



**Universidad de las Ciencias Informáticas**

**Facultad 4**

*HERRAMIENTA DE EVALUACIÓN CUALITATIVA DE IMPACTOS  
AMBIENTALES PARA LA EMPRESA NACIONAL DE INVESTIGACIONES  
APLICADAS*

---

*Trabajo de Diploma para optar por el título de  
Ingeniero en Ciencias Informáticas*

**Autores:** Ivón Mabardi Piñeiro.

René Alain Crespo Ramos.

**Tutores:** Isyed de la Caridad Rodríguez Trujillo.

Greilan Garcia Balmaseda.

### **Declaración de autoría**

Declaramos que somos los únicos autores del trabajo “Herramienta de evaluación cualitativa de impactos ambientales para la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas” y autorizamos a la facultad 4 de la Universidad de las Ciencias Informáticas a hacer uso del mismo en su beneficio.

Para que así conste firmamos la presente a los \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año \_\_\_\_\_.

Ivón Mabardi Piñeiro

---

**Autor**

René Alain Crespo Ramos

---

**Autor**

Isyed de la Caridad Rodríguez Trujillo

---

**Tutor**

Greilan Garcia Balmaseda

---

**Tutor**



***“Somos jóvenes, y si no hacemos cuanto la naturaleza espera de nosotros,  
¡seremos traidores!”***

***José Martí***

## DEDICATORIA

*A mi mamita, que es el tesoro más grande que una hija puede tener, mi amiga, mi luz, mi guía y ejemplo a seguir en todo momento, porque sin ella no estuviera hoy donde estoy.*

*A mis dos hermanitas, por su apoyo y amor incondicional, por ser las mejores hermanas del mundo.*

Ivón Mabardi Piñeiro

*A "mima", por el amor y la confianza que siempre depositó en mí.*

*A mis padres, a quienes debo todo lo que soy, por sentirse orgullosos de mí.*

René Alain Crespo Ramos

## **AGRADECIMIENTOS**

### **De Ivón:**

A mi mamita linda, por ser sencillamente la razón de mi existir, por ser el pilar fundamental de la mujer que soy hoy, por confiar siempre en mí, por su apoyo, dedicación, confianza, por su amor incondicional, por guiarme siempre por el buen camino y por hacerme ver que todo en la vida se logra con esfuerzo y dedicación.

A mis dos hermanitas, por sus consejos, ayuda y por siempre confiar en mí, por ser mis amigas y confidentes.

A mi papá, por apoyarme cuando lo he necesitado.

A mi tía Naty, por ser en estos cinco años como una madre para mí.

A mi familia, a cada uno de ellos que forman una parte importante en mi vida.

A mi novio, mi compañero, mi hermano; por su amor, respeto, comprensión y paciencia durante estos 5 años. No sé qué hubiera sido de mí sin tu apoyo en todo este tiempo. Gracias.

A Cary, René, Maritza, René Felipe y al resto de mi familia pinareña, por cuidar de mí durante estos cinco años, y acogerme como a una más de la familia.

A María Elena, por ser esa personita que siempre estuvo allí cuando la necesité, por su cariño y constante preocupación, dedicación y apoyo.

A Isyed, por el apoyo y la confianza que depositó en nosotros.

A Claudia, Celia y Rita, con quienes he podido contar siempre, por acogerme cuando más lo necesitaba.

Le agradezco a mis compañeros y amigos que han compartido conmigo tantos momentos durante estos años, en especial a mis amigos de primer año: Zulema, Yailin, Dailena, Alejandro, Rafael, Amado, Yandry, y a los demás del grupo 5, a los del nuevo grupo: Kirenia, Dayana, Liliana, Fernando y al resto del grupo.

A todo el claustro de profesores que de una forma u otra han influido en mi preparación como profesional y que me han enseñado a transitar en el camino por la búsqueda del conocimiento.

A Dios por darme la dicha de tenerlos a todos a mi lado.

**De René Alain:**

A Dios, por darme todo lo que hoy tengo.

A mi madre, por apoyarme en todas mis decisiones, por la confianza, el amor incondicional y las largas horas de dedicación. Por ser, simplemente, la mejor madre del mundo.

A mi padre, por el amor, el respeto, la confianza y el sacrificio que siempre me demostró. Porque sin él no hubiera podido llegar hasta aquí.

A mi hermano, por su cariño y amor, por inspirarme a ser cada día el mejor ejemplo para él.

A mi tía Maritza, por el amor que siempre me ha dado, por acogerme como a un hijo y sentirse orgullosa de mí, por su ayuda y consejos excelentes.

A mis abuelos, por quererme tanto desde pequeño y confiar en mí. Por darme ese lugar especial en sus corazones.

A mi familia, donde siempre encontré una razón para seguir adelante y esforzarme todos los días de mi vida.

A mi compañera de tesis, mi amiga, mi pareja, mi confidente durante estos cinco años, por el amor y el cariño desmedido. Por quererme y aguantarme tal como soy, por acompañarme durante este tiempo.

A Aydeé por ayudarnos siempre, y junto a Ivette e Ioanna, por aceptarme en la familia y darme la especial tarea de cuidar a Ivón.

A María Elena, por el cariño y la dedicación durante estos años, por quererme como a un hijo.

A Isyed, por confiar en nosotros, por la perfecta comunicación que tuvimos, por su preocupación y por darnos siempre ánimos y fuerzas.

A Claudia, Rita y Celia, por la amistad tan fuerte y sincera. Por poder contar con ellas en cualquier momento, por acogerme en su hogar y ser la familia habanera que nunca tuve.

A mis amigos de la infancia, por conservar una buena amistad durante tanto tiempo. A mis amigos durante estos cinco años: a Amado por poder contar con él siempre y por su ayuda incondicional; a Alejandro, Rafael, Zulema, Yandry, Yailin, Dailena; a los nuevos: Kirenia, Adrián, Dayana, Felipe, Liliana, Fernando y todos los demás, por compartir conmigo esta etapa y haber hecho que fuese especial.

A todos los profesores, por aportar de una forma u otra en mi formación como ingeniero, y como profesional.

## RESUMEN

El impacto ambiental provocado por la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad constructiva sobre el medio ambiente: constituye una deuda pendiente con la naturaleza. La evaluación de impactos ambientales, es un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos negativos y positivos provocados por acciones humanas sobre el medio. En nuestro país, este proceso es llevado a cabo por las consultorías pro-ambiente de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA). Actualmente existen herramientas a nivel nacional e internacional dedicadas a esta rama, sin embargo no se rigen por la metodología que guía este proceso en la ENIA y la gran mayoría son *software* propietarios. Como consecuencia de esta situación, en Cuba este proceso llevado a cabo desde septiembre de 1995 se realiza de forma manual, trayendo consigo un lento y engorroso trabajo, por lo que no se siguen íntegramente los pasos que plantea la metodología y no se tienen en cuenta varias alternativas para un mismo proyecto. A partir del estudio de los conceptos asociados al dominio del problema, las herramientas similares y la metodología de evaluación de impactos ambientales que emplea la ENIA; se desarrolla una herramienta guiada por la metodología de desarrollo de *software* XP cuyo principal objetivo es ofrecer a las consultorías un proceso de evaluación ágil y confiable, capaz de apoyar la selección de la alternativa más sostenible para un proyecto. Obteniendo como resultado un producto que cumple las expectativas del cliente y satisface sus necesidades.

**Palabras clave:** alternativa sostenible, evaluación, impacto ambiental, medio ambiente, proyecto.

## ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO 1 .....	7
1.1 Introducción .....	7
1.2 Conceptos asociados al dominio del problema .....	7
1.3 Estado actual de la EIA .....	9
1.3.1 Necesidad de la EIA en los proyectos .....	10
1.3.2 Soluciones similares .....	11
1.3.2.1 Soluciones similares en el ámbito internacional .....	11
1.3.2.2 Soluciones similares en el ámbito nacional .....	13
1.3.2.3 Conclusiones del estudio de las soluciones similares .....	14
1.4 Metodología de EIA .....	14
1.5 Análisis costo-beneficio y decisión multicriterio .....	23
1.6 Metodología de desarrollo de <i>software</i> .....	31
1.6.1 Proceso Unificado de Desarrollo .....	31
1.6.2 Programación Extrema .....	32
1.6.3 Agile Unified Process .....	33
1.6.4 Selección de la metodología para solucionar el problema .....	34
1.7 Ambiente de desarrollo .....	34
1.7.1 Lenguaje de Modelado Unificado .....	35
1.7.2 Herramienta CASE .....	35
1.7.3 Lenguaje de programación .....	36
1.7.4 Herramienta de desarrollo del <i>software</i> .....	37
1.7.5 Bibliotecas del lenguaje .....	38
1.7.6 Framework .....	39
1.7.7 Sistema gestor de base de datos .....	39
1.7.6 Interfaz de programación de aplicaciones .....	40
1.8 Conclusiones parciales .....	40
CAPÍTULO 2 .....	42

2.1	Introducción .....	42
2.2	Descripción del sistema propuesto. ....	42
2.3	Patrón de Arquitectura.....	43
2.4	Patrones de Diseño .....	45
2.4.1	Patrones GRASP .....	45
2.4.2	Patrones GoF .....	46
2.5	Prototipos no funcionales .....	47
2.6	Personal relacionado con el sistema.....	47
2.7	Proceso de vida de la propuesta de solución.....	48
2.7.1	Fase de Exploración .....	48
2.7.2	Fase de Planificación.....	50
2.8	Conclusiones parciales .....	55
CAPÍTULO 3	.....	56
3.1	Introducción.....	56
3.2	Diseño del sistema .....	56
3.3	Modelo de datos.....	57
3.4	Fase de implementación .....	58
3.4.1	Estándares de codificación.....	58
3.4.2	Tareas de ingeniería por iteraciones .....	60
3.4.3	Reseña de la implementación .....	64
3.5	Fase de Pruebas .....	66
3.5.1	Pruebas unitarias.....	66
3.5.2	Pruebas de aceptación .....	69
3.5.3	Pruebas de validez .....	71
3.6	Conclusiones parciales .....	73
CONCLUSIONES GENERALES	.....	74
RECOMENDACIONES	.....	75
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	.....	76
BIBLIOGRAFÍA	.....	79
ANEXOS	.....	80

Anexo 1: Historias de Usuario.....	80
Anexo 2: Tarjetas CRC.....	89
Anexo 3: Tareas de ingeniería.....	92
Anexo 4: Casos de pruebas unitarias .....	107
Anexo 5: Casos de pruebas de aceptación.....	110
Anexo 6: Tablas de la base de datos .....	129
Anexo 7: Cuestionarios .....	132
Anexo 8: Prototipos no funcionales.....	140
Anexo 9: Funcionalidad encargada de duplicar una alternativa.....	145
Anexo 10: Clase Manager.....	145

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Matriz de valoración. ....	29
Tabla 2. Personal relacionado con el sistema.....	48
Tabla 3. Representación de una HU. ....	49
Tabla 4. Historias de Usuario. ....	50
Tabla 5. Estimación de esfuerzo por HU.....	52
Tabla 6. Plan de duración de las iteraciones. ....	53
Tabla 7. Funcionalidades por módulos. ....	54
Tabla 8. Plan de duración de entrega. ....	55
Tabla 9. Tarjeta CRC.....	57
Tabla 10. Tiempo real de implementación por módulo (iteración 1). ....	61
Tabla 11. Tareas de ingeniería por historias de usuario (iteración 1).....	62
Tabla 12. Tiempo real de implementación por módulo (iteración 2). ....	63
Tabla 13. Tareas de ingeniería por HU (iteración 2).....	63
Tabla 14. Representación de una Tarea de Ingeniería. ....	64
Tabla 15. Representación de caso de prueba unitaria.....	69
Tabla 16. Representación de caso de prueba aceptación. ....	70
Tabla 17. Resultado de las pruebas de aceptación. ....	71
Tabla 18. Resultado de las pruebas de validez. ....	72

## ÍNDICE DE IMÁGENES

Figura 1. Ciclo de vida de RUP. ....	32
Figura 2. Ciclo de vida de AUP. ....	33
Figura 3. Modelo-Vista-Controlador (MVC).....	44
Figura 4. Ejemplo del uso del patrón MVC. ....	45
Figura 5. Prototipo no funcional principal.....	47
Figura 6. Modelo de Datos.....	58
Figura 7. Grafo de flujo de la funcionalidad “existeAlternativa”. ....	68
Figura 8. Resultado de las pruebas de aceptación.....	71
Figura 9. Resultado de las pruebas de validez.....	73

## INTRODUCCIÓN

**E**l medio ambiente es todo aquello que nos rodea, es un conjunto de elementos abióticos (energía solar, suelo, agua y aire) y bióticos (organismos vivos) que integran la delgada capa de la tierra llamada biosfera; sustento y hogar de los seres vivos.

La especie homo sapiens, es decir, el ser humano, apareció tardíamente en la historia de la tierra, pero ha sido capaz de modificar el medio ambiente con sus actividades. (1)

Mientras las poblaciones humanas siguieron siendo pequeñas y su tecnología modesta, su impacto sobre el medio ambiente fue solamente local. No obstante, al ir creciendo la población, mejorando y aumentando la tecnología, aparecieron problemas más significativos y generalizados. El rápido avance tecnológico producido tras la edad media culminó en la revolución industrial, que trajo consigo el descubrimiento, uso y explotación de los combustibles fósiles, así como la explotación intensiva de los recursos minerales de la tierra. Fue con la revolución industrial cuando los seres humanos empezaron realmente a cambiar la faz del planeta, la naturaleza de su atmósfera y la calidad de su agua. Hoy, la demanda sin precedentes a la que el rápido crecimiento de la población humana y el desarrollo tecnológico someten al medio ambiente, está produciendo un declive cada vez más acelerado en la calidad de éste y en su capacidad para sustentar la vida. (1)

*“... Una importante especie biológica está en riesgo de desaparecer por la rápida y progresiva liquidación de sus condiciones naturales de vida: el hombre. Ahora tomamos conciencia de este problema cuando casi es tarde para impedirlo... Desaparezca el hambre y no el hombre...”*

Con esta frase categórica inicia Fidel su intervención en la conferencia de las naciones unidas sobre medio ambiente y desarrollo, el 12 de junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil. Han pasado más de 10 años y la situación prevista por el líder cubano ha empeorado evidentemente.

Es conocido que las causas de los problemas ecológicos son variadas, pero la falta de cultura ambiental, lamentablemente tiene un peso primordial en el surgimiento de los problemas que afectan al medio ambiente, en los que se incluyen: las indisciplinas, negligencias, indolencias y muchas otras actitudes, que tanto tienen que ver con las costumbres, y por ende con la moral. Quizás esta sea la razón por la que algunos estudiosos consideran que la ecología, no solo es una ciencia natural o biológica, sino también una ciencia social, y que no puede concebirse el entorno natural del hombre, aislado de su entorno social. (2)

La necesidad de dotar de bienes y servicios a la sociedad, el crecimiento demográfico y el uso intensivo de los recursos naturales, ha traído como consecuencia, la transformación vertiginosa del medio natural, nuestro entorno, así como la disminución de la calidad y la escasez de los recursos que sustentan la biodiversidad. También la falta de calidad y amplitud de muchos estudios realizados con la permisividad de algunas administraciones en el momento de la aceptación de determinados proyectos. (3)

Cuba no ha escapado de tener sus propios problemas ambientales, estos se han visto influidos negativamente por una falta de conciencia ambiental en un porcentaje considerable de la población, que ha traído como consecuencia en muchas ocasiones, su agravamiento. El desarrollo de estos elementos, que inciden directamente en la manera de actuar del ser humano sobre el medio ambiente, no ha estado a la altura de otras obras colosales llevadas a cabo por la revolución. De ahí que constituya un factor esencial de trabajo a corto y mediano plazo, para lograr resultados positivos en la implementación de la política ambiental y una gestión eficiente.

Cuba ha ratificado los principales convenios ambientales internacionales y ha expresado la voluntad política de contribuir a la mejora del medio ambiente nacional, regional y global, lo que se ha traducido en el cabal cumplimiento de los compromisos contraídos internacionalmente en el ámbito nacional. Asimismo, participa de manera efectiva en las actividades del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y los de otras organizaciones de las Naciones Unidas que desarrollan actividades en esta esfera.

En nuestro país se han tomado una serie de medidas para proteger el medio ambiente contra los impactos ocasionados por la mano del hombre. Una de ellas es la de exigir que todo proyecto constructivo tenga la Licencia Ambiental que otorga el Centro de Inspección y Control Ambiental (CICA) basándose en las características de cada proyecto y/o el Estudio de Impacto Ambiental (EslA). Dicha licencia es imprescindible para el otorgamiento de la Licencia de Construcción por parte de Planificación Física, permiso sin el cual no se puede ejecutar ningún proyecto. El EslA en proyectos constructivos es realizado por consultorías Pro-Ambiente de la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas (ENIA) adscrita al Ministerio de la Construcción (MICONS), debidamente acreditadas ante el CICA y amparadas por la Resolución 139/2010 y la Ley 81 del Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente (CITMA) que rige la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA). Esta ley tiene como base las guías para la realización de las solicitudes de Licencia Ambiental y el EslA (CICA Abril 2001), sustentado en la Resolución 77/99 (“Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental”). La EIA, en el caso de Cuba, entró en vigor en septiembre de 1995, al amparo de la Resolución 168/95 del CITMA. Las

consultorías de la ENIA utilizan una metodología llamada CONESA para guiar el proceso de evaluación de los impactos ambientales, implícito en el EsIA.

La protección ambiental no puede plantearse como un dilema frente al desarrollo, sino como uno de sus elementos básicos y fundamentales. En este sentido el impacto ambiental producido por proyectos como la construcción de vías, presas, soluciones hidrosanitarias finales y pedraplenes, constituye una deuda aún pendiente. Analizando la situación actual de la fase de evaluación de los impactos ambientales implícita en el EsIA se determina que:

#### Internacionalmente

- El mercado del *software* dedicado a esta rama en proyectos del sector de la construcción es muy pobre.
- Las aplicaciones desarrolladas presentan grandes divergencias en las metodologías usadas.
- La mayoría de ellas, no presentan licencias gratuitas, lo que repercute negativamente en su uso.

#### Nacionalmente

- Las herramientas que se conocen tienen poca información publicada y no se rigen por la metodología CONESA, no cubriendo las expectativas de las consultorías de la ENIA, por lo que:
- El proceso de evaluación se realiza de forma manual, trayendo consigo:
  - Un lento y engorroso trabajo a la hora de realizar el estudio.
  - No se siguen íntegramente los pasos que plantea la metodología CONESA, por tanto:
    - Solo se tiene en cuenta la evaluación cualitativa de forma limitada.
    - La línea base ambiental que se toma en cuenta para la identificación de impactos es muy general.
- No se tienen en cuenta varias alternativas para un mismo proyecto.
- No se realiza el análisis costo-beneficio.

La situación anterior evidencia que se hace indispensable la tarea de recoger y evaluar según plantea la metodología CONESA: los impactos que sobre el medio ambiente causa determinado proyecto<sup>1</sup>; con el fin de seleccionar la alternativa de solución más sostenible.

Una vez analizada la importancia de los impactos ambientales para la humanidad así como las necesidades existentes, se define como **problema a resolver**: ¿Cómo apoyar el proceso de evaluación de los impactos ambientales ocasionados por la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad constructiva sobre el medio ambiente, de forma tal que facilite el estudio de estos y la selección de la alternativa más sostenible del proyecto?

Como **objeto de estudio** de la investigación se define: los sistemas para evaluación de impactos ambientales ocasionados por la puesta en marcha de un proyecto constructivo.

El **campo de acción** se enmarca en los sistemas para la evaluación cualitativa de impactos ambientales realizada por las consultorías de la ENIA.

Se define como **objetivo general** de la investigación, desarrollar una herramienta informática de evaluación cualitativa de impactos ambientales para la ENIA.

De una manera más detallada se plantean los siguientes **objetivos específicos**:

1. Elaborar el marco teórico conceptual partiendo del estudio de las tendencias, tecnologías y metodologías más utilizadas en el desarrollo de este tipo de herramientas, que permita dar solución al problema planteado.
2. Desarrollar una herramienta para la evaluación cualitativa de los impactos ambientales ocasionados por la puesta en marcha de un proyecto constructivo, que facilite la selección de la alternativa más sostenible del proyecto.
3. Validar la herramienta propuesta a través de pruebas que garanticen su calidad.

La **idea a defender** afirma que: una herramienta informática para la evaluación cualitativa de los impactos ambientales ocasionados por la puesta en marcha de un proyecto constructivo, facilitará el estudio de los mismos permitiendo contribuir a la selección de la alternativa más sostenible del proyecto.

Para llevar a cabo la investigación se utilizan los **métodos científicos** detallados a continuación:

---

<sup>1</sup> Según la tercera edición (2004) del libro publicado por *Project Management Institute*, "Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos" se define como: esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único.

### **Métodos Teóricos:**

- El método histórico-lógico se aplica en la investigación para conocer la evolución y desarrollo de la EIA en las distintas entidades especializadas en esta actividad en nuestro país.
- El método analítico-sintético se utiliza para el análisis de la teoría y extracción de los principales conceptos a incluir en el marco teórico, además para el estudio y análisis de la información, lo que permite obtener los elementos principales relacionados con la evaluación de los impactos ambientales mediante herramientas informáticas.
- Mediante la modelación se adquieren los datos necesarios para efectuar la abstracción y de esta manera representar la realidad, lo que permite el diseño de la herramienta propuesta.

### **Métodos Empíricos:**

- Se utiliza la observación en el procedimiento de recolección de datos e información, utilizando los sentidos para observar los hechos y realidades sociales presentes en el proceso de evaluación de los impactos ambientales.
- Es utilizado el cuestionario para estandarizar e integrar el proceso de recopilación de datos a través de un conjunto de preguntas diseñadas que generan datos necesarios para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación (ver anexo 7). El cuestionario es una opción de gran facilidad para obtener, cuantificar, analizar e interpretar los datos.

Para cumplir con lo expuesto anteriormente se citan un conjunto de **tareas investigativas**:

1. Realizar un análisis bibliográfico sobre la necesidad de la herramienta y el estado actual de la evaluación de los impactos ambientales en Cuba y en el resto del mundo, para de esta manera conformar la base teórica metodológica de la investigación.
2. Plantear los conceptos y terminologías fundamentales relacionadas con la evaluación de los impactos ambientales para lograr unificar criterios y evitar interpretaciones equivocadas.
3. Analizar, partiendo de la investigación previa, soluciones similares relacionadas con la evaluación de los impactos ambientales para obtener características afines y necesarias de utilizar.
4. Analizar la metodología de EIA que guiará el procedimiento de la herramienta propuesta.
5. Valorar las metodologías de desarrollo de *software* y las herramientas que conformarán el ambiente en que se desarrollará la propuesta de solución.

6. Definir las funcionalidades apoyándose en la metodología de EIA, así como las características no funcionales de la herramienta a través de las Historias de Usuario (HU), para dejar claro lo que el cliente desea que la herramienta realice.
7. Elaborar las tarjetas Clase Responsabilidad Colaboración (CRC) para identificar las clases que se verán inmersas en la implementación con sus respectivas funcionalidades y sus relaciones con las demás, las tareas de ingeniería para dar solución a las HU planteadas, y los casos de prueba para llevar a cabo con éxito las pruebas que garanticen la funcionalidad de la herramienta.
8. Implementar la herramienta usando las técnicas apropiadas de programación para facilitar la lectura, comprensión y mantenimiento del código.
9. Validar la herramienta propuesta a través de pruebas unitarias y de aceptación que garanticen su correcto funcionamiento.

El **resultado** esperado tras la presente investigación es: una herramienta para la evaluación cualitativa de los impactos ambientales ocasionados por la puesta en marcha de un proyecto constructivo, capaz de facilitar el estudio de los mismos y la selección de la alternativa más sostenible para el proyecto.

### **Estructura capitular**

**Capítulo 1** “Fundamentación teórica”: se exponen los principales conceptos relacionados con el tema de investigación. Se realiza una fundamentación de la necesidad de la EIA en los proyectos constructivos. Se analizan las soluciones similares existentes en Cuba y el resto del mundo para obtener características comunes y necesarias de incorporar. Se explica claramente la metodología de EIA que guiará el proceso de evaluación. Por último se realiza un estudio de la metodología y herramientas necesarias para el desarrollo de la solución.

**Capítulo 2** “Descripción de la solución propuesta”: se realiza la descripción de la solución propuesta donde se detallan las HU que representan las funciones y propiedades que el sistema debe cumplir, así como el tiempo estimado por iteraciones para dar cumplimiento a cada una de ellas.

**Capítulo 3** “Implementación y prueba”: se realiza la implementación de la solución propuesta haciendo uso de la metodología y el lenguaje seleccionado. Se representan los artefactos principales que servirán de fundamento al proceso de desarrollo del producto y por último se prueba la herramienta en estudios de impactos ambientales realizados por consultorías de la ENIA.

# CAPÍTULO 1

## Fundamentación teórica

### 1.1 Introducción

**E**n el presente capítulo se desarrolla la fundamentación teórica de la investigación, teniendo como objetivo principal investigar, estudiar y analizar los elementos fundamentales relacionados con el tema. Para ello se fundamenta la necesidad de la EIA en los proyectos constructivos. Se realiza un análisis de las herramientas similares existentes en Cuba y el resto del mundo, dejando claras las desventajas propias de cada una y los elementos positivos y necesarios a tener en cuenta para la propuesta de solución. Se hace un estudio detallado de la metodología de EIA que guiará el proceso de evaluación con el fin de una mejor comprensión del funcionamiento de la herramienta. Se finaliza el capítulo con la fundamentación de la selección de las herramientas, tecnologías y metodología a utilizar en el desarrollo de la solución.

### 1.2 Conceptos asociados al dominio del problema

Es imprescindible el estudio de algunos conceptos asociados al dominio del problema para lograr unificar criterios y evitar interpretaciones equivocadas. Para ello se tuvo en cuenta diferentes fuentes bibliográficas con el objetivo de comparar y encontrar similitudes.

#### **Medio ambiente**

Se entiende por medioambiente o medio ambiente al entorno que afecta y condiciona especialmente las circunstancias de vida de las personas o la sociedad en su conjunto. Comprende el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes en un lugar y un momento determinado, que influyen en la vida del hombre y en las generaciones venideras. (4)

Se define en la Ley 81 “Del Medio Ambiente” en su artículo 8 del Capítulo II “Conceptos Básicos” como sistema de elementos abióticos, bióticos y socioeconómicos con que interactúa el hombre, a la vez que se adapta al mismo, lo transforma y lo utiliza para satisfacer sus necesidades.

Se puede apreciar en estas definiciones que el medio ambiente involucra a la naturaleza, al hombre y a todo el proceso de interacción hombre-naturaleza.

### **Impacto ambiental**

Se define como toda alteración, modificación o cambio en el ambiente ocasionados por el hombre o la naturaleza. (5)

Cuando una acción o actividad produce una alteración favorable o desfavorable en el medio o en algunos de sus componentes. Esta acción puede ser un proyecto de ingeniería, un programa, plan, ley o disposición administrativa con implicaciones ambientales. (6)

Es evidente la similitud entre los conceptos aun proviniendo de diferentes fuentes. Queda claro que ocurre un impacto ambiental cuando una acción humana o natural provoca un cambio en el ambiente ya sea positivo o negativo.

### **Evaluación de Impacto Ambiental (EIA)**

Es un procedimiento jurídico-administrativo que tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los impactos ambientales que un proyecto o actividad produciría en caso de ser ejecutado, así como la prevención, corrección y valoración de los mismos, todo ello con el fin de ser aceptado, modificado o rechazado por parte de las distintas administraciones públicas competentes. (6)

La Ley 81 “Del Medio Ambiente” establece en su artículo 8 del Capítulo II “Conceptos Básicos” el término EIA como el procedimiento que tiene por objeto evitar o mitigar la generación de efectos ambientales indeseables, que serían la consecuencia de planes, programas y proyectos de obras o actividades, mediante la estimación previa de las modificaciones del medio ambiente que traerían consigo tales obras o actividades y, según proceda, la denegación de la licencia necesaria para realizarlos o su concesión bajo ciertas condiciones. Incluye una información detallada sobre el sistema de monitoreo y control para asegurar su cumplimiento y las medidas de mitigación que deben ser consideradas.

Las definiciones planteadas coinciden en puntos claves, en el papel preventivo de la EIA y en su función administrativa (rechazo, modificación o aceptación de un proyecto). La última hace parte de su definición al sistema de monitoreo y control.

### **Estudio de Impacto Ambiental (EsIA)**

Es el estudio técnico, de carácter interdisciplinar, que incorporado en el procedimiento de la EIA, está destinado a predecir, identificar, valorar y corregir, las consecuencias o efectos ambientales que determinadas acciones pueden causar sobre la calidad de vida del hombre y su entorno. (6)

La Ley 81 Del Medio Ambiente establece en su artículo 8 del Capítulo II “Conceptos Básicos” el término EsIA como la descripción pormenorizada de las características del proyecto de obra o actividad que se pretenda llevar a cabo, incluyendo su tecnología y que se presenta para su aprobación en el marco del proceso de evaluación de impacto ambiental. Debe proporcionar antecedentes fundados para la predicción, identificación e interpretación del impacto ambiental del proyecto y describir las acciones que se ejecutarán para impedir o minimizar los efectos adversos, así como el programa de monitoreo que se adoptará.

