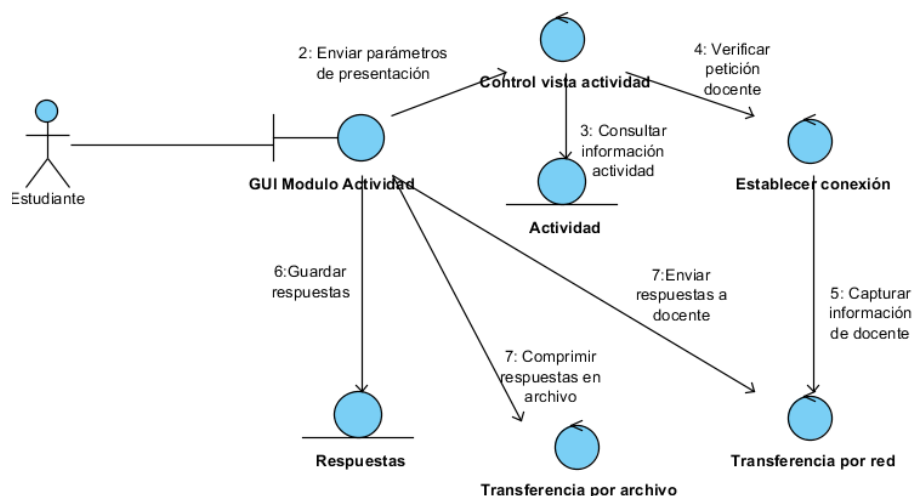
El estudiante interactúa con la realización del caso de uso Visualizar actividad a través de *GUI Modulo Actividad*. La clase *Control vista actividad* es la encargada de preparar la visualización de la actividad a partir de información proveniente de la sesión del estudiante y (si existe) de una petición externa de visualización proveniente del equipo del docente. La clase *Establecer conexión* verifica permanentemente la red en busca de una petición de visualización proveniente del equipo del docente. Cuando hay dicha petición, la clase de control *Transferencia por red* obtiene la configuración propuesta por el docente y la transfiere a *Control vista actividad* para que esta última la revise y adecue la vista de la actividad a partir de esa configuración. La clase *Control vista actividad* necesita de la clase de entidad *Actividad* ya que esta última posee toda la información de la actividad que será mostrada. En caso de que no haya una petición externa, *Control vista actividad* muestra todas las actividades disponibles para el grado al cual pertenece el estudiante.

Actor docente

El docente interactúa con la realización del caso de uso Visualizar actividad a través de *GUI Modulo Actividad*. La clase *Control vista actividad* se encarga de mostrar todas las actividades disponibles en el ambiente teniendo en cuenta la información de sesión del docente. Todas las actividades serán mostradas en modo de interacción Visual porque el docente no puede responder las actividades en el sistema.

Caso de uso: Realizar actividad

Figura 46. Diagrama de clases de análisis Realizar actividad



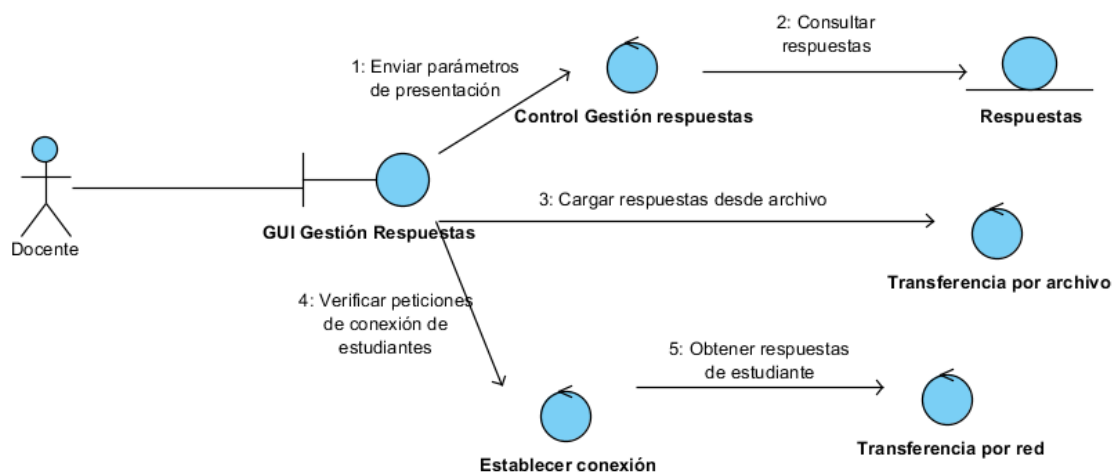
Descripción de interacciones entre objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

Como se ilustra en el diagrama de clases de análisis, la realización del caso de uso Realizar actividad contiene todas las clases de la realización del caso de uso *Visualizar actividad*. Esto debido a que es estrictamente necesario que el estudiante primero visualice la actividad para poder desarrollarla. Una vez visualizada, el estudiante revisa los planteamientos propuestos en la actividad y los responde a través de *GUI Modulo Actividad*. Cuando finalice, el estudiante solicita enviar sus respuestas al docente. Antes de procesar la petición del estudiante, *GUI Modulo actividad* se encarga de verificar si el estudiante contestó todas las preguntas de la actividad. Cuando todas las preguntas sean contestadas, las respuestas se almacenan temporalmente en la base de datos (utilizando la clase de entidad *Respuestas*) y de acuerdo al medio de transferencia elegido por el estudiante, las transfiere al docente con la ayuda de la clase *Transferencia por red* (si eligió enviar por la red) o con la ayuda de la clase *Transferencia por archivo* (si eligió enviarla por un archivo). Finalmente las respuestas del estudiante son almacenadas en el terminal del docente para su revisión posterior.

Caso de uso: Visualizar respuestas

Figura 47. Diagrama de clases de análisis Visualizar respuestas



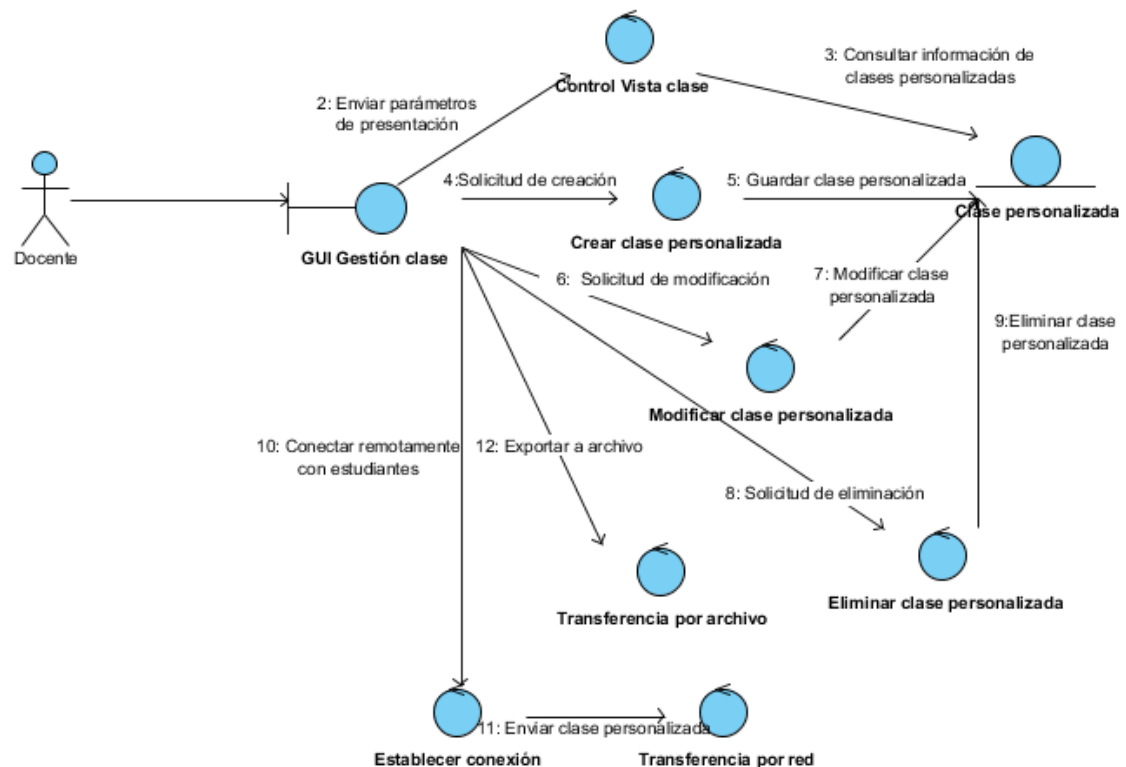
Descripción de interacciones de objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

El docente interactúa con la realización del caso de uso Visualizar respuestas a través de la clase *GUI Gestión respuestas*. Esta clase envía los parámetros de presentación a la clase *Control gestión respuestas* para que defina qué respuestas mostrar de acuerdo a la sesión iniciada por el docente. La clase *Control gestión respuestas* consulta las respuestas registradas en la base de datos a través de la clase *Respuestas*. Alternativamente, el docente puede obtener respuestas adicionales a través de la red o cargándolas desde un archivo. Las respuestas obtenidas a través de la red requieren la participación de las clases *Establecer conexión* (que verifica permanentemente peticiones de conexión remota de estudiantes) y *Transferencia por red* (que obtiene las respuestas del estudiante y las almacena en el terminal docente). Por otra parte, las respuestas cargadas desde un archivo requiere la participación de la clase *Transferencia por archivo*, que procesa el archivo y almacena las respuestas en el terminal del docente.

Caso de uso: Gestionar clase personalizada

Figura 48. Diagrama de clases de análisis Gestionar clase personalizada



Descripción de interacciones de objetos de análisis

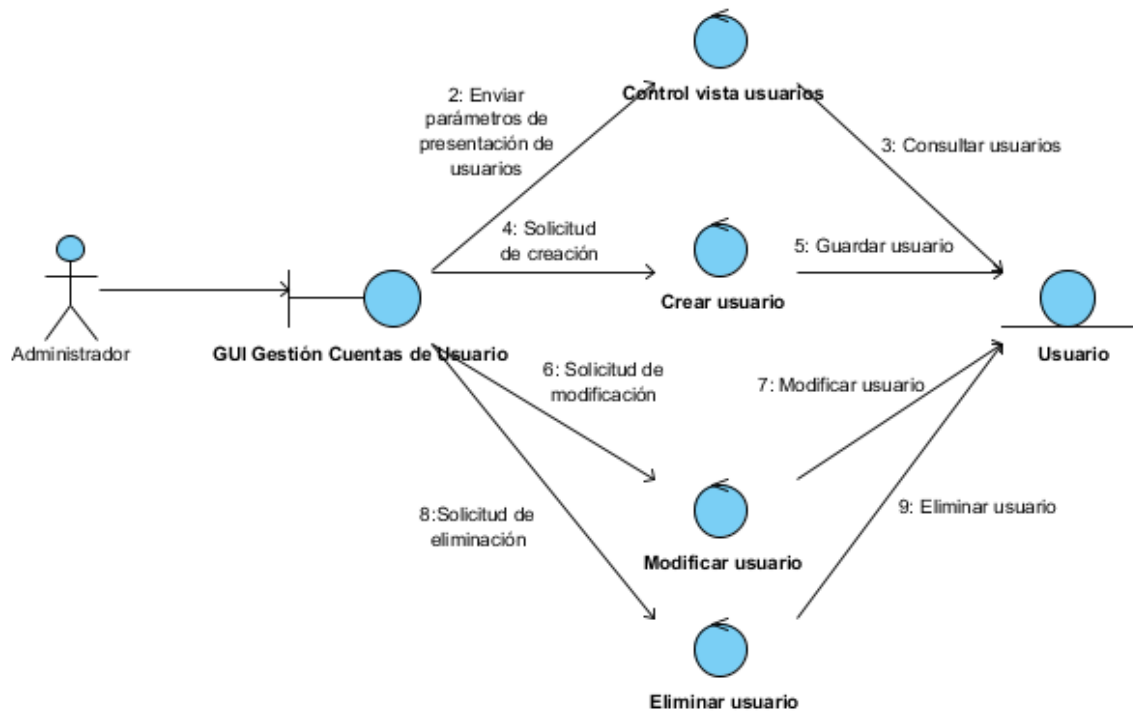
Flujo de sucesos – análisis

El docente interactúa con la realización del caso de uso Gestionar clase a través de la clase *GUI Gestión clase*. Cuando el docente solicita la visualización de las clases personalizadas disponibles, la clase *GUI Gestión clase* envía la información de sesión del docente a la clase *Control vista clase* para que esta con el apoyo de *Clase personalizada* consulte la información correspondiente y la presente al docente solicitante. Cualquier clase que seleccione el docente desde la interfaz *GUI Gestión clase* puede ser transferida a los estudiantes a través de la red (utilizando las clases *Establecer conexión y Transferencia por red*) o exportándola a un archivo (utilizando la clase *Transferencia por archivo*). El diagrama de clases correspondiente tiene varios flujos diferenciados que serán explicados a continuación:

- Si el docente realiza una solicitud de creación de clase personalizada, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión clase* a la clase *Crear clase personalizada*. Esta última verifica que el proceso de creación sea adecuado y envía una petición a *Clase personalizada* quien finalmente la guarda en la base de datos.
- Si el docente realiza una solicitud de modificación de clase personalizada, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión clase* a la clase *Modificar clase personalizada*. Esta última verifica que el proceso de modificación sea adecuado y envía una petición a *Clase personalizada* quien realiza los cambios correspondientes en la base de datos.
- Si el docente realiza una solicitud de eliminación de clase personalizada, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión clase* a la clase *Eliminar clase personalizada*. Esta última transfiere la petición a *Clase personalizada* quien finalmente la elimina de la base de datos.