Queda claro en las definiciones anteriores, que es un proceso inmerso en la EIA. Donde además se predicen, identifican, interpretan y corrigen los impactos ambientales que ocasionará determinada acción sobre el medio.

### **Evaluación de los impactos ambientales**

Parte del EsIA en la que se estima o evalúa la magnitud de los impactos. (6)

#### **Factores ambientales**

Componentes del medio ambiente entre los cuales se desarrolla la vida en nuestro planeta. Son el soporte de toda actividad humana. (6)

#### **Indicador de impacto**

Son elementos o parámetros que proporcionan la medida de la magnitud del impacto en su aspecto cualitativo y si es posible cuantitativo. (6)

Una definición más completa de indicador ambiental es expresada por el autor Antonio Burgueño Muñoz, en su artículo “El empleo de indicadores medio ambientales en el sector de la construcción”, que lo describe como una variable que mediante la síntesis de la información ambiental de que se dispone, pretende reflejar el estado del medio ambiente, o de alguno de sus aspectos, que puede tener un gran valor como herramienta en los procesos de toma de decisiones sobre los problemas ambientales.

### **1.3 Estado actual de la EIA**

En los últimos años, debido al aumento de los problemas ambientales, el medio ambiente cobra especial reconocimiento e importancia, por lo que se hace indispensable incorporar el elemento medioambiental como factor de garantía del progreso.

### 1.3.1 Necesidad de la EIA en los proyectos

La EIA constituye una de las herramientas de protección ambiental que fortalece la toma de decisiones a nivel de políticas, planes, programas y proyectos, ya que incorpora variables que tradicionalmente no han sido consideradas durante su planificación, diseño o implementación. La EIA, en el contexto actual, se entiende como un proceso de análisis que anticipa los futuros impactos ambientales negativos y positivos de acciones humanas permitiendo seleccionar las alternativas que, cumpliendo con los objetivos propuestos, maximicen los beneficios y disminuyan los impactos no deseados.

El EsIA constituye el documento básico para el proceso de EIA. Es un estudio técnico, objetivo, de carácter pluri e interdisciplinario, que se realiza para predecir los impactos ambientales que pueden derivarse de la ejecución de un proyecto, actividad o decisión política permitiendo la toma de decisiones sobre la viabilidad ambiental del mismo. (7)

El impacto ambiental producido por la industria de la construcción a la luz de la revolución industrial constituye la deuda aún pendiente que han de afrontar las sociedades industrializadas. La mitad de los materiales empleados en la industria de la construcción proceden de la corteza terrestre, produciendo anualmente millones de toneladas de Residuos de la Construcción y Demolición (RCD); esto es, más de una cuarta parte de todos los residuos generados. Este volumen de RCD aumenta constantemente, siendo su naturaleza cada vez más compleja a medida que se diversifican los materiales utilizados. Este hecho limita las posibilidades de reutilización y reciclado de los residuos, lo que aumenta la necesidad de crear vertederos y de intensificar la extracción de materias primas. (8)

Los materiales de construcción inciden en el medio ambiente a lo largo de su ciclo de vida, desde su primera fase; esto es, desde la extracción y procesado de materias primas, hasta el final de su vida útil; es decir, hasta su tratamiento como residuo; pasando por las fases de producción o fabricación del material y por la del empleo o uso racional de estos materiales en la edificación.

Durante la construcción, los terrenos se encuentran vulnerables a la modificación ambiental. A menudo se observa que la construcción es un proceso rápido y desordenado, con gran énfasis en completar el proyecto y no en proteger el medio ambiente. Por lo tanto, pueden darse impactos ambientales innecesarios y gravemente dañinos. La vegetación es eliminada, exponiendo el suelo a la lluvia, el viento, y otros elementos. La excavación y nivelación empeoran aún más esta situación. Aumenta el escurrimiento, resultando en la erosión y sedimentación. La maquinaria pesada y el almacenaje de materiales, compactan el suelo, haciéndolo menos permeable y destruyendo su estructura. La vegetación no eliminada puede ser dañada por el equipo de construcción. La actividad de construcción

afecta además a las cercanías inmediatas del lugar, por ejemplo, por la congestión de los caminos y puntos de acceso existentes, el ruido y la suciedad. (9)

### **1.3.2 Soluciones similares**

El estudio de soluciones similares a la que se pretende desarrollar, es un paso fundamental durante el proceso de investigación. Con el objetivo de encontrar deficiencias e inconvenientes, para evitarlas durante el desarrollo de la nueva solución; así como para identificar las características afines y necesarias a tener en cuenta, se lleva a cabo este estudio de herramientas, que de una forma u otra, poseen similitud con la propuesta de solución.

#### **1.3.2.1 Soluciones similares en el ámbito internacional**

Para mejorar las prestaciones durante el ciclo de vida de un producto o material es necesario conocer sus impactos. Para ello se recomienda la adopción de herramientas de análisis del ciclo de vida que permiten evaluar y medir de una forma u otra los impactos sobre el medioambiente.

#### **Herramientas específicas para el análisis del ciclo de vida (ACV)**

LCAManager: *Life Cycle Assessment manager*, herramienta sencilla, práctica y rigurosa para el cálculo de Análisis de Ciclo de Vida (ACV) y Huella de Carbono (HC) de productos y procesos industriales. Está basada en la metodología del ACV (ISO 14040/44:2006) para productos y procesos industriales. (10)

Las principales características de LCAManager son las siguientes:

- Utilización muy sencilla, para técnicos y no necesariamente expertos en ACV.
- Modificación y creación muy rápida de nuevos productos/procesos a evaluar.
- El nivel de detalle de los datos/resultados es elección y decisión del usuario.
- Fácil interpretación de resultados a partir de menús, tablas y gráficos.
- Exportación directa de los resultados a hojas de cálculo y los gráficos a imágenes.
- Es posible el uso de cualquier base de datos que sea convertible a formato Excel.
- La información es compartible y accesible con/para otros usuarios.
- Su desarrollo está basado en las normas ISO de ACV (14040/44:2006). (10)

Sin embargo es una herramienta propietaria, lo que repercute negativamente en su uso. Además no está enfocada a proyectos del sector de la construcción, no cumpliendo así con el principal objetivo de las consultorías de la ENIA.

EUPmanager: *Energy Using Products manager*, herramienta de ACV que se basa en la metodología MEEuP (*Methodology for the Ecodesign of Energy-using Products*), desarrollada por VHK (*Van Holsteijn en Kemna*) para la Comisión Europea. Permite la evaluación ambiental de productos que utilizan energía (EuP) - ACV (ISO 14040/44). Su característica más importante es que permite la evaluación de varias propuestas, comparativas con el caso inicial y la cuantificación de las mejoras.

SimaPro: el Sistema de Medición y Avance de la Productividad, es una herramienta profesional desarrollada por la empresa Pré Consultants que permite el ACV de un producto. En este campo tiene como aplicaciones más importantes que posibilita el análisis de la contribución de estados de ciclos de vida a la carga ambiental general, usualmente con el objetivo de dar trato preferente al mejoramiento de productos o procesos; y la comparación entre productos para comunicaciones internas y externas. Con esta herramienta se facilita el análisis y la representación gráfica de ciclos complejos basándose en la norma ISO 14040. Una de las características más importantes que presenta es que permite utilizar bases de datos de inventario propias (creadas por el usuario) y bibliográficas (BUWAL, IDEMAT, ETH, IVAM, ECOINVENT). (11) Es ampliamente utilizada a nivel mundial, pero tiene como inconveniente que es un *software* propietario.

### **Herramientas para la evaluación de los impactos ambientales**

DISPER 5.2: herramienta para estudios de impacto ambiental, en la elaboración de auditorías ambientales y en la gestión medioambiental en general. Se pueden usar para predecir la contaminación futura en un determinado lugar o bien para evaluar la ya existente levantando mapas de polución de la zona. Permite evaluar los efectos posibles de una gran cantidad de fuentes de contaminación atmosférica como son: chimeneas, carreteras y vías de circulación, líneas férreas, vertederos al aire libre, incendios forestales, movimientos de tierra por obras, minas a cielo abierto y aplicaciones de pesticidas en cultivos. (12)

ECOCEM: *Emission and Chemistry of Organic Carbon in Eastern Mediterranean*, desarrollada a través de un proyecto dentro del programa GAITEK, de apoyo al desarrollo de nuevos productos del Departamento de Industria, Innovación, Comercio y Turismo del Gobierno Vasco. Liderado por la empresa Ekotek, el proyecto, denominado “Desarrollo de una herramienta para la producción sostenible en el sector cementero”, ha contado con la investigación del centro tecnológico Tekniker-IK4.

La herramienta permite que el usuario vaya configurando su proceso de fabricación, introduciendo información sobre el crudo, combustible, horno, cocción, y posibles dispositivos de depuración. Asimismo, ECOCEM ofrece la posibilidad de evaluar los impactos ambientales y económicos generados

durante el proceso más crítico de la fabricación del cemento, el horno rotatorio. De este modo, el usuario no solo podrá conocer los impactos ambientales y costes asociados a su proceso, sino que podrá simular y analizar los impactos ambientales y costes que se generarían al modificar los porcentajes de las diferentes materias primas, o combustibles, al introducir un nuevo sistema de depuración. La herramienta ofrece resultados relativos tanto a los impactos ambientales como a los costes económicos.

Cabe destacar que la evaluación medioambiental que realiza se basa en el análisis de ciclo de vida, más concretamente, en el método de evaluación Eco-Indicator 99, mientras que la evaluación económica se basa en el análisis de los costes. Su principal desventaja es que es un *software* propietario. (13)

AIEIA: la Aplicación Integral de Evaluación de Impacto Ambiental es un programa resultado de un proyecto llamado “Integración de modelos cualitativos y cuantitativos a la evaluación de impacto ambiental” dirigido por investigadores de la Universidad de Granada y Huelva que intenta mejorar el procesamiento de la información ambiental aplicando tecnología difusa a la evaluación de los impactos ambientales, ampliando así las opciones de valoración tradicionalmente conocidas. Fue diseñado siguiendo una estrategia orientada a objetos, utilizando C++ Builders y concebida para la plataforma Windows.

Las herramientas anteriores tienen gran aceptación mundial, sin embargo no están enfocadas a proyectos de la rama de la construcción y en la gran mayoría son *software* propietarios. A pesar de ello brindan opciones que sirven de base para desarrollar una buena herramienta de evaluación de impactos ambientales. La principal es que ofrecen la posibilidad de valorar varias alternativas de un mismo proyecto, con el objetivo de compararlas y tomar la decisión más económica y beneficiosa para el medio ambiente.

### **1.3.2.2 Soluciones similares en el ámbito nacional**

Hasta donde los autores han investigado, mediante la búsqueda bibliográfica y entrevistas con especialistas y directivos de la ENIA; se considera que el tema ha sido poco explotado, sin embargo fue encontrado un paquete denominado Sistema Informático para el Estudio de Impactos Ambientales, llamado SIEVIMP. Está compuesto por un *software*, que sirve de instrumento evaluador de los impactos en proyectos de construcción; y una multimedia que facilita la búsqueda y consulta de información sobre metodologías, procedimientos, responsabilidades institucionales, normativas y regulaciones para la evaluación y estudios de impacto ambiental. (11)

Además se conoce la herramienta IEA: Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales, un sistema web que implementa un procedimiento que permite identificar y evaluar aspectos ambientales a través

de la unión de normativas ambientales vigentes, facilitando la toma de decisiones en la etapa de planificación del sistema de gestión ambiental de una organización. (11)

Vale señalar de las herramientas, que existe poca información publicada y no cumplen con las expectativas de las consultorías de la ENIA. Evidenciándolo así al no regirse por la metodología de EIA que guía el proceso de evaluación de los impactos ambientales en dichas consultorías.

### **1.3.2.3 Conclusiones del estudio de las soluciones similares**

A partir del estudio de las soluciones similares se identificaron las desventajas propias de cada una de ellas, tanto en el ámbito nacional como internacional; a pesar de esto poseen características afines con la solución propuesta que serán utilizadas:

- Se tienen en cuenta indicadores para analizar los factores ambientales que se ven afectados por las acciones del proyecto.
- Se obtienen automáticamente los resultados.
- Se ofrece la posibilidad de analizar varias alternativas de un mismo proyecto.
- Brinda resultados relativos sobre los impactos ambientales y sus costos económicos.

## **1.4 Metodología de EIA**

Para realizar una evaluación de impacto ambiental se pueden utilizar diferentes metodologías. Algunos métodos son generales, otros muy específicos, pero de todos ellos pueden obtenerse técnicas, que con variaciones, pueden ser útiles para la evaluación. La mayor parte de estos métodos se elaboran para trabajos concretos, por lo que, en ocasiones, no es sencillo su uso tal y como fueron creados, pero adaptándolos a cada caso concreto, pueden llegar a ser muy útiles. (6)

Las metodologías no proporcionan respuestas completas a todas las preguntas sobre los impactos de un posible proyecto o conjunto de alternativas. Uno de sus propósitos es asegurar que se han incluido en el estudio todos los factores ambientales pertinentes.

La metodología de valoración de impactos CONESA, utilizada por las consultorías de la ENIA, es de tipo numérico, cumpliendo con los tres requisitos del modelo ideal de valoración (adecuación conceptual y adecuación de la información, de manera total, y adecuación matemática, de manera parcial), sacrificando, no obstante, parte del rigor matemático en favor de la posibilidad de considerar una mayor cantidad de información. La metodología está basada en el método de las matrices causa-efecto,

derivadas de la matriz de Leopold con resultados cualitativos, y del método del Instituto Batelle-Columbus, con resultados cuantitativos. (6)

Cabe resaltar algunas características de la metodología:

- Evalúa los impactos mediante atributos cualitativos.
- Permite la prevención y corrección de impactos.
- Mide el impacto ambiental global del proyecto.
- Establece un mecanismo para comparar alternativas.

### **Identificación de impactos**

La identificación de impactos se desarrolla en la metodología según dos líneas paralelas, una que analiza el proyecto y que desemboca en la identificación de las acciones de éste, susceptibles de producir impactos significativos y otra que analiza el entorno afectado para identificar los factores del medio que presumiblemente serán alterados por aquellas acciones. Ambas líneas confluyen en una tarea destinada específicamente a la identificación de efectos potenciales mediante la búsqueda de relaciones causa-efecto entre las acciones y los factores, utilizando para ello técnicas adecuadas. (14)

### **Análisis del proyecto y sus acciones**

Esta tarea consiste en estudiar los elementos y procesos del proyecto objeto de evaluación que pueden desencadenar impactos, contando para ello con la información señalada y teniendo en cuenta los elementos de reflexión sobre integración ambiental. Debe atender al contexto en el que se inscribe en términos de:

- La legislación ambiental que le afecta (limitan las alternativas del proyecto).
- La relación con los planes existentes, directrices y políticas.
- La localización geográfica del proyecto en relación con su entorno territorial.
- La coherencia, en tipo, escala, diseño y materiales, de los elementos físicos que lo forman.
- La relación del proyecto, en términos de oportunidades y efectos, con las infraestructuras.
- Estimación de las actividades inducidas que, a su vez, desencadenarán nuevos impactos. (6)

### **Identificación de acciones del proyecto susceptibles de producir impactos**

Se entiende por acción a la parte activa que interviene en la relación causa-efecto que define un impacto ambiental. (6) Tales causas pueden residir en todas las fases del desarrollo del proyecto y en todas las partes y elementos que lo forman; a todos ellos debe atender esta tarea. Para formalizarla se suele

desagregar el proyecto en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales (las hojas) representará acciones simples causa directa de impacto. Se suele utilizar tres niveles:

- Primer nivel: fases. Se refiere a las que forman la estructura vertical del proyecto: estudios previos, construcción, explotación/funcionamiento y desmantelamiento.
- Segundo nivel: elementos. Identifican las partes homogéneas del proyecto, procesos de distinto carácter.
- Tercer nivel: acciones concretas. Una acción se refiere a una causa simple, concreta, directa, bien definida y localizada de impacto. (6)

### **Identificación de los factores del medio susceptibles de recibir impactos**

Por factores del medio susceptibles de recibir impactos se entienden los elementos, cualidades y procesos del entorno que pueden ser afectados por el proyecto de forma significativa. Se refiere a ellos con la calificación de relevantes. (6)

La complejidad del entorno y su carácter de sistema, aconseja disponer los factores relevantes en forma de árbol con varios niveles, el último de los cuales (hojas) representará subfactores muy simples y concretos. Se recomienda disponer de cuatro niveles:

- Primer nivel: subsistemas.
- Segundo nivel: medios, que es la división subsecuente a los subsistemas.
- Tercer nivel: factores, que corresponden a los conceptos más importantes y básicos en la evaluación.
- Cuarto nivel: subfactores o división de los factores en conceptos de muy nítida definición y muy concretos. (6)

Es necesaria la estimación de la importancia relativa de cada uno de estos factores, expresada en términos de pesos o coeficientes de ponderación, que representan la contribución relativa de cada factor a la calidad ambiental del ámbito de referencia considerado, y son independientes del proyecto sometido a evaluación. Los pesos se atribuyen repartiendo 1000 puntos entre los factores de cada nivel. (6)

Por otra parte las matrices de relación causa-efecto como cuadros de doble entrada en una de las cuales se disponen las acciones del proyecto causa de impacto y en la otra los elementos o factores ambientales relevantes receptores de los efectos, ambas entradas identificadas en tareas anteriores. En la matriz se señalan las casillas donde se puede producir una interacción, las cuales identifican impactos potenciales. La primera y más conocida de estas matrices es la de Leopold. (6)

### **Matriz de Importancia**

Una vez identificadas las acciones y los factores del medio que serán impactados por aquellas, la matriz de importancia nos permitirá obtener una valoración cualitativa al nivel requerido por una EIA.

La valoración cualitativa se efectuará a partir de la matriz de impactos. Cada casilla de cruce en la matriz dará una idea del efecto de cada acción impactante sobre cada factor ambiental impactado. Al ir determinando la importancia del impacto, de cada casilla de cruce, se está construyendo la matriz de importancia.

El valor de un impacto dependerá de la cantidad y calidad del factor afectado, de la importancia o contribución de éste a la calidad de vida en el ámbito de referencia, del grado de incidencia o severidad de la afección y características del efecto expresadas por una serie de atributos que lo describen.

### **Valoración cualitativa: índice de incidencia**

Consiste en describir los impactos identificados según una serie de atributos:

**CI-Carácter del Impacto** (efecto beneficioso o perjudicial).

Se refiere al efecto beneficioso (+) o perjudicial (-) de las diferentes acciones que van a incidir sobre los factores considerados. (6) En casos específicos puede aplicarse un tercer carácter: previsible (difícil de cualificar o sin estudios específicos (x)), que reflejarán efectos cambiantes difíciles de predecir o efectos asociados a circunstancias externas al proyecto, cuya naturaleza (beneficiosa o dañina) no puede precisarse sin un estudio global de las mismas.

**I-Intensidad del impacto** (grado de afectación).

Representa la cuantía o el grado de incidencia de la acción sobre el factor en el ámbito específico en que actúa. (6) El valor 1 corresponde a la afectación mínima del factor considerado; el valor 12 representa una destrucción casi total del factor en cuestión en caso de producirse el efecto; el resto de los valores reflejan situaciones intermedias.

**EX-Extensión del impacto** (área que será afectada).

Se refiere al área de influencia teórica del impacto en relación con el entorno del proyecto (% de área respecto al entorno en que se manifiesta el efecto). (6)

**SI-Sinergia** (reforzamiento de dos o más efectos simples).

Este criterio contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples, pudiéndose generar efectos sucesivos y relacionados que acentúan las consecuencias del impacto analizado. (6)

**PE-Persistencia** (permanencia del efecto).

Refleja el tiempo en que supuestamente permanecería el efecto desde su aparición y a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones previas a la acción por medios naturales o por la introducción de medidas correctoras. (6)

**EF-Efecto** (relación causa – efecto)

Representa la forma de manifestación del efecto sobre un factor como consecuencia de una acción, o lo que es lo mismo, expresa la relación causa – efecto. (6)

**MO-Momento del impacto** (plazo de manifestación).

Alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción y el comienzo del efecto sobre el factor ambiental. (6)

**AC-Acumulación** (incremento progresivo).

Este criterio o atributo da idea del incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. (6)

**MC-Recuperabilidad** (posibilidad de introducir medidas correctoras, protectoras y de recuperación).

Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del factor afectado como consecuencia del proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales (previas a la acción) por medio de la intervención humana (introducción de medidas correctoras, protectoras o de recuperación). (6)

**RV-Reversibilidad** (posibilidad de regresar a las condiciones iniciales por medios naturales).

Hace referencia al efecto en el que la alteración puede ser asimilado por el entorno (de forma medible, ya sea a corto, mediano o largo plazo) debido al funcionamiento de los procesos naturales de la sucesión ecológica y de los mecanismos de autodepuración del medio; o lo que es lo mismo, la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez que aquella deja de actuar sobre el medio. (6)

**PR-Periodicidad** (regularidad de manifestación del efecto).

Se refiere a la regularidad de manifestación del efecto: de forma impredecible, de manera cíclica o recurrente o constante en el tiempo. (6)

La **importancia del impacto (IM)** es una medida cuantitativa del mismo que se obtiene a partir del grado de incidencia (Intensidad) de la alteración producida y de la caracterización obtenida a través de los diferentes atributos. (6) Se obtiene a través de la expresión:

$$IM = \pm [3(I) + 2(EX) + SI + PE + EF + MO + AC + MC + RV + PR]$$

Cada Impacto podrá clasificarse de acuerdo a su importancia partiendo del análisis del rango de variación, permitiendo así dar una valoración cualitativa de cada uno.

**CO Compatible** (IM ≤ 25)

**M Moderado** (25 < IM ≤ 50)

**S Severo** (50 < IM ≤ 75)

**C Crítico** (IM > 75)

### **Matriz depurada**

Una vez obtenida la matriz de importancia, pueden aparecer impactos de diversos tipos en cuanto a su relevancia y posibilidad de cuantificación, que aconsejan un tratamiento individualizado al margen de la matriz, ellos son:

- Casillas de cruce que presentan impactos con valores poco relevantes y que en EsIA concretos interesa no tener en cuenta. Estos impactos despreciables se excluyen del proceso de cálculo y se ignoran en el conjunto de la evaluación. La instrumentación en el modelo consiste en la introducción de un valor de importancia por debajo del cual no se consideran los impactos.
- Casillas de cruce que presentan impactos sumamente importantes y determinantes. Estos impactos se excluyen del proceso de cálculo, ya que en base a su relevancia, entidad y significación, su tratamiento homogéneo con los demás impactos plasmados en la matriz, podría enmascarar su papel preponderante. Se consideran paralelamente al modelo, interviniendo de forma determinante en la toma de decisiones.
- Casillas de cruce que presentan impactos cualitativos que corresponden a impactos de naturaleza intangible y para los que no se dispone de un indicador razonablemente representativo. Estos

impactos se excluyen del proceso de cálculo, pero se consideran paralelamente al modelo, y como componente del mismo en el proceso de evaluación, interviniendo en la toma de decisiones.

Quedarán finalmente las casillas de cruce que presentan impactos normales, no tomando como tales a los incluidos en los puntos anteriores. Estos impactos son los que quedan incluidos en el proceso de cálculo establecido en el modelo valorativo.

El conjunto de casillas de cruce que presentan impactos normales, componen la matriz de importancia propiamente dicha, también llamada matriz de cálculo o matriz de importancia depurada.

### **Valoración cualitativa de las acciones impactantes y de los factores ambientales impactados**

Aquí se establecerá la valoración cualitativa de cada una de las acciones que han sido causa de impacto y a su vez de los factores ambientales que han sido objeto de impacto.

Los distintos factores del medio presentan importancias distintas de unos respecto a otros, en cuanto a su mayor o menor contribución a la situación ambiental. Con el fin de llevar a cabo la ponderación de la importancia relativa de los factores, se atribuye a cada factor un peso o índice ponderal, expresado en unidades de importancia (UIP) y el valor asignado a cada factor resulta de la distribución relativa de mil unidades asignadas al total de factores ambientales (medio ambiente de calidad óptima). (6)

Considerando que los índices ponderales o de importancia del factor representan su importancia o interés dentro de un sistema global, que es el mismo, según Batelle para todos los proyectos, aquellos no deben variar de una actividad a otra dentro de zonas geográficas y contextos socio-económicos similares, evitándose con esto, además, interpretaciones subjetivas. (6)

### **Valoración relativa**

Una vez ponderados los distintos factores del medio contemplados en el estudio, se desarrolla el modelo de valoración cualitativa, en base a la importancia  $I_{ij}$  de los impactos que cada acción  $A_i$  de la actividad produce sobre cada factor del medio  $F_j$ .

La suma ponderada de la importancia  $I_{ij}$  del impacto de cada casilla por columnas, identificará las acciones más agresivas (altos valores negativos), las poco agresivas (bajos valores negativos) y las beneficiosas (valores positivos), pudiendo analizarse las mismas según sus efectos sobre los distintos subsistemas. (6)

La suma ponderada de la importancia del impacto de cada casilla por filas, indicará los factores ambientales que sufren, en mayor o menor medida las consecuencias del funcionamiento de la actividad

considerando su peso específico, o lo que es lo mismo el grado de participación que dichos factores tienen en el deterioro del medio ambiente. (6)

Pese a la cuantificación de las casillas llevada a cabo para calcular la importancia del impacto, la valoración es meramente cualitativa, ya que el algoritmo creado para su cálculo, es función del grado de manifestación cualitativa de los atributos que en el intervienen. (6)

### **Valoración absoluta**

Los valores de importancia de impacto en las casillas de la matriz no son comparables entre sí, o sea, la proporción que sus valores numéricos indican, no es la misma que la de las importancias reales (variables no proporcionales). (6)

El hecho de que una importancia sea mayor que otra, sí implica que el impacto de la primera acción sobre el factor considerado es mayor que el de la segunda sobre el mismo factor (variables ordinales). (6)

Cuando se comparan las importancias de dos impactos correspondientes a los efectos producidos por dos acciones sobre dos factores, siendo uno mayor que el otro, expresa simplemente que la importancia del primer impacto es mayor que la del segundo, pero con carácter cualitativo, no en la proporción que sus valores numéricos indican.

De la misma manera, al no ser comparables unas casillas con otras, dentro de la misma matriz, los resultados de las sumas de filas o columnas, son cualitativos y no cuantitativos.

En contraposición a la valoración relativa, la absoluta no determina la importancia real del impacto de una acción sobre un componente ambiental, o sobre un subsistema del medio, ni tampoco la importancia real del impacto que sobre un factor producen determinadas acciones de la actividad. (6)

La utilidad de la valoración absoluta, radica principalmente en la detección de factores que, presentando poco peso específico en el medio estudiado (baja importancia relativa), son altamente impactados (gran importancia absoluta). Si solo se estudiara la importancia relativa, quedaría enmascarado el hecho del gran impacto que se puede producir sobre un factor, pudiendo llegar incluso a representar su destrucción total. (6)

Una vez realizada la valoración cualitativa por los dos métodos descritos quedan definidas:

- La importancia total  $I_i$  de los impactos debido a cada acción  $i$

$$I_i = \sum_j I_{ij}$$

- La importancia total ponderada  $I_{Ri}$  de los mismos

$$I_{Ri} = \sum_j I_{ij} * P_j / \sum_j P_j$$

- La importancia total  $I_j$  de los impactos causados a cada factor  $j$

$$I_j = \sum_i I_{ij}$$

- La importancia total ponderada  $I_{Rj}$  de los mismos

$$I_{Rj} = \sum_i I_{ij} * P_j / \sum_j P_j$$

- La importancia total  $I$  de los impactos debido a la actuación

$$I = \sum_j I_j$$

- La importancia total ponderada  $I_R$  de los mismos

$$I_R = \sum_j I_{Rj}$$

En conclusión, el método del valor absoluto indica el deterioro intrínseco de un factor, y el método del valor relativo, la participación del deterioro intrínseco de ese factor en el deterioro total del medio. (6)

### **Prevención y corrección de impactos**

Prevenir, paliar o corregir el impacto ambiental significa introducir medidas preventivas y/o correctoras en la actuación del proyecto. El reglamento de EIA dice que cuando el impacto ambiental rebasa el límite admisible, se deben prever las medidas protectoras o correctoras que conduzcan a un nivel inferior a ese umbral. En el caso de no ser posible esa corrección y resultar afectados elementos ambientales valiosos, se procederá la recomendación de la anulación o sustitución de la acción que causa esos efectos. (6)

Para prevenir el impacto ambiental se introducen medidas protectoras, correctoras o compensatorias que consisten en modificaciones de localización, tecnología, tamaño, diseño, materiales que se hacen a las previsiones del proyecto o cuando se incorporan elementos nuevos. (6). El objetivo de estas medidas consiste en:

- Explotar en mayor medida las oportunidades que brinda el medio en aras al mejor logro ambiental del proyecto o actividad.
- Anular, atenuar, evitar, corregir o compensar los efectos negativos que las acciones derivadas del proyecto producen sobre el medio ambiente, en el entorno de aquellas.

- Incrementar, mejorar y potenciar los efectos positivos que pudieran existir.

Para la toma de decisiones se tendrán en cuenta los costos de las medidas correctoras.

### **1.5 Análisis costo-beneficio y decisión multicriterio**

La Resolución 132/2009 del CITMA “Reglamento del Proceso de Evaluación de Impacto Ambiental” plantea en su artículo 26 inciso b), del Capítulo III, que un EsIA debe contener la descripción y análisis de alternativas de un proyecto para la identificación de la más favorable para el medio ambiente. De igual modo refleja en el mismo artículo en el inciso i) el análisis de las relaciones entre los costos económicos y los efectos ambientales de cada alternativa. Para dar cumplimiento a los incisos anteriores se implementará un método de decisión multicriterio y un Análisis Costo-Beneficio (ACB) de cada alternativa del proyecto.

El ACB es entendido como un análisis de cantidades de productos y servicios generados por el megaproyecto, que genera beneficios y costos económicos, algunos internalizables a través del mecanismo de economía de mercado y otros para los que no se puede determinar el valor con el mecanismo de precios de bienes privados. (15)

Cualquier megaproyecto que genere beneficios sociales netos positivos es recomendable para la sociedad. Un megaproyecto con un indicador beneficio costo mayor que 1 significa que el retorno social de invertir un peso en el megaproyecto supera sus costos (incluyendo los ambientales). (16)

El CICA plantea lo siguiente para el ACB:

Se cuantificarán (costo) las medidas preventivas, de mitigación y restauración para cada uno de los impactos que se provocan en los elementos del medio ambiente. Para el análisis de los beneficios se tomarán los impactos positivos que se generan en el proyecto (los valores serán dados en las monedas correspondientes). (17)

Como se puede apreciar la guía del CICA no plantea uso de indicadores que permita comparar una alternativa con respecto a otra desde el punto de vista económico. Por tal razón se hace uso de lo expresado en el Manual Técnico de Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos a Licenciamiento Ambiental, de varios autores del Centro de Estudios para el Desarrollo Económico y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia. En el manual se plantea que una vez identificado el costo final y los beneficios de cada alternativa, un indicador muy utilizado es el cociente de costos y beneficios asociados al logro de un objetivo. De esta manera, se dice que determinada alternativa es viable, si logra alcanzar el objetivo propuesto al menor costo.

Las Técnicas de Toma de Decisión Multicriterio (MCDM) en inglés *Multiple Criteria Decision Making*, como tal, han sido materia de investigación desde los años 50 y han tenido un importante desarrollo en las dos últimas décadas. Los primeros apuntes teóricos surgen a finales de los 50 con los trabajos de Charnes, Cooper & Ferguson y se consolidan y publican en 1972 con la realización de la primera Conferencia Mundial sobre Toma de Decisiones Multicriterio. (18)

La MCDA es una valiosa herramienta que ayuda al decisor durante el proceso de toma de decisión. Los métodos propuestos desde esta disciplina permiten abordar, de forma sistemática y ordenada, un problema en el que subyace una gran subjetividad. Ayudan a que todas las partes afectadas por el proceso de decisión participen en el mismo, suministran una gran cantidad de información, facilitan la búsqueda de consenso, permiten que el decisor aprenda sobre el propio problema de decisión y, en definitiva, ayudan a racionalizar un proceso complejo. (19)

Dentro de este problema general se pueden plantear diferentes tipos de problemas, los cuales se suelen clasificar de varias formas. Atendiendo a las características del conjunto de alternativas, se puede establecer la siguiente clasificación:

1. El conjunto de alternativas posibles es numerable. En este caso, el problema de decisión es discreto. El número de alternativas puede ser finito o infinito. Salvo que se mencione expresamente, se suele asumir que las alternativas consideradas están definidas explícitamente y su número no es muy elevado. También se considera que el número de alternativas está definido explícitamente.
2. El conjunto de alternativas posibles no es numerable. En este caso el problema de decisión es continuo y las alternativas están definidas de una forma implícita.

(19)

Bajo esta clasificación básica del problema, Korhonen et al. (1992) realiza un detallado estudio sobre las distintas situaciones de decisión multicriterio que se suelen plantear y que a continuación se resumen:

1. Problema discreto con las alternativas explícitamente definidas. Desde una perspectiva práctica los problemas de tipo discreto se pueden clasificar según los siguientes dilemas:
  - a) Número de alternativas pequeño vs grande.
  - b) Número de criterios pequeño vs grande.
  - c) Valores de los criterios conocidos vs no conocidos con certeza.
  - d) Las alternativas son conocidas vs no conocidas a priori.
  - e) Los criterios están explícitamente vs implícitamente especificados.

Estas clasificaciones generan en total 32 combinaciones distintas de problemas.

2. Problema continuo con las alternativas definidas implícitamente. También se puede realizar una clasificación de este tipo de problemas:
  - a) El modelo subyacente es lineal vs no lineal.
  - b) El número de criterios es grande vs pequeño.
  - c) El tamaño del problema (número de restricciones y/o variables) es de gran escala vs pequeña escala.
  - d) Las relaciones entre variables son cuantitativas vs cualitativas.
  - e) Las alternativas de decisión son conocidas vs desconocidas a priori.

Se generan un total de 64 combinaciones de problemas. (19)

Según las clasificaciones anteriores, el problema de decisión del tema de investigación es un problema de decisión discreto con alternativas definidas explícitamente. El número de alternativas es finito y pequeño. La cantidad de criterios no es elevada (menor que 10) y los valores de los criterios y las alternativas se conocen a priori.

Henig & Buchanan (1996) proponen un proceso general de toma de decisiones multicriterio cuyos pasos son los siguientes:

1. Identificación de las alternativas.
2. Identificación de los criterios de decisión.
3. Construcción de un modelo matemático que representa las preferencias del decisor.
4. Resolución del modelo.
5. Validación de los resultados

Este proceso se puede concretar más al caso discreto con los siguientes pasos:

1. Análisis de las alternativas.
2. Selección de los criterios.
3. Ponderación de los criterios: asignación de pesos (según método).
4. Valoración de las alternativas para cada criterio.
5. Aplicación de una técnica para la ordenación o selección de las alternativas.
6. Análisis de sensibilidad.
7. Informe final y aprobación del decisor.

### **Paso 1: análisis de las alternativas**

Mediante este paso se determina el conjunto de alternativas y sus características.

### **Paso 2: selección de criterios**

Para una mejor comprensión se exponen algunos conceptos:

- Atributos: son valores que se pueden medir, independientemente de los deseos del centro decisor y normalmente se expresan como una función matemática de las variables de decisión; por ejemplo el beneficio y el volumen de ventas. (14)
- Objetivos: representan direcciones de mejora de los atributos, es decir maximizar o minimizar las funciones que corresponden a los atributos que reflejan los valores del centro decisor; por ejemplo  $\text{Max } f(x)$  o  $\text{Min } g(x)$ , maximizar las ventas, minimizar los riesgos, minimizar costes, etc. (14)
- Criterios: constituyen los atributos, objetivos o metas que se consideran relevantes para un cierto problema de decisión. (14)
- Los atributos son las características que definen a las alternativas, tales como, por ejemplo, el precio, la forma, el peso, la estética, la solidez, etc. Cuando a los atributos se les añade un mínimo de información relativa a las preferencias del decisor, entonces se está definiendo un criterio. (19)
- Un objetivo es una frase sobre “algo” importante que se desea alcanzar como consecuencia de tomar la decisión. Indica la dirección de mejora preferida. (19)

Los objetivos principales en los EsIA para proyectos constructivos son:

- Minimizar costos.
- Reducir el impacto ambiental.
- Contribuir al beneficio de la sociedad.

Los atributos que se tendrán en cuenta para cuantificar el logro de estos objetivos son:

1.  $I_{Ri}$  Las tres mayores importancias ponderadas de los impactos debido a las acciones.
2.  $I_{Rj}$  Importancia ponderada de los impactos sufridos por los 3 factores de mayor peso.
3.  $I_R$  Importancia total del proyecto relativa al entorno.
4. Índice costo-beneficio.
5. Costo de las alternativas.
6. Cantidad de impactos críticos.
7. Cantidad de impactos residuales.

Los criterios estarán dados por las preferencias del o los especialistas sobre los atributos, en el momento de tomar la decisión, por ejemplo minimizar costo de las alternativas, maximizar índice costo-beneficio, etc.

### **Paso 3: ponderación de los criterios**

En los problemas de toma de decisiones multicriterio es muy frecuente que unos criterios tengan más o menos relevancia o importancia para el decisor. Esto no significa que los criterios menos importantes no deban ser considerados. (19)

Los pesos o ponderaciones son las medidas de la importancia relativa que los criterios tienen para el decisor. Existen diferentes métodos para la asignación de peso, en este trabajo se tendrá en cuenta el método tasación simple.

El método de tasación simple consiste en que se le pide al decisor que dé una valoración de cada criterio en una cierta escala. Una vez obtenidas las valoraciones se normalizan dividiendo cada valor por la suma de todos ellos.

En caso que sea un grupo de decisores se aplicará las siguientes expresiones:

- $W_{ij} = \frac{P_{ij}}{\sum_{j=1}^n P_{ij}}$
- $w_j = \frac{\sum_{i=1}^n W_{ij}}{\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^m W_{ij}}$

Donde:

$m$ : número de jueces o expertos (decisiones)

$n$ : número de criterios

$P_{ij}$ : votación para el criterio  $j$  emitido por el experto  $i$

$W_{ij}$ : peso del criterio  $j$  emitido por el experto  $i$

$w_j$ : peso del criterio  $j$

El sistema de puntuación para los criterios debe cumplir con dos condiciones básicas:

1. La separación matemática entre los números escogidos debe ser consecuente con los niveles a los que los criterios estén controlados, con lo cual se logrará un sistema de puntuación que respete las diferencias existentes entre un nivel y otro. (19)
2. El sistema de puntuación escogido debe ser de fácil interpretación. Se recomienda que no se utilicen números decimales y que los números utilizados no excedan las dos cifras. (19)

En el presente trabajo, para la asignación de pesos, se tendrá en cuenta la siguiente escala<sup>2</sup> propuesta en el libro “Apuntes para la Toma de Decisiones en Proyectos” por el Dr. Pablo Aragonés Beltrán:

1 -Muy Baja

3 -Baja

5 -Media

7- Alta

9 -Muy Alta

En caso que un criterio no se quiera tener en cuenta se clasificará como indiferente.

#### **Paso 4: valoración de las alternativas para cada criterio**

Se valora cada alternativa según el grado de satisfacción de cada criterio, para los criterios cuya valoración se realice en base a datos objetivos (por ejemplo costo), no es necesario su valoración por parte del especialista, ya que el valor del atributo es lo que se tiene en cuenta. Para el caso de criterios cualitativos o de valoración subjetiva, la escala de valoración debe haber sido establecida con anterioridad.

En la presente investigación dicho paso no será necesario, ya que todos los atributos seleccionados tienen un valor (cuantitativo) determinado por expresiones matemáticas.

#### **Paso 5: aplicación de una técnica para la ordenación o selección de las alternativas**

El algoritmo PRES de ayuda a la decisión multicriterio ha sido desarrollado por Gómez-Senent en la Unidad de Proyectos de Ingeniería, Innovación, Desarrollo y Diseño del Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería de la Universidad Politécnica de Valencia y publicado en

---

<sup>2</sup> A cada valor se le asoció un nombre para un mayor entendimiento de la escala.

(Gómez-Senent, 1991) y (Gómez-Senent, 1992). Este algoritmo se puede aplicar al caso en el que el conjunto de alternativas es discreto.

Para aplicar el algoritmo PRES se parte de la base de que a los criterios se le ha asignado un peso y que cada alternativa fue valorada para cada criterio, conformando una matriz de valoración como la siguiente tabla, donde hay  $n$  criterios y  $m$  alternativas.

Matriz de Valoración	Criterios	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	(...)	C <sub>j</sub>	C <sub>n</sub>
	Peso	W <sub>1</sub>	W <sub>2</sub>	...	W <sub>j</sub>	W <sub>n</sub>
Alternativas	A <sub>1</sub>	g <sub>1</sub> (A <sub>1</sub> )	g <sub>2</sub> (A <sub>1</sub> )	...	g <sub>j</sub> (A <sub>1</sub> )	g <sub>n</sub> (A <sub>1</sub> )
	A <sub>2</sub>	g <sub>1</sub> (A <sub>2</sub> )	g <sub>2</sub> (A <sub>2</sub> )	...	g <sub>j</sub> (A <sub>2</sub> )	g <sub>n</sub> (A <sub>2</sub> )
	(...)	...	...	...	...	...
	A <sub>i</sub>	g <sub>1</sub> (A <sub>j</sub> )	g <sub>2</sub> (A <sub>j</sub> )	...	g <sub>j</sub> (A <sub>j</sub> )	g <sub>n</sub> (A <sub>j</sub> )
	A <sub>m</sub>	g <sub>1</sub> (A <sub>m</sub> )	g <sub>2</sub> (A <sub>m</sub> )	...	g <sub>j</sub> (A <sub>m</sub> )	g <sub>n</sub> (A <sub>m</sub> )

**Tabla 1.** Matriz de valoración.

Donde:

$W_j$ , es el peso asignado por el decisor al criterio  $j$ ,  $j = 1,2,3 \dots n$

$g_j(x)$ , es la valoración de la alternativa  $x$  según el criterio  $j$ ,  $x= 1,2,3 \dots m$

El primero paso que plantea el algoritmo PRES es normalizar los pesos y los valores de la matriz, mediante las expresiones siguientes:

- $w_j = \frac{W_j}{\sum_{i=1}^n W_j}$

$w_j$ ,<sup>3</sup> peso normalizado del criterio  $j$

- $V_j(x) = \frac{g_j(x)}{\max g_j(x)}$

<sup>3</sup> En este paso del algoritmo PRES, no hay que normalizar los pesos porque ya fue realizado en el Paso 2: Ponderación de criterios, explicado con anterioridad.

$V_j(x)$ , es la valoración normalizada de la alternativa  $x$  según el criterio  $j$ ,  $x= 1,2,3 \dots m$

El segundo paso es la obtención de la matriz de dominación. Con los datos de la matriz de valoración normalizada, se compara cada alternativa con todas las demás y se forma la matriz dominancia, matriz cuadrada de  $m \times m$ , donde  $m$  es el número de alternativas.

El valor de cada elemento se obtiene mediante la suma de las diferencias entre los valores correspondientes a aquellos criterios en los que la alternativa  $i$  domina a la alternativa  $j$ , multiplicadas por los pesos de los criterios. Se entiende que la alternativa  $i$  domina a la  $j$  para el criterio  $k$ , si la diferencia entre el valor  $i$  y el  $j$  para el criterio  $k$  es positiva si el criterio es de maximizar o negativa si es de minimizar.

El tercer paso es calcular el Índice PRES. A partir de la matriz de dominación se obtienen, para cada alternativa, tres valores. El valor  $D_i$  se obtiene para cada alternativa  $i$  sumando los valores correspondientes a la fila  $i$ . Este valor representa hasta qué punto la alternativa  $i$  domina a todas las demás. El valor  $d_i$  se obtiene sumando los valores correspondientes a la columna  $i$ . Representa hasta qué punto la alternativa  $i$  es dominada por todas las demás. El índice PRES establece la proporción entre el grado con que la alternativa  $i$  domina al resto de las alternativas y el grado con que la alternativa  $i$  es dominada por las demás.

- $D_i = \sum_{j=1}^m T_{ij}$
- $d_i = \sum_{i=1}^m T_{ij}$
- $I_i = \frac{D_i}{d_i}$  (Índice PRESS)

El valor correspondiente a cada posición  $T_{ij}$  de la matriz representa hasta qué punto la alternativa  $i$  domina o es preferida a la alternativa  $j$ . Los valores correspondientes a la fila  $i$  representan hasta qué punto la alternativa  $i$  domina o se prefiere a cada una de las demás alternativas. Los valores correspondientes a la columna  $j$  indican hasta qué punto la alternativa  $j$  es dominada o preferida por las demás alternativas. (19)

### **Paso 6: análisis de sensibilidad**

Permite analizar qué sucede con el resultado si se modifican algunos parámetros del modelo. Por ejemplo al variar en determinados porcentajes el peso de un criterio, manteniendo constante los pesos del resto de los criterios y al variar el número de alternativas.

### **Paso 7: informe final y aprobación del decisor**

En este paso se elabora un informe sobre los resultados que se han ido obteniendo a lo largo del proceso como los atributos que se tuvieron en cuenta, las preferencias que tuvo el decisor, valores del índice PRES para cada alternativa con su respectiva interpretación, por último un listado ordenado de las alternativas con el objetivo de ayudar al decisor a tomar una decisión más aceptada. La aprobación del decisor no compete a esta investigación, es el CICA la entidad encargada de aprobar el proyecto.

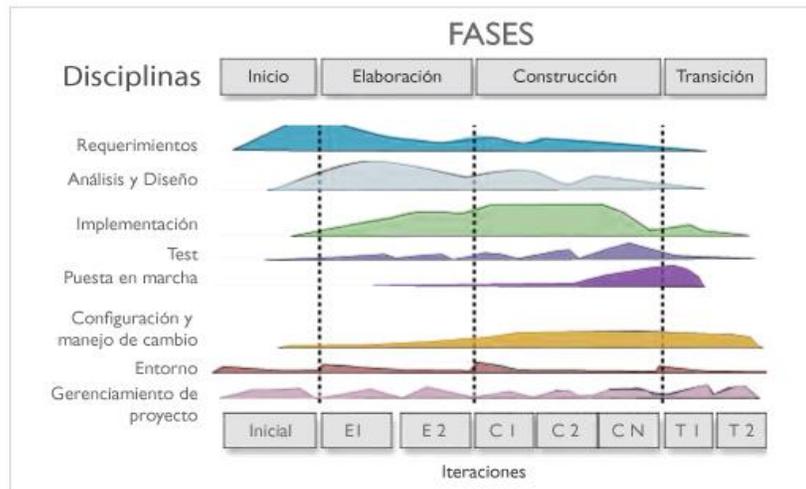
## **1.6 Metodología de desarrollo de *software***

Las metodologías o procesos de desarrollo de *software* ofrecen un método para la creación de aplicaciones flexibles y robustas de un modo organizado y disciplinado, facilitando su comprensión. Además abarcan procedimientos, técnicas, documentación y herramientas que tienen como base fundamental el fortalecimiento de los procesos de desarrollo de un *software*. Actualmente no existe una metodología universal que le haga frente con éxito a cualquier proyecto de desarrollo de *software*, ni que se adapte a todo tipo de sistema, debido a que las características y recursos de cada equipo de desarrollo no siempre son las mismas.

### **1.6.1 Proceso Unificado de Desarrollo**

*Rational Unified Process* (RUP por sus siglas en inglés). Como metodología tradicional impone una disciplina de trabajo sobre el proceso de desarrollo del *software*, con el fin de conseguir un producto más eficiente. Para ello, hace énfasis en la planificación total de todo el trabajo a realizar y una vez que está todo detallado, comienza el ciclo de desarrollo del *software*. Se centra especialmente en el control del proceso, mediante una rigurosa definición de roles, actividades, artefactos, herramientas y notaciones para el modelado y documentación detallada. Además, no se adapta adecuadamente a los cambios, por lo que no es un método adecuado cuando se trabaja en un entorno, donde los requisitos no pueden predecirse o bien pueden variar. (16)

RUP es un proceso formal, provee un acercamiento disciplinado para asignar tareas y responsabilidades dentro de una organización de desarrollo. Su objetivo es asegurar la producción de *software* de alta calidad que satisfaga los requerimientos de los usuarios finales (respetando cronograma y presupuesto). Fue desarrollado por *Rational Software*, y está integrado con toda la *suite Rational* de herramientas. Puede ser adaptado y extendido para satisfacer las necesidades de la organización que lo adopte. Es guiado por Casos de Uso y centrado en la arquitectura, utilizando UML como lenguaje de modelado. Define cuatro fases esenciales (Inicio, Elaboración, Construcción y Transición) y nueve flujos de trabajos; seis de Ingeniería (Modelado del Negocio, Requerimientos, Análisis y Diseño, Implementación, Prueba y Despliegue) y tres de apoyo. (20)



**Figura 1<sup>4</sup>.** Ciclo de vida de RUP.

### Características de RUP:

- Establece un desarrollo iterativo.
- Permite la administración de requisitos.
- Hace uso de una arquitectura basada en componentes.
- Permite llevar un control de cambios.
- Permite realizar un modelado visual del *software*.
- Verifica la calidad del *software*.

### 1.6.2 Programación Extrema

Programación Extrema o *Extreme Programming (XP)* por sus siglas en inglés, es una metodología ágil centrada en potenciar las relaciones interpersonales como clave para el éxito en el desarrollo de *software*, promoviendo el trabajo en equipo, preocupándose por el aprendizaje de los desarrolladores, y propiciando un buen clima de trabajo. Se basa en la retroalimentación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, comunicación fluida entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones implementadas y coraje para enfrentar los cambios. (21).

<sup>4</sup> Tomada de la revista digital: Infraestructura Vial. Disponible en: [www.lanamme.ucr.ac.cr](http://www.lanamme.ucr.ac.cr). Modificada por los autores.

### Características de XP:

- Pruebas unitarias: se basa en las pruebas realizadas a los principales procesos, de tal manera que el adelantarse en algo hacia el futuro, se puedan hacer pruebas de las fallas que pudieran ocurrir. Es como si pudieran obtenerse los posibles errores.
- Refabricación: se basa en la reutilización de código, para lo cual se crean patrones o modelos estándares, siendo más flexible al cambio.
- Programación en pares: una particularidad de esta metodología es que propone la programación en pares, la cual consiste en que dos desarrolladores participen en un proyecto en una misma estación de trabajo. Cada miembro lleva a cabo la acción que el otro no está haciendo en ese momento. (21)

### 1.6.3 Agile Unified Process

*Agile Unified Process* (AUP), en español Proceso Unificado Ágil, de Scott Ambler, es una versión simplificada del RUP, la cual se describe en una forma simple y fácil de entender, y brinda un enfoque de desarrollo de *software* utilizando técnicas ágiles y conceptos del RUP. En comparación con las disciplinas del RUP, que son 9, el AUP tiene solamente 7, algunas de las cuales son combinaciones de dos disciplinas del RUP. (22)

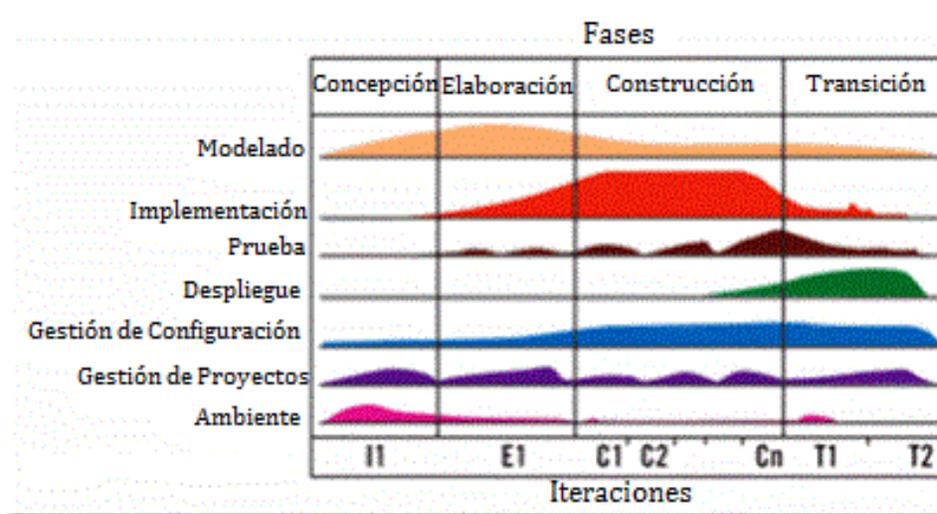


Figura 2<sup>5</sup>. Ciclo de vida de AUP.

<sup>5</sup> Tomada del sitio de la Universidad Nacional de Costa Rica. Disponible en: [www.cc.una.ac.cr](http://www.cc.una.ac.cr). Modificada por los autores.

### **Características de AUP:**

- Versión simplificada de la metodología RUP.
- Abarca siete flujos de trabajos, cuatro ingenieriles y tres de apoyo: Modelado, Implementación, Prueba, Despliegue, Gestión de configuración, Gestión de proyectos y Ambiente.
- El modelado agrupa los tres primeros flujos de RUP (Modelamiento del negocio, Requerimientos y Análisis y Diseño).
- Dispone de cuatro fases igual que RUP: Incepción o Creación, Elaboración, Construcción y Transición.

#### **1.6.4 Selección de la metodología para solucionar el problema**

Se decide utilizar la metodología XP por su alto grado de adaptabilidad, simplicidad, frecuente integración del equipo de programación con el cliente y su desarrollo iterativo e incremental, lo que proporciona pequeñas mejoras una tras otra. Además una de las peculiaridades que posee la metodología XP es que generalmente la programación se realiza en parejas, adaptándose al equipo de trabajo y posibilitando que en la creación del código se puedan evitar errores y malos diseños; la buena conexión entre ambos desarrolladores generará discusiones que lleven a mejores estructuras y algoritmos.

#### **1.7 Ambiente de desarrollo**

Los ambientes de desarrollo de *software* son herramientas que ayudan a los programadores a desarrollar *software* sobre entornos más amigables. Es decir, aquellos en los que el programador puede acceder con el menor esfuerzo a diferentes recursos como editores, compiladores y herramientas de análisis.

El cliente web (explorador de Internet) trabaja con el servidor web haciendo peticiones independientes y después de cada petición el servidor responde al cliente y corta la comunicación con él (y en éste corte radica el problema de interactividad). Es decir, cada vez que se hace una petición al servidor web (validando un formulario), su respuesta obliga al cliente a repintar de nuevo toda la pantalla del explorador (ya que el servidor envía al cliente páginas web). Este comportamiento hace por ejemplo, que sea inviable comprobar la validez de campos relacionados en las bases de datos en tiempo real y sólo sea posible al final del proceso de envío de formulario. Esta forma de trabajo es poco eficiente en una aplicación de gestión. (23)

Para dar solución a la problemática, se decide desarrollar una aplicación de escritorio, ya que habitualmente su ejecución no requiere comunicación con el exterior, sino que se realiza de forma local. Esto repercute en mayor velocidad de procesamiento, además se adapta a las condiciones del cliente. Suelen ser más robustas y estables que las aplicaciones Web y el tiempo de respuesta es muy rápido. (23) A partir de esto se centra la búsqueda en las tecnologías que apoyen el desarrollo de una aplicación de este tipo.

### 1.7.1 Lenguaje de Modelado Unificado

*Unified Modeling Language* (UML) por sus siglas en inglés, es un lenguaje que permite modelar, construir y documentar los elementos que forman un sistema de *software* orientado a objetos. (24)

**Los principales beneficios de UML son:**

- Mejores tiempos totales de desarrollo.
- Modelar sistemas (y no sólo de *software*) utilizando conceptos orientados a objetos.
- Establecer conceptos y artefactos ejecutables.
- Encaminar el desarrollo del escalamiento en sistemas complejos de misión crítica.
- Crear un lenguaje de modelado utilizado tanto por humanos como por máquinas.
- Mejor soporte a la planeación y al control de proyectos.
- Alta reutilización y minimización de costos.

Se decide utilizar el lenguaje de modelado UML porque permite modelar, construir y documentar elementos que forman un sistema de *software* orientado a objetos, proporcionando ahorro de costos, mejor calidad de aplicaciones e importantes reducciones de tiempo en el desarrollo.

### 1.7.2 Herramienta CASE

En inglés *Computer Aided Software Engineering* (CASE) y en su traducción al español significa Ingeniería de *Software* Asistida por Computadora. Estas herramientas pueden ayudar en muchos de los aspectos del ciclo de vida de desarrollo del *software*, en tareas como la realización del diseño del proyecto, cálculo de costes, implementación de una parte del código automáticamente con el diseño dado, compilación automática, documentación o detección de errores, entre otras. Las herramientas

CASE de modelado con UML permiten analizar y diseñar orientado a objetos y abstraer el código fuente, a un nivel donde la arquitectura y el diseño se tornan más obvios y más fáciles de entender y modificar.