Caso de uso: Gestionar cuentas de usuario

Figura 49. Diagrama de clases de análisis Gestionar cuentas de usuario



Descripción de interacciones de objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

El administrador interactúa con la realización del caso de uso Gestionar cuentas de usuario a través de la clase *GUI Gestión cuentas de usuario*. Cuando el administrador solicita la visualización de los usuarios disponibles, la clase *GUI Gestión cuentas de usuario* envía la información de sesión del administrador a *Control vista usuarios* quien finalmente consulta la información de los usuarios registrados. El diagrama de clases correspondiente tiene varios flujos diferenciados que serán explicados a continuación:

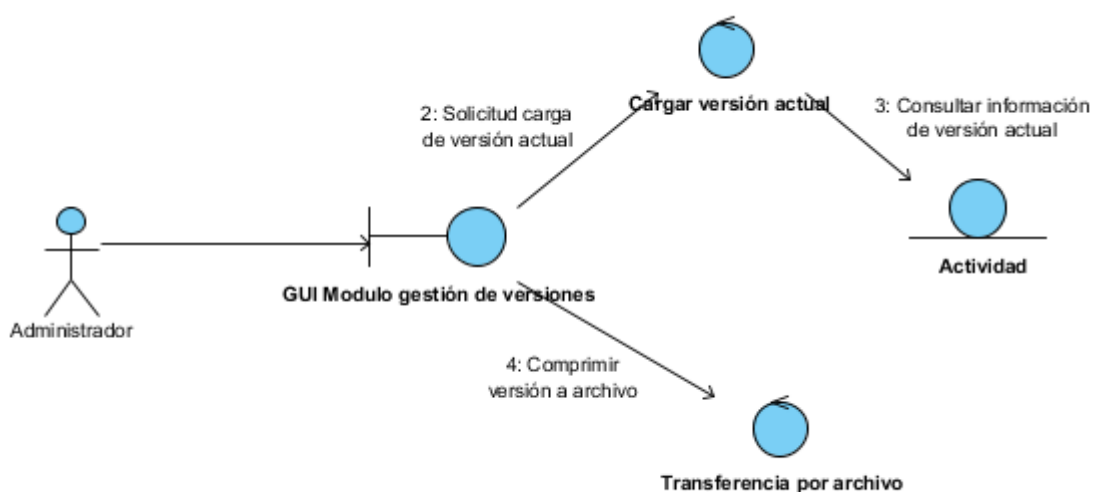
- Si el administrador realiza una solicitud de creación de usuario, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión cuentas de usuario* a la clase *Crear usuario*. Esta última verifica que el proceso de creación sea adecuado y envía una petición a *Usuario* quien finalmente la guarda en la base de datos.
- Si el administrador realiza una solicitud de modificación de usuario, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión cuentas de usuario* a la clase *Modificar usuario*. Esta última verifica que el proceso de modificación sea

adecuado y envía una petición a *Usuario* quien realiza los cambios correspondientes en la base de datos.

- Si el administrador realiza una solicitud de eliminación de usuario, la petición es transferida desde la clase *GUI Gestión cuentas de usuario* a la clase *Eliminar usuario*. Esta última transfiere la petición a *Usuario* quien finalmente lo elimina de la base de datos.

Caso de uso: Crear versión de material académico

Figura 50. Diagrama de clases de análisis crear versión de material académico



Descripción de interacciones de objetos de análisis

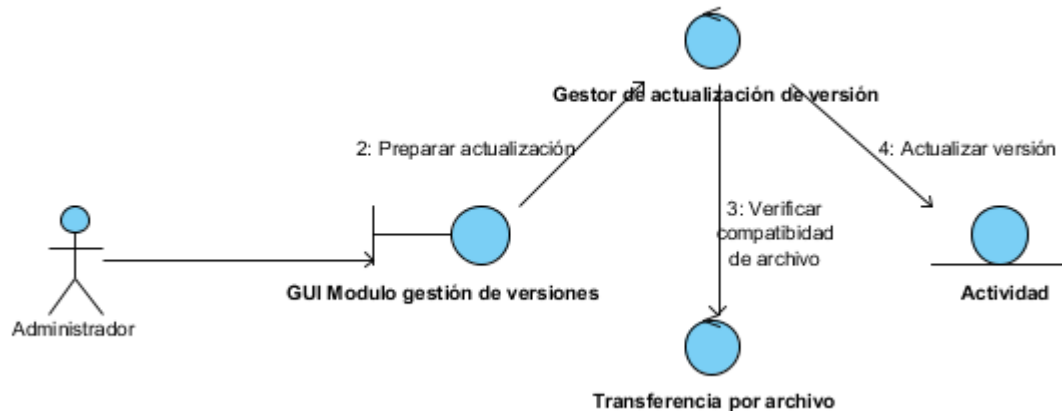
Flujo de sucesos – análisis

El administrador interactúa con la realización del caso de uso crear versión de contenidos académicos a través de la clase *GUI Modulo creación versiones*. Esta clase se encarga de presentar los componentes necesarios para apoyar el proceso de creación de una nueva versión del material académico. En caso de que el administrador desee basarse en la versión actual del material académico para crear la nueva versión, envía dicha solicitud a la clase *Cargar versión actual* a través de *GUI Modulo creación de versiones* para obtener la configuración de la versión actual almacenada en la base de datos. Una vez finalice el proceso de creación, el sistema utiliza la clase *GUI Modulo gestión de versiones* para verificar que la configuración propuesta en la nueva versión sea correcta. Posteriormente el administrador puede

solicitar exportar la nueva versión a un archivo a través de la clase *Transferencia por archivo* que comprime la versión creada en un archivo compatible con el sistema para ser utilizado posteriormente durante un proceso de actualización.

Caso de uso: Actualizar versión de material académico

Figura 51. Diagrama de clases de análisis Actualizar versión de material académico



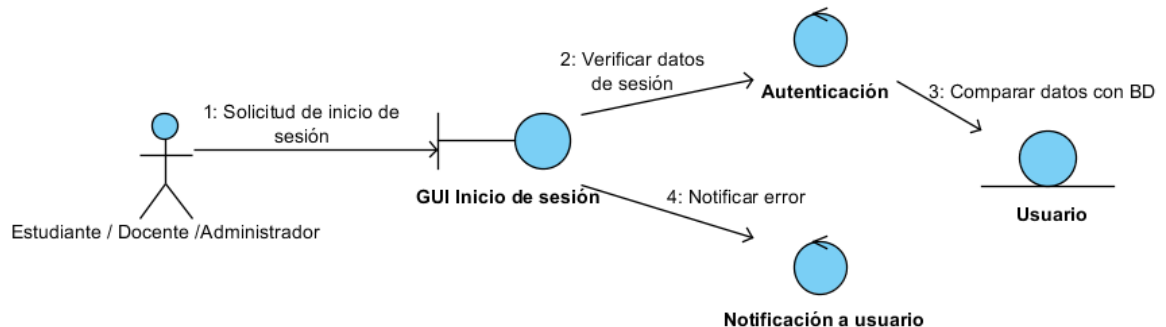
Descripción de interacciones de objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

El administrador interactúa con la realización del caso de uso actualizar versión de contenidos académicos a través de la clase *GUI Modulo de gestión versiones*. Esta clase solicita a *Gestor de actualización de versión* la preparación del sistema para actualizar su versión de material académico. Durante este proceso el administrador carga el archivo con la nueva versión del material y el sistema a través de la clase *Transferencia por archivo* verifica que el archivo seleccionado sea compatible. Finalmente la clase *Gestor de actualización de versión* actualiza la versión del material académico de acuerdo a la configuración del archivo seleccionado.

Caso de uso: Iniciar sesión

Figura 52. Diagrama de clases de análisis Iniciar sesión



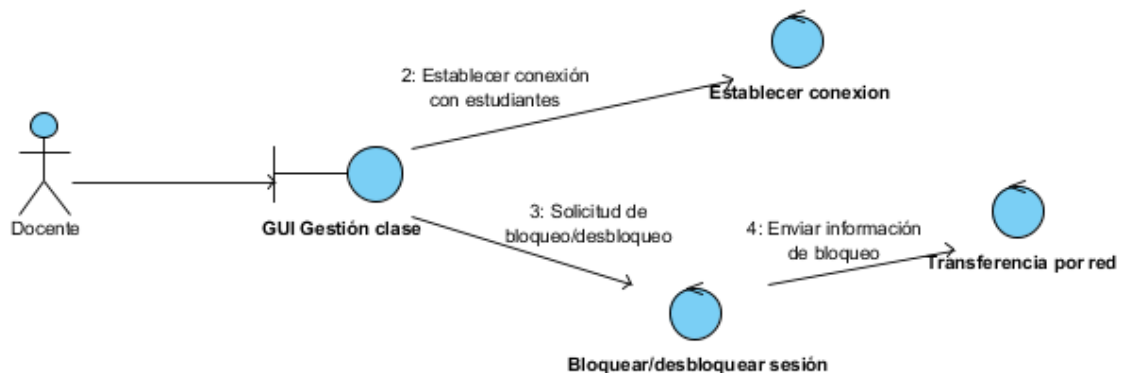
Descripción de interacciones de objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

El usuario (Estudiante, Docente, Administrador) interactúa con la realización del caso de uso iniciar sesión a través de la clase *GUI Inicio de sesión*. El usuario ingresa los datos de sesión a través de esta clase y solicita ingresar al sistema. Antes de aceptar el ingreso, la clase *GUI Inicio de sesión* envía la información ingresada a la clase *Autenticación* para que realice la verificación de los datos. La clase *Autenticación* se apoya en la clase *Usuario* para confirmar la validez de los datos ingresados. En caso de que la información ingresada sea incorrecta o incompleta, se utiliza la clase *Notificación a usuario* para informar al usuario sobre el problema ocurrido.

Caso de uso: Gestión actividad

Figura 53. Diagrama de clases de análisis Gestión actividad



Descripción de interacciones de objetos de análisis

Flujo de sucesos – análisis

El docente interactúa con la realización del caso de uso *Gestionar actividad* a través de la clase *GUI Gestión clase*. El docente solicita bloquear/desbloquear la sesión remota de los estudiantes obligando a que estos visualicen una actividad determinada. La solicitud es recibida por la clase *GUI Gestión clase* que apoyada con la clase *Establecer conexión* verifica si existen estudiantes actualmente conectados por red con la sesión del docente, ya que si ningún estudiante está conectado en red con el docente no es posible continuar con la realización de caso de uso. Una vez confirmada la existencia de estudiantes conectados, se envía la solicitud respectiva a la clase *Bloquear/desbloquear sesión* que configura el mensaje de transferencia y lo envía a través de la clase *Transferencia por red* para que la sesión de cada estudiante realice la operación solicitada.

ANEXO D. DISEÑO

En el presente anexo se detalla cada caso de uso en términos de diagramas de secuencia encontrando las clases de diseño correspondientes, así como los mensajes que intercambian entre ellos.

Diseño de casos de uso

Figura 54. Diagrama de secuencia Crear clase personalizada

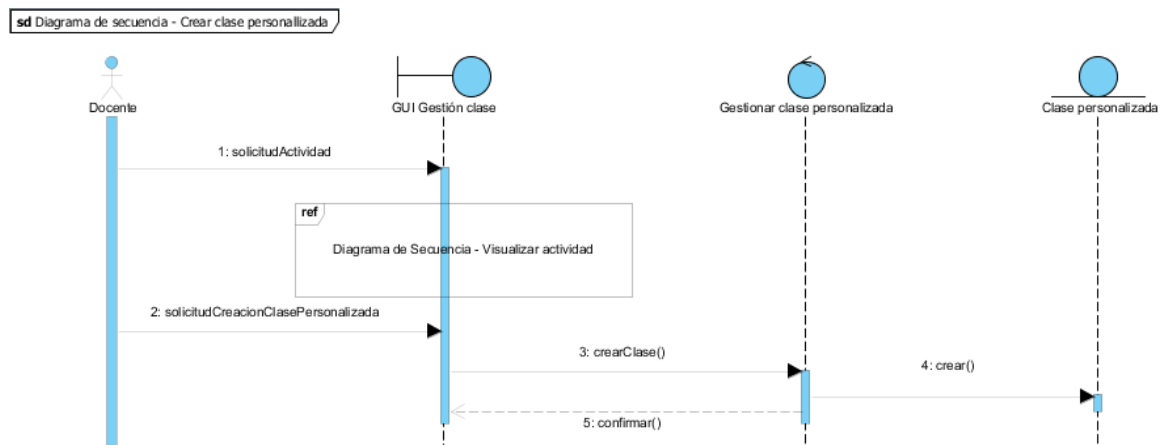


Figura 55. Diagrama de secuencia Modificar clase personalizada

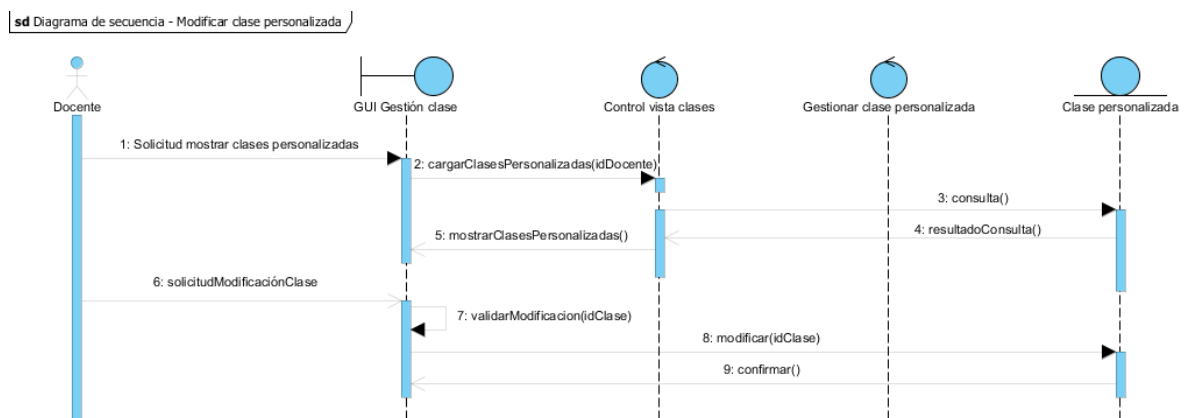


Figura 56. Diagrama de secuencia Eliminar clase personalizada

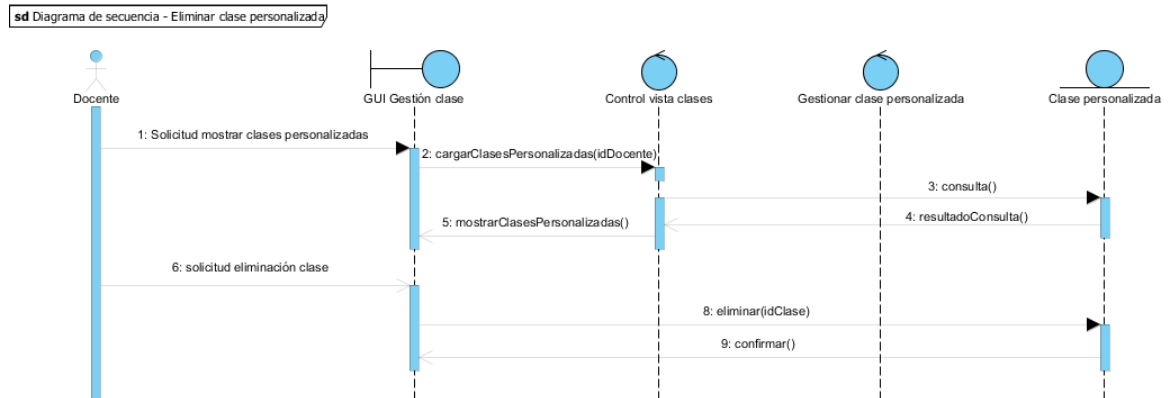


Figura 57. Diagrama de secuencia Transferir clase por red

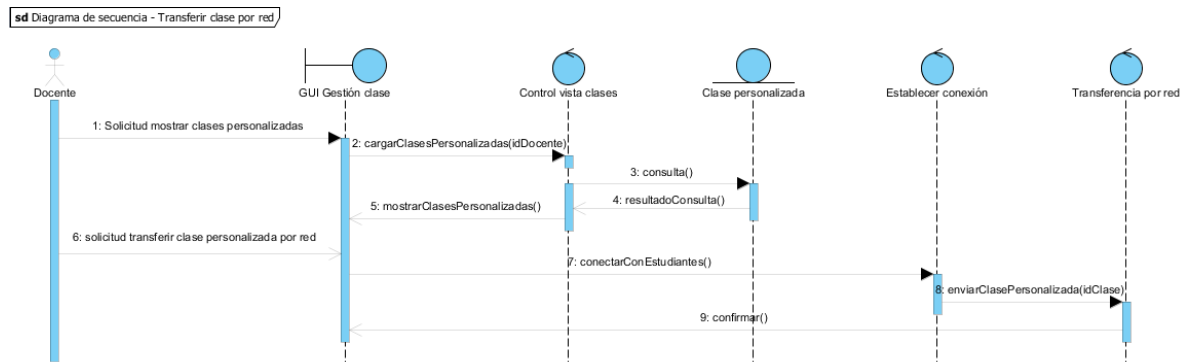
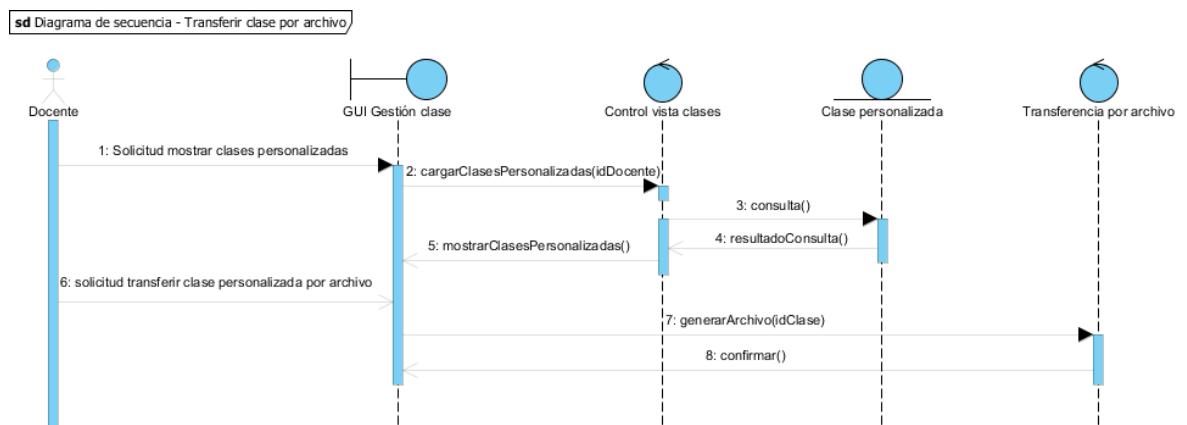


Figura 58. Diagrama de secuencia Transferir clase por archivo



Gestionar actividad

Figura 59. Diagrama de secuencia Bloquear actividad

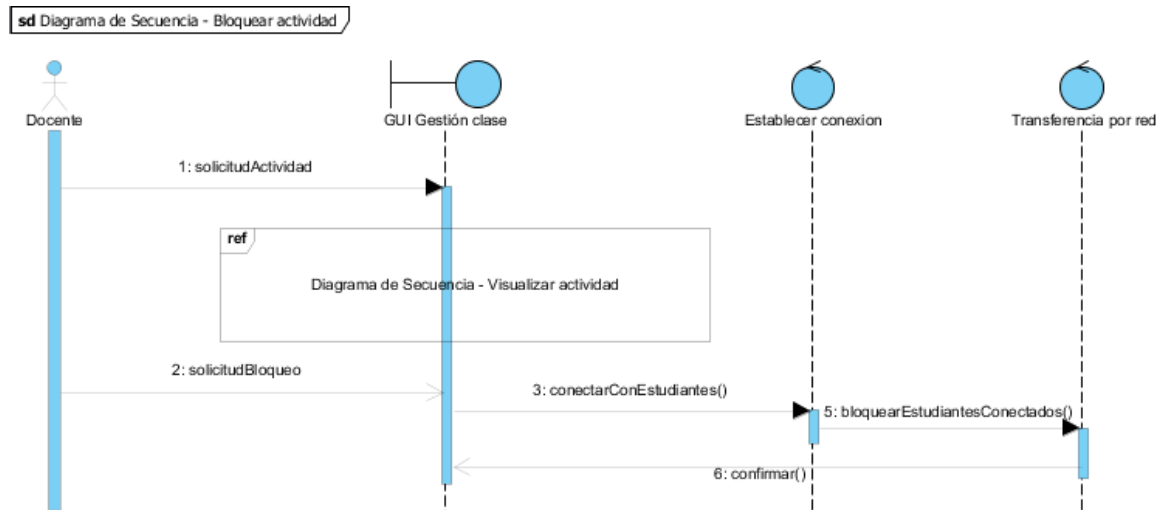
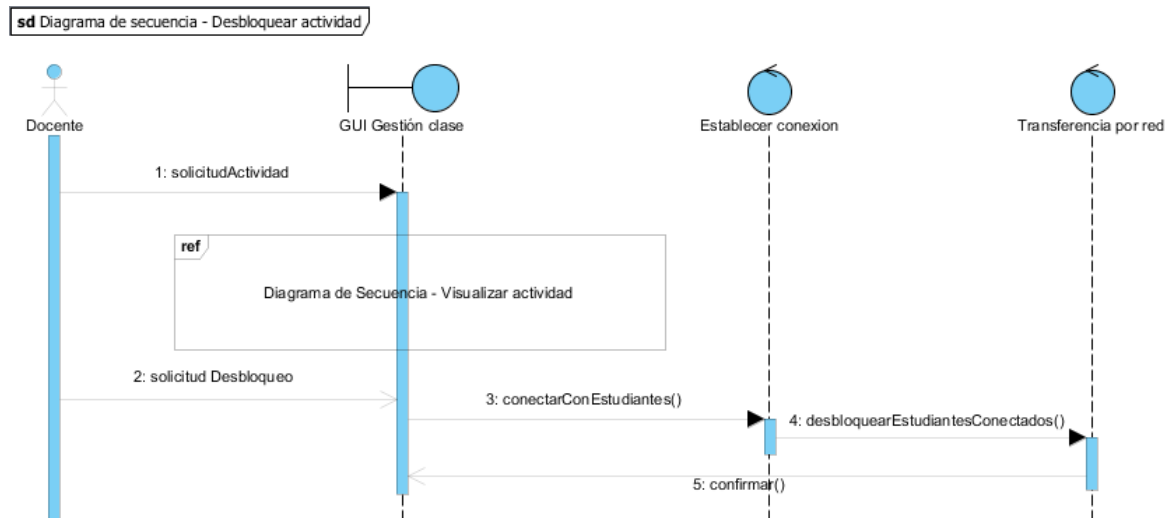


Figura 60. Diagrama de secuencia Desbloquear actividad



Visualizar respuestas

Figura 61. Diagrama de secuencia Visualizar respuestas estudiantes

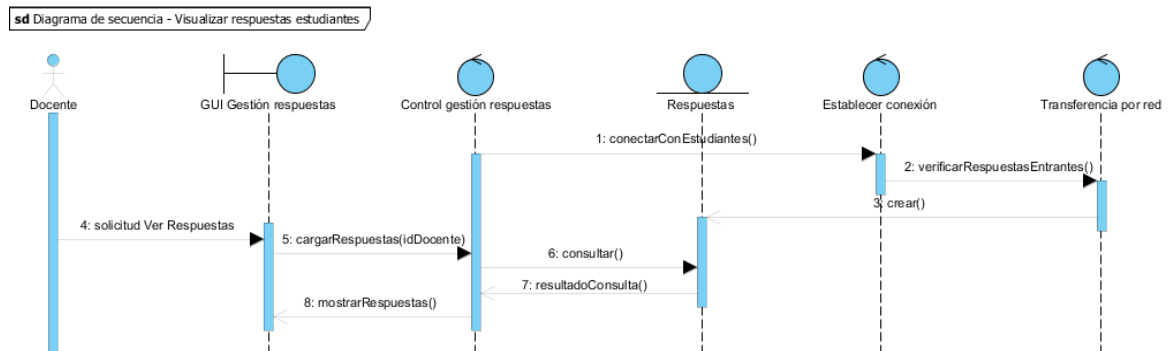
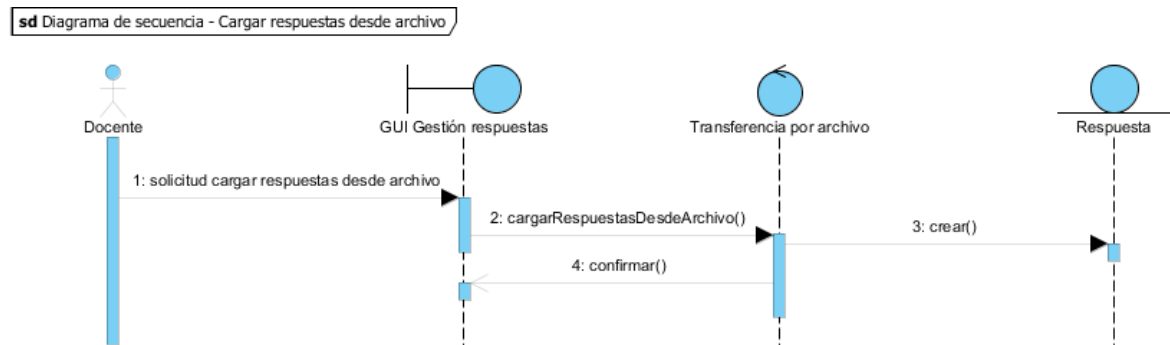