*Visual Paradigm* o Paradigma Visual en español, es una herramienta UML profesional que soporta el ciclo de vida completo del desarrollo de *software*: análisis y diseño orientados a objetos, construcción, pruebas y despliegue. El *software* de modelado UML ayuda a una más rápida construcción de aplicaciones de calidad, mejores y a un menor coste. Permite dibujar todos los tipos de diagramas de clases, código inverso, generar código desde diagramas y generar documentación. (25)

*Visual Paradigm* constituye una herramienta de probada utilidad para el analista de un proyecto. Se caracteriza por la disponibilidad en múltiples plataformas (Windows, Linux). Posee características como, diseño centrado en casos de uso y enfocado al negocio que genera un *software* de mayor calidad. Además de que el modelo y el código permanecen sincronizados en todo el ciclo de desarrollo. Posee la ventaja que permite la generación de base de datos (BD), transformación de diagramas de Entidad-Relación en tablas de BD. Posee compatibilidad entre ediciones. (26)

Además, permite invertir código fuente de programas, archivos ejecutables y binarios en modelos UML al instante, creando de manera simple toda la documentación. Está diseñada para usuarios interesados en sistemas de *software* de gran escala con el uso del acercamiento orientado a objeto, además apoya los estándares más recientes de las notaciones de Java y de UML. Incorpora el soporte para trabajo en equipo, que permite que varios desarrolladores trabajen a la vez en el mismo diagrama y vean en tiempo real los cambios hechos por sus compañeros.

Se decide utilizar esta herramienta por ser eficaz para el proceso de modelado, considerada como muy completa y fácil de usar, con soporte multiplataforma y que proporciona excelentes facilidades de interoperabilidad con otras aplicaciones. Posee una interfaz amigable. Además se tuvo en cuenta el conocimiento del equipo de desarrollo y la documentación accesible para ésta.

### **1.7.3 Lenguaje de programación**

Un lenguaje de programación es un lenguaje diseñado para describir el conjunto de acciones consecutivas que un equipo debe ejecutar. Por lo tanto, un lenguaje de programación es un modo práctico para que los seres humanos puedan dar instrucciones a un equipo. Consiste en un conjunto de reglas sintácticas y semánticas que definen su estructura y el significado de sus elementos, respectivamente. (27)

*Sun Microsystems* se gana el protagonismo al diseñar Java en el año 1991, la principal característica buscada con su creación se convierte en la principal ventaja, y está dada por ser un lenguaje multiplataforma, capaz de correr no solo en computadoras sino en celulares, y hasta en equipos electrodomésticos, cuyo único requisito es tener la máquina virtual de Java, concepto desarrollado por Sun con el objetivo de proveer independencia de la arquitectura sobre la que corre la aplicación. Es un lenguaje de programación no propietario. (28)

Java es un lenguaje de programación de propósito general, concurrente, basado en clases, y orientado a objetos, que fue diseñado específicamente para tener tan pocas dependencias de implementación como fuera posible. Tiene como intención permitir que los desarrolladores de aplicaciones escriban el programa una vez y lo ejecuten en cualquier dispositivo, lo que significa que el código ejecutado en una plataforma no tiene que ser recompilado para correr en otra.

Se decidió usar Java como lenguaje de programación por ser un lenguaje multiplataforma muy utilizado por la universidad al no ser propietario. Es simple, orientado a objetos, distribuido, interpretado, seguro, portable, de altas prestaciones, multitarea y dinámico, posee librerías y utilidades muy completas que facilitan la programación.

#### **1.7.4 Herramienta de desarrollo del *software***

Una de las claves para obtener el éxito de un proyecto de desarrollo de *software*, es tener en cuenta, la utilización de tecnologías, estándares y herramientas a usar. Un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado / *Integrated Development Environment*) es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación, o sea, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica.

#### **Eclipse**

Eclipse es un entorno de desarrollo integrado, de código abierto y multiplataforma. Mayoritariamente se utiliza para desarrollar lo que se conoce como "Aplicaciones de Cliente Enriquecido", opuesto a las aplicaciones "Cliente-liviano" basadas en navegadores. Es una potente y completa plataforma de Programación, desarrollo y compilación de elementos tan variados como sitios web, programas en C++ o aplicaciones Java. Integra herramientas y funciones necesarias para el trabajo, recogidas además en una atractiva interfaz que lo hace fácil y agradable de usar. (29)

## NetBeans

NetBeans comenzó como un proyecto estudiantil en República Checa (originalmente llamado Xelfi), en 1996 bajo la tutoría de la facultad de Matemáticas y Física en la Universidad Carolina en Praga. La meta era escribir un IDE para Java parecido al de Delphi. Xelfi fue el primer entorno de desarrollo integrado escrito en Java, con su primer *pre-release* en 1997.

El IDE NetBeans está escrito en Java pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación. Existe además un número importante de módulos para extender el IDE NetBeans. Es un producto libre y gratuito sin restricciones de uso. Todas las funciones son provistas por módulos. Cada módulo provee una función bien definida, tales como el soporte de Java, edición, o soporte para el sistema de control de versiones. NetBeans contiene todos los módulos necesarios para el desarrollo de aplicaciones Java en una sola descarga, permitiéndole al usuario comenzar a trabajar inmediatamente. (30)

## Selección de la herramienta de desarrollo para solucionar el problema

Ambos entornos son herramientas poderosas que pueden ser usadas, aunque se decide utilizar NetBeans por ser una herramienta para programadores pensada para escribir, compilar, depurar y ejecutar programas. Además, es un producto libre, gratuito, sin restricciones de uso y muy usado en la universidad. Los desarrolladores tienen experiencia en su uso y funcionalidad.

### 1.7.5 Bibliotecas del lenguaje

Para el desarrollo de la herramienta con el IDE y el lenguaje seleccionado se hace uso de algunas librerías o bibliotecas muy útiles que facilitan el trabajo, a continuación se describen cada una de ellas:

Jcalendar.jar: componente visual para recoger gráficamente una fecha y para manipular los campos del calendario, contiene una clase abstracta que proporciona métodos para convertir entre un instante específico en el tiempo y un conjunto de campos del calendario como el año, mes, día y hora. Es de *software* libre y puede ser utilizado bajo los términos de la licencia pública general de GNU.

iText.jar: es una biblioteca de código abierto de Java para la generación y la manipulación de PDF. Puede ser utilizado para crear documentos PDF a partir de cero, para rellenar formularios PDF interactivos, para acabar nuevos contenidos en documentos PDF existentes así como para dividir y combinar documentos PDF existentes.

### 1.7.6 Framework

Durante la fase de pruebas del ciclo de ingeniería de *software* se hace necesario realizar pruebas, automatizarlas será una garantía y una ventaja para el equipo de trabajo, facilitando a los programadores enfocarse en la prueba y el resultado esperado, y dejando a la herramienta la creación de las clases que permiten coordinar las pruebas. Para ello se seleccionó JUnit; un conjunto de clases (*framework*) que permite realizar la ejecución de clases Java de manera controlada, para poder evaluar si el funcionamiento de cada uno de los métodos de la clase se comporta como se espera. En función de algún valor de entrada se evalúa el valor de retorno esperado; si la clase cumple con la especificación, entonces JUnit devolverá que el método de la clase pasó exitosamente la prueba; en caso de que el valor esperado sea diferente al que devolvió el método durante la ejecución, JUnit devolverá un fallo en el método correspondiente.

### 1.7.7 Sistema gestor de base de datos

Un Sistema de Gestión de Bases de Datos (SGBD) es un conjunto de programas que permiten el almacenamiento, modificación y extracción de la información en una base de datos, además de proporcionar herramientas para añadir, borrar, modificar y analizar los datos. Los usuarios pueden acceder a la información usando herramientas específicas de interrogación y de generación de informes, o bien mediante aplicaciones al efecto. (31)

SQLite es un SGBD relacional compatible con ACID (*Atomicity, Consistency, Isolation and Durability*, en español Atomicidad, Consistencia, Aislamiento y Durabilidad), contenida en una relativamente pequeña biblioteca escrita en C. SQLite es un proyecto de dominio público. A diferencia de los sistemas de gestión de bases de datos cliente-servidor, el motor de SQLite no es un proceso independiente con el que el programa principal se comunica. En lugar de eso, la biblioteca SQLite se enlaza con el programa pasando a ser parte integral del mismo. El programa utiliza la funcionalidad de SQLite a través de llamadas simples a subrutinas y funciones. Esto reduce la latencia en el acceso a la base de datos, debido a que las llamadas a funciones son más eficientes que la comunicación entre procesos. El conjunto de la base de datos (definiciones, tablas, índices, y los propios datos), son guardados como un sólo fichero estándar en la máquina host. En su versión 3, SQLite permite bases de datos de hasta 2 Terabytes de tamaño, y también permite la inclusión de campos tipo BLOB. (32)

Se decide utilizar como SGBD, pues realiza operaciones de manera eficiente, se ejecuta en muchas plataformas y sus bases de datos pueden ser fácilmente portadas sin ninguna configuración o administración. La base de datos condensada en un solo fichero permite que pueda estar situada en

cualquier directorio, trayendo como ventaja que pueda ser fácilmente copiada a algún dispositivo USB o ser enviada vía correo electrónico; esta característica satisface el principal requerimiento por parte del cliente en cuanto al tema, por lo que representa el criterio fundamental a tener en cuenta para su selección.

Para el trabajo con la base de datos se utiliza el driver “sqlite-jdbc.jar”, un driver para el acceso y la creación de archivos de bases de datos SQLite en Java. No requiere ninguna configuración ya que las bibliotecas nativas de los principales sistemas operativos, incluyendo Windows, Mac OS X y Linux, se reúnen en un solo archivo JAR (*Java Archive*).

### **1.7.6 Interfaz de programación de aplicaciones**

Una Interfaz de programación de aplicaciones (IPA) o API (del inglés *Application Programming Interface*) es el conjunto de funciones y procedimientos (o métodos, en la programación orientada a objetos) que ofrece cierta biblioteca para ser utilizado por otro *software* como una capa de abstracción. Son usadas generalmente en las bibliotecas. (33)

Uno de los principales propósitos de una API consiste en proporcionar un conjunto de funciones de uso general. El uso de una API trae a los programadores beneficios haciendo uso de su funcionalidad, evitándose el trabajo de programar todo desde el principio.

Durante el desarrollo de la herramienta se decide utilizar la Interfaz de Persistencia Java, en inglés *Java Persistence API* (JPA), que proporciona un modelo de persistencia basado en POJO's (*Plain Old Java Object*) para mapear bases de datos relacionales en Java. Combina ideas y conceptos de los principales frameworks de persistencia, como Hibernate, Toplink y JDO. El mapeo objeto-relacional (es decir, la relación entre entidades Java y tablas de la base de datos, consultas con nombre, etc) se realiza mediante anotaciones en las propias clases de entidad. Esencial es la necesidad de mapear objetos Java para optimizar velocidad y eficiencia de la base de datos. La unidad de persistencia define un conjunto de todas las entidades (clases) que son gestionadas por la instancia del EntityManager en la aplicación. Este conjunto de clases de entidad representa los datos contenidos en una única base de datos. Las unidades de persistencia se definen en el fichero de configuración persistence.xml.

### **1.8 Conclusiones parciales**

En el presente capítulo se hizo un resumen de los principales conceptos asociados al dominio del problema, con el objetivo de lograr un mejor entendimiento del mismo. Se realizó un estudio de la necesidad de la EIA en los proyectos del sector de la construcción. Se estudiaron y analizaron las

soluciones similares existentes en el mundo sirviendo de apoyo a la solución que se pretende desarrollar. Se explicó la metodología a seguir para la evaluación de los impactos ambientales, logrando una mejor comprensión del funcionamiento de la herramienta propuesta. Según las tendencias actuales y principalmente las experiencias del equipo de trabajo se seleccionaron las siguientes herramientas; como metodología de desarrollo de *software* XP, lenguaje de modelado UML, Visual Paradigm en su versión 8.0 como herramienta CASE, Java como lenguaje de programación, como IDE NetBeans en su versión 7.1.2 con las bibliotecas necesarias y como gestor de base de datos SQLite con el driver para Java “sqlite-jdbc.jar” en su versión 3.7.2.

## CAPÍTULO 2

# Descripción de la solución propuesta

### 2.1 Introducción

Una vez analizadas las soluciones similares y elegidas las herramientas y la metodología a utilizar, se procede a plantear una solución al problema. Para el desarrollo de la solución se siguieron los pasos definidos por la metodología seleccionada que guían el proceso de desarrollo de *software*. Sin embargo, y utilizando su capacidad de adaptación, el proceso fue adaptado a las condiciones especiales de trabajo en las que se desarrolla la herramienta. En el presente capítulo se identifican los requisitos funcionales y no funcionales del *software*, se describen de las fases por las que transcurre el desarrollo de la herramienta: la de implementación y la de pruebas, haciendo referencia a todo lo concerniente a ellas, así como una descripción de cada uno de los artefactos generados.

Uno de los pasos fundamentales en la fase de exploración de la metodología XP es definir una metáfora del sistema. En XP no se enfatiza la definición temprana de una arquitectura estable para el sistema. Dicha arquitectura se asume evolutiva y los posibles inconvenientes que se generarían por no contar con ella explícitamente en el comienzo del proyecto se solventan con la existencia de una metáfora. El sistema es definido mediante una metáfora o un conjunto de metáforas compartidas por el cliente y el equipo de desarrollo. (34)

Una metáfora es una historia compartida que describe cómo debería funcionar el sistema. La práctica de la metáfora consiste en formar un conjunto de nombres que actúen como vocabulario para hablar sobre el dominio del problema. Este conjunto de nombres ayuda a la nomenclatura de clases y métodos del sistema. Cuando el sistema es pequeño la metáfora es extremadamente sencilla. (35)

Teniendo en cuenta los parámetros anteriormente expuestos, la metáfora del sistema que se propone es: “una herramienta donde los especialistas encargados de realizar el estudio de impactos ambientales puedan de forma sencilla evaluarlos cualitativamente y tomar decisiones rápidas y confiables”.

### 2.2 Descripción del sistema propuesto.

Después del contacto inicial en el que se concibió el producto, se definieron las metas que se desean lograr por parte del cliente y los autores. Como resultado de este encuentro se logró una mejor

comprensión de los deseos del cliente por parte de los autores, así como un mejor entendimiento de la propuesta de solución por parte del cliente y una visión común de los objetivos.

La herramienta tiene como principal objetivo ofrecer a la ENIA un proceso ágil y seguro para la evaluación cualitativa de los impactos ambientales que ocasionará la puesta en marcha de un proyecto. La misma debe permitir a los especialistas encargados de realizar los estudios, crear nuevos proyectos con sus respectivas alternativas así como verlos, modificarlos, buscarlos y eliminarlos en caso que deseen; dichas alternativas se podrán crear, modificar, eliminar o duplicar, esta última en caso de querer observar el resultado de algunos cambios. Luego de existir una alternativa se podrán crear, modificar o eliminar los impactos ambientales que ocasionará determinada acción sobre un factor del medio. Los impactos ambientales surgen del par acción-factor, por lo que, tanto las acciones como los factores se deben haber creado con anterioridad, además de poder modificarlos o eliminarlos. Después de haber gestionado todos los procesos antes mencionados la herramienta permitirá valorar relativa y absolutamente los impactos ambientales, así como agregarle medidas correctoras, preventivas o mitigadoras con sus respectivos costes en caso de ser negativos, o beneficios monetarios en caso de ser positivos, permitiendo hacer un análisis costo-beneficio de cada alternativa. Posteriormente se podrá valorar el proyecto de manera general teniendo en cuenta todas las alternativas y de esta forma seleccionar la más sostenible y menos costosa. Se podrá obtener un informe de todas las valoraciones generales a las que se puede arribar luego de haber culminado el proceso de evaluación de los impactos ambientales.

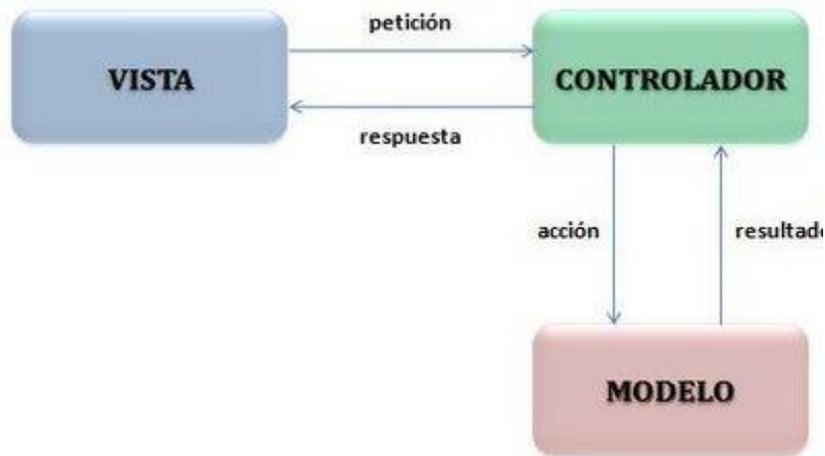
El sistema propuesto brinda varios beneficios:

- Permite agilizar el proceso de evaluación de impactos ambientales, que hasta el momento se realiza de forma manual.
- Se guía íntegramente por el proceso de evaluación cualitativa de impactos ambientales que describe la metodología CONESA.
- Se tienen en cuenta varias alternativas para un mismo proyecto y se obtiene la más viable de realización de acuerdo a las preferencias del especialista o del equipo de especialistas.

### **2.3 Patrón de Arquitectura**

Un patrón de arquitectura de *software* no es más que un esquema genérico probado para solucionar un problema específico recurrente que surge en un cierto contexto. (36) Este esquema se especifica describiendo los componentes, con sus responsabilidades, relaciones, y las formas en que colaboran.

### Patrón Modelo-Vista-Controlador

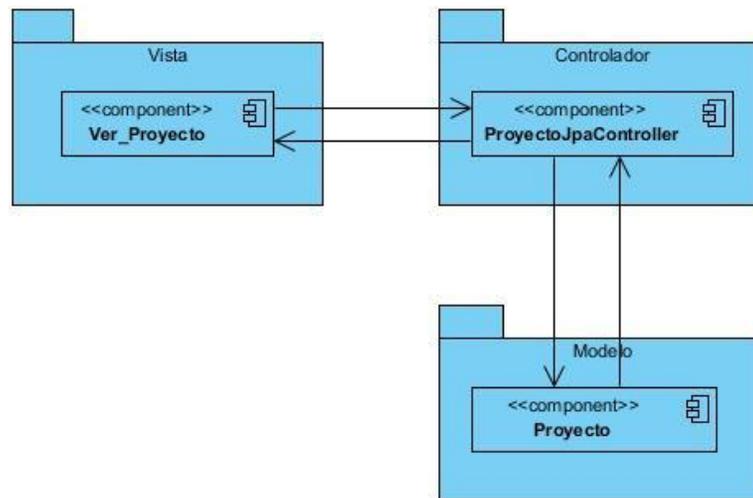


**Figura 3.** Modelo-Vista-Controlador (MVC).

El estilo arquitectónico o el patrón de arquitectura de *software* empleado para el desarrollo de la aplicación es la arquitectura MVC. Esta se basa en separar los datos de la aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica del negocio en tres capas diferentes, es decir, que agrupa el código según su función. El modelo define el comportamiento, los datos de la aplicación y la lógica del negocio; la base de datos pertenece a esta capa. La vista muestra la información que emplean los usuarios para interactuar con la aplicación. La capa controlador es la que descifra las acciones realizadas por los usuarios, realiza las llamadas al modelo para obtener la información y se las envía a la vista para que las muestre a los usuarios.

La vista y el controlador dependen del modelo, el cual no depende de las otras clases. Esta separación permite construir y probar el modelo independientemente de la representación visual. (37)

Es seleccionado este estilo por las ventajas que brinda su estructura. A continuación se muestra un ejemplo del uso de este patrón.



**Figura 4.** Ejemplo del uso del patrón MVC.

## 2.4 Patrones de Diseño

Los patrones de diseño son soluciones simples y elegantes a problemas específicos y comunes del diseño orientado a objetos. (38) Son lenguajes de programación de alto nivel. Estos patrones hacen más fácil reutilizar con éxito los diseños y arquitecturas, ayudan a elegir entre diseños alternativos, hacen a un sistema reutilizable y evitan alternativas que comprometen a la reutilización. Además facilitan el aprendizaje al programador inexperto y ayudan a reutilizar código, facilitando la decisión “herencia o composición”.

Para el diseño de la aplicación se tuvieron en cuenta una serie de patrones de gran utilidad que proponen una forma de reutilizar la experiencia de los desarrolladores, para ello clasifican y describen formas de solucionar problemas que ocurren de forma frecuente durante el desarrollo.

### 2.4.1 Patrones GRASP

Los patrones GRASP, acrónimo de *General Responsibility Assignment Software Patterns* en español Patrones Generales de *Software* para Asignación de Responsabilidades, describen los principios fundamentales de diseño de objetos para la asignación de responsabilidades. Constituyen un apoyo para la enseñanza que ayuda a entender el diseño de objeto esencial y aplica el razonamiento para el diseño de una forma sistemática, racional y explicable. (39)

Experto: la responsabilidad de realizar una labor es de la clase que tiene o puede tener los datos involucrados (atributos). Una clase, contiene toda la información necesaria para realizar la labor que tiene encomendada. (40)

Este patrón se evidencia en cada clase Modelo, cada una contiene la información referente a la entidad que representa y es responsable de realizar la labor que tiene encomendada.

Creador: propone que una instancia de un objeto tiene que ser creada por el objeto que tiene la información para ello. Se asigna la responsabilidad de que una clase B cree un objeto de la clase A, solamente cuando: B contiene a A, B es una agregación (o composición) de A, B almacena a A, B tiene los datos de inicialización de A (datos que requiere su constructor), B usa a A. (40)

El uso de este patrón se evidencia en la clase Proyecto que crea instancias de la clase Alternativa, por lo que tiene una lista de alternativas, además en la clase Empresa que crea instancias de Proyecto, conteniendo así una lista de proyectos.

Controlador: asigna a clases específicas la responsabilidad de controlar el flujo de eventos del sistema. Esto facilita la centralización de actividades (validaciones, seguridad, etc.). El controlador no las realiza, sino las delega en otras clases con las que mantiene un modelo de alta cohesión. (40)

Este patrón se ve reflejado en la clase Empresa. La arquitectura MVC brinda una capa específicamente para los controladores, que son el núcleo de este, y especifica la presencia de este patrón.

#### **2.4.2 Patrones GoF**

Los patrones GoF (*Gang of Four*, en español Pandilla de los Cuatro), se clasifican en 3 categorías basadas en su propósito: creacionales, estructurales y de comportamiento. Para el diseño de la herramienta se tuvieron en cuenta los siguientes patrones creacionales:

Prototipo/Prototype: crea nuevos objetos clonándolos de una instancia ya existente.

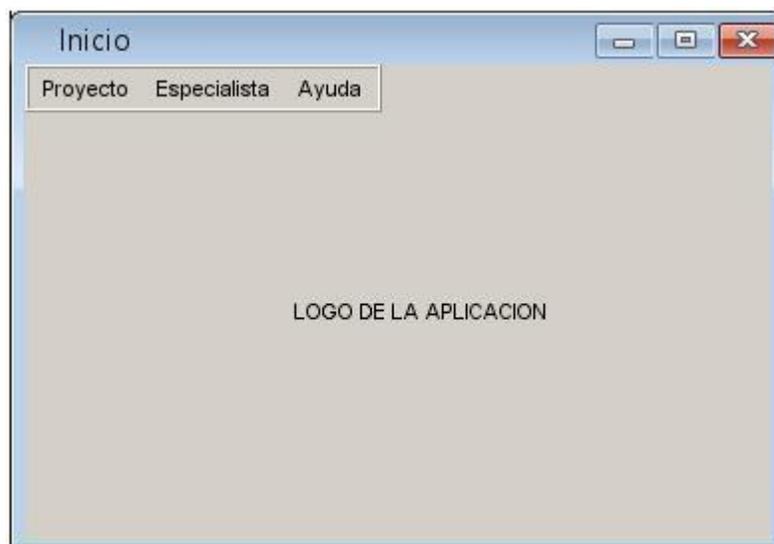
Este patrón se ve reflejado en la clase Alternativa, específicamente en la funcionalidad encargada de duplicar una alternativa. Ver anexo 9.

Solitario/Singleton: garantiza la existencia de una única instancia para una clase y la creación de un mecanismo de acceso global a dicha instancia. (41) Se crea una clase que gestiona una sola instancia de ella misma y cada vez que se necesite, simplemente se consulta la clase y esta devolverá siempre, la misma instancia.

Este patrón se ve reflejado en la clase Manager, encargada de realizar la conexión con la base de datos. Ver anexo 10.

## 2.5 Prototipos no funcionales

Para mostrar una vista preliminar de la solución se crearon prototipos de interfaz no funcionales que básicamente incluyen las características definidas de la propuesta de solución, y son de fácil modificación a partir de la retroalimentación del cliente. Los prototipos iniciales sufrieron muchos cambios a través de las iteraciones en el desarrollo del sistema, pero el objetivo: entender las principales pantallas de la interfaz de usuario, se cumplió en el momento, lo que permitió identificar la apariencia básica del sistema. A continuación se muestra el prototipo no funcional de la interfaz principal de la herramienta y los demás pueden ser consultados en el anexo 8.



**Figura 5.** Prototipo no funcional principal.

## 2.6 Personal relacionado con el sistema

Una de las premisas fundamentales a tener en cuenta cuando se comienza el desarrollo de cualquier sistema informático, la constituye el delimitar la audiencia a la cual va dirigido el mismo. Dentro de dicha audiencia se incluye, como personal relacionado a la herramienta, al especialista, que será el encargado de gestionar toda la información relacionada con la evaluación de los impactos ambientales.

Personal relacionado con la herramienta	Descripción
Especialista	Personal calificado para la gestión de la herramienta en general. Es el encargado de identificar los impactos a partir de las acciones y factores y de realizar la evaluación cualitativa de los mismos.

**Tabla 2.** Personal relacionado con el sistema.

## 2.7 Proceso de vida de la propuesta de solución

El ciclo de vida de XP se enfatiza en el carácter iterativo e incremental del desarrollo. Una iteración de desarrollo es un período de tiempo en el que se realiza un conjunto de funcionalidades determinadas que en el caso de la metodología seleccionada corresponden a un conjunto de historias de usuario (HU). El ciclo de vida de XP consta de varias fases, a continuación se exponen algunas de ellas.

### 2.7.1 Fase de Exploración

Durante esta fase se enmarca el alcance de la herramienta propuesta, que tiene como fin el desarrollo y la entrega de la misma. Para ello el cliente definió sus necesidades a través de las HU, a partir de las cuales los programadores estimaron el tiempo de desarrollo.

#### Historias de usuario

Mediante las HU, escritas por el cliente en su propio lenguaje, se describe lo que la herramienta debe realizar. Las HU son la técnica utilizada para especificar los requisitos del *software* tanto funcionales como no funcionales. La diferencia más notable entre estas historias y los documentos de especificación de requisitos, utilizados por RUP, se encuentra en el nivel de detalle requerido. Dichas HU permiten a los programadores realizar una estimación poco riesgosa del tiempo que llevará el desarrollo. (42)

Para definir las HU se utiliza la siguiente tabla, que contiene todos los datos necesarios para desarrollar la funcionalidad descrita.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> número de la HU, incremental en el tiempo.	<b>Nombre:</b> el nombre de la HU, sirve para identificarla fácilmente entre los

	<i>desarrolladores y los clientes.</i>
<b>Usuario:</b> <i>el usuario del sistema que utiliza o protagoniza la historia.</i>	
<b>Prioridad en Negocio:</b> <i>que tan importante es para el cliente.</i>	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> <i>que tan difícil es para el desarrollador.</i>
<b>Iteración Asignada:</b> <i>la iteración (liberación en nuestro proceso) a la que corresponde.</i>	<b>Puntos estimados:</b> <i>estimación del tiempo de duración de la HU. Cuando el valor es 1 equivale a una semana ideal de trabajo. En la metodología XP está definida una semana ideal como 5 días hábiles trabajando 40 horas, es decir, 8 horas diarias. Por lo que cuando el valor de dicho atributo es de 0.5 equivale a 2 días y medio de trabajo, lo que se traduce en 20 horas.</i>
<b>Descripción:</b> <i>la descripción de la historia, detallando las operaciones del usuario y opcionalmente las respuestas del sistema.</i>	
<b>Observaciones:</b> <i>algunas observaciones de interés, como glosario, información sobre usuarios, etc.</i>	

**Tabla 3.** Representación de una HU.

Para las HU que describen las características y cualidades que debe cumplir la solución, los autores de la presente investigación decidieron excluir los siguientes aspectos: usuario, riesgo en desarrollo, iteración asignada y puntos estimados.

Durante todo el proceso se identificaron 19 HU, las cuales se mencionan a continuación y se describen en los anexos (ver anexo 1):

No	Historias de Usuario
1	Gestionar especialista
2	Gestionar proyecto

3	Gestionar alternativa de un proyecto
4	Gestionar acción
5	Gestionar factor ambiental
6	Gestionar impacto ambiental
7	Valorar cualitativamente los impactos ambientales
8	Depurar el conjunto de impactos
9	Valorar relativamente los impactos ambientales
10	Valorar absolutamente los impactos ambientales
11	Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos
12	Realizar análisis costo-beneficio
13	Valorar proyecto
14	Mostrar reportes
15	Generar informe del proyecto
16	Apariencia
17	Usabilidad
18	Condiciones tecnológicas
19	Legales

**Tabla 4.** Historias de Usuario.

### **2.7.2 Fase de Planificación**

En esta fase se estableció la prioridad de cada historia de usuario por parte del cliente, momento a partir del cual los programadores realizaron una estimación del esfuerzo necesario para desarrollar cada una de ellas.