Figura 62. Diagrama de secuencia cargar respuestas desde archivo



Gestionar cuentas de usuario

Figura 63. Diagrama de secuencia Crear usuario

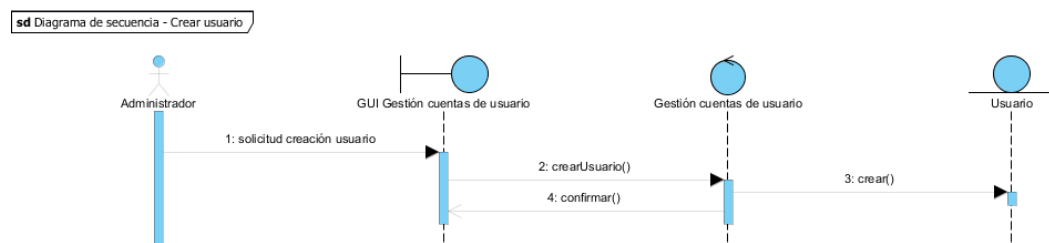


Figura 64. Diagrama de secuencia modificar usuario

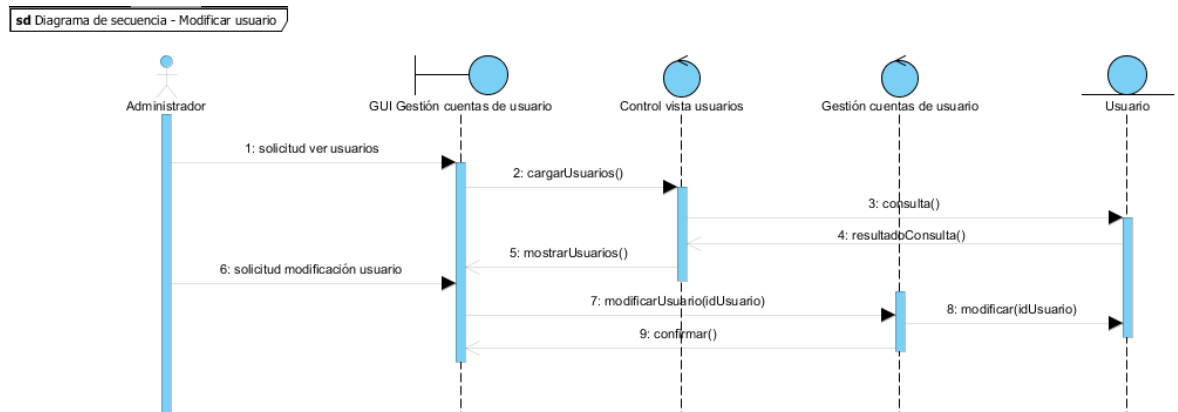
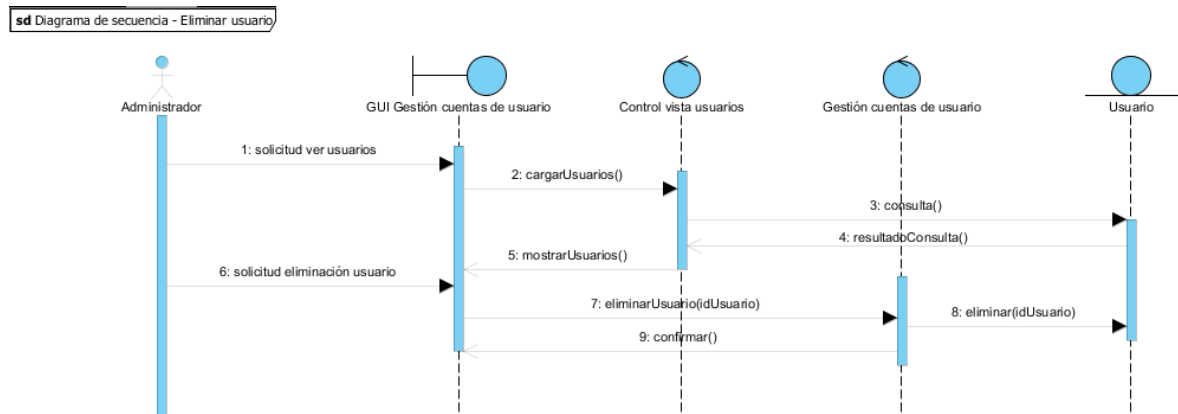


Figura 65. Diagrama de secuencia eliminar usuario



Gestionar versión

Figura 66. Diagrama de secuencia Crear versión material académico

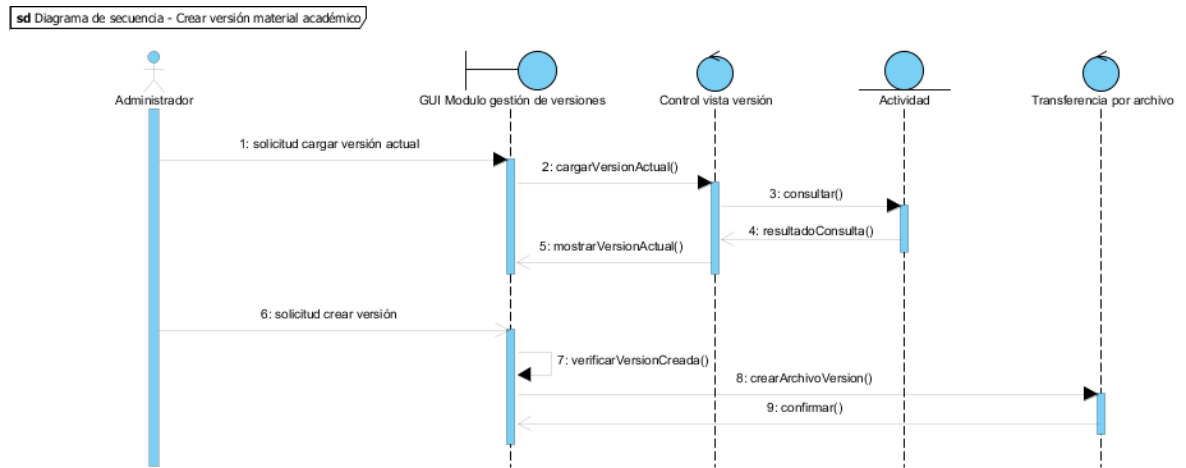
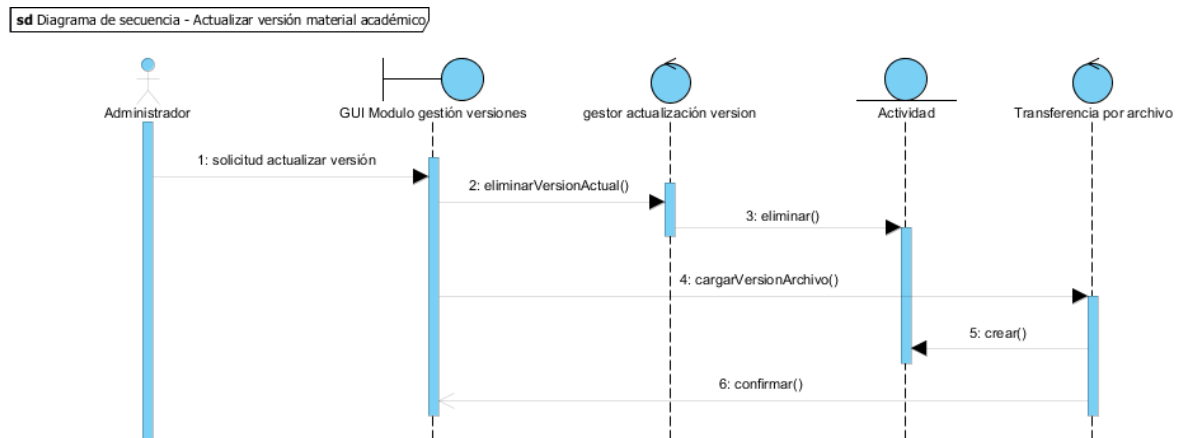
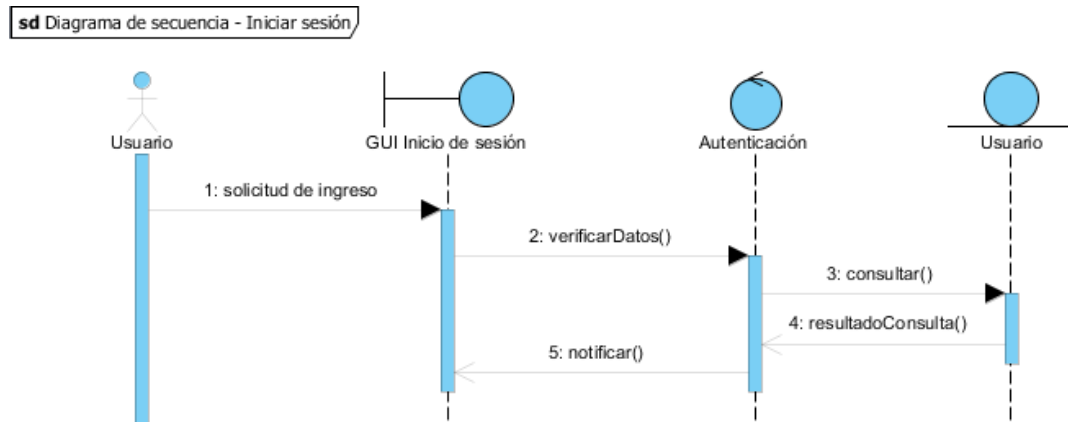


Figura 67. Diagrama de secuencia Actualizar versión material académico



Inicio de sesión

Figura 68. Diagrama de secuencia Iniciar sesión



ANEXO E. CASOS DE PRUEBA

En el presente anexo se indican los casos de prueba elaborados y aplicados como parte del proceso de prueba realizado al software *A/TeSa*.

Subsistema Iniciar sesión

Tabla 45. Caso de prueba 1

Código: 1	Caso de uso involucrado: Iniciar sesión
Nombre: Iniciar sesión con usuario tipo Estudiante	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el inicio de sesión de un usuario tipo Estudiante bajo diferentes datos de entrada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha abierto el programa haciendo doble clic al ícono de <i>A/TeSa</i> .	
Pasos de ejecución 1. En la ventana de inicio de sesión, el usuario selecciona el tipo de usuario Estudiante y en curso selecciona el que corresponda. 2. El usuario ingresa el ID y la contraseña que considere correctas en los campos correspondientes. 3. El usuario da clic en el botón Ingresar.	
Resultado esperado: Se permite el ingreso al sistema si la información dada es correcta; de lo contrario se notifica al usuario el error correspondiente y se impide el ingreso al sistema.	

Tabla 46. Resultados caso de prueba 1

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Iniciar sesión con ID incorrecto	Curso: Quinto ID: 1234 Contraseña: 1234	Mensaje de error: "El usuario con la identificación (ID) indicado no existe".	Correcto
Iniciar sesión con contraseña incorrecta	Curso: Quinto ID: 8912 Contraseña: 1234	Muestra el siguiente mensaje de error: "La contraseña indicada es incorrecta".	Correcto

Iniciar sesión con curso incorrecto	Curso: Sexto ID: 8912 Contraseña: 8912	Muestra el siguiente mensaje de error: "El usuario no pertenece al grado escolar indicado".	Correcto
Iniciar sesión con curso, ID y contraseña correctos.	Curso: Quinto ID: 8912 Contraseña: 8912	Muestra el formulario principal de actividades. Equivalente a ingreso al sistema exitoso.	Correcto

Tabla 47. Caso de prueba 2

Código: 2	Caso de uso involucrado: Iniciar sesión
Nombre: Iniciar sesión con usuario tipo Docente	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el inicio de sesión de un usuario tipo Docente bajo diferentes datos de entrada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha abierto el programa haciendo doble clic al ícono de A/TeSa.	
Pasos de ejecución 1. En la ventana de inicio de sesión, el usuario selecciona el tipo de usuario Docente. 2. El usuario ingresa el ID y la contraseña que considere correctas en los campos correspondientes. 3. El usuario da clic en el botón Ingresar.	
Resultado esperado: Se permite el ingreso al sistema si la información dada es correcta; de lo contrario se notifica al usuario el error correspondiente y se impide el ingreso al sistema.	

Tabla 48. Resultados caso de prueba 2

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Iniciar sesión con ID y contraseña correctas.	ID: 8917 Contraseña: 8917	Muestra el módulo docente. Equivalente a ingreso al sistema exitoso.	Correcto
Iniciar sesión con ID incorrecto.	ID: 1234 Contraseña: 8917	Muestra el siguiente mensaje de error: "El usuario con la identificación (ID) indicado no existe".	Correcto
Iniciar sesión con contraseña incorrecta	ID: 8917 Contraseña: 1234	Muestra el siguiente mensaje de error: "La contraseña indicada es incorrecta".	Correcto

Tabla 49. Caso de prueba 3.

Código: 3	Caso de uso involucrado: Iniciar sesión
Nombre: Iniciar sesión con usuario tipo Administrador	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el inicio de sesión de un usuario tipo Administrador bajo diferentes datos de entrada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha abierto el programa haciendo doble clic al ícono de A/TeSa.	
Pasos de ejecución 1. En la ventana de inicio de sesión, el usuario selecciona el tipo de usuario Administrador. 2. El usuario ingresa el ID y la contraseña que considere correctas en los campos correspondientes. 3. El usuario da clic en el botón Ingresar.	
Resultado esperado: Se permite el ingreso al sistema si la información dada es correcta; de lo contrario se notifica al usuario el error correspondiente y se impide el ingreso al sistema.	

Tabla 50. Resultados caso de prueba 3.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Iniciar sesión con ID y contraseña correctas.	ID: 8917 Contraseña: 8917	Muestra el módulo administrador. Equivalente a ingreso al sistema exitoso.	Correcto
Iniciar sesión con ID incorrecto.	ID: 1234 Contraseña: 2581	Muestra el siguiente mensaje de error: "El usuario con la identificación (ID) indicado no existe".	Correcto
Iniciar sesión con contraseña incorrecta.	ID: 2581 Contraseña: 1234	Muestra el siguiente mensaje de error: "La contraseña indicada es incorrecta".	Correcto

Subsistema Realizar actividad

Tabla 51. Caso de prueba 4.

Código: 4	Caso de uso involucrado: Realizar actividad
Nombre: Realizar actividad	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de desarrollo de una actividad cuyos contenidos académicos tienen preguntas asociadas es exitoso bajo diferentes condiciones de entrada.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Estudiante (Curso: Quinto; ID: 8912; Contraseña: 8912) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal de actividades.	
Pasos de ejecución	
1. El estudiante selecciona la actividad que desea realizar desde la ventana principal de actividades.	

- El estudiante recorre todos los contenidos académicos disponibles para la actividad. - Cuando encuentre un contenido académico con preguntas el sistema no lo dejará continuar avanzando en la actividad. El estudiante oprime el botón Responder preguntas ubicado en la sección izquierda de la ventana y se presentan las diferentes secciones de preguntas habilitadas para el contenido académico. - El estudiante selecciona las secciones para visualizar las preguntas asociadas y responde todas las preguntas planteadas. - Cuando termine de contestar todas las preguntas, el estudiante da clic en el botón Guardar respuestas. Si todas las preguntas fueron contestadas, el sistema le permite avanzar al siguiente contenido académico. De lo contrario, el sistema le impide continuar. - Cuando llegue al botón de Salida aparece un cuadro de dialogo donde el estudiante debe seleccionar la opción Exportar a archivo para exportar las respuestas a un archivo compatible con el sistema.
Resultado esperado: El sistema genera un archivo que contiene todas las respuestas dadas por el estudiante y lo almacena en el directorio <code>./AITeSa/TemporalRespuestas/</code>.

Tabla 52. Resultados caso de prueba 4.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Realizar actividad Identificación de la enfermedad de Chagas.	El estudiante responde las preguntas de forma extensa (detallada).	En el instante de guardar respuestas apareció un error durante el almacenamiento de las preguntas. Algunas de estas son muy extensas y aparece un error en la base de datos con el siguiente mensaje: <i>"Data too long for column 'descripcionRespuesta' at row 1"</i> . No deja continuar realizando la actividad.	Incorrecto

Realizar actividad Enfermedades por vector.	El estudiante responde las preguntas con una longitud normal en su descripción.	El sistema genera un archivo con las respuestas en la ubicación por defecto.	Correcto
Realizar actividad Barreras para el triatomino.	El estudiante responde las preguntas con una longitud normal en su descripción.	En el instante de guardar las respuestas el sistema arroja el siguiente error: “El carácter – no está permitido. Debe quitarlo de la (s) respuesta (s) donde se encuentre”.	Incorrecto. Los enunciados de algunas preguntas de la actividad tienen ese carácter pero ninguna respuesta lo contiene.

Subsistema Visualizar respuestas

Tabla 53. Caso de prueba 5.

Código: 5	Caso de uso involucrado: Cargar respuestas desde archivo
Nombre: Cargar respuestas desde archivo	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar el comportamiento del sistema durante el proceso de carga de respuestas desde un archivo cuando se intenta realizar con archivos .zip de variada procedencia.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Docente (ID: 8917; Contraseña: 8917) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal del módulo docente.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Visualizar respuestas. 2. Una vez abierta la sección seleccione el menú Opciones y luego dé clic en Cargar respuesta estudiantes ... 3. Busque el archivo que contiene las respuestas y dé clic en el botón Seleccionar.	
Resultado esperado: Si el archivo es compatible y contiene respuestas el sistema carga las respuestas; de lo contrario notifica al usuario el error presentado.	

Tabla 54. Resultados caso de prueba 5.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Cargar respuestas desde archivo del sistema tipo respuestas.		Mensaje de notificación en el cual se indica que las respuestas han sido cargadas exitosamente.	Correcto
Cargar respuestas desde archivo del sistema que no sea tipo respuesta.		Mensaje de error: "El archivo seleccionado no corresponde a respuestas de estudiantes o está dañado".	Correcto
Cargar respuestas desde archivo .zip no compatible		Mensaje de error: "El archivo seleccionado no es compatible con este software"	Correcto

Subsistema Gestión clase

Tabla 55. Caso de prueba 6.

Código: 6	Caso de uso involucrado: Crear clase personalizada
Nombre: Crear clase personalizada	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de creación de una clase personalizada bajo diferentes datos de entrada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Docente (ID: 8917; Contraseña: 8917) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal del módulo docente.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar clase y ubíquese en la pestaña Actividades. 2. Seleccione una actividad de la bitácora disponible ubicada en la parte superior de la ventana. 3. Oprima el botón Crear clase personalizada ubicado en la sección izquierda de la ventana. 4. Una vez abierta la ventana para el proceso de creación, diligencie los datos requeridos. 5. Oprima el botón Crear.	

Resultado esperado: Si los datos ingresados por el usuario son correctos (dentro de los parámetros definidos para crear una clase personalizada) se permite la creación de una clase personalizada; de lo contrario informa al usuario el problema presentado.
--

Tabla 56. Resultados caso de prueba 6.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Crear clase personalizada para actividad "Ecosistemas del triatomino"	Nombre clase: Clase ejemplo. Modo interacción: Acción. Grupo escolar: Secundaria. Grados asociados: 6,7,8,9,10,11 Contenidos académicos: Presentación vector transmisor, Lectura secundaria, Guía simulador ciclo de vida triatomino, Lectura ciclo vida triatomino, Simulador ciclo de vida EVOLUCION.	Mensaje de notificación: "Clase personalizada creada exitosamente".	Correcto
Crear clase personalizada para actividad "Tipos de epidemias".	Nombre clase: Clase tipos de epidemias. Modo interacción: Visual. Grupo escolar: Primaria. Grados asociados: 4,5 Contenidos académicos:	Mensaje de notificación: "Clase personalizada creada exitosamente."	Correcto

	Tipos de epidemias, Preguntas tipos de epidemias, Collage		
--	---	--	--

Tabla 57. Caso de prueba 7

Código: 7	Caso de uso involucrado: Modificar clase personalizada
Nombre: Modificar clase personalizada	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de modificación de una clase personalizada bajo diferentes datos de entrada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Docente (ID: 8917; Contraseña: 8917) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal del módulo docente.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar clase y ubíquese en la pestaña Clases personalizadas. 2. Seleccione del listado de clases personalizadas (COMBOBOX de la parte superior) aquella que desea modificar. 3. Oprima el botón Modificar. 4. Una vez abierta la ventana para el proceso de modificación, realice los cambios que considere pertinentes. 5. Oprima el botón Modificar ubicado en la ventana donde realizó los cambios.	
Resultado esperado: Si los datos ingresados por el usuario son correctos se permite la modificación de la clase personalizada seleccionada; de lo contrario informa al usuario el problema presentado.	
Condiciones: Debe haber creada al menos una clase personalizada por parte del docente que inició sesión.	

Tabla 58. Resultados caso de prueba 7.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Modificar clase personalizada con nombre:	Disminuya el número de contenidos académicos	Mensaje de notificación: "Clase personalizada	Correcto

Clase tipos de epidemias	asociados a la clase personalizada a uno.	modificada exitosamente".	
Modificar clase personalizada con nombre: Clase ejemplo	Altere el grupo escolar, es decir en lugar de Secundaria cámbielo a primaria y seleccione todos los grados correspondientes (1, 2, 3, 4, 5).	Al cambiar el grupo escolar aparece un error de sintaxis en la consulta de SQL.	Incorrecto

Tabla 59. Caso de prueba 8

Código: 8	Caso de uso involucrado: Eliminar clase personalizada
Nombre: Eliminar clase personalizada	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de eliminación de una clase personalizada funciona correctamente.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Docente (ID: 8917; Contraseña: 8917) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal del módulo docente.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar clase y ubíquese en la pestaña Clases personalizadas. 2. Seleccione del listado de clases personalizadas (COMBOBOX de la parte superior) aquella que desea modificar. 3. Oprima el botón Eliminar.	
Resultado esperado: La clase personalizada seleccionada es eliminada del sistema.	
Condiciones: Debe haber creada al menos una clase personalizada por parte del docente que inició sesión.	

Tabla 60. Resultados caso de prueba 8.

CASO DE PRUEBA	ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Eliminar clase personalizada con nombre: Clase tipos de epidemias		Mensaje de notificación: "Clase personalizada eliminada exitosamente".	Correcto
Eliminar clase personalizada con nombre: Clase ejemplo		Mensaje de notificación: "Clase personalizada eliminada exitosamente".	Correcto

Tabla 61. Caso de prueba 9.

Código: 9	Caso de uso involucrado: Bloquear ambiente
Nombre: Bloquear ambiente	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de bloqueo de sesión realizado por el docente de forma remota funciona adecuadamente en los equipos de los estudiantes.	
Inicialización: El usuario ha iniciado sesión como Docente (ID: 8917; Contraseña: 8917) en A/TeSa y se encuentra ubicado en la ventana principal del módulo docente.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar clase y ubíquese en la pestaña Actividad. 2. Seleccione una actividad de la bitácora disponible ubicada en la parte superior de la ventana. 3. Oprima el botón Bloquear ambiente ubicado en la sección izquierda de la ventana.	
Resultado esperado: La sesión de los estudiantes que han iniciado sesión presenta un mensaje de notificación de bloqueo. Cuando den clic en Aceptar, su sesión muestra la actividad solicitada por el docente.	
Condiciones: Previamente debe establecerse una conexión de red entre los equipos de los estudiantes y el equipo del docente.	

Nota: Para verificar el funcionamiento del caso de uso *Bloquear actividad*, este caso de prueba fue aplicado en cuatro equipos del grupo SIMON de investigación conectados en red.

Tabla 62. Resultados caso de prueba 9.

CASO DE PRUEBA	ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Bloquear sesión de estudiantes conectados con la actividad Simulador juego de la epidemia	Dé clic en el botón Bloquear ambiente.	La sesión de los estudiantes ha sido bloqueada con la actividad elegida por el docente.	Correcto
Bloquear sesión de estudiantes conectados con la actividad Ecosistemas del triatomino.	Dé clic en el botón Bloquear ambiente.	La sesión de los estudiantes ha sido bloqueada con la actividad elegida por el docente.	Correcto

Tabla 63. Caso de prueba 10.

Código: 10	Caso de uso involucrado: Desbloquear ambiente.
Nombre: Desbloquear ambiente	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de desbloqueo de sesión realizado por el docente de forma remota funciona adecuadamente en los equipos de los estudiantes.	
Inicialización: El usuario ha bloqueado la sesión de los estudiantes y su sesión se encuentra activa.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar clase y ubíquese en la pestaña Actividad. 2. Oprima el botón Desbloquear ambiente ubicado en la sección izquierda de la ventana.	
Resultado esperado: Los estudiantes que se encuentran con la sesión iniciada en la sala de informática y tienen el equipo bloqueado por el docente deben ser desbloqueados inmediatamente.	

Nota: Para verificar el funcionamiento del caso de uso *Desbloquear actividad*, este caso de prueba fue aplicado en cuatro equipos del grupo SIMON de investigación conectados en red.

Tabla 64. Resultados caso de prueba 10.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Desbloquear sesión de estudiantes conectados con la actividad Simulador juego de la epidemia		La sesión bloqueada de los estudiantes se desbloquea.	Correcto
Desbloquear sesión de estudiantes conectados con la actividad Ecosistemas del triatomino.		La sesión bloqueada de los estudiantes se desbloquea.	Correcto

Subsistema gestión de usuarios

Tabla 65. Caso de prueba 11.

Código: 11	Caso de uso involucrado: Crear usuario
Nombre: Crear usuario	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de creación de usuario en el sistema bajo diferentes datos de entrada funciona adecuadamente.	
Inicialización: El usuario ha ingresado como Administrador (ID: 2581; Contraseña: 2581) y se encuentra ubicado en el módulo de Administrador.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar usuarios 2. Seleccione de la parte superior de la ventana el tipo de usuario que desea crear. 3. Oprima el botón Nuevo usuario 4. Ingrese los datos correspondientes al usuario que está creando. 5. Una vez ingrese los datos solicitados oprima el botón Crear	
Resultado esperado: Se ha creado un nuevo usuario en el sistema.	

Tabla 66. Resultados caso de prueba 11.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Crear usuario tipo Estudiante	Nombres: Carlos Apellidos: Jaramillo Grado escolar: Décimo. Contraseña: carlosJar Confirmar contraseña: carlosJar	Mensaje de notificación: "Usuario estudiante creado exitosamente".	Correcto
Crear usuario tipo docente	Nombres: Juan Apellidos: Gaviria Grados escolares: 1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11 Contraseña: juantodos1 Confirmar contraseña: juantodos1	Mensaje de notificación: "Usuario docente creado exitosamente"	Correcto
Crear usuario tipo administrador	Nombres: Juliana Apellidos: Gonzales Contraseña: juli_g Confirmar contraseña: juli_g	Mensaje de notificación: "Usuario administrador creado exitosamente".	Correcto

Tabla 67. Caso de prueba 12.

Código: 12	Caso de uso involucrado: Modificar usuario
Nombre: Modificar usuario	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de modificación de usuario en el sistema bajo diferentes datos de entrada funciona adecuadamente.	
Inicialización: El usuario ha ingresado como Administrador (ID: 2581; Contraseña: 2581) y se encuentra ubicado en el módulo de Administrador.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar usuarios 2. Seleccione de la parte superior de la ventana el tipo de usuario del usuario que desea modificar. 3. Seleccione el usuario correspondiente del listado disponible. 4. Oprima el botón Modificar 5. Realice las modificaciones que considere necesarias al usuario seleccionado.	

6. Una vez finalice el proceso de modificación oprima el botón Modificar .
Resultado esperado: Se ha modificado la información del usuario seleccionado.
Condiciones: Debe existir al menos un usuario creado para el tipo de usuario seleccionado.