### Estimación de esfuerzo por Historias de Usuario

Para el buen desarrollo de la herramienta propuesta, se realizó una estimación de cada una de las HU identificadas que definen las funcionalidades, la cual arrojó los resultados que se muestran a continuación:

Historias de usuario	Puntos de estimación
Gestionar especialista	1
Gestionar proyecto	2
Gestionar alternativa de un proyecto	2
Gestionar acción	1
Gestionar factor ambiental	1
Gestionar impacto ambiental	2
Valorar cualitativamente los impactos ambientales	1
Depurar el conjunto de impactos	1
Valorar relativamente los impactos ambientales	1
Valorar absolutamente los impactos ambientales	1
Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos	1
Realizar análisis costo – beneficio.	2
Valorar proyecto	2
Mostrar reportes	2
Generar informe del proyecto	1

**Tabla 5.** Estimación de esfuerzo por HU.

### **Plan de iteraciones**

Una vez descritas las HU que definen las funcionalidades por parte del cliente y estimado el esfuerzo por los desarrolladores para la realización de las mismas, se procede a realizar la planificación de la etapa de implementación del sistema. Este plan define las HU que serán implementadas en cada iteración y las posibles fechas de sus entregas. En relación con lo antes mencionado se decide implementar el sistema en dos iteraciones, las cuales se describen a continuación:

#### Iteración 1:

En esta iteración se implementan las HU que tienen prioridad alta en el negocio, de esta forma, se van creando las funcionalidades principales de la herramienta que dan soporte a la implementación de las demás funcionalidades. Estas HU (de la 1 a la 6) hacen alusión de modo general a la administración y configuración de los elementos que conforman el estudio de los impactos ambientales. Al finalizar dicha iteración se realizará la primera entrega de la herramienta con el fin de recibir retroalimentación por parte del cliente.

#### Iteración 2:

Esta iteración tiene como objetivo implementar las restantes funcionalidades requeridas por la herramienta. Al finalizarla se tendrán implementadas las peticiones del cliente descritas en las HU (de la 7 a la 15) y se contará con la versión final del producto. A partir de este momento la herramienta será puesta a prueba durante un período de tiempo para evaluar el desempeño de la misma.

**Plan de duración de las iteraciones**

Iteración	Historias de Usuario	Duración total de iteración
Iteración 1	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Gestionar especialista.</li> <li>-Gestionar proyecto.</li> <li>-Gestionar alternativa de un proyecto.</li> <li>-Gestionar acción.</li> <li>-Gestionar factor ambiental.</li> <li>-Gestionar impacto ambiental.</li> </ul>	9 semanas
Iteración 2	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Valorar cualitativamente los impactos ambientales.</li> <li>-Depurar el conjunto de impactos.</li> <li>-Valorar relativamente los impactos ambientales.</li> <li>-Valorar absolutamente los impactos ambientales.</li> <li>-Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos.</li> <li>-Realizar análisis costo-beneficio.</li> <li>-Valorar proyecto.</li> <li>-Mostrar reportes.</li> <li>-Generar informe del proyecto.</li> </ul>	12 semanas

**Tabla 6.** Plan de duración de las iteraciones.

**Plan de entregas**

El propósito del plan de entregas es establecer las HU que serán agrupadas para conformar una entrega, y el orden de las mismas. En este plan se unen las funcionalidades referentes a un mismo tema en módulos, esto permite un mayor entendimiento en la fase de implementación. A continuación se presenta el plan de entrega elaborado para la fase de implementación.

<b>Módulos</b>	<b>Historias de Usuario</b>
Especialista	-Gestionar especialista
Proyecto	-Gestionar proyecto
Alternativa	-Gestionar alternativa de un proyecto -Realizar análisis costo-beneficio.
Acción	-Gestionar acción
Factor	-Gestionar factor ambiental
Impacto	-Gestionar impacto ambiental
Valoraciones	-Valorar cualitativamente los impactos ambientales -Depurar el conjunto de impactos -Valorar relativamente los impactos ambientales -Valorar absolutamente los impactos ambientales
Medidas	-Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos
General	-Valorar proyecto -Mostrar reportes -Generar informe del proyecto

**Tabla 7.** Funcionalidades por módulos.

<b>Módulos</b>	<b>Final 1era iteración (2da quincena de marzo)</b>	<b>Final 2da iteración (2da quincena de mayo)</b>
Especialista	v 1.0 Final	Finalizado
Proyecto	v 1.0 Final	Finalizado

Alternativa	v 1.0	v 1.1 Final
Acción	v 1.0 Final	Finalizado
Factor	v 1.0 Final	Finalizado
Impacto	v 1.0 Final	Finalizado
Valoraciones	-	v 1.0 Final
Medidas	-	v 1.0 Final
General	-	v 1.0 Final

**Tabla 8.** Plan de duración de entrega.

## 2.8 Conclusiones parciales

Al finalizar el capítulo se obtuvo la propuesta de diseño de la herramienta. Además, el conjunto de artefactos propuestos por las fases de Exploración y Planificación según la metodología XP, los cuales permitieron establecer claridad en aspectos sumamente importantes como el alcance de la herramienta, el tiempo estimado para dar cumplimiento a cada uno de los procesos a automatizar y los planes de entregas de las iteraciones. Se planificaron dos iteraciones, en las que se definieron y redactaron las 19 HU que caracterizan la herramienta.

## **CAPÍTULO 3**

# Implementación y prueba

### **3.1 Introducción**

El momento cumbre del desarrollo de un proyecto es la implementación de cada una de las funcionalidades requeridas. La metodología XP plantea que la implementación de un producto debe realizarse de forma iterativa, esta característica trae consigo que después del desarrollo de cada iteración se obtenga un producto funcional que debe ser mostrado al cliente y previamente probado para incrementar la visión de los desarrolladores y clientes de posibles cambios. En el presente capítulo se detallan las dos iteraciones llevadas a cabo durante la construcción de la herramienta, además se exponen las tarjetas Clase, Responsabilidad y Colaboración (CRC) y las tareas generadas por cada HU de las que definen las funcionalidades. Por último, se le realizan las pruebas pertinentes al producto final, verificando de forma unitaria las funcionalidades de la herramienta, y validando junto al usuario final la solución desarrollada a fin de contar con todas las evidencias que garanticen el cumplimiento en alcance, funcionalidad y calidad que el cliente espera.

### **3.2 Diseño del sistema**

La metodología XP sugiere que se deben obtener diseños simples y sencillos mediante las tarjetas CRC. El desarrollo debe ser lo menos complicado posible para conseguir un diseño agradable y de fácil interacción que permita la validez de los principios de una aplicación de escritorio.

#### **Tarjetas Clase, Responsabilidad y Colaboración**

La tarjeta CRC es una técnica de modelado orientado a objetos que permite identificar las clases y sus responsabilidades. El nombre de la clase se coloca en forma de título en la tarjeta, en la parte izquierda las funcionalidades (responsabilidades) y en la parte derecha las clases que se implican en cada funcionalidad (colaboración). A continuación se muestra la plantilla que corresponde a las tarjetas CRC, las que permitieron definir y simular los escenarios que garantizan el buen funcionamiento del diseño y las mismas se describen en los anexos (ver anexo 2):

Nombre de la clase	
Responsabilidad	Colaboración

**Tabla 9.** Tarjeta CRC.

### 3.3 Modelo de datos

A pesar de que la metodología utilizada no define ningún artefacto del proceso de desarrollo para visualizar el progreso de la herramienta, algunos autores encuentran útil mantener algunos artefactos, siempre y cuando el tiempo dedicado a mantenerlos sea mucho menor que el tiempo dedicado al desarrollo. Bajo estos criterios se decide mantener un diagrama que puede ser útil para una mejor comprensión del funcionamiento de la herramienta: el modelo de datos.

Una base de datos es un almacén que permite guardar una serie de datos organizados y relacionados entre sí, los cuales son recolectados y explotados, de forma organizada. La figura muestra el modelo de datos correspondiente a la base de datos de la herramienta propuesta. Para ver las tablas con más detalles ver anexo 6.

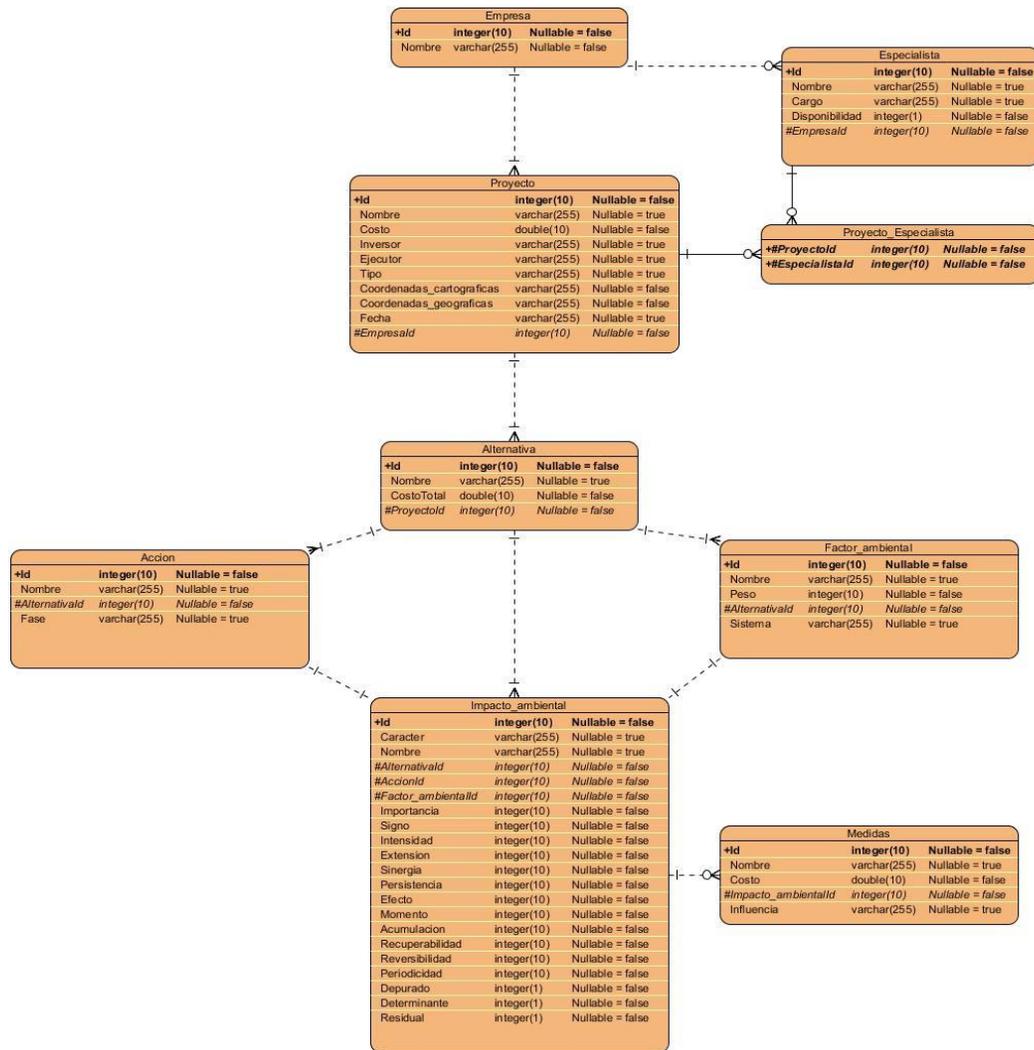


Figura 6. Modelo de Datos.

### 3.4 Fase de implementación

En esta fase se realiza la implementación de las HU que definen las funcionalidades que fueron seleccionadas por cada iteración. Al inicio se lleva a cabo un chequeo del plan de iteraciones por si es necesario realizar modificaciones. Como parte de este plan se crean tareas de ingeniería para ayudar a organizar la implementación exitosa de las HU.

#### 3.4.1 Estándares de codificación

El uso de estándares o reglas de codificación al comenzar la implementación del sistema, trae para el producto final muchos beneficios. XP enfatiza la comunicación de los programadores a través del código, con lo cual es indispensable que se sigan ciertos estándares de programación. (43)

Los estándares de codificación son pautas de programación que no están enfocadas a la lógica del programa, sino a su estructura y apariencia física para facilitar la lectura, comprensión y mantenimiento del código. Mejoran la legibilidad del código. (44) Permiten que otras personas puedan colaborar con facilidad, en consecuencia el mantenimiento es menos complejo.

Java tiene definido un conjunto de buenas prácticas para el código, a continuación se mencionan algunas de las utilizadas durante la fase de implementación de la herramienta:

Organización de ficheros: las clases se agrupan en paquetes. Estos paquetes se organizan de manera jerárquica.

Fichero fuente Java (.java): cada fichero fuente contiene una única clase o interfaz pública. El nombre del fichero coincide con el nombre de la clase.

Sentencias de paquete: la primera línea no comentada de un fichero fuente es la sentencia de paquete, que indica el paquete al que pertenece la clase incluida en el fichero fuente.

Sentencias de importación: tras la declaración del paquete se incluyen las sentencias de importación de los paquetes necesarios.

Sangría: como norma general se establecen 4 caracteres como unidad de sangría.

Comentarios de implementación: estos comentarios se utilizan para describir el código ("el cómo"), y en ellos se incluye información relacionada con la implementación.

Una declaración por línea: se hace uso de una declaración por línea, promoviendo así el uso de comentarios.

Inicialización: toda variable local es inicializada en el momento de su declaración, salvo que su valor inicial dependa de algún valor que tenga que ser calculado previamente.

Declaración de clases / interfaces: durante la implementación de las clases o interfaces se siguen las siguientes reglas de formateo:

- No incluir ningún espacio entre el nombre del método y el paréntesis inicial del listado de parámetros.
- El carácter inicio de bloque ("{"") debe aparecer al final de la línea que contiene la sentencia de declaración.

- El carácter fin de bloque ("}") se sitúa en una nueva línea tabulada al mismo nivel que su correspondiente sentencia de inicio de bloque, excepto cuando la sentencia sea nula, en tal caso se situará detrás de "{".
- Los métodos se separarán entre sí mediante una línea en blanco.

Sentencias: cada línea contiene como máximo una sentencia.

Espacios en blanco: las líneas y espacios en blanco se usan para mejorar la legibilidad del código permitiendo identificar las secciones de código relacionadas lógicamente.

Nomenclatura de identificadores

-Paquetes: se escriben siempre en letras minúsculas para evitar que entren en conflicto con los nombres de clases o interfaces.

-Clases e interfaces: los nombres de clases son sustantivos y tienen la primera letra en mayúscula.

-Métodos: los métodos son verbos escritos en minúsculas. Cuando el método está compuesto por varias palabras cada una de ellas tiene la primera letra en mayúscula.

-Variables: las variables se escriben siempre en minúscula. Las variables compuestas tienen la primera letra de cada palabra componente en mayúscula.

### 3.4.2 Tareas de ingeniería por iteraciones

Cada HU como funcionalidad de la aplicación está compuesta por una o varias tareas de ingeniería, éstas no son más que pasos lógicos a seguir por el programador para realizar la implementación de una HU. A continuación se detallan para cada una de las iteraciones las tareas a desarrollar por cada HU.

Iteración 1:

En esta iteración se implementan las HU que conforman la estructura básica de la herramienta. A partir de ellas se realizan las demás funcionalidades requeridas por la aplicación.

Módulos	Historias de Usuario	Tiempo de Implementación (Semana)	
		Estimación	Real
Especialista	Gestionar especialista	1	1

Proyecto	Gestionar proyecto	2	2
Alternativa	Gestionar alternativa de un proyecto	2	2
Acción	Gestionar acción	1	1
Factor	Gestionar factor ambiental	1	1
Impacto	Gestionar impacto ambiental	2	1

**Tabla 10.** Tiempo real de implementación por módulo (iteración 1).

Historias de Usuario	Tareas de ingeniería por HU
Gestionar especialista	Agregar especialista Modificar especialista Eliminar especialista Ver especialistas
Gestionar proyecto	Crear proyecto Modificar proyecto Eliminar proyecto Ver proyecto Buscar proyecto
Gestionar alternativa de un proyecto	Crear alternativa de un proyecto Modificar alternativa de un proyecto Eliminar alternativa de un proyecto Ver alternativa de un proyecto Duplicar alternativa de un proyecto

Gestionar acción	Crear acción Modificar acción Eliminar acción
Gestionar factor ambiental	Crear factor ambiental Modificar factor ambiental Eliminar factor ambiental
Gestionar impacto ambiental	Crear impacto ambiental Modificar impacto ambiental Eliminar impacto ambiental

**Tabla 11.** Tareas de ingeniería por historias de usuario (iteración 1).

Iteración 2:

En esta iteración se implementan las restantes HU requeridas por la herramienta.

Módulos	Historias de Usuario	Tiempo de Implementación (Semana)	
		Estimación	Real
Valoraciones	Valorar cualitativamente los impactos ambientales	1	1
	Depurar el conjunto de impactos	1	1
	Valorar relativamente los impactos ambientales	1	1
	Valorar absolutamente los impactos ambientales	1	1
Medidas	Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los	1	1

	impactos ambientales negativos		
Alternativa	Realizar análisis costo-beneficio.	2	2
General	Valorar proyecto	2	1
	Mostrar reportes	1	1
	Generar informe del proyecto	2	1

**Tabla 12.** Tiempo real de implementación por módulo (iteración 2).

Historias de Usuario	Tareas de ingeniería por HU
Valorar cualitativamente los impactos ambientales	Valorar cualitativamente los impactos ambientales
Depurar el conjunto de impactos	Depurar el conjunto de impactos
Valorar relativamente los impactos ambientales	Valorar relativamente los impactos ambientales
Valorar absolutamente los impactos ambientales	Valorar absolutamente los impactos ambientales
Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos	Crear medidas Modificar medidas Eliminar medidas
Realizar análisis costo-beneficio.	Realizar análisis costo-beneficio.
Valorar proyecto	Valorar proyecto
Mostrar reportes	Mostrar reportes
Generar informe del proyecto	Generar informe del proyecto

**Tabla 13.** Tareas de ingeniería por HU (iteración 2).

A continuación se muestra la plantilla que describe las tareas de ingeniería y las mismas se describen en los anexos (ver anexo 3):

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> <i>número de la tarea</i>	<b>Número de HU:</b> <i>número de la HU asociada a la tarea.</i>
<b>Nombre Tarea:</b> <i>nombre de la tarea</i>	
<b>Tipo de Tarea:</b> <i>tipología de la tarea</i>	<b>Puntos Estimados:</b> <i>tiempo estimado de duración de la tarea.</i>
<b>Fecha Inicio:</b> <i>fecha de inicio de la tarea</i>	<b>Fecha Fin:</b> <i>fecha final de la tarea</i>
<b>Programador Responsable:</b> <i>nombre de los programadores responsables de realizar la tarea.</i>	
<b>Descripción:</b> <i>breve descripción de la tarea en cuestión.</i>	

**Tabla 14.** Representación de una Tarea de Ingeniería.

### 3.4.3 Reseña de la implementación

La implementación de la herramienta comenzó con el diseño de la base de datos que se encarga de guardar los datos persistentes de los estudios de impactos, luego de haber diseñado cada una de las entidades que se verán presente y sus atributos correspondientes, se generaron las tablas de la base de datos, a través del driver para conectar la base de datos SQLite con Java: "sqlite-jdbc.jar". A partir de aquí se fueron creando cada una de las clases del paquete "Modelo" que representan a cada tabla de la base de datos con sus respectivos atributos. Definiéndose de manera general la siguiente relación entre ellas: la clase principal (Empresa.java) tendrá el control de cada uno de los proyectos (estudios de impactos) que se realizan, representados por la clase Proyecto.java y del conjunto de especialistas, representados por la clase Especialista.java; a su vez la clase Proyecto.java mantiene el control de cada una de las alternativas que conforman un estudio, representadas por la clase Alternativa.java, esta se encarga de almacenar las acciones de realización de un proyecto, representadas por la clase Accion.java y los factores del medio ambiente que se ven afectados por dichas acciones, representados por la clase Factorambiental.java, así como los impactos ambientales que surgen de la relación de una acción y un factor, dichos impactos son representados por la clase Impactoambiental.java. Los impactos

contienen una lista de medidas que lo corrigen representadas por la clase Medidas.java. Luego de haber definido los atributos de cada clase se fueron implementando las funcionalidades principales encargadas de crear y modificar cada entidad, además de las funcionalidades que dan solución a las necesidades del cliente.

Durante todo este proceso se hizo necesario el uso de algunas bibliotecas o librerías disponibles para el lenguaje utilizado (Java) que facilitaron el trabajo y disminuyeron el tiempo de desarrollo. Fue utilizada la librería “jcalendar.jar” para el trabajo y la manipulación de las fechas en el caso de la fecha de realización de los estudios de impactos. Además se utilizó la librería “iText.jar” mediante la que se exporta a un documento en formato PDF (*portable document format*, en español formato de documento portátil) toda la información definida por el cliente para conformar un informe de estudio de impactos ambientales.

Además fueron utilizadas algunas estructuras de datos del lenguaje que ayudaron a modelar los datos de una manera más fácil y cómoda; entre ellas se utilizó la lista para guardar varios objetos de una clase, por ejemplo en la clase empresa que contiene todos los proyectos que se realizan en la empresa y el conjunto de especialistas que laboran en ella, los proyectos contienen una serie de impactos y los impactos un conjunto de medidas que lo corrigen. Otra estructura de datos utilizada fue el árbol, permitiendo modelar el conjunto de acciones que contiene un estudio de impactos, dividido por las fases del proyecto, para ellos fue utilizado un árbol de dos niveles donde en un primer nivel se encuentran las fases del proyecto y en el segundo nivel las acciones que lo conforman; además se utilizó en el conjunto de factores del medio ambiente que se ven afectados por las acciones de proyecto, donde en un primer nivel están los subsistemas del medio ambiente que engloban a dichos factores en un segundo nivel según pertenezcan. De esta manera el usuario puede observar la información referente a las acciones y los factores de una forma más organizada.

Luego de haber modelado todas las clases entidades, fueron implementadas cada una de las vistas siguiendo los prototipos mostrados al cliente con anterioridad y fueron agrupadas en el paquete “Vista”. Mediante estas clases se muestra la interfaz visual con que interactuará el cliente, en ellas se implementaron las validaciones necesarias para hacer que el usuario haga entradas de datos correctos y no viole pasos en el proceso de evaluación de impactos, manteniendo una comunicación mediante mensajes de alerta, error y éxito.

La generación de las clases controladoras a partir de las clases del Modelo, fue el próximo paso en la implementación. Fueron agrupadas en un paquete llamado “Control”, se obtuvo una clase controladora por cada clase entidad, mediante ellas las entidades se comunican con la base de datos, estas clases

son las encargadas de crear, modificar y eliminar los datos existentes en la base de datos a través de la API utilizada (JPA) y su implementación “Eclipselink”, para ello fueron utilizadas las clases: Persistence que contiene métodos estáticos de ayuda para obtener una instancia de la clase EntityManagerFactory, esta última ayuda a crear objetos de la clase EntityManager utilizando el patrón de diseño Factory (fábrica), EntityManager es la interfaz principal de JPA utilizada para la persistencia de las aplicaciones, cada EntityManager puede realizar operaciones CRUD (*Create, Read, Update, Delete*; en español Crear, Cargar, Actualizar, Eliminar) sobre un conjunto de objetos persistentes; la clase Entity es una anotación Java que se coloca a nivel de clases Java serializables donde cada objeto de una de estas clases anotadas representa un registro de la base de datos.

A medida que se fueron haciendo las entregas se fueron haciendo modificaciones a la herramienta adaptándola a los nuevos requerimientos y necesidades del cliente logrando así un producto final con la funcionalidad y calidad esperada.

### **3.5 Fase de Pruebas**

En XP uno de los pilares más importantes es el proceso de pruebas, en el cual los desarrolladores prueban tanto como sea posible. Mediante esta filosofía se reduce el número de errores no detectados, así como el tiempo de introducción de éste en el sistema y su detección. Todo esto permite una mejor calidad en los productos desarrollados y la seguridad de los programadores a la hora de introducir algún cambio o modificación en el sistema. (45)

La metodología XP divide las pruebas en dos grupos: las pruebas unitarias, que son realizadas por los programadores, encargadas de verificar el código y las pruebas de aceptación, destinadas a verificar si al final de cada iteración se obtuvo la funcionalidad que se requiere, además de comprobar que dicha funcionalidad haga lo que el cliente quiere.

#### **3.5.1 Pruebas unitarias**

Las pruebas unitarias o también llamadas pruebas de caja blanca se basan en realizar pruebas al código del sistema. Para llevar a cabo esta tarea se comprueban los caminos lógicos de la aplicación mediante casos de prueba, que pongan a prueba los algoritmos implementados. Las pruebas unitarias no se le pueden realizar a todo el código de la aplicación, ya que el número de caminos lógicos puede llegar a crecer de manera exponencial lo cual imposibilita realizar casos de pruebas para todos estos caminos y mucho menos procesarlos todos. (46) Por este motivo las pruebas de caja blanca se realizan a los principales algoritmos o procedimientos.

Uno de los métodos o técnicas de prueba unitarias, es la prueba del camino básico. Esta técnica permite obtener una medida de la complejidad de un procedimiento o algoritmo y un conjunto básico de caminos de ejecución de este, los cuales luego se utilizan para obtener los casos de prueba.

Esta técnica será la utilizada para desarrollar los casos de pruebas unitarias de la herramienta desarrollada. De igual manera existen varias métricas de *software* para realizar pruebas unitarias, entre estas se encuentra la complejidad ciclomática, la cual será utilizada junto a la técnica explicada anteriormente. Esta métrica proporciona una medición cuantitativa de la complejidad lógica de un procedimiento.

La complejidad ciclomática cuando se utiliza en el contexto del método de prueba del camino básico, el valor que se calcula como complejidad ciclomática define el número de caminos independientes dentro de un fragmento de código y determina la cota superior del número de pruebas que se deben realizar para asegurar que se ejecuta cada sentencia al menos una vez. (42)

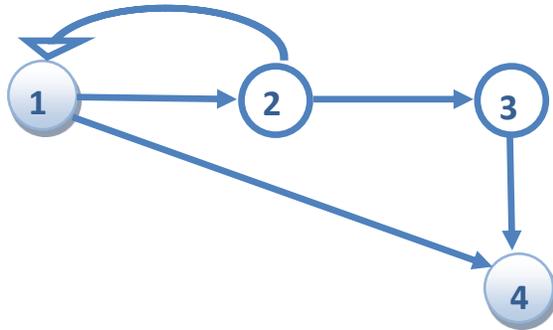
Para realizar las pruebas unitarias existen distintas herramientas, en específico para las pruebas al código en lenguaje Java existe JUnit, un framework utilizado para automatizar las pruebas; permitiendo que el esfuerzo y el trabajo en la fase de pruebas se reduzca.

A continuación se explica, mediante un ejemplo, todo el procedimiento que se siguió para obtener los casos de prueba utilizando la técnica del camino básico junto con la métrica complejidad ciclomática.

Este algoritmo lleva como nombre “existeAlternativa”, y tiene como finalidad buscar en la lista de alternativas de un proyecto determinado, si existe una alternativa cuyo nombre coincida con el que recibe por parámetro.

```
public boolean existeAlternativa(String nombre) {  
    boolean ok = false; // 1  
    for (int i = 0; i < alternativaList.size(); i++) { // 1  
        Alternativa get = alternativaList.get(i); // 2  
        if (get.getNombre().equals(nombre)) { // 2  
            ok = true; // 3  
            break; // 3  
        }  
    }  
    return ok; } // 4
```

A partir del algoritmo, se dibuja el grafo de flujo asociado.



**Figura 7.** Grafo de flujo de la funcionalidad “existeAlternativa”.

Luego se determina la complejidad ciclomática  $V(G)$  del grafo resultante  $G$ , para esto se utiliza la siguiente fórmula:

- $V(G) = A - N + 2$

Donde:  $A$  es el número de aristas del grafo y  $N$  es el número de nodos.

$$V(G) = A - N + 2$$

$$V(G) = 5 - 4 + 2$$

$$V(G) = 3$$

El número de caminos independientes de la estructura del programa es igual a 3, y los caminos independientes son:

**Camino 1:** 1,2,3,4

**Camino 2:** 1,2,1,4

**Camino 3:** 1,4

Luego se definen 3 casos de prueba para el código del algoritmo, uno para cada camino. Para realizar estos casos de prueba se utilizó la siguiente plantilla. Para ver los casos de prueba realizados al ejemplo ver anexo 4.

Caso de prueba unitaria
<b>Camino:</b> <i>nombre</i>

<b>Caso de prueba:</b> <i>nombre</i>
<b>Entrada:</b> <i>descripción textual de lo que ocurre en el mundo real que hace necesario ejecutar el caso de prueba, precisando la data de entrada y los comandos a dar por el actor. Descripción textual del estado de la información almacenada</i>
<b>Resultado:</b> <i>descripción textual del estado en el que queda la información y las alertas que puedan generarse, una vez ejecutado el caso de uso con los valores y el estado especificado en la entrada</i>
<b>Condiciones:</b> <i>condiciones que deben cumplirse mientras se ejecuta el caso de prueba</i>

**Tabla 15.** Representación de caso de prueba unitaria.

### 3.5.2 Pruebas de aceptación

Las pruebas de aceptación son un tipo de prueba de caja negra orientadas a evaluar las distintas tareas en las que ha sido dividida una HU. Para asegurar el funcionamiento final de una determinada historia los test son creados y usados por los clientes para comprobar que éstas cumplen su cometido.