Tabla 68. Resultados caso de prueba 12

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Modificar usuario tipo Estudiante	Alterar el grado escolar al cual el estudiante pertenece.	Mensaje de notificación: "Usuario modificado exitosamente"	Correcto
Modificar usuario tipo docente	Alterar los grados asociados al docente dejando únicamente uno.	Mensaje de notificación: "Usuario modificado exitosamente"	Correcto
Crear usuario tipo administrador	Alterar contraseña de usuario.	Mensaje de notificación: "Usuario notificado exitosamente".	Correcto

Tabla 69. Caso de prueba 13.

Código: 13	Caso de uso involucrado: Eliminar usuario
Nombre: Eliminar usuario	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de eliminación de usuario en el sistema funciona adecuadamente.	
Inicialización: El usuario ha ingresado como Administrador (ID: 2581; Contraseña: 2581) y se encuentra ubicado en el módulo de Administrador.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Gestionar usuarios 2. Seleccione de la parte superior de la ventana el tipo de usuario del usuario que desea eliminar. 3. Seleccione el usuario correspondiente del listado disponible. 4. Oprima el botón Eliminar	

Resultado esperado: Se ha eliminado del sistema el usuario seleccionado.
Condiciones: Debe existir al menos un usuario creado para el tipo de usuario seleccionado.

Tabla 70. Resultados caso de prueba 13.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Eliminar usuario tipo Estudiante con código 8929		Mensaje de notificación: "Usuario eliminado exitosamente"	Correcto
Eliminar usuario tipo docente con código 8930		Mensaje de notificación: "Usuario eliminado exitosamente"	Correcto
Eliminar usuario tipo administrador con código 8931		Mensaje de notificación: "Usuario eliminado exitosamente".	Correcto

Subsistema gestión de versión

Tabla 71. Caso de prueba 14.

Código: 14	Caso de uso involucrado: Crear versión de material académico
Nombre: Crear versión de material académico	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar si el proceso de creación de versión de material académico bajo diferentes configuraciones funciona adecuadamente.	
Inicialización: El usuario ha ingresado como Administrador (ID: 2581; Contraseña: 2581) y se encuentra ubicado en el módulo de Administrador.	
Pasos de ejecución - Ingrese a la sección Crear versión y solicite que se cargue la versión actual para tenerla en cuenta durante el proceso de creación de versión. - Realice las modificaciones que considere pertinentes para la nueva versión del material académico.	

3. Cuando termine de realizar las modificaciones oprima el botón Crear versión . 4. Seleccione la ubicación donde quiere que se cree el archivo y de clic en Seleccionar
Resultado esperado: Se ha creado un archivo con una nueva versión del material académico.

Tabla 72. Resultados caso de prueba 14.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Crear versión basado en la versión actual del software pero elimine la Etapa de profundización II		Versión creada exitosamente.	Correcto
Crear versión basado en la versión actual pero elimine todas las actividades del ambiente dejando únicamente las etapas correspondientes.		Versión creada exitosamente.	Correcto

Tabla 73. Caso de prueba 15.

Código: 15	Caso de uso involucrado: Actualizar versión de material académico
Nombre: Actualizar versión de material académico	
Descripción: Este caso de prueba busca verificar el comportamiento del proceso de actualización de versión de material académico cuando se intenta realizar con archivos .zip de variada procedencia.	
Inicialización: El usuario ha ingresado como Administrador (ID: 2581; Contraseña: 2581) y se encuentra ubicado en el módulo de Administrador.	
Pasos de ejecución 1. Ingrese a la sección Actualizar versión y responda NO cuando se pregunte por realizar una copia de la versión actual.	

2. Busque el archivo con la versión del material académico y oprima el botón Abrir .
Resultado esperado: Si el archivo seleccionado corresponde a una versión del material académico el sistema realiza el proceso de actualización; de lo contrario notifica al usuario el error encontrado.

Tabla 74. Resultados caso de prueba 15.

CASO DE PRUEBA	DATOS DE ENTRADA	RESULTADO	FUNCIONAMIENTO
Actualizar versión basado en archivo con modificaciones a la versión actual de material académico.	Seleccionar archivo .zip que contiene versión actualizada del material académico.	Mensaje de notificación: “La versión de material académico del ambiente ha sido actualizada exitosamente”.	Correcto
Actualizar versión a partir de archivo .zip que no corresponde a versión de material académico.	Seleccionar archivo .zip que contiene configuración de usuarios del sistema.	Mensaje de error: “El archivo seleccionado no es compatible con este software. El proceso de actualización no continuará” .	Correcto

ANEXO F. DOCUMENTACIÓN PRUEBAS CON USUARIOS FINALES

En el presente anexo se encuentran las diferentes guías experimentales diligenciadas para cada actividad aplicada durante las pruebas de receptividad realizadas en la Fundación Colegio UIS. Este es el resultado del proceso de observación realizado a cada una de las actividades orientadas por los docentes involucrados.

Tabla 75. Resumen observaciones Actividad 1 - Tercero

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Juego de la epidemia</u> Fecha: <u>27 Octubre 2015</u> Hora: <u>7:30 – 8:50</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Melina Urrea (Educación Física)</u> Número de estudiantes: <u>28</u> Grado: <u>3B</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad Esta actividad se realizó en el aula de clase. La docente inició explicando el propósito de la actividad y contextualizó la temática exponiendo ejemplos de enfermedades comunes o escenarios donde puede generarse una epidemia (como gripe o zombis). Luego explicó las reglas del juego y la forma como debía diligenciarse la tabla de registro de jugadas. Posteriormente con la ayuda de los estudiantes la docente adaptó el espacio en el aula de clase para realizar la actividad. Se inició realizando la actividad de prueba con un número pequeño de jugadas (alrededor de 6) buscando que los estudiantes comprendieran las reglas y el diligenciamiento de los datos. Tras finalizar la prueba, la docente se revisó la manera como cada uno de los estudiantes diligenció los datos y realizó las correcciones del caso cuando era necesario. Finalmente la docente realizó la actividad real con los estudiantes. Sin embargo el observador no pudo visualizar el desarrollo de esta actividad porque se cruzaba en horario con la actividad dirigida a los estudiantes de séptimo.
Observaciones La docente domina bien el curso. Fue muy útil la analogía realizada con otras enfermedades. Durante el desarrollo de la actividad de prueba se identificó que los niños aún no tenían claras algunas reglas del juego y fue necesario aclarar

nuevamente que: el jugador que se contagia permanece enfermo durante todo el juego y que los niños deben saludar sólo a un niño por jugada.

Los niños se sienten motivados para realizar la actividad. La mayoría comprende las reglas generales del juego y la manera de diligenciar los datos en el formato respectivo.

Debido a la ausencia del observador durante el desarrollo del juego no fue posible verificar el comportamiento de los participantes. El docente encargado indicó que los estudiantes sintieron gran interés por jugar y comprendieron adecuadamente el juego.

Sugerencias

En la planilla de diligenciamiento de datos quitar la casilla de jugada cero ya que los niños se confunden y empiezan a diligenciar el formato desde esa casilla. Normalmente deben llenar los datos desde la casilla 1.

Que los profesores dispongan de un pito para indicar a los estudiantes el inicio de cada jugada.

Tabla 76. Resumen observaciones Actividad 1 - Séptimo

Guía experimental	
Nombre de la actividad: <u>Juego de la epidemia</u> Fecha: <u>27 Octubre 2015</u> Hora: <u>8:50 – 10:20</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Oscar Gómez (Educación Física)</u> Número de estudiantes: <u>29</u> Grado: <u>7C</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>	
Descripción de la actividad Esta actividad se realizó en un espacio abierto de la institución. Sin embargo, antes de ir al espacio de juego, el docente encargado explicó de forma muy general el juego, sus reglas y la forma de diligenciar los datos en la tabla correspondiente. Posteriormente se inició la actividad de prueba para afianzar lo explicado con respecto al juego de la epidemia. Terminada la actividad de prueba, se inició la actividad real con los estudiantes donde se aplicaron 20 jugadas.	

Observaciones Se presentaron varios inconvenientes durante la actividad ya que los estudiantes se dispersaban mucho y no permanecían en un círculo tal como lo proponía el profesor. El docente tuvo que realizar varios llamados de atención a sus estudiantes para que hicieran la actividad de la manera propuesta. A pesar de esto, los estudiantes participaron en la actividad. Los estudiantes participaron en la actividad y entendieron las instrucciones del juego. Sin embargo no respetaban algunas de las reglas del juego lo que pudo condicionar de cierta manera los resultados del juego (Quedaron alrededor de 11 sanos en la población). Faltó dominio del grupo por parte del docente para que los estudiantes se comportaran mejor durante la actividad.
Sugerencias Para futuras actividades, en caso de que los estudiantes desarrollen la actividad de forma desordenada proponer al docente que aplique algunas medidas para exigir un buen comportamiento por parte de los estudiantes. Proponer como regla de juego que los estudiantes de estos grados deben estar mudos (es decir no pueden hablar entre sí) durante el desarrollo de la actividad para que eviten difundir la información sobre su estado a otros participantes.

Tabla 77. Resumen observaciones Actividad 1 - Tercero

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Análisis del juego de la epidemia</u> Fecha: <u>27 Octubre 2015</u> Hora: <u>10:25 – 11:15</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Diana González (Matemáticas)</u> Número de estudiantes: <u>28</u> Grado: <u>3B</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad La docente encargada preguntó a sus estudiantes qué aprendieron con el juego y dedicó un espacio para que comentaran la experiencia que habían tenido. Realizó unas preguntas generales a los estudiantes que les permitiera analizar lo ocurrido durante el juego. Posteriormente pidió a cada uno de los estudiantes contestar las preguntas planteadas en la guía. Cuando terminaron, preguntó qué

contestaron para identificar el grado de comprensión de los conceptos planteados.

La profesora realizó en el tablero el formato de la tabla de resultados generales y con la ayuda de los estudiantes la diligenciaba. En cada jugada los estudiantes indicaban quienes se habían contagiado para registrar dicha información en la tabla. Posteriormente pidió a sus estudiantes que analizaran los resultados para obtener las conclusiones generales del curso.

Finalmente preguntó a sus estudiantes qué elementos de la vida real podían relacionar con el hecho de que a pesar de haber contacto entre un sano y un enfermo algunas veces no se presentaba contagio (probabilidad que media el contagio al existir un contacto entre un sano y un enfermo).

Observaciones

Desde el punto de vista conceptual, los estudiantes comprenden la dinámica de población de sanos y enfermos, el concepto de contagio. Algunos estudiantes no tenían claro el concepto de epidemia pero para ser una primera aproximación era positivo que tuvieran una pequeña noción.

La planeación de la actividad propone que los estudiantes representen en términos de gráficas el comportamiento de la población de sanos y enfermos durante el desarrollo del juego para que los estudiantes tengan una idea más amplia y familiar de la dinámica generada. Sin embargo, la docente encargada no quiso explicar la dinámica de la epidemia gráficamente (ni siquiera dibujándola en el tablero) porque la consideró muy compleja para los niños. En su lugar, diligenció con el apoyo de sus estudiantes la tabla de resultados generales propuesta en la guía del árbitro. Los estudiantes expresaron conclusiones valiosas con respecto a los datos diligenciados tales como: La cantidad de población no varía en el tiempo y conforme avanza la epidemia los sanos disminuyen mientras los enfermos aumentan.

Los niños estaban muy interesados en el desarrollo del análisis de resultados y en algunos casos se anticipaban a la explicación del docente confirmando la comprensión de la problemática.

Sugerencias

Dedicar al menos una hora al desarrollo de esta actividad para que pueda ser explicada completamente.

Dar a entender al docente encargado sobre la necesidad de explicar con una gráfica el comportamiento de la población de sanos y enfermos durante el desarrollo de la epidemia a pesar de que los estudiantes no hayan visto nunca esta clase de gráficas. La interpretación de la epidemia de forma gráfica es fundamental para que los estudiantes comprendan bien la siguiente actividad.

Tabla 78. Resumen observaciones Actividad 1 - Séptimo

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Análisis del juego de la epidemia</u> Fecha: <u>27 Octubre 2015</u> Hora: <u>15:00 – 15:45</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>María del Pilar Peralta (Matemáticas)</u> Número de estudiantes: <u>29</u> Grado: <u>7C</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad El docente encargado inició la actividad preguntando a los estudiantes qué había ocurrido durante el desarrollo del juego y qué conclusiones podían formular sobre su participación en el juego. Posteriormente el docente solicitó a sus estudiantes que respondieran las preguntas planteadas en la guía buscando que tuvieran una noción de los conceptos de epidemia, contagio y prevención. Socializaron algunas de las preguntas dadas por los estudiantes para conocer la apreciación global del curso sobre la temática tratada. El docente centró la atención de la clase a determinar qué pasó con los sanos y enfermos durante el desarrollo del juego y propuso a sus estudiantes a graficar en un plano cartesiano la dinámica de sanos y enfermos.
Observaciones La discusión sobre qué había pasado con los sanos y los enfermos se centró en explicar la forma de jugar de algunos estudiantes que infringían las reglas del juego, indicando entre otras cosas que algunos estudiantes conocían quienes eran los enfermos y evitaban saludarlos. El docente hizo que los estudiantes abordaran la situación desde el punto de vista matemático ya que los estudiantes discutían sobre el modo de jugar de algunos de sus compañeros. Durante el desarrollo de la gráfica, la profesora invitó a que los estudiantes analizaran el comportamiento de la epidemia cualitativamente y no

cuantitativamente para extender la explicación a un escenario hipotético donde la población de personas es muy grande. Algunos estudiantes realizaron la gráfica correctamente, otros no.

Se presentó bastante desorden e indisciplina en algunos momentos de la actividad y el docente tuvo que llamar la atención de sus estudiantes varias veces.