Un relato de usuario puede tener una o varias pruebas de aceptación y no está completo hasta no haberlas pasado todas. El cliente es el máximo responsable de verificar cada una de las pruebas y de priorizar la corrección de las pruebas fallidas.

La utilización de estas pruebas fue de vital importancia en el proceso de desarrollo ya que permitió a los programadores tener una idea más clara e inequívoca de la calidad del trabajo, a la vez se garantizó la entrega de un producto en elevada correspondencia con las necesidades del usuario final.

Seguidamente se muestra la plantilla de caso de prueba de aceptación definida por el cliente:

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> <i>código que identifica la prueba.</i>	<b>Historia de Usuario:</b> <i>número de la historia de usuario relacionada con la prueba que se realiza.</i>
<b>Nombre:</b> <i>definición de la prueba que se realiza.</i>	

<b>Descripción:</b> <i>breve descripción del objetivo con que se realiza la prueba.</i>
<b>Condiciones de Ejecución:</b> <i>condiciones que deben satisfacerse para que pueda realizarse la prueba.</i>
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> <i>se describen los pasos de ejecución de la prueba en cuestión.</i>
<b>Resultado Esperado:</b> <i>proporciona las expectativas ideales para las cuales fue pensada la prueba.</i>
<b>Evaluación de la Prueba:</b> <i>calificación que recibe la prueba de acuerdo con los resultados obtenidos.</i>

**Tabla 16.** Representación de caso de prueba aceptación.

Iteración 1

Para la primera iteración se realizaron 22 casos de pruebas de aceptación, identificando 5 no conformidades, 3 no significativas y dos significativas. Debido a la complejidad mínima de éstas, fueron todas resueltas y no quedaron casos de pruebas pendientes para la siguiente iteración.

Iteración 2

Para esta iteración se realizaron 7 casos de pruebas de aceptación, identificando 3 no conformidades, de ellas 2 son significativas y 1 no significativa. Estas tres no conformidades se solucionaron dando fin al proceso de pruebas de aceptación y obteniendo resultados satisfactorios.

Las no conformidades, no significativas, se centraron en errores ortográficos como: omisiones de tildes, paréntesis, cambio de mayúscula por minúscula y aceptar letras donde se esperaban valores numéricos, y las significativas, en errores de validación y cambios en el diseño.

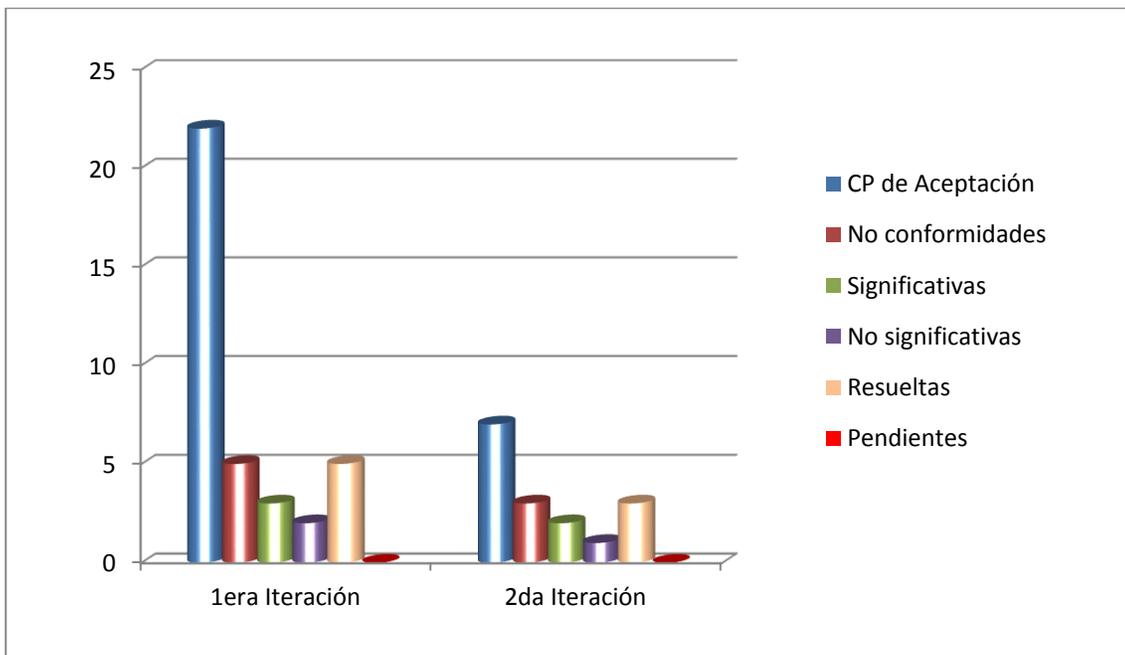
En la sección correspondiente a los anexos se muestran los casos de pruebas de aceptación realizados (ver anexo 5).

**Resultados de las pruebas de aceptación**

	<b>Iteración 1</b>	<b>Iteración 2</b>
<b>CP de Aceptación</b>	22	7

<b>No conformidades</b>	5	3
<b>Significativas</b>	3	2
<b>No significativas</b>	2	1
<b>Resueltas</b>	5	3
<b>Pendientes</b>	0	0

**Tabla 17.** Resultado de las pruebas de aceptación.



**Figura 8.** Resultado de las pruebas de aceptación.

### 3.5.3 Pruebas de validez

Luego de haber realizado las pruebas que define la metodología de desarrollo de *software* seleccionada, se decide además, acorde a las peticiones del cliente y del equipo de desarrollo, realizar pruebas con estudios reales. El objetivo principal de este tipo de pruebas es garantizarle al cliente un producto terminado que posea como principal característica la confiabilidad.

Según los estudios que llevan a cabo las consultorías de la ENIA actualmente, solo fue posible comprobar una parte del funcionamiento de la herramienta (la evaluación cualitativa de los impactos). La situación actual que presenta el cliente, descrita al principio de la investigación, no brinda los datos

necesarios para comprobar los resultados arrojados por la herramienta en cuanto al análisis costo-beneficio y la valoración de las alternativas. Por lo que el cliente asume el correcto funcionamiento del sistema en ese aspecto mientras carezca de dicha información.

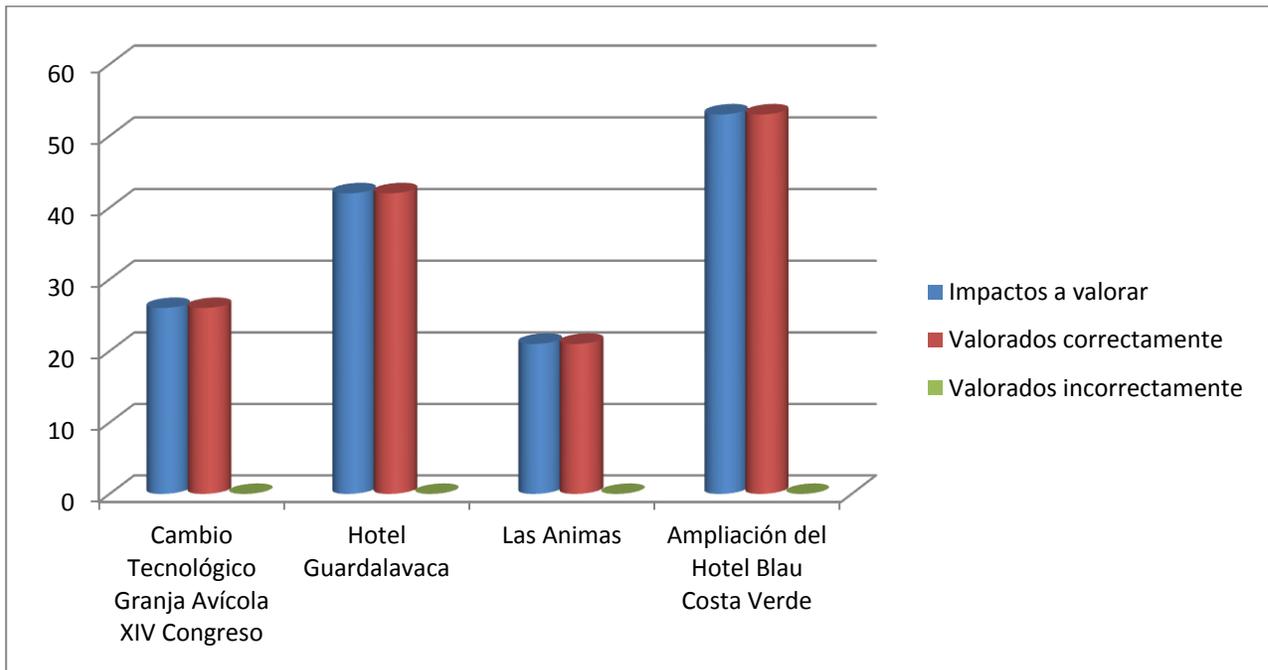
Fueron probados los siguientes estudios:

- Cambio Tecnológico Granja Avícola XIV Congreso, Consolación del Sur, Pinar del Río.
- Hotel Guardalavaca, Holguín.
- Las Animas, Guáimaro, Camagüey.
- Ampliación del Hotel Blau Costa Verde, Rafael Freyre, Holguín.

Arrojándose los siguientes resultados:

<b>Estudios</b>	<b>Impactos a valorar</b>	<b>Valorados correctamente</b>	<b>Valorados incorrectamente</b>
<b>Cambio Tecnológico Granja Avícola XIV Congreso</b>	26	26	0
<b>Hotel Guardalavaca</b>	42	42	0
<b>Las Animas</b>	21	21	0
<b>Ampliación del Hotel Blau Costa Verde</b>	53	53	0

**Tabla 18.** Resultado de las pruebas de validez.



**Figura 9.** Resultado de las pruebas de validez.

### 3.6 Conclusiones parciales

En el presente capítulo se abordó sobre la fase de diseño de la herramienta donde se crearon 7 tarjetas CRC, las cuales brindaron claridad en aspectos como las principales funcionalidades que presentan las clases así como la relación existente entre ellas. Se hace alusión a las etapas de implementación y prueba de la herramienta en desarrollo, donde se realizaron 34 tareas de ingeniería para dar solución a las HU planteadas, así como el modelo de datos, y se describe el proceso de prueba, uno de los más importantes para garantizar el éxito de la aplicación, éste se llevó a cabo con el objetivo de brindarle al cliente un producto funcional que cumpla con sus necesidades especificadas.

Con el fin del capítulo se da por terminada la propuesta de solución relacionada al desarrollo de la herramienta, inherente al trabajo de diploma: "Herramienta de evaluación cualitativa de impactos ambientales para la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas".

## **CONCLUSIONES GENERALES**

Con el fin de esta investigación se cierra un período de desafíos y gratitudes asociadas a la superación de un número importante de insatisfacciones, las que dificultaban el trabajo de las consultorías de la ENIA. Logrando así dar cumplimiento a los objetivos planteados al comienzo de la misma, arribando a las siguientes conclusiones:

- Se obtuvo un conocimiento sobre la situación y las tendencias de las herramientas para la evaluación de impactos ambientales, permitiendo así encontrar una solución al problema planteado.
- Se desarrolló una herramienta que resuelve las limitantes que presentan las consultorías de la ENIA con respecto a la evaluación de impactos ambientales, capaz de apoyar la selección de la alternativa más sostenible del proyecto.
- Se realizaron una serie de pruebas que comprobaron la funcionalidad y calidad de la solución propuesta.

Además:

- Se logró demostrar la importancia de una herramienta capaz de agilizar el proceso de evaluación cualitativa de impactos ambientales, realizado de forma manual.

El uso de la metodología XP para guiar el proceso de desarrollo de la herramienta y los artefactos generados en cada una de sus fases propició una mayor comunicación entre el equipo de desarrollo y el cliente, logrando obtener un mejor funcionamiento de la herramienta y un cumplimiento de las necesidades del cliente. Por lo que se considera concluida la investigación y dados por cumplido todos los objetivos establecidos al comienzo de la misma.

## **RECOMENDACIONES**

Como resultado del proceso de investigación y desarrollo de la herramienta, han surgido ideas que serían recomendables tener en cuenta para su futuro perfeccionamiento, a continuación se enuncian cada una de ellas.

A los futuros desarrolladores que trabajen en la herramienta:

- Incorporar la evaluación cuantitativa de impactos ambientales para próximas versiones.
- Crearle una ayuda a la herramienta para facilitar su uso en próximos despliegues.

Al cliente:

- Realizar una investigación para determinar nuevas funcionalidades que se puedan agregar a la herramienta.
- Extender el uso de la aplicación a todas las entidades de la ENIA con el objetivo de reducir costos durante la prestación de este importante servicio así como mejorar la calidad del mismo en cada una de ellas.

A la Universidad de las Ciencias Informáticas:

- Usar este trabajo como material de estudio en la creación de alguna herramienta similar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Sarita's Blog. [En línea] 2004. [Citado el: 6 de diciembre de 2012.] <http://underclouds09.wordpress.com/category/medio-ambiente/>.
2. **Rodríguez Morales , Vilma, Bustamante Alfonso, Leticia y Mirabal Jean-Claude, Magdalena.** *La protección del medio ambiente y la salud, un desafío social y ético actual.* 2000.
3. **Pardo Buendía, M.** *La evaluación del impacto ambiental y social para el siglo XXI. Teorías, procesos, metodología.* España : Fundamentos, 2002.
4. **Urquiza, Anahí y Aliste, Enrique.** *Medio Ambiente y Sociedad: Conceptos, Metodologías y Experiencias de las Ciencias Sociales y Humanas.* s.l. : Ril, 2010.
5. **Hernández Solare, Liliana y Pardo Zigler, Alejandra.** *Ecología y Medio Ambiente.* 2010.
6. **Conesa Fernández-Vítora, Vicente.** *Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental, 3ra edición.* Madrid : Mundi-Prensa, 2000.
7. **Paz Palomino, Rocío.** Slideshare. [En línea] 2008. [Citado el: 6 de diciembre de 2012.] <http://www.slideshare.net./search/slideshow?searchfrom=header&q=Impacto+Ambiental>.
8. **Symonds, Argus.** *Construction and demolition waste management practices and their economic impacts.* 1999.
9. **Gómez Orea, Domingo.** *Evaluacion de Impacto Ambiental.* 2da. Madrid : Ediciones Mundi-Prensa, 2002.
10. **Maragall, Juan.** Simpple. [En línea] 2008. [Citado el: 6 de diciembre de 2012.] <http://www.simpple.com..>
11. **Caballero Duboy, Liudnet.** *Procedimiento para la identificación y evaluación de aspectos ambientales en organizaciones cubanas.* La Habana, 2012. Tesis de maestría en tecnologías de apoyo a la toma de decisiones, Instituto Superior Politecnico "José Antonio Echeverría" Facultad de Ingeniería Industrial.
12. Canaria. [En línea] 2000. [Citado el: 6 de diciembre de 2012.] <http://www.canarina.com>.
13. **Unzalu, Pilar.** *Guías Sectoriales de Ecodiseño. Materiales de Construcción.* s.l. : IHOBE, 2010.
14. **Garcia Leyton, Luis Alberto.** *Aplicación del Análisis Multicriterio en la Evaluación de Impactos Ambientales.* Barcelona, 2004. Tesis de Doctorado en Ingeniería Ambiental, Universidad Politécnica de Cataluña.
15. **Just, R., Hueth, D. y Schmitz, A.** *The Welfare Economics of Public Policy. A Practical Approach to Project Evaluation.* 2004.

16. **Centro de Estudios para el Desarrollo Económico; Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial.** *Evaluación Económica de Impactos Ambientales en Proyectos Sujetos a Licenciamiento Ambiental. Manual Técnico.* Colombia : s.n.
17. **Centro de Inspección y Control Ambiental, Ministerio de Ciencia Tecnología y Medio Ambiente.** Guías para la realización de las solicitudes de licencia ambiental y los estudios de impacto ambiental. La Habana : s.n., 2009.
18. **Romero, C.** *Teoría de la decisión multicriterio: Conceptos, técnicas y aplicaciones.* Madrid : Alianza Editorial S.A., 1993.
19. **Aragónés Beltrán, Pablo.** *Apuntes para la Toma de Decisiones en Proyectos.* España : Universidad de Valencia, 2010.
20. **Kruchten, Philippe.** *Rational Unified Process, An Introduction, 3rd Edition.* 2003.
21. **Escribano, G. F.** DSI.UCLM. [En línea] 2002. [Citado el: 23 de octubre de 2010.] <http://www.dsi.uclm.es/asignaturas/42551/trabajosAnteriores/Presentacion-XP.pdf>.
22. **Escrivà Cantó, Carles , y otros, y otros.** *Análisis y Especificación de Sistemas Multimedia.* s.l. : AESMcooking, 2012.
23. Diseño y Desarrollos. [En línea] 2009. [Citado el: 14 de junio de 2013.] <http://www.buyto.es/general-diseno-web/diferencias-entre-aplicaciones-web-y-aplicaciones-desktop>.
24. **Rumbaugh, James, Jacobson, Ivar y Booch, Grady.** *El lenguaje Unificado de Modelado. Manual de Referencia.* Madrid : Pearson Educacion S.A., 2006.
25. Visual Paradigm. [En línea] 2010. [Citado el: 13 de enero de 2011.] [http://www.visual\\_paradigm.com/product/](http://www.visual_paradigm.com/product/).
26. *Sistema Gestor de Procesos de media v2.* **Sosa, Raydel Raúl y Roquero Figueroa, Alexander.** 7, La Habana : Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas, 2012, Vol. 5.
27. Lenguaje de programación. [En línea] <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2007/05/05/lenguajes-de-programacion/>.
28. **García de Jalón, Javier, y otros, y otros.** *Aprenda Java como si estuviera en primero.* San Sebastián : s.n., 2000.
29. Sitio oficial de Eclipse. [En línea] 2004. [Citado el: 20 de febrero de 2013.] <http://help.eclipse.org/juno/index.jsp>.
30. Sitio Oficial de NetBeans. [En línea] 2012. [Citado el: 15 de enero de 2013.] [http://netbeans.org/index\\_es.html](http://netbeans.org/index_es.html).
31. Desarrollo Web. [En línea] 1999. [Citado el: 1 de marzo de 2013.] <http://www.desarrolloweb.com/articulos/sistemas-gestores-bases-datos.html>.

32. Página de SQLite. [En línea] [Citado el: 4 de marzo de 2013.] <http://www.sqlite.org/about.html>.
33. Java™ Platform Standard Ed. 7. [En línea] 1993. [Citado el: 4 de abril de 2013.] <http://docs.oracle.com/javase/7/docs/api/>.
34. **Letelier, Patricio y Penadés, María Carmen.** *Metodologías ágiles para el desarrollo de software: Extreme Programming*. Valencia : Universidad Politécnica, 2006.
35. **Fowler, M.** designDead. Is Design Dead? [En línea] 2001. [Citado el: 17 de mayo de 2013.] <http://www.martinfowler.com/articles/designDead.html>.
36. Scribd. [En línea] 2007. [Citado el: 25 de abril de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/34279909/Puntos-Examen-Patrones-Arquitectonicos-Secc01>.
37. **Bascón Pantoja, Ernesto.** El patrón de diseño Modelo Vista Controlador (MVC) y su implementación en Java Swing. s.l. : Acta Nova, 2004. Vol. 2.
38. Scribd. [En línea] 2007. [Citado el: 24 de abril de 2013.] <http://es.scribd.com/doc/27239031/PATRONES-DE-DISENO>.
39. Introducción a la Arquitectura de Software. [En línea] 2003 - 2008. [Citado el: 25 de abril de 2013.] <http://www.willydev.net/InsiteCreation/v1.0/WillyCrawler/2008.05.01.Articulo.Introduccion%20a%20la%20arquitectura%20de%20Soft.pdf>.
40. El Mundo Informático. [En línea] 2006. [Citado el: 25 de abril de 2013.] <http://jorgesaavedra.wordpress.com/2006/08/17/patrones-grasp-craig-larman>.
41. U-cursos. [En línea] 2011. [Citado el: 29 de abril de 2013.] [https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/1/CC61J/1/material\\_docente/previsualizar?id\\_material=368981](https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2011/1/CC61J/1/material_docente/previsualizar?id_material=368981).
42. **Pressman, R. S.** *Ingeniería del Software. Un enfoque práctico*. 5ta. 2002.
43. **Hommel, Scott.** *Convenciones de Código para el lenguaje de programación*. 1999.
44. Ingeniería. [En línea] [Citado el: 28 de mayo de 2013.] <http://ingenieria.uatx.mx/marva/files/2011/02/CODIFICACION.pdf>.
45. Informática Jurídica. [En línea] 2011. [Citado el: 30 de mayo de 2013.] [http://www.informatica-juridica.com/trabajos/Ayuda\\_en\\_linea\\_para\\_el\\_Sistema\\_Sentai\\_Corporacion\\_importadores\\_exportadores\\_Cuba\\_Cimex.asp](http://www.informatica-juridica.com/trabajos/Ayuda_en_linea_para_el_Sistema_Sentai_Corporacion_importadores_exportadores_Cuba_Cimex.asp).
46. Extreme Testing. [En línea] 1999. [Citado el: 22 de marzo de 2013.] [http://www.xprogramming.com/publications/SP99 Extreme for Web.pdf](http://www.xprogramming.com/publications/SP99%20Extreme%20for%20Web.pdf).

## BIBLIOGRAFÍA

1. Mis Respuestas.com. [En línea] 2005. [Citado el: 7 de diciembre de 2012.] <http://www.misrespuestas.com/que-es-el-medio-ambiente.html>
2. Libro Electrónico: Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. [En línea] 2002. [Citado el: 7 de diciembre de 2012] <http://www.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/15HombAmb/150ImpAmb.htm>.
3. **Leopold, L. B.; Clarke, F. E.; Hanshaw, B. B. and Balsley, J. R.** A procedure for Evaluating Enviromental Impact. Geological Survey Circular 645. Washington, D. C. 1971.
4. Metodología XP. [En línea]. [Citado el: 3 de junio de 2013.] <https://sites.google.com/site/xpmetodologia/conclusiones>
5. Tufunción. [En línea]. [Citado el: 3 de junio de 2013.] <http://www.tufuncion.com/diferentes-lenguajes-programacion>
6. CODIGO PROGRAMACION. [En línea] 2010. [Citado el: 3 de junio de 2013.] <http://codigoprogramacion.com/java/47-introjava.html>
7. NETBEANS accesible. [En línea] 2012. [Citado el: 3 de junio de 2013.] <http://netbeansaccesible.blogspot.com/>
8. **Gómez-Senent, E., Chiner, M., Chiner, M.J.** PRES: Programa de Evaluación de Proyectos Sociales. VII Congreso Nacional de Ingeniería de Proyectos, Zaragoza. 1991.
9. **Gómez-Senent, E., Aragonés, Pastor, J.P.** Programa PRES II Multiexperto para la Ayuda a la Toma de Decisiones Multicriterio. Actas del III Congreso Internacional de Ingeniería de Proyectos, Sevilla. 1997.
10. monografías.com. [En línea] 2009. [Citado el: 26 de abril de 2013.] <http://www.monografias.com/trabajos51/programacion-extrema/programacion-extrema2.shtml>
11. **Patricio Letelier, María Carmen Penadés.** Metodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP). Valencia: Universidad Politécnica, 2006.
12. **Fowler, M.** designDead. Is Design Dead? [En línea] 2001. [Citado el: 17 de 5 de 2013.] <http://www.martinfowler.com/articles/designDead.html>.

**Anexo 1: Historias de Usuario**

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 1	<b>Nombre:</b> Gestionar especialista.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Medio
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá agregar, modificar, eliminar o ver los especialistas de la empresa con los datos del mismo: nombre y cargo.	
<b>Observaciones:</b> Para modificar, eliminar o ver los especialistas éstos deben haberse creado con anterioridad. En caso contrario el sistema mostrará un aviso.	

**Tabla 1.** Representación de la Historia de Usuario No. 1.

<b>Historia de Usuario</b>	
<b>Número:</b> 2	<b>Nombre:</b> Gestionar proyecto.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Medio
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 2
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar, eliminar, ver o buscar un proyecto con todos sus datos referentes: nombre del proyecto, tipo de proyecto, inversionista, ejecutor, coordenadas, costo inicial, fecha y las alternativas del mismo.	
<b>Observaciones:</b> Para modificar, eliminar, ver o buscar un proyecto éste debe haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 2.** Representación de la Historia de Usuario No. 2.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 3	<b>Nombre:</b> Gestionar alternativa de un proyecto.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 2
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar, eliminar, ver o duplicar las alternativas de un proyecto con sus datos referentes: nombre, acciones, factores y sus impactos ambientales.	
<b>Observaciones:</b> Para agregar una alternativa a un proyecto éste debe haberse creado con anterioridad, y para modificar, eliminar, ver o duplicar una alternativa ésta debe haberse agregado con anterioridad.	

**Tabla 3.** Representación de la Historia de Usuario No. 3.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 4	<b>Nombre:</b> Gestionar acción.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Media
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar o eliminar las acciones de una alternativa con su dato referente: nombre.	
<b>Observaciones:</b> Para agregar una acción debe haberse creado con anterioridad la alternativa a la que pertenece, y para modificar o eliminar dicha acción debe haber sido creada con anterioridad.	

**Tabla 4.** Representación de la Historia de Usuario No. 4.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 5	<b>Nombre:</b> Gestionar factor ambiental.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Media
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar o eliminar un factor ambiental de una alternativa con sus datos referentes: nombre y peso.	
<b>Observaciones:</b> Para agregar un factor ambiental a una alternativa de un proyecto ésta debe haberse creado con anterioridad, y para modificar o eliminar dicho factor, debe haberse agregado con anterioridad.	

**Tabla 5.** Representación de la Historia de Usuario No. 5.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 6	<b>Nombre:</b> Gestionar impacto ambiental.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 1	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar o eliminar un impacto ambiental de una alternativa con sus datos referentes: nombre y atributos del mismo, para esto debe seleccionar un par acción-factor.	
<b>Observaciones:</b> Para agregarle un impacto ambiental a una alternativa de un proyecto ésta debe haberse creado con anterioridad, y para modificar o eliminar dicho impacto, debe haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 6.** Representación de la Historia de Usuario No. 6.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 7	<b>Nombre:</b> Valorar cualitativamente un impacto ambiental.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar cualitativamente un impacto, para esto deberá caracterizarlo atendiendo a una serie de atributos que lo identifican, los datos a introducir son: nombre y atributos calificativos.	
<b>Observaciones:</b>	

**Tabla 7.** Representación de la Historia de Usuario No. 7.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 8	<b>Nombre:</b> Depurar el conjunto de impactos.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá depurar los impactos, para esto se desechan los que tienen valores poco relevantes y los que tienen valores sumamente importantes atendiendo a un rango de importancia que introduce el especialista, además de los impactos de naturaleza intangible, quedando finalmente los impactos normales.	
<b>Observaciones:</b> Para depurar los impactos éstos deben haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 8.** Representación de la Historia de Usuario No. 8.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 9	<b>Nombre:</b> Valorar relativamente los impactos.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar relativamente los impactos, para esto se calcula la importancia total de los impactos con respecto al medio ambiente, esta valoración indica la participación del deterioro intrínseco de los factores en el deterioro total del medio.	
<b>Observaciones:</b> Para valorar relativamente los impactos éstos deben haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 9.** Representación de la Historia de Usuario No. 9.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 10	<b>Nombre:</b> Valorar absolutamente los impactos.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar absolutamente los impactos, para esto se calcula la importancia total de los impactos debido a la actuación del proyecto, esta valoración indica el deterioro total de los factores debido a la actuación del proyecto.	
<b>Observaciones:</b> Para valorar absolutamente los impactos éstos deben haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 10.** Representación de la Historia de Usuario No. 10.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 11	<b>Nombre:</b> Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de un impacto negativo.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear, modificar o eliminar las medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de un impacto negativo, los datos a introducir son: nombre, influencia en el impacto y el costo de la medida.	
<b>Observaciones:</b> Para agregar, modificar o eliminar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras a un impacto negativo, éste debe haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 11.** Representación de la Historia de Usuario No.11.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 12	<b>Nombre:</b> Realizar análisis costo-beneficio.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 2
<b>Descripción:</b> El usuario podrá realizarle el análisis costo-beneficio a una alternativa.	
<b>Observaciones:</b> Para realizar el análisis costo-beneficio de una alternativa ésta debe haberse creado con anterioridad y debe contener al menos un impacto positivo y otro negativo.	

**Tabla 12.** Representación de la Historia de Usuario No. 12.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 13	<b>Nombre:</b> Valorar proyecto.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar un proyecto, obteniendo la mejor alternativa de realización.	
<b>Observaciones:</b> Para valorar un proyecto éste debe haberse creado con anterioridad y debe contener al menos una alternativa.	