No alcanzó el tiempo para realizar la actividad completamente dejando aspectos importantes pendientes por explicar. Se buscaba que los estudiantes en la guía representaran gráficamente el comportamiento del juego de la epidemia teniendo en cuenta los resultados generales dados por el docente. Sin embargo, por falta de tiempo no pudo realizarse esta tarea.

Sugerencias

Dedicar más tiempo para el desarrollo de esta actividad (por lo menos hora y media) ya que en este caso el tiempo dispuesto para esta sesión fue insuficiente.

Evitar extender la actividad explicando el uso del plano cartesiano ya que para el propósito de la actividad no es necesario abordar esta temática. Es necesario que los estudiantes comprendan el comportamiento de la epidemia de forma gráfica pero sin entrar en detalles de elaboración de gráficas.

Quitar la palabra preocupaciones del enunciado de la pregunta 4 del formulario de preguntas de la guía, ya que se considera innecesaria y tiende a confundir a los estudiantes.

Tabla 79. Resumen observaciones Actividad 2 - Tercero

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Simulador juego de la epidemia</u> Fecha: <u>29 Octubre 2015</u> Hora: <u>10:20 – 11:15</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Javier Cajicá (Informática)</u> Número de estudiantes: <u>25</u> Grado: <u>3B</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad El docente pidió a sus estudiantes que recordaran lo que había ocurrido con el juego de la epidemia y les indicó que iban a utilizar el computador para interactuar con un “juego” virtual que recreaba lo ocurrido en el juego lúdico de la actividad

anterior. Los estudiantes manipularon el simulador durante un tiempo mientras el docente daba las indicaciones correspondientes.

Posteriormente el docente pidió que generaran diferentes escenarios de condiciones iniciales de sanos y enfermos variando la cantidad de estos. Dedicaron buena parte de la sesión a esta tarea de interacción. Finalmente, el docente pidió a sus estudiantes que respondieran las preguntas planteadas en la guía de la actividad.

Observaciones

El docente conoce muy bien el simulador lo que le permite explicar con propiedad a sus estudiantes la forma de utilizarlo.

Los estudiantes estuvieron muy motivados durante el desarrollo de toda la actividad. Por su curiosidad, los estudiantes querían siempre estar jugando con el simulador utilizando los controles básicos y alternando permanentemente las condiciones iniciales de simulación. Los estudiantes no tardaron mucho tiempo en manipular adecuadamente el simulador y en proponer diversidad de escenarios arrastrando, borrando e insertando objetos dentro de la cuadrícula de simulación. Además dominan los controles utilizados para variar la velocidad y el modo de visualización de los elementos del simulador.

Como el docente dedicó mucho tiempo a que los estudiantes interactuaran con el simulador, se dejó para el final de la sesión un tiempo corto para la resolución de las preguntas planteadas en el software. La mayor dificultad que encontraron los estudiantes para responder las preguntas fue encontrar la forma de hacerlo porque no se les había explicado desde un principio la manera de responderlas desde el software. Sin embargo, la resolución de las preguntas fue relativamente rápida porque los estudiantes habían entendido el comportamiento del simulador y alteraban con destreza los escenarios del simulador de acuerdo a lo indicado en la guía de preguntas. Los estudiantes estaban motivados por responder las preguntas desde el computador aunque algunos no alcanzaron a terminar de responderlas porque la sesión había terminado. Otros estudiantes salían de la actividad dando clic en el botón cerrar de la parte superior desconociendo que de esa manera las respuestas dadas en la actividad no quedaban guardadas.

En la sesión de algunos estudiantes, para agregar objetos al simulador era necesario realizar un paso adicional impidiendo agregarlos de la forma tradicional (seleccionando el objeto de la bitácora correspondiente y dando clic en una región de la cuadrícula).

Sugerencias

Antes de permitir el acceso de los estudiantes al simulador, el docente debería explicar el uso del simulador a todos los estudiantes para que centren su atención en la explicación del docente y posteriormente interactuar con el simulador.

Explicar desde el principio la forma de utilizar el software para que los estudiantes lo manipulen adecuadamente.

Alertar desde el software al estudiante la forma correcta de guardar las respuestas ya que de lo contrario perderán los avances realizados.

Tabla 80. Resumen observaciones Actividad 3 - Tercero

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Tipos de epidemia</u> Fecha: <u>29 Octubre 2015</u> Hora: <u>12:00 – 12:50</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Marcela Suárez (Ciencias Naturales) y Javier Cajicá (Informática)</u> Número de estudiantes: <u>25</u> Grado: <u>3B</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad El docente inició la actividad dirigiéndose directamente al módulo correspondiente en el software dedicado a la actividad. Solicitó a los estudiantes que leyeran mentalmente la guía de conceptos disponible en el software y posteriormente realizó la lectura en grupo, haciendo énfasis en conceptos importantes para la actividad. El docente se apoyó en algunas imágenes facilitadas por la universidad para explicar los conceptos a sus estudiantes. Finalmente, los estudiantes contestaron las preguntas planteadas en el software de acuerdo al conocimiento adquirido hasta esta etapa del proyecto.
Observaciones Los estudiantes no presentaron inconvenientes para responder las preguntas en el software porque ya estaban familiarizados con su utilización. Sin embargo, los estudiantes centran su atención únicamente a la sección de preguntas omitiendo el documento asociado a estas que en algunos casos puede contener información importante para responderlas.

Los estudiantes presentan un alto interés en imágenes de las guías que apoyan la comprensión de conceptos dados textualmente. En general, el comportamiento de los estudiantes en la actividad fue muy positivo porque todos participaban, realizaban preguntas y aportaban ideas durante la explicación del profesor.

Había un estudiante que tenía bastante curiosidad por el software llegando al punto de intentar abrir varias sesiones del software hasta bloquearlo, impidiendo la visualización de la guía de actividades ya que aparecía totalmente en blanco.

La sesión estaba planeada para invitar a los estudiantes a realizar un collage con imágenes relacionadas a la temática tratada en la actividad. Sin embargo, por falta de tiempo no fue posible realizarlo. Sin embargo, el docente encargado utilizó las imágenes que se utilizarían en el collage como recurso para exponer algunas ideas sobre los tipos de epidemias y algunos de los vectores de enfermedades más conocidos.

Sugerencias

La presentación de imágenes en el software fue muy útil ya que los estudiantes las consideraban llamativas y puede servir de preámbulo para la actividad lúdica del collage en un futuro.

Agregar una funcionalidad en el software que permita al estudiante colorear las imágenes en blanco y negro presentadas en esta actividad ya que los estudiantes de estos grados se sienten motivados a colorearlas y no es suficiente para ellos verlas porque están acostumbrados a utilizar herramientas como Paint para ese fin.

Buscar una manera más llamativa de presentar información importante durante la resolución de una guía dentro del software. Algunos estudiantes no prestan atención al personaje que emite mensajes ubicado en la sección inferior – izquierda de la ventana.

Impedir el inicio de más de una instancia de la aplicación en un mismo computador para evitar el bloqueo de las actividades.

Disponer de al menos una hora y media para realizar esta actividad con los estudiantes para poder abordar la temática más detenidamente y además alcanzar a realizar la actividad del collage.

Tabla 81. Resumen observaciones Actividad 2 - Séptimo

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Simulador del juego de la epidemia</u> Fecha: <u>29 Octubre 2015</u> Hora: <u>13:30 – 14:30</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Javier Cajicá (Informática) y María del Pilar Peralta (Matemáticas)</u> Número de estudiantes: <u>28</u> Grado: <u>7C</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad El docente de informática desde el aula de clase del curso, propuso a los estudiantes recordar la actividad del juego de la epidemia. Luego en la sala de informática, la docente de matemáticas (que había solicitado en la actividad anterior a sus estudiantes representar gráficamente la dinámica de sanos y enfermos presentada en el juego de la epidemia) pidió que compararan su percepción de la dinámica ocurrida en el juego con lo mostrado en el simulador y a partir de esa comparación generaran conclusiones al respecto. El docente de informática explicó la forma de utilizar el simulador y dedicó un espacio de la clase para que los estudiantes interactuaran con él y analizaran los resultados. Tras interactuar con el simulador, se pidió a los estudiantes que contestaran las preguntas de la guía correspondiente.
Observaciones En general, se presenta mucho desorden de parte de los estudiantes para realizar la actividad y el docente no puede controlar a todos los estudiantes. La docente de matemáticas no estaba muy de acuerdo con intervenir demasiado en la clase del docente de informática pero en el tiempo que estuvo presente pasó por cada computador para orientar a los estudiantes con dudas en la interpretación de los resultados de la simulación. Se presentaron algunos inconvenientes con las barras de desplazamiento asociadas al simulador ya que en algunos casos generaban confusión por que dejaban una estela en su recorrido dando la sensación de que se había bloqueado. Además los valores de sanos y enfermos presentaban valores decimales que confundían a los estudiantes, cuya percepción inicial sobre el valor era interpretarlo como un valor grande en lugar de un valor pequeño. La sección de preguntas del software no tiene el espacio suficiente para mostrar todas las secciones que hacen parte de una guía de preguntas. Para esta

actividad sólo muestra dos secciones de las cuatro que conforman la guía, y es necesario utilizar la barra de desplazamiento para visualizar las secciones restantes. Por lo tanto, la mayoría de estudiantes creían que habían contestado todas las preguntas pero en realidad faltaban dos secciones por contestar.

El docente de informática encargado de realizar la actividad no interpretaba correctamente la gráfica de contagio (Vista 2). Esto fue evidente cuando realizó la explicación del resultado de la simulación para esa vista.

En uno de los equipos el software no se instaló correctamente y no permitió visualizar el simulador de EVOLUCION siendo necesario que el estudiante utilizara otro de los equipos de la sala.

El tiempo de esta actividad se extendió demasiado, siendo necesario tomar 15 minutos de la siguiente actividad para que los estudiantes finalizaran la guía correspondiente.

Sugerencias

Documentar el proceso de instalación del software para evitar problemas de este tipo en un uso futuro.

Verificar los modelos de simulación utilizados en el software con el fin de evitar que se presenten cantidades decimales que tienden a confundir a los estudiantes durante la interpretación de resultados.

Buscar la manera de mitigar el efecto de la estela a la hora de manipular los controles de alteración de cantidad de material que provoca sensación de bloqueo del simulador en los estudiantes.

Dedicar el espacio suficiente al proceso de formación docente para que los docentes comprendan completamente las actividades y los contenidos académicos que las conforman y así lograr que los docentes cuenten con claros fundamentos teóricos para orientar las actividades con los estudiantes.

Dedicar un espacio de dos horas para el desarrollo de esta actividad.

Tabla 82. Resumen observaciones Actividad 3 - Séptimo

Guía experimental
Nombre de la actividad: <u>Tipos de epidemia</u> Fecha: <u>29 Octubre 2015</u> Hora: <u>14:30 – 15:00</u> Institución educativa: <u>Fundación Colegio UIS</u> Docente encargado: <u>Laura Sequeda (Ciencias Naturales) y Javier Cajicá (Informática)</u> Número de estudiantes: <u>28</u> Grado: <u>7C</u> Observador: <u>Oscar Julián Medrano García</u>
Descripción de la actividad La docente de ciencias solicitó a los estudiantes que accedieran al módulo de la actividad correspondiente, realizó la explicación teórica de la actividad y posteriormente concedió el espacio restante para que los estudiantes contestaran la guía de preguntas.
Observaciones Se presentó mucho desorden al inicio de la actividad porque algunos estudiantes no habían terminado la actividad anterior (Simulador del juego de la epidemia) y no prestaban la suficiente atención a la explicación del docente. La docente de ciencias utilizó ejemplos cotidianos para hacer que el tema fuera lo más sencillo posible de entender por parte de los estudiantes sin salirse del contexto de la temática (Tipos de epidemia). Esta actividad promueve a los estudiantes realizar preguntas importantes como “¿Todos los vectores tienen la enfermedad?”. La docente extiende un poco más la temática presentando acciones de prevención como las aplicadas por el Estado colombiano para afrontar el chikunguña, enfermedad que afectó recientemente a buena parte de la población del país. A pesar de la limitación de tiempo, muchos estudiantes alcanzaron a contestar la guía de preguntas asociada a la actividad. La destreza adquirida en la actividad anterior para utilizar el software ayudó mucho en este aspecto. No fue posible realizar la actividad del collage porque el tiempo no alcanzó.
Sugerencias Es recomendable disponer de al menos una hora para realizar esta actividad completamente (con el collage).

ANEXO G. GUI DEL SISTEMA

En el presente anexo se encuentran capturas de pantalla de algunas ventanas del software *AlTeSa* implementado como parte de este proyecto de investigación.