**Tabla 13.** Representación de la Historia de Usuario No. 13.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 14	<b>Nombre:</b> Mostrar reportes.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Media	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá obtener reportes de un proyecto, como: las acciones más agresivas sobre los factores del medio, los factores del medio más afectados debido a las acciones del proyecto, las acciones del proyecto que más deterioran el medio ambiente, los factores ambientales que más contribuyen al deterioro del entorno en que se localiza el proyecto, los impactos ambientales determinantes, los impactos ambientales residuales, los impactos ambientales depurados, los impactos ambientales beneficiosos, y los impactos ambientales por fases.	
<b>Observaciones:</b> Para mostrar un reporte de un proyecto éste debe haberse creado con anterioridad y debe contener al menos un impacto ambiental.	

**Tabla 14.** Representación de la Historia de Usuario No. 14.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 15	<b>Nombre:</b> Generar informe del proyecto.
<b>Usuario:</b> Especialista	
<b>Prioridad en Negocio:</b> Media	<b>Riesgo en Desarrollo:</b> Alto
<b>Iteración Asignada:</b> 2	<b>Puntos de Estimación:</b> 1
<b>Descripción:</b> El usuario podrá generar el informe de un proyecto, con todos sus datos referentes.	
<b>Observaciones:</b> Para generar el informe de un proyecto éste debe haberse creado con anterioridad.	

**Tabla 15.** Representación de la Historia de Usuario No. 15.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 16	<b>Nombre:</b> Apariencia.
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	
<b>Descripción:</b> El sistema contará con una interfaz sencilla y amigable, manteniendo el formato en las ventanas.	
<b>Observaciones:</b> Las etiquetas de los campos, mensajes de error y demás textos deben presentarse de forma similar. Las validaciones, en caso de error, se deben señalar mostrando un mensaje de error.	

**Tabla 16.** Representación de la Historia de Usuario No. 16.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 17	<b>Nombre:</b> Usabilidad.
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	
<b>Descripción:</b> El sistema debe ser fácil de usar por personas con conocimientos básicos de computación.	
<b>Observaciones:</b> El lenguaje debe ser lo más sencillo posible y cercano a los	

usuarios. Se evitarán tecnicismos y frases complejas. Se deben prevenir los errores ofreciendo formularios y menús con opciones cerradas.

**Tabla 17.** Representación de la Historia de Usuario No. 17.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 18	<b>Nombre:</b> Condiciones tecnológicas.
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	
<b>Descripción:</b> Garantizar que el acceso a la aplicación se realice desde máquinas con características óptimas y que posean las herramientas necesarias para ejecutarla.	
<b>Observaciones:</b> Las computadoras deben tener instalado la máquina virtual de Java en su versión 1.6.0.20 o superior. Según las limitaciones de la máquina virtual, los requerimientos mínimos son: procesador: Pentium 300MHz o superior, espacio libre en disco: 200MB, memoria RAM: 128MB o superior.	

**Tabla 18.** Representación de la Historia de Usuario No. 18.

Historia de Usuario	
<b>Número:</b> 19	<b>Nombre:</b> Legales.
<b>Prioridad en Negocio:</b> Alta	
<b>Descripción:</b> Usar herramientas de <i>software</i> libre bajo las licencias GNU/GPL.	

**Tabla 19.** Representación de la Historia de Usuario No. 19.

**Anexo 2: Tarjetas CRC**

<b>Clase: Especialista</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar especialista	-Empresa -Proyecto

**Tabla 1.** Tarjeta CRC Clase Especialista.

<b>Clase: Proyecto</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar proyecto -Generar informe	-Alternativa -Empresa -Especialista

**Tabla 2.** Tarjeta CRC Clase Proyecto.

<b>Clase: Alternativa</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar alternativa de un proyecto -Realizar análisis costo-beneficio	-Proyecto -Acción -Factor ambiental -Impacto ambiental -Medidas

**Tabla 3.** Tarjeta CRC Clase Alternativa.

<b>Clase: Acción</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar acción	-Alternativa -Impacto ambiental

**Tabla 4.** Tarjeta CRC Clase Acción.

<b>Clase: Factor ambiental</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar factor ambiental	-Alternativa -Impacto ambiental

**Tabla 5.** Tarjeta CRC Clase Factor ambiental.

<b>Clase: Impacto ambiental</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar impacto ambiental	-Alternativa
-Valorar cualitativamente los impactos ambientales	-Factor ambiental
-Depurar el conjunto de impactos	-Acción
-Valorar relativamente los impactos ambientales	-Medidas
-Valorar absolutamente los impactos ambientales	

**Tabla 6.** Tarjeta CRC Clase Impacto ambiental.

<b>Clase: Medidas</b>	
<b>Responsabilidad</b>	<b>Colaboración</b>
-Gestionar medidas correctoras, preventivas o mitigadoras de los impactos ambientales negativos	-Impacto ambiental

**Tabla 7.** Tarjeta CRC Clase Medidas.

### Anexo 3: Tareas de ingeniería

#### Iteración 1

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 1
<b>Nombre Tarea:</b> Agregar especialista	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 4/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 4/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá agregar un especialista con sus datos: nombre y cargo.	

**Tabla 1.** Tarea de ingeniería 1 del módulo Especialista.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 1
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar especialista	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 5/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 6/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar los datos de un especialista: nombre y cargo.	

**Tabla 2.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Especialista.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 1

<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar especialista	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 7/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 7/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar un especialista.	

**Tabla 3.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Especialista.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 4	<b>Número de HU:</b> 1
<b>Nombre Tarea:</b> Ver especialistas	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 8/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 8/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá ver todos los especialistas de la empresa.	

**Tabla 4.** Tarea de Ingeniería 4 del módulo Especialista.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 2
<b>Nombre Tarea:</b> Crear nuevo proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 11/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 12/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear un nuevo proyecto con todos sus datos referentes: nombre del proyecto, tipo de proyecto, inversionista, ejecutor,	

coordenadas, costo inicial, fecha y las alternativas del mismo.

**Tabla 5.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Proyecto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 2
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 13/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 14/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar los datos del proyecto: nombre del proyecto, tipo de proyecto, inversionista, ejecutor, coordenadas, costo inicial, fecha y las alternativas del mismo.	

**Tabla 6.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Proyecto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 2
<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 15/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 15/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar un proyecto ya existente.	

**Tabla 7.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Proyecto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 4	<b>Número de HU:</b> 2

<b>Nombre Tarea:</b> Ver proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 18/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 18/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá ver los datos de un proyecto: nombre del proyecto, tipo de proyecto, inversionista, ejecutor, coordenadas, costo inicial, fecha y las alternativas del mismo.	

**Tabla 8.** Tarea de Ingeniería 4 del módulo Proyecto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 5	<b>Número de HU:</b> 2
<b>Nombre Tarea:</b> Buscar proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.8
<b>Fecha Inicio:</b> 19/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 22/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá buscar un proyecto ya existente, para esto podrá filtrar la búsqueda del mismo por los campos: nombre del proyecto, tipo de proyecto y fecha.	

**Tabla 9.** Tarea de Ingeniería 5 del módulo Proyecto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 3
<b>Nombre Tarea:</b> Agregar alternativa a un proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 25/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 26/02/2013

<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear una alternativa de un proyecto con sus datos referentes: nombre, acciones, factores y los impactos ambientales de la misma.

**Tabla 10.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Alternativa.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 3
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 27/02/2013	<b>Fecha Fin:</b> 28/02/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar los datos de una alternativa de un proyecto: nombre, acciones, factores y los impactos ambientales de la misma.	

**Tabla 11.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Alternativa.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 3
<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 1/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 1/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar una alternativa de un proyecto.	

**Tabla 12.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Alternativa.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 4	<b>Número de HU:</b> 3
<b>Nombre Tarea:</b> Ver alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 4/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 5/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá ver los datos de una alternativa de un proyecto: nombre, acciones, factores y los impactos ambientales de la misma.	

**Tabla 13.** Tarea de Ingeniería 4 del módulo Alternativa.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 5	<b>Número de HU:</b> 3
<b>Nombre Tarea:</b> Duplicar alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.6
<b>Fecha Inicio:</b> 6/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 8/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá duplicar una alternativa de un proyecto, permitiéndole reutilizar sus datos: nombre, acciones, factores o impactos ambientales.	

**Tabla 14.** Tarea de Ingeniería 5 del módulo Alternativa.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 4
<b>Nombre Tarea:</b> Agregar acción a un alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4

<b>Fecha Inicio:</b> 11/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 12/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá agregarle una acción a una alternativa con su dato referente: nombre.	

**Tabla 15.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Acción.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 4
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar acción de una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 13/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 14/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar una acción de una alternativa con su dato referente: nombre.	

**Tabla 16.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Acción.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 4
<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar acción de una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 15/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 15/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar una acción de una alternativa.	

**Tabla 17.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Acción.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 5
<b>Nombre Tarea:</b> Agregar un factor ambiental a una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 18/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 19/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá agregarle un factor ambiental a una alternativa con sus datos referentes: nombre y peso.	

**Tabla 18.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Factor.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 5
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar factor ambiental de una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 20/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 21/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar un factor ambiental de una alternativa con sus datos referentes: nombre y peso.	

**Tabla 19.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Factor.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 5
<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar factor ambiental de una alternativa.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2

<b>Fecha Inicio:</b> 22/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 22/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar un factor ambiental de una alternativa.	

**Tabla 20.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Factor.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 6
<b>Nombre Tarea:</b> Agregar un impacto ambiental a una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 25/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 26/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá agregarle un impacto ambiental a una alternativa con sus datos referentes: nombre y atributos del mismo, para esto debe seleccionar un par acción-factor.	

**Tabla 21.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Impacto.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 6
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar un impacto ambiental de una alternativa	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 27/03/2013	<b>Fecha Fin:</b> 28/03/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar un impacto ambiental con sus datos referentes: nombre, atributos y el par acción-factor que lo compone.	

**Tabla 22.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Impacto.

Tarea de Ingeniería	
Número Tarea: 3	Número de HU: 6
Nombre Tarea: Eliminar un impacto ambiental de una alternativa.	
Tipo de Tarea : Desarrollo	Puntos Estimados: 0.2
Fecha Inicio: 29/03/2013	Fecha Fin: 29/03/2013
Programador Responsable: Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
Descripción: El usuario podrá eliminar un impacto ambiental.	

**Tabla 23.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Impacto.

## Iteración 2

Tarea de Ingeniería	
Número Tarea: 1	Número de HU: 7
Nombre Tarea: Valorar cualitativamente un impacto ambiental	
Tipo de Tarea : Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha Inicio: 1/04/2013	Fecha Fin: 5/04/2013
Programador Responsable: Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
Descripción: El usuario podrá valorar cualitativamente un impacto, para esto se calcula la importancia del mismo, que se realiza atendiendo a una serie de atributos que lo identifican, los datos a introducir son: nombre y atributos.	

**Tabla 24.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Valoraciones.

Tarea de Ingeniería	
Número Tarea: 2	Número de HU: 8
Nombre Tarea: Depurar el conjunto de impactos	

<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1
<b>Fecha Inicio:</b> 8/04/2013	<b>Fecha Fin:</b> 12/08/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá depurar los impactos, para esto se desechan los que tienen valores poco relevantes y los que tienen valores sumamente importantes atendiendo a un rango de importancia que introduce el especialista, además de los impactos de naturaleza intangible, quedando finalmente los impactos normales.	

**Tabla 25.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Valoraciones.

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 9
<b>Nombre Tarea:</b> Valorar relativamente los impactos	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1
<b>Fecha Inicio:</b> 15/04/2013	<b>Fecha Fin:</b> 19/04/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar relativamente los impactos, para esto se calcula la importancia total de los impactos con respecto al medio ambiente, esta valoración indica la participación del deterioro intrínseco de los factores en el deterioro total del medio.	

**Tabla 26.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Valoraciones.

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 4	<b>Número de HU:</b> 10
<b>Nombre Tarea:</b> Valorar absolutamente los impactos	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1

<b>Fecha Inicio:</b> 22/04/2013	<b>Fecha Fin:</b> 26/04/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar absolutamente los impactos, para esto se calcula la importancia total de los impactos debido a la actuación del proyecto, esta valoración indica el deterioro total de los factores debido a la actuación del proyecto.	

**Tabla 27.** Tarea de Ingeniería 4 del módulo Valoraciones.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 11
<b>Nombre Tarea:</b> Crear medida correctora, preventiva o mitigadora a un impacto ambiental negativo.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 29/04/2013	<b>Fecha Fin:</b> 30/04/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá crear una medida correctora, preventiva o mitigadora a un impacto ambiental negativo, los datos a introducir son: nombre, influencia y costo de la medida.	

**Tabla 28.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Medidas.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 11
<b>Nombre Tarea:</b> Modificar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.4
<b>Fecha Inicio:</b> 1/05/2013	<b>Fecha Fin:</b> 2/05/2013

<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos
<b>Descripción:</b> El usuario podrá modificar una medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo, los datos a modificar son: nombre, influencia y costo de la medida.

**Tabla 29.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo Medidas.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 11
<b>Nombre Tarea:</b> Eliminar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 0.2
<b>Fecha Inicio:</b> 3/05/2013	<b>Fecha Fin:</b> 3/05/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá eliminar una medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.	

**Tabla 30.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo Medidas.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 6	<b>Número de HU:</b> 12
<b>Nombre Tarea:</b> Realizar el análisis costo-beneficio.	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 2
<b>Fecha Inicio:</b> 6/05/2013	<b>Fecha Fin:</b> 17/05/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá realizarle el análisis costo-beneficio a una alternativa.	

**Tabla 31.** Tarea de Ingeniería 6 del módulo Alternativas.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 1	<b>Número de HU:</b> 13
<b>Nombre Tarea:</b> Valorar proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1
<b>Fecha Inicio:</b> 20/05/2013	<b>Fecha Fin:</b> 24/05/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá valorar un proyecto, obteniendo la mejor alternativa de realización.	

**Tabla 32.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo General.

Tarea de Ingeniería	
<b>Número Tarea:</b> 2	<b>Número de HU:</b> 14
<b>Nombre Tarea:</b> Mostrar reportes	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1
<b>Fecha Inicio:</b> 27/05/2013	<b>Fecha Fin:</b> 31/05/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá mostrar el reporte de un proyecto, el mismo estará compuesto por: las acciones más agresivas sobre los factores del medio, los factores del medio más afectados debido a las acciones del proyecto, las acciones del proyecto que más deterioran el medio ambiente, los factores ambientales que más contribuyen al deterioro del entorno en que se localiza el proyecto, los impactos ambientales determinantes, los impactos ambientales residuales, los impactos ambientales depurados, los impactos ambientales beneficiosos, y los impactos ambientales por fases.	

**Tabla 33.** Tarea de Ingeniería 2 del módulo General.

<b>Tarea de Ingeniería</b>	
<b>Número Tarea:</b> 3	<b>Número de HU:</b> 15
<b>Nombre Tarea:</b> Generar informe del proyecto	
<b>Tipo de Tarea :</b> Desarrollo	<b>Puntos Estimados:</b> 1
<b>Fecha Inicio:</b> 1/06/2013	<b>Fecha Fin:</b> 5/06/2013
<b>Programador Responsable:</b> Ivón Mabardi Piñeiro – René Alain Crespo Ramos	
<b>Descripción:</b> El usuario podrá generar el informe de un proyecto, con todos sus datos referentes.	

**Tabla 34.** Tarea de Ingeniería 3 del módulo General.

#### Anexo 4: Casos de pruebas unitarias

Caso de prueba unitaria
<b>Camino:</b> 1
<b>Caso de prueba:</b> Existe la alternativa.
<b>Entrada:</b> Para un nombre válido de alternativa recibido por parámetro, y la lista alternativas con un elemento cuyo nombre coincide con el recibido por parámetro.
<b>Resultado:</b> Se devuelve la variable ok en true.
<b>Condiciones:</b>

Tabla 1. Caso de prueba para el camino 1.

```
408     @Test
409     public void testExisteAlternativa() {
410         System.out.println("existeAlternativa");
411         String nombre = "1";
412         ProyectoJpaController proy = new ProyectoJpaController(Manager.getFactory());
413         Proyecto instance = proy.findProyecto(8);
414         boolean expectedResult = true;
415         boolean result = instance.existeAlternativa(nombre);
416         assertEquals(expectedResult, result);
417     }
418
419 }
```

Test Results x Tasks Output - EIA\_Construccion (test)

Modelo.ProyectoTest x

3,45 %

- testGetAlternativaList FAILED: The test case is a prototype.
- testSetAlternativaList FAILED: The test case is a prototype.
- testHashCode FAILED: The test case is a prototype.
- testEquals FAILED: The test case is a prototype.
- testToString FAILED: expected: <[]> but was: <[Modelo.Proyecto[id=null]]>
- testExisteAlternativa passed (3,354 s)
- testAlternativaMejor caused an ERROR: java.lang.NullPointerException

hashCode  
equals  
toString  
existeAlternativa  
[EL Info]: 2013-06  
[EL Info]: 2013-06  
[EL Info]: 2013-06  
AlternativaMejor

Figura 1. Prueba unitaria realizada al camino 1.

Caso de prueba unitaria
<b>Camino:</b> 2
<b>Caso de prueba:</b> No existe la alternativa.
<b>Entrada:</b> Para un nombre válido de alternativa recibido por parámetro, y la lista alternativas con un conjunto de elementos cuyos nombres son diferentes al recibido por parámetro.
<b>Resultado:</b> Se devuelve la variable ok en false.
<b>Condiciones:</b>

**Tabla 2.** Caso de prueba para el camino 2.

```

408     @Test
409     public void testExisteAlternativa() {
410         System.out.println("existeAlternativa");
411         String nombre = "6";
412         ProyectoJpaController proy = new ProyectoJpaController(Manager.getFactory());
413         Proyecto instance = proy.findProyecto(8);
414         boolean expectedResult = false;
415         boolean result = instance.existeAlternativa(nombre);
416         assertEquals(expectedResult, result);
417     }

```

The screenshot displays the 'Test Results' window for 'Modelo.ProyectoTest'. A progress bar indicates 3.45% completion. The test results list shows:

- testGetAlternativaList FAILED: The test case is a prototype.
- testSetAlternativaList FAILED: The test case is a prototype.
- testHashCode FAILED: The test case is a prototype.
- testEquals FAILED: The test case is a prototype.
- testToString FAILED: expected: <[]> but was: <[Modelo.Proyecto[id=null]]>
- testExisteAlternativa passed (3,685 s)
- testAlternativaMejor caused an ERROR: java.lang.NullPointerException

The 'Output' window shows the following text:

```

equals
toString
existeAlternativa
[EL Info]: 2013-06-
[EL Info]: 2013-06-
[EL Info]: 2013-06-
AlternativaMejor

```

**Figura 2.** Prueba unitaria realizada al camino 2.

Caso de prueba unitaria
<b>Camino:</b> 3
<b>Caso de prueba:</b> No hay elementos por recorrer.
<b>Entrada:</b> Para un nombre válido de alternativa recibido por parámetro, y la lista alternativas sin ningún elemento por recorrer.
<b>Resultado:</b> Se devuelve la variable ok en false.
<b>Condiciones:</b>

Tabla 3. Caso de prueba para el camino 3.

```
409 @Test
410 public void testExisteAlternativa() {
411     System.out.println("existeAlternativa");
412     String nombre = "6";
413     ProyectoJpaController proy = new ProyectoJpaController(Manager.getFactory());
414     Proyecto instance = proy.findProyecto(8);
415     instance.setAlternativaList(new LinkedList<Alternativa>());
416     boolean expectedResult = false;
417     boolean result = instance.existeAlternativa(nombre);
418     assertEquals(expectedResult, result);
419 }
```

The screenshot shows the test results for the 'testExisteAlternativa' method. The test passed successfully, as indicated by the green checkmark and the text 'passed (3,327 s)'. The test results window also shows other tests that failed, such as 'testSetAlternativaList', 'testHashCode', 'testEquals', and 'testToString', all of which failed because the test case is a prototype. The 'testAlternativaMejor' test caused an error: 'java.lang.NullPointerException'. The test results window is titled 'Output - EIA\_Construccion (test)' and shows a progress bar at 3,45%.

Figura 3. Prueba unitaria realizada al camino 3.

## Anexo 5: Casos de pruebas de aceptación

### Iteración 1

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 1_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 1
<b>Nombre:</b> Agregar especialista	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para agregar un nuevo especialista.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Debe mostrar un formulario a llenar con los datos necesarios del especialista que se quiere agregar.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Especialista desglosándose un submenú y luego selecciona la opción Agregar Especialista, lo que muestra una ventana con los campos a llenar con los datos del especialista.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez introducidos los datos correctamente se agrega el especialista satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 1.** Tarea de Ingeniería 1 del módulo Proyecto.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 1_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 1
<b>Nombre:</b> Modificar datos del especialista	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar un especialista.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de los especialistas encargados de realizar el estudio, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un especialista.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Especialistas,	

lo que muestra una ventana con una lista de los especialistas que realizarán el estudio, luego selecciona el especialista que quiere modificar y selecciona la opción modificar, esto muestra una ventana con los datos del especialista seleccionado para ser modificados.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un especialista se modifican los datos del mismo satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 2.** Prueba 2 HU 1.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 1_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 1
<b>Nombre:</b> Eliminar especialista	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar un especialista.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de los especialistas encargados de realizar el estudio, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un especialista.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista la opción Ver Especialistas, lo que muestra una ventana con una lista de los especialistas que realizarán el estudio, luego selecciona el especialista que quiere eliminar y selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un especialista se elimina el mismo satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 3.** Prueba 3 HU 1.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 2_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 2
<b>Nombre:</b> Crear nuevo proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para crear un nuevo proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los campos para llenar con los datos del proyecto que se quiere crear.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Proyecto desglosándose un submenú y luego selecciona la opción Nuevo Proyecto, lo que muestra una ventana con los campos a llenar con los datos del proyecto.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez introducidos los datos correctamente se crea el proyecto satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 4.** Prueba 1 HU 2.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 2_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 2
<b>Nombre:</b> Modificar datos del proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar un proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de los proyectos existentes, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Proyecto, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes al proyecto que se quiere modificar y selecciona la opción Modificar, luego se muestra una ventana con los datos del proyecto seleccionado para ser modificados.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un proyecto se modifican los datos del	

mismo satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 5.** Prueba 2 HU 2.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 2_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 2
<b>Nombre:</b> Eliminar proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar un proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de los proyectos existentes, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Proyecto desglosándose un submenú y luego selecciona la opción Buscar Proyecto, lo que muestra una ventana con los campos para filtrar la búsqueda, luego se muestra una ventana con una lista de los proyectos que coinciden con los campos de dicha búsqueda y luego selecciona el proyecto que desea eliminar y selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un proyecto se elimina el mismo satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 6.** Prueba 3 HU 2.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 2_P 4	<b>Historia de Usuario:</b> 2
<b>Nombre:</b> Ver proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para ver un proyecto.	

<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de los proyectos existentes, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona el proyecto que quiere ver y selecciona el opción Ver, lo que muestra una ventana con los datos referentes al mismo.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un proyecto se muestran todos los datos del mismo satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 7.** Prueba 4 HU 2.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 2_P 5	<b>Historia de Usuario:</b> 2
<b>Nombre:</b> Buscar proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para buscar un proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los campos para filtrar la búsqueda, y se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Proyecto desglosándose un submenú y luego selecciona la opción Buscar Proyecto, lo que muestra una ventana con los campos para filtrar la búsqueda, luego se muestra una ventana con una lista de los proyectos que coinciden con los campos de dicha búsqueda.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez llenado correctamente los campos para realizar la búsqueda se muestra una lista de los proyectos que coinciden con dichos campos.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 8.** Prueba 5 HU 2.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 3_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 3
<b>Nombre:</b> Agregar alternativa a un proyecto	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para agregar alternativa a un proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los campos para llenar con los datos de la alternativa que se quiere agregar.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Nueva Alternativa, lo que muestra una ventanita para introducir el nombre de la misma.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez llenado correctamente los campos se agrega la alternativa al proyecto satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 9.** Prueba 1 HU 3.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 3_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 3
<b>Nombre:</b> Modificar alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de las alternativas del proyecto, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la alternativa que desea modificar y luego selecciona la opción Modificar (esta opción solo va a dejar modificar el nombre de la alternativa) o selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, y luego selecciona la opción Modificar (esta opción va a permitir modificar la alternativa completa).	

<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una alternativa se modifican los datos de la misma satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 10.** Prueba 2 HU 3.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 3_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 3
<b>Nombre:</b> Eliminar alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de las alternativas del proyecto, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Proyecto, luego se muestra una ventana con todos los datos referentes al mismo y selecciona la opción Modificar, luego se muestra una ventana con los datos del proyecto seleccionado para ser modificados, selecciona la alternativa del proyecto que quiere eliminar y luego selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una alternativa se elimina la misma satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 11.** Prueba 3 HU 3.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 3_P 4	<b>Historia de Usuario:</b> 3
<b>Nombre:</b> Ver alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para ver una alternativa.	

<p><b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de las alternativas existentes, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una alternativa.</p>
<p><b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Proyecto, luego se muestra una ventana con todos los datos referentes al mismo, y selecciona la alternativa del proyecto que quiere ver y luego selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma.</p>
<p><b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una alternativa se muestran todos los datos de la misma satisfactoriamente.</p>
<p><b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.</p>

**Tabla 12.** Prueba 4 HU 3.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 3_P 5	<b>Historia de Usuario:</b> 3
<b>Nombre:</b> Duplicar alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para duplicar una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con una lista de las alternativas del proyecto, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Proyecto, luego se muestra una ventana con todos los datos referentes al mismo, y selecciona la alternativa del proyecto que quiere duplicar y luego selecciona la opción Duplicar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una alternativa se duplica la misma satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 13.** Prueba 5 HU 3.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 4_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 4
<b>Nombre:</b> Agregar acción a un alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para agregar acción a una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los campos para llenar con los datos de la acción que se quiere agregar.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona la opción Agregar de la sección Acciones, mostrándose una ventana con los campos a llenar con los datos de la acción que se quiere agregar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez llenado correctamente los campos se agrega la acción a la alternativa satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 14.** Prueba 1 HU 4.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 4_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 4
<b>Nombre:</b> Modificar acción de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar acción de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con las acciones de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una acción de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la	

alternativa seleccionada, se selecciona una acción de la sección Acciones y luego selecciona la opción Modificar, lo que muestra una ventana con los datos de la acción seleccionada para ser modificados.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una acción se modifican los datos de la misma satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 15.** Prueba 2 HU 4.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 4_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 4
<b>Nombre:</b> Eliminar acción de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar acción de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con las acciones de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una acción de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona una acción de la sección Acciones y selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una acción se elimina la misma satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 16.** Prueba 3 HU 4.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 5_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 5

<b>Nombre:</b> Agregar un factor ambiental a una alternativa
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para agregar un factor ambiental a una alternativa.
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los factores de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un factor de dicha alternativa.
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona la opción Agregar de la sección Factores, mostrándose una ventana con los campos a llenar con los datos del factor ambiental que se quiere agregar.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez llenado correctamente los campos se agrega el factor ambiental a la alternativa satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 17.** Prueba 1 HU 5.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 5_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 5
<b>Nombre:</b> Modificar un factor ambiental de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar un factor ambiental de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los factores de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un factor ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la	

<p>alternativa seleccionada, se selecciona un factor ambiental de la sección Factores y luego selecciona la opción Modificar, lo que muestra una ventana con los datos del factor ambiental seleccionado para ser modificados.</p>
<p><b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un factor ambiental se modifican los datos del mismo satisfactoriamente.</p>
<p><b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.</p>

**Tabla 18.** Prueba 2 HU 5.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 5_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 5
<b>Nombre:</b> Eliminar un factor ambiental de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar un factor ambiental de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los factores de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un factor ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona un factor ambiental de la sección Factores y selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un factor ambiental se elimina el mismo satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 19.** Prueba 3 HU 5.

Caso de prueba aceptación
---------------------------

<b>Código:</b> HU 6_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 6
<b>Nombre:</b> Agregar un impacto ambiental a una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para agregar un impacto ambiental a una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los impactos ambientales de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un impacto ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona la opción Agregar de la sección Impactos Ambientales, mostrándose una ventana con los campos a llenar con los datos del impacto ambiental que se quiere agregar y además selecciona un par acción-factor.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez llenado correctamente los campos se agrega un impacto ambiental a la alternativa satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 20.** Prueba 1 HU 6.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 6_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 6
<b>Nombre:</b> Modificar un impacto ambiental de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar un impacto ambiental de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los impactos ambientales de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un impacto ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona	

<p>la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, se selecciona un impacto ambiental de la sección Impactos Ambientales y luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos del impacto ambiental seleccionado para ser modificados.</p>
<p><b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un impacto ambiental se modifica el mismo satisfactoriamente.</p>
<p><b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.</p>

**Tabla 21.** Prueba 2 HU 6.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 6_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 6
<b>Nombre:</b> Eliminar un impacto ambiental de una alternativa	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar un impacto ambiental de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los impactos ambientales de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un impacto ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Modificar, mostrándose una ventana con los datos de la alternativa seleccionada, y luego selecciona un impacto ambiental de la sección Impactos Ambientales y luego selecciona la opción Eliminar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un impacto ambiental se elimina el mismo satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 22.** Prueba 3 HU 6.

Iteración 2

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 8_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 8
<b>Nombre:</b> Depurar el conjunto de impactos.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para depurar el conjunto de impactos ambientales de una alternativa.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los impactos ambientales de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un impacto ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una alternativa y selecciona la opción Ver, lo que muestra una ventana con todos los datos referentes a la misma, y luego selecciona la opción Depurar Impactos.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada la opción Depurar Impactos se depuran los impactos ambientales satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 23.** Prueba 1 HU 8.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 11_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 11
<b>Nombre:</b> Crear medida correctora, preventiva o mitigadora a un impacto ambiental negativo.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para crear medida correctora, preventiva o mitigadora a un impacto ambiental negativo.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los impactos ambientales de la alternativa, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un impacto ambiental de dicha alternativa.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona un impacto ambiental	

negativo, y selecciona la opción Agregar medidas, lo que muestra una ventana para introducir el nombre de la medida.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un impacto ambiental negativo se le agrega una medida al mismo satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 24.** Prueba 1 HU 11.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 11_P 2	<b>Historia de Usuario:</b> 11
<b>Nombre:</b> Modificar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para modificar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con las medidas creadas hasta el momento, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una medida.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una medida, y selecciona la opción Modificar, lo que muestra una ventana con el campo nombre para ser modificado.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una medida se modifica la misma satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 25.** Prueba 2 HU 11.

Caso de prueba aceptación	
<b>Código:</b> HU 11_P 3	<b>Historia de Usuario:</b> 11

<b>Nombre:</b> Eliminar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto.
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para eliminar medida correctora, preventiva o mitigadora de un impacto ambiental negativo.
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con las medidas creadas hasta el momento, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo una medida.
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona una medida, y selecciona la opción Eliminar.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionada una medida se elimina la misma satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 26.** Prueba 3 HU 11.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 12_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 12
<b>Nombre:</b> Realizar análisis costo-beneficio.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para realizar el análisis costo – beneficio.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con las tablas de los impactos que se tienen en cuenta para dicho análisis.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Ver Alternativa, lo que muestra un ventana con todos los datos referentes a la misma, luego selecciona la opción Análisis C-B, desglosándose un submenú y luego selecciona la opción Análisis costo-beneficio, lo que muestra una ventana con las tablas de los impactos que se tienen en cuenta para realizar el análisis, y luego selecciona el botón Análisis costo-beneficio.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado el botón Análisis costo-beneficio se muestra el índice costo-beneficio satisfactoriamente.	

**Evaluación de la Prueba:** Prueba Satisfactoria.

**Tabla 27.** Prueba 1 HU 12.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 13_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 13
<b>Nombre:</b> Valorar proyecto.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para valorar un proyecto.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe mostrar una ventana con los datos proyecto seleccionado, y para esto se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Valorar proyecto, lo que muestra una ventana con una tabla para que los especialistas le asignen un valor de importancia a cada criterio de valoración y luego selecciona la opción Valorar.	
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un proyecto se valora el mismo satisfactoriamente.	
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.	

**Tabla 28.** Prueba 1 HU 13.

<b>Caso de prueba aceptación</b>	
<b>Código:</b> HU 15_P 1	<b>Historia de Usuario:</b> 15
<b>Nombre:</b> Generar informe.	
<b>Descripción:</b> Prueba de funcionalidad para generar un informe.	
<b>Condiciones de Ejecución:</b> Se debe haber creado con anterioridad como mínimo un proyecto.	
<b>Entrada/Pasos de Ejecución:</b> El especialista selecciona la opción Generar informe,	

lo que muestra una ventana con todos los datos referentes al mismo.
<b>Resultado Esperado:</b> Una vez seleccionado un proyecto se muestra un informe con todos los datos referentes al mismo satisfactoriamente.
<b>Evaluación de la Prueba:</b> Prueba Satisfactoria.

**Tabla 29.** Prueba 1 HU 15.

**Anexo 6: Tablas de la base de datos**

Empresa		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = false

**Figura 1.** Tabla Empresa.

Proyecto		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
Costo	double(10)	Nullable = false
Inversor	varchar(255)	Nullable = true
Ejecutor	varchar(255)	Nullable = true
Tipo	varchar(255)	Nullable = true
Coordenadas_cartograficas	varchar(255)	Nullable = false
Coordenadas_geograficas	varchar(255)	Nullable = false
Fecha	varchar(255)	Nullable = true
#Empresald	integer(10)	Nullable = false

**Figura 2.** Tabla Proyecto.

Alternativa		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
CostoTotal	double(10)	Nullable = false
#Proyectold	integer(10)	Nullable = false

**Figura 3.** Tabla Alternativa.

Accion		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
<b>#AlternativaId</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Fase	varchar(255)	Nullable = true

**Figura 4.** Tabla Acción.

Factor_ambiental		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
Peso	integer(10)	Nullable = false
<b>#AlternativaId</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Sistema	varchar(255)	Nullable = true

**Figura 5.** Tabla Factor\_ambiental.

Impacto_ambiental		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Caracter	varchar(255)	Nullable = true
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
<b>#AlternativaId</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
<b>#AccionId</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
<b>#Factor_ambientalId</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Importancia	integer(10)	Nullable = false
Signo	integer(10)	Nullable = false
Intensidad	integer(10)	Nullable = false
Extension	integer(10)	Nullable = false
Sinergia	integer(10)	Nullable = false
Persistencia	integer(10)	Nullable = false
Efecto	integer(10)	Nullable = false
Momento	integer(10)	Nullable = false
Acumulacion	integer(10)	Nullable = false
Recuperabilidad	integer(10)	Nullable = false
Reversibilidad	integer(10)	Nullable = false
Periodicidad	integer(10)	Nullable = false
Depurado	integer(1)	Nullable = false
Determinante	integer(1)	Nullable = false
Residual	integer(1)	Nullable = false

**Figura 6.** Tabla Impacto\_ambiental.

Medidas		
<b>+Id</b>	<b>integer(10)</b>	<b>Nullable = false</b>
Nombre	varchar(255)	Nullable = true
Costo	double(10)	Nullable = false
<i>#Impacto_ambientalId</i>	<i>integer(10)</i>	<i>Nullable = false</i>
Influencia	varchar(255)	Nullable = true

**Figura 7.** Tabla Medidas.

**Anexo 7: Cuestionarios**

hroantunez@uic.camsguy.cu

Nombre y Apellidos: Humberto Antunez Batista  
Institución a la que pertenece: UIC. ENIA. Camagüey  
Profesión: Ingeniero Geólogo  
Cargo: Director de proyecto e Ingeniería de Medio Ambiente

Se pretende realizar un software para la evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto que ocasionará la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. A partir de este estudio se intentará predecir y evaluar las consecuencias que la ejecución de dichas actividades pueda ocasionar en el entorno en el que se localiza. Un impacto ambiental viene identificado por el efecto de una acción simple sobre un factor ambiental y ambos elementos, acción y factor, deben quedar explícitos en la definición que se haga de impacto ambiental.

Los organismos competentes de las Directivas CEE de la Unión Europea consideran estos factores ambientales:

- El hombre, la flora y la fauna.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Las interacciones entre los anteriores.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Generalmente, los proyectos transcurren por una serie de fases, mencione las más generales (aquellas que siempre están presentes en todo tipo de proyectos).

En todo proyecto deben evaluarse todas las fases

¿Conoce usted de la existencia de alguna herramienta informática para la EIA en nuestro país? Mencione todo aquello que conozca.

No conozco ninguna herramienta informática al respecto, no obstante se da la existencia de un software relacionado con la temática ambiental, desarrollado por un especialista de la UIC-ENIA en Ciego de Avila para una tesis de maestría en Gestión Ambiental.

Según la definición de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que usted conoce, emita su criterio al respecto de cada uno de ellos.

EsIA: Evaluación cualitativa y cuantitativa acerca  
de las acciones y factores que intervienen  
en la ejecución de un proyecto

EIA: Evaluación y caracterización de los subsistemas  
que inciden en el estudio de impacto  
ambiental

¿Qué cree usted sobre la herramienta que se pretende desarrollar?

Se o. sería una herramienta novedosa  
que permitiría viabilizar y agilizar la ejecución  
de los proyectos

Según la clasificación que se da en la siguiente tabla, agregue aquellos factores ambientales que considere necesarios a tener en cuenta en la EIA.

Sistema	Factor
Medio Físico (Subsistema Natural)	Aire
	Geología
	Geomorfología
	Geotecnia
	Suelo
	Agua
	Flora
	Fauna
	Paisaje
Medio Socioeconómico Subsistema Socioeconómico	Población
	Economía
	Infraestructura Urbana
Patrimonio Cultural Subsistema Cultural	Patrimonio Histórico Cultural

dagmar@vic.camagney.ec  
VIC - unidad de investigaciones para la construc.

Nombre y Apellidos: Dagmar Tivera Carr  
Institución a la que pertenece: ENIA - VIC Camagney  
Profesión: Ing. Geólogo. MSc. Ingeniería Sanitaria.  
Cargo: Esp. A en Proyecto e Ingeniería.

Se pretende realizar un software para la evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto que ocasionará la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. A partir de este estudio se intentará predecir y evaluar las consecuencias que la ejecución de dichas actividades pueda ocasionar en el entorno en el que se localiza. Un impacto ambiental viene identificado por el efecto de una acción simple sobre un factor ambiental y ambos elementos, acción y factor, deben quedar explícitos en la definición que se haga de impacto ambiental.

Los organismos competentes de las Directivas CEE de la Unión Europea consideran estos factores ambientales:

- El hombre, la flora y la fauna.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Las interacciones entre los anteriores.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Generalmente, los proyectos transcurren por una serie de fases, mencione las más generales (aquellas que siempre están presentes en todo tipo de proyectos).

Ideas conceptuales  
Proyecto (Ingeniería Básica, Ejecutiva, Factibilidad téa- económ.)  
Construcción  
Operación (Implementación)  
Abandono

¿Conoce usted de la existencia de alguna herramienta informática para la EIA en nuestro país? Mencione todo aquello que conozca.

No

Según la definición de Estudio de Impacto Ambiental (EslA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que usted conoce, emita su criterio al respecto de cada uno de ellos.

EIA:  
Relación de un proyecto con todos los factores ambientales y socio-económicos existentes en un emplazamiento donde van interactuar en un momento determinado.

EIA:  
Categorización cuali-cuantitativa de los impactos que afectan cada factor en una etapa determinada de un proyecto en cuestión.

¿Qué cree usted sobre la herramienta que se pretende desarrollar?

Podría ser de gran utilidad en los trabajos de mesa brindando agilidad a los trabajos manuales de conteo y conformación de las matrices.

Según la clasificación que se da en la siguiente tabla, agregue aquellos factores ambientales que considere necesarios a tener en cuenta en la EIA.

Sistema	Factor
Medio Físico	Aire (ruido)
	Geología
	Geomorfología
	Geotecnia
	Suelo
	Agua (superficial-superterráneas)
	Flora
	Fauna
	Paisaje
Medio Socioeconómico	Población
	Economía
	Infraestructura Urbana
Patrimonio Cultural	Patrimonio Histórico Cultural

NC 26: 1999, Ruido  
 NC 39: 1999, C. Aire

Nombre y Apellidos: *Orestes V. Fariñas Aken*  
Institución a la que pertenece: *ENIA INVASCONS. U.I.C. P. del Río.*  
Profesión: *Ing. Geóloga (Esp. A en Proyectos e Ingeniería).*  
Cargo: *Dir. Grupo Estudios Ambientales.*

Se pretende realizar un software para la evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto que ocasionará la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. A partir de este estudio se intentará predecir y evaluar las consecuencias que la ejecución de dichas actividades pueda ocasionar en el entorno en el que se localiza. Un impacto ambiental viene identificado por el efecto de una acción simple sobre un factor ambiental y ambos elementos, acción y factor, deben quedar explícitos en la definición que se haga de impacto ambiental.

Los organismos competentes de las Directivas CEE de la Unión Europea consideran estos factores ambientales:

- El hombre, la flora y la fauna.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Las interacciones entre los anteriores.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Generalmente, los proyectos transcurren por una serie de fases, mencione las más generales (aquellas que siempre están presentes en todo tipo de proyectos).

*→ FACTIBILIDAD*  
*→ CONSTRUCCIÓN*  
*→ EXPLOTACIÓN*  
*→ ABAUDON<sup>2</sup>*

¿Conoce usted de la existencia de alguna herramienta informática para la EIA en nuestro país? Mencione todo aquello que conozca.

*→ Existe un SOFTWARE en computadoras al cual no se ha evaluado por parte del equipo de trabajo y los ejemplos de los cuales se tiene que por ser tan sencillos no se utilizan.*

Según la definición de Estudio de Impacto Ambiental (EstIA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que usted conoce, emita su criterio al respecto de cada uno de ellos.

EslA:

Forma parte de la evaluación de Impacto Ambiental y está condicionada por la UNIDAD de Medio Ambiente del territorio a partir de la Solicitud de Lic. Ambiental. Aquí se analiza a profundidad el proyecto y los datos que ocasiona el mismo al medio que lo circunda.

EIA:

Es el proceso general donde se analiza el proyecto que se implementará en un sitio determinado y tiene dentro de este análisis la Sol. Lic. Ambiental y el estudio de Impacto Ambiental si es necesario o no realizado para este proyecto.

¿Qué cree usted sobre la herramienta que se pretende desarrollar?

Es muy buena idea y como se indica, es una herramienta que mejora el proceso evaluativo de los impactos ambientales, ayudando al evaluador a economizar tiempo y decisiones.

Según la clasificación que se da en la siguiente tabla, agregue aquellos factores ambientales que considere necesarios a tener en cuenta en la EIA.

Sistema	Factor
Medio Físico	Aire
	Geología
	Geomorfología
	Geotecnia
	Suelo
	Agua
	Flora
	Fauna
	Paisaje
	CLIMA -
Medio Socioeconómico	Población
	Economía
	Infraestructura Urbana
Patrimonio Cultural	Patrimonio Histórico Cultural
	(Arqueología)

Nombre y Apellidos: *Odalis C. Moreno González*  
Institución a la que pertenece: *UIC. ENIA Pirar del L'U*  
Profesión: *Ing. Geóloga*  
Cargo: *Especialista A Proyectos de Ingeniería.  
Equipo de Estudios Ambientales.*

Se pretende realizar un software para la evaluación tanto cualitativa como cuantitativa del impacto que ocasionará la puesta en marcha de un proyecto, obra o actividad sobre el medio ambiente. A partir de este estudio se intentará predecir y evaluar las consecuencias que la ejecución de dichas actividades pueda ocasionar en el entorno en el que se localiza. Un impacto ambiental viene identificado por el efecto de una acción simple sobre un factor ambiental y ambos elementos, acción y factor, deben quedar explícitos en la definición que se haga de impacto ambiental.

Los organismos competentes de las Directivas CEE de la Unión Europea consideran estos factores ambientales:

- El hombre, la flora y la fauna.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- Las interacciones entre los anteriores.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural

Generalmente, los proyectos transcurren por una serie de fases, mencione las más generales (aquellas que siempre están presentes en todo tipo de proyectos).

*Factibilidad,  
Construcción,  
Explotación,  
Cierre*

¿Conoce usted de la existencia de alguna herramienta informática para la EIA en nuestro país? Mencione todo aquello que conozca.

*No*

Según la definición de Estudio de Impacto Ambiental (EIA) y Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) que usted conoce, emita su criterio al respecto de cada uno de ellos.

EslA:

*Estudio de carácter interdisciplinario que se refiere a un proyecto, identifica, valora y evalúa los posibles impactos ambientales a generar, además de crear un plan de medidas para minimizarlos*

EIA:

*Procedimiento jurídico administrativo, que se inicia con la SIA por parte de la entidad interesada, y culmina con la aceptación o denegación de la misma, por la UHA una vez revisado el ESlA*

¿Qué cree usted sobre la herramienta que se pretende desarrollar?

*La herramienta a desarrollar sería de gran ayuda para la identificación, valoración y evaluación de los impactos, además de agilizar el trabajo de gabinete.*

Según la clasificación que se da en la siguiente tabla, agregue aquellos factores ambientales que considere necesarios a tener en cuenta en la EIA.

Sistema	Factor
Medio Físico	Aire
	Geología
	Geomorfología
	Geotecnia
	Suelo
	Agua
	Flora
	Fauna
Medio Socioeconómico	Paisaje
	Población
	Economía
Patrimonio Cultural	Infraestructura Urbana
	Patrimonio Histórico Cultural

## Anexo 8: Prototipos no funcionales

Este prototipo de interfaz de usuario, titulado "Nuevo Proyecto", permite ingresar datos para la creación de un nuevo proyecto. Incluye campos de texto para Nombre, Tipo, Inversionista, Costo inicial y Ejecutor del Estudio. El campo de Coordenadas está dividido en dos subcampos: Geográficas y Cartográficas. Debajo de los campos, hay una tabla con tres columnas: No., Alternativas y Valor. Al final de la interfaz, se encuentran cuatro botones: Agregar, Modificar, Eliminar y Aceptar.

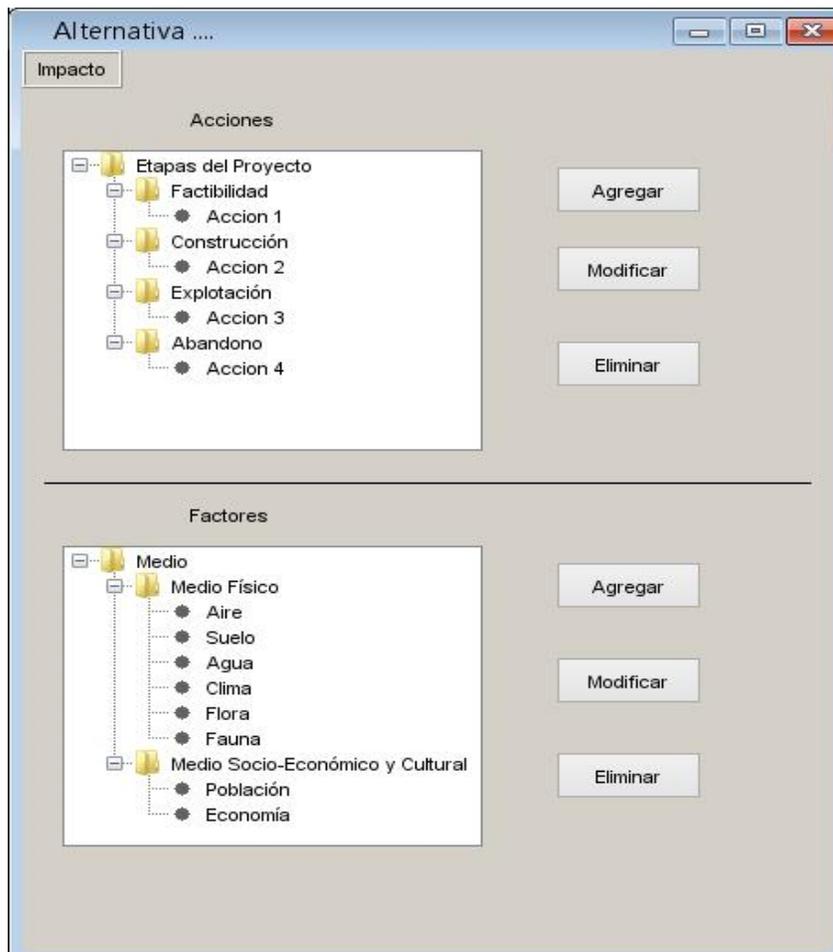
No.	Alternativas	Valor

**Figura 1.** Prototipo no funcional para crear un nuevo proyecto.

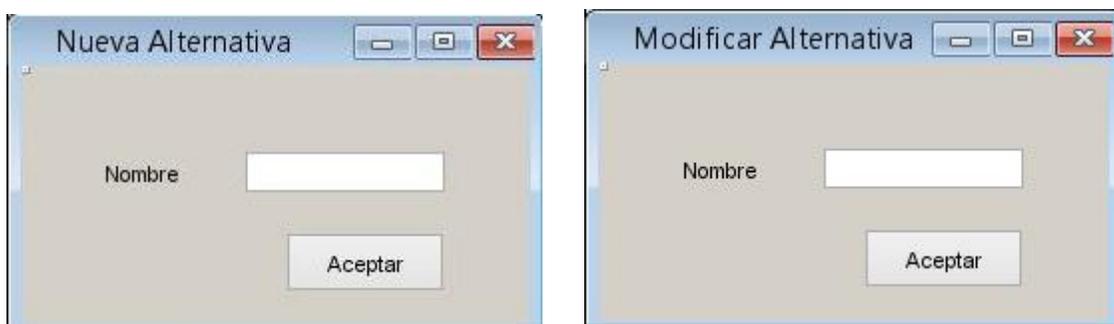
Este prototipo de interfaz de usuario, titulado "Proyecto ... (Ver)", muestra los datos de un proyecto ya creado. Incluye un botón "Proyecto" que activa la visualización de los campos: Nombre, Tipo, Inversionista, Coordenadas (divididas en Geográficas y Cartográficas), Costo inicial y Ejecutor del Estudio. Debajo de estos campos, se muestra una tabla con tres columnas: No., Alternativas y Valor. Al final de la interfaz, hay un botón "Modificar".

No.	Alternativas	Valor

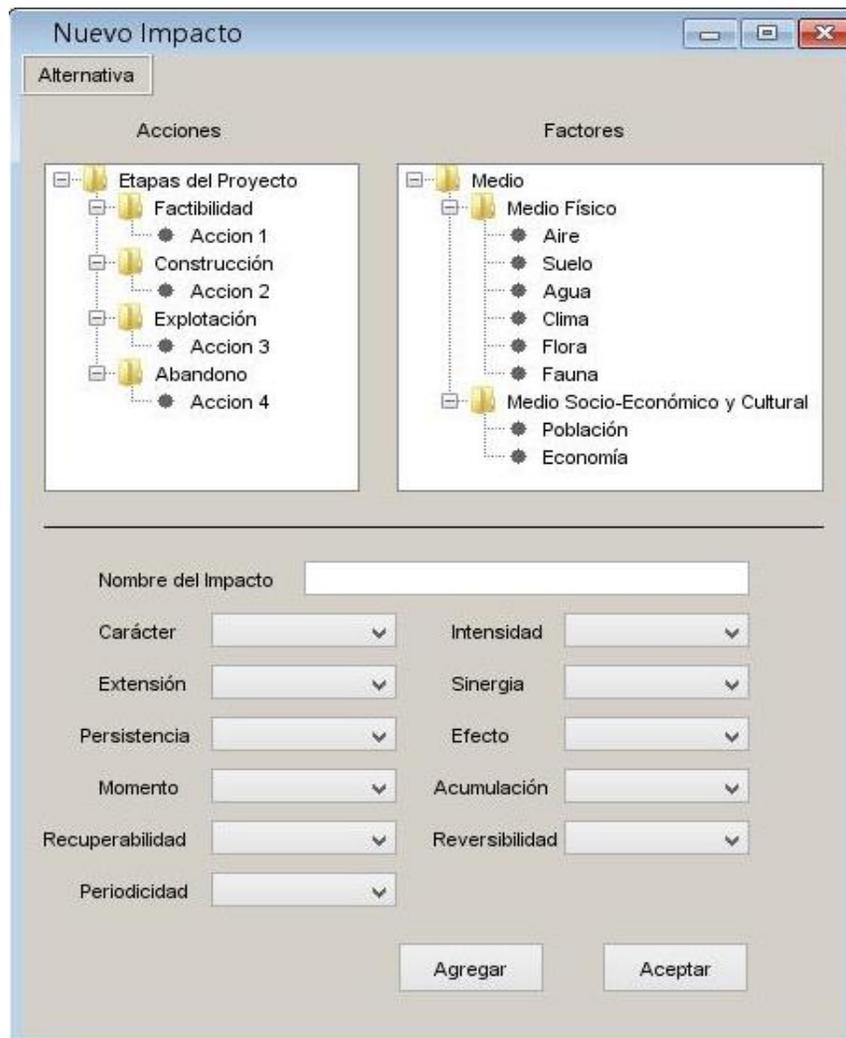
**Figura 2.** Prototipo no funcional para ver los datos de un proyecto creado.



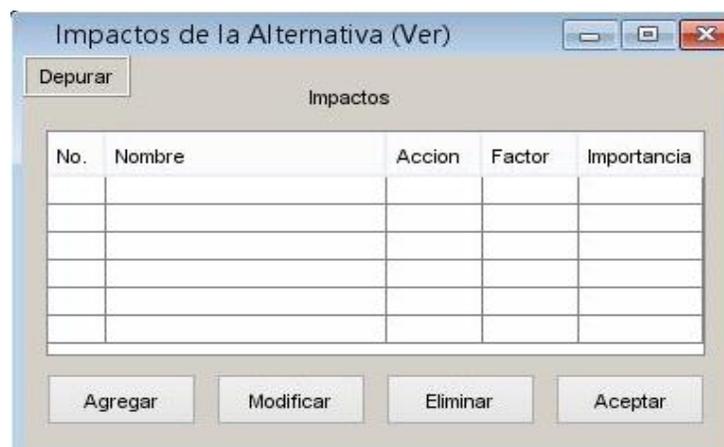
**Figura 3.** Prototipo no funcional para ver los datos de una alternativa.



**Figura 4.** Prototipos no funcionales para crear y modificar el nombre de una alternativa.



**Figura 5.** Prototipo no funcional para crear un impacto ambiental.



**Figura 6.** Prototipo no funcional para ver los impactos ambientales existentes.

Depurar impactos

Valorar

Impactos

No.	Nombre	Accion	Factor	Importancia

Rango de importancia

Min Max

Eliminar Depurar

**Figura 7.** Prototipo no funcional para depurar los impactos ambientales negativos.

Nueva Acción

Nombre de la Acción

Aceptar

Modificar Acción

Nombre de la Acción

Aceptar

**Figura 8.** Prototipos no funcionales para crear y modificar una acción.

Nuevo Factor

Nombre

Peso

Aceptar

Modificar Factor

Nombre

Peso

Aceptar

**Figura 9.** Prototipos no funcionales para crear y modificar un factor.

Corregir impactos

Impactos

No.	Nombre	Accion	Factor	Importancia

No. de impacto	Medidas	Costo

Agregar    Modificar    Eliminar    Aceptar

**Figura 10.** Prototipo no funcional para corregir los impactos ambientales existentes.

Nueva Medida

Medida

No. de impacto     Costo

Aceptar

**Figura 11.** Prototipo no funcional para crear una medida correctora de un impacto ambiental.

Valoración absoluta

Acciones más agresivas sobre los factores

Acciones

Factores más afectados por las acciones

Factores

Aceptar

Valoración relativa

Acciones que más deterioran el medio

Acciones

Factores que más contribuyen al deterioro del medio

Factores

Aceptar

**Figura 12.** Prototipo no funcional para la valoración relativa y absoluta de impactos ambientales.

## Anexo 9: Funcionalidad encargada de duplicar una alternativa

```
@Override
public Alternativa clonar() {
    LinkedList<Accion> listaAcc = new LinkedList<Accion>();
    for (int i = 0; i < accionList.size(); i++) {
        Accion acc = accionList.get(i);
        Accion acc_clon = acc.clonar();
        listaAcc.add(acc_clon);
    }
    LinkedList<Factorambiental> listaFact = new LinkedList<Factorambiental>();
    for (int i = 0; i < factorambientalList.size(); i++) {
        Factorambiental fact = factorambientalList.get(i);
        Factorambiental fact_clon = fact.clonar();
        listaFact.add(fact_clon);
    }
    LinkedList<Impactoambiental> listaImp = new LinkedList<Impactoambiental>();
    for (int i = 0; i < impactoambientalList.size(); i++) {
        Impactoambiental imp = impactoambientalList.get(i);
        Impactoambiental imp_clonar = imp.clonar();
        Factorambiental factor = imp.getFactorambientalId();
        Accion accion = imp.getAccionId();
        listaImp.add(imp_clonar);
    }
    Alternativa alternativa = new Alternativa(nombre.concat("-copia"), listaAcc, listaFact, listaImp, costoTotal, proyectoId);
    alternativa.setId(null);
    return alternativa;
}
```

Figura 1. Funcionalidad encargada de duplicar una alternativa.

## Anexo 10: Clase Manager

```
package Control;

import javax.persistence.EntityManagerFactory;
import javax.persistence.Persistence;

/**
 *
 * @author Rene Alain
 */
public class Manager {

    private static EntityManagerFactory entityManagerFactory;

    public static EntityManagerFactory getFactory() {
        if (entityManagerFactory == null) {
            entityManagerFactory = Persistence.createEntityManagerFactory("EIA_ConstruccionPU");
        }
        return entityManagerFactory;
    }
}
```

Figura 1. Clase Manager.