Figura 69. GUI de inicio de AlTeSa



Figura 70. GUI Inicio de sesión

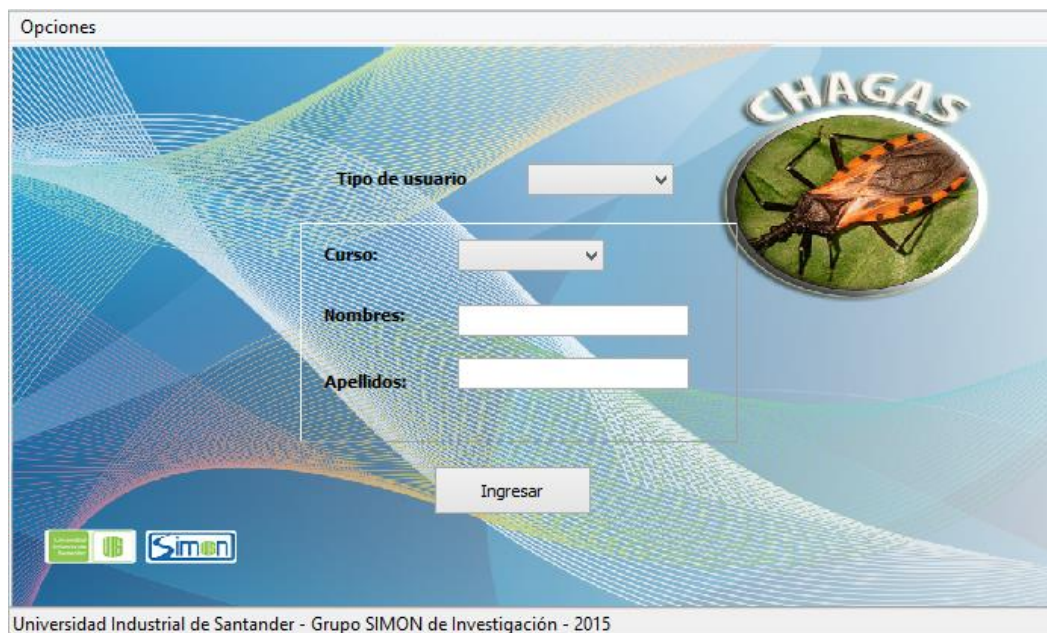


Figura 71. GUI Ventana principal de actividades

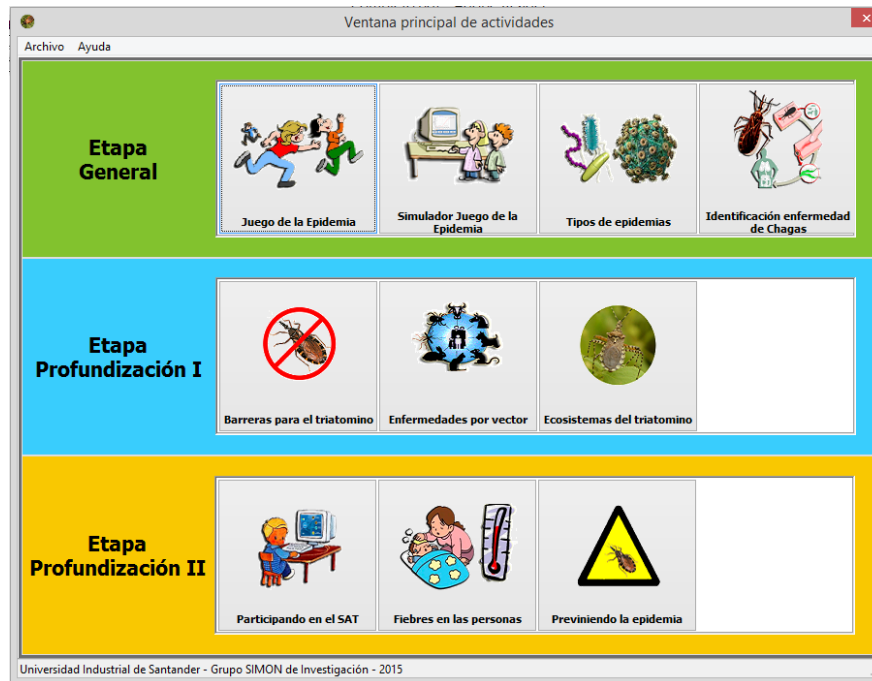


Figura 72. GUI Sección realizar actividad (Vista 1)

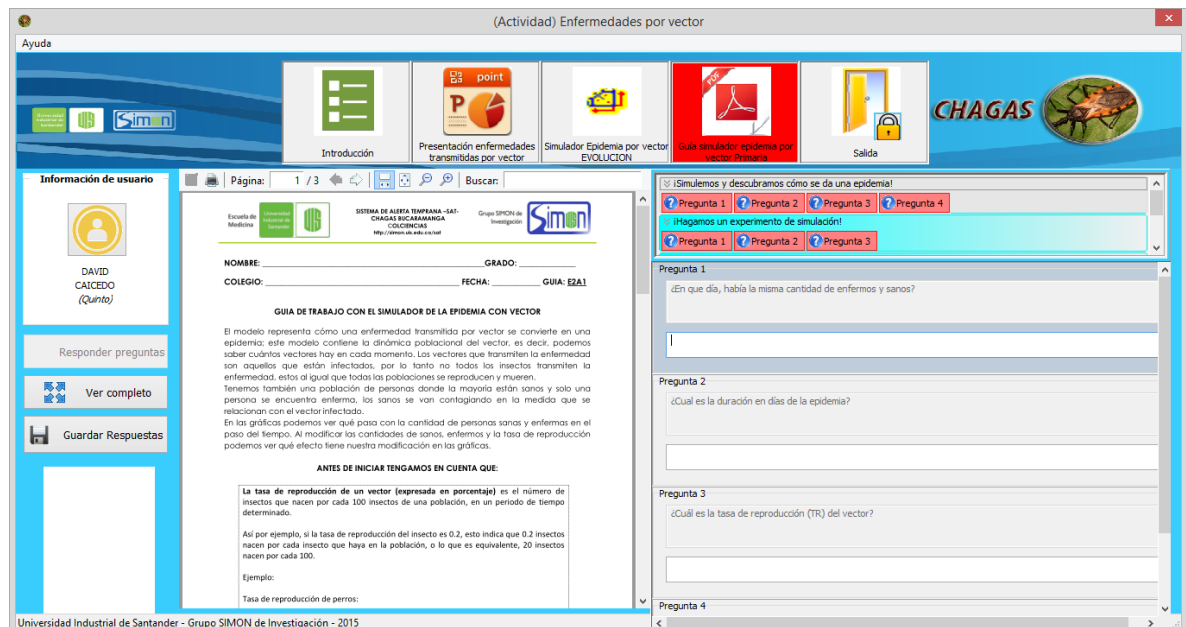


Figura 73. GUI Sección realizar actividad (Vista 2)



Figura 74. GUI Sección Gestionar actividad

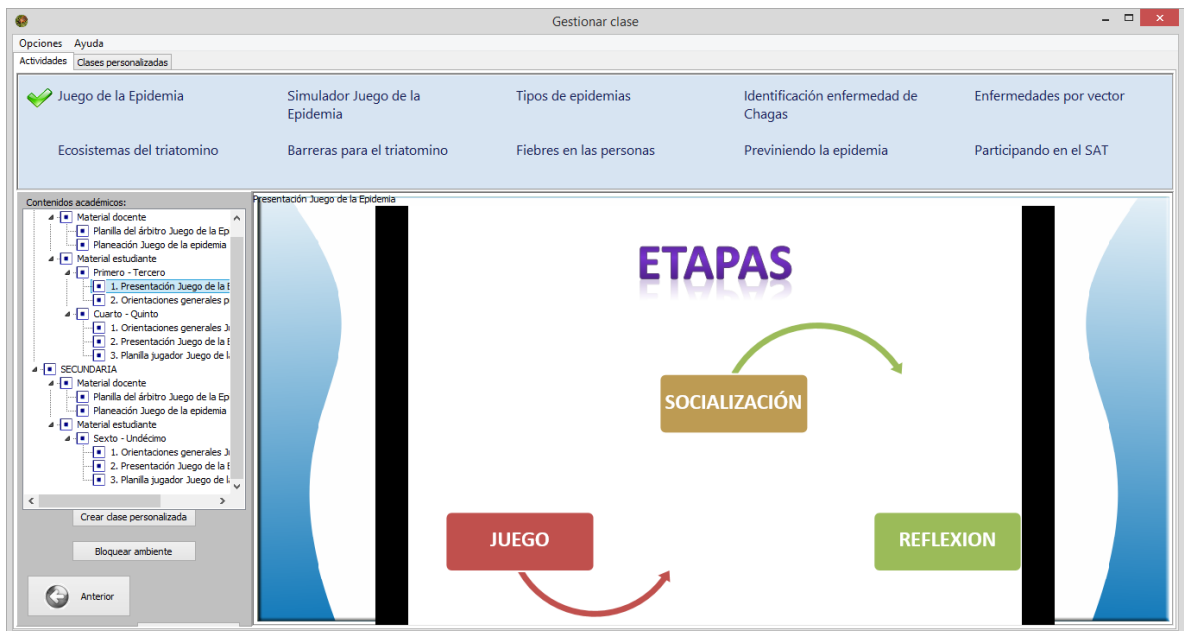


Figura 75. GUI Sección de gestión clase personalizada

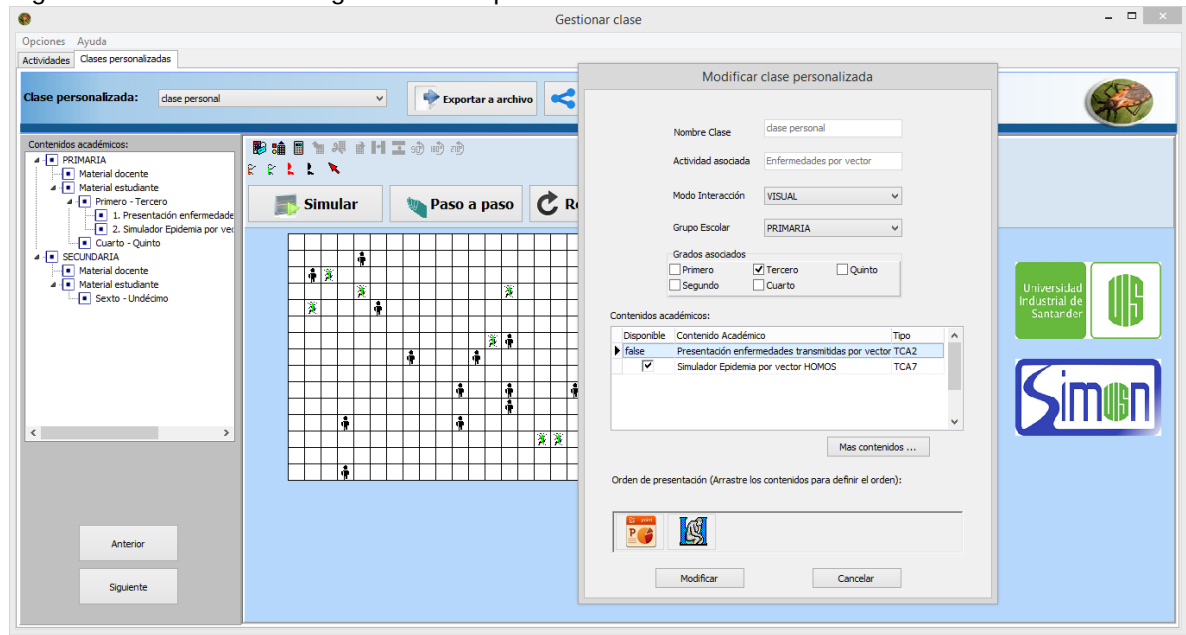


Figura 76. GUI Subsistema Visualizar respuestas (Vista general)

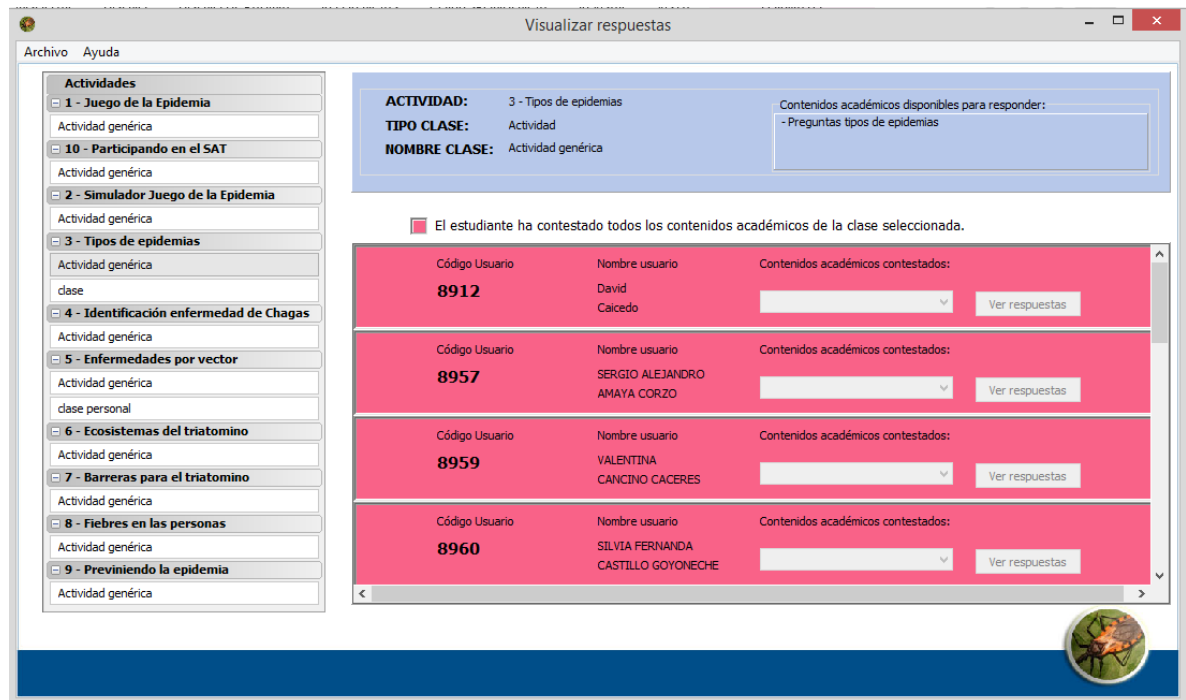


Figura 77. GUI Subsistema Crear versión



Figura 78. GUI Asistente modificar actividad

