

Universidad de Cienfuegos “*Carlos Rafael Rodríguez*”

Facultad de Informática

Carrera de Ingeniería Informática

Sistema Integral para el Cálculo del Balance Hídrico de los suelos de una región de uso agrícola (SICABH).

*Trabajo de diploma para optar por el título de Ingeniería en
Informática*

Autores:

Rewer Miguel Canosa Reyes

William Feal Delgado

Tutores:

MSc. Olimpia Nilda Rajadel Acosta

Ing. Hugandy Álvarez Acosta

Cienfuegos, Cuba

Curso 2006 - 2007

Declaración de autoría

Declaramos que somos los únicos autores de este trabajo y autorizamos a la Empresa de Proyectos Agropecuarios UEB Cienfuegos (EMPA) y al Departamento de Informática de la Facultad de Informática de la Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”, para que hagan el uso que estimen pertinente con el trabajo de diploma.

Para que así conste, firmamos la presente a los 18 días del mes de junio de 2007.

Rewer Miguel Canosa Reyes

Nombre completo del primer autor

William Feal Delgado

Nombre completo del segundo autor

Olimpia Nilda Rajadel Acosta

Nombre completo del primer tutor

Hugandy Álvarez Acosta

Nombre completo del segundo tutor

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdos de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura referente a la temática señalada.

Firma Tutor

Firma Tutor

Firma ICT

Firma Vicedecano

Opinión del usuario

El Trabajo de Diploma, titulado **Sistema Integral para el Cálculo del Balance Hídrico de los suelos de una región de uso agrícola (SICABH)**, fue realizado como parte de los resultados planificados en el Proyecto Territorial Modelo para el Balance. Hídrico de los suelos de la Cuenca Hanabanilla, que ejecuta el Centro Meteorológico Provincial de Cienfuegos. Se considera que, en correspondencia con los objetivos trazados, el trabajo realizado nos satisface:

- ☐ Totalmente
- ☐ Parcialmente en un ____ %

Los resultados de este Trabajo de Diploma le reportan a nuestra entidad los beneficios siguientes:

Desarrollar el servicio agro meteorológico con mayor calidad, ya que se le oferta al sector productivo un nuevo producto con alto valor agregado de la Ciencia.

Desde el punto de vista comercial, nos permite alcanzar una mayor y mejor diversificación de los servicios que se brindan, al mostrarse como salidas del software diferentes reportes y consultas, que permiten al cliente realizar diferentes análisis necesarios para la toma de decisiones, entre estos se destacan: comparación de campañas de cultivos para conocer los factores que incidieron en el comportamiento de los rendimientos agrícolas, comportamiento de las variables climáticas que inciden de forma directa en el manejo de cultivos, análisis de la situación particularizada de la zona objeto de estudio que facilitan la planeación de actividades y de recursos. Como se aprecia cada reporte puede constituir un informe técnico de la zona caso de estudio y por lo tanto, convertirse así, en un servicio especializado que con anterioridad no existía ni se contaba con las posibilidades de ofertar.

Como resultado de la implantación de este trabajo se reporta un efecto económico que asciende a 10.0 MP en MN y/o 1.0 MP en CUC, aproximadamente cuando se realiza el estudio integral en una zona objeto de estudio, sin embargo, existen servicios

especializados como se explicó con anterioridad que también han constituido y constituyen vías de ingresos con valores aproximados entre 1.0 – 1.5 MP en MN y 0.1 – 0.15 MP en CUC cada uno.

Este resultado también puede ser considerado una sustitución de importaciones, ya que un software análogo en el mercado internacional cuesta entre 50.0 – 80.0 MP en CUC y sin embargo no se resuelven las necesidades del sector productivo de forma integrada como el software obtenido en este proyecto de investigación, además es necesario señalar también el ahorro de tiempo y de recursos para el sector productivo que representa su implementación y explotación adecuada, así como, la importante contribución que representa para la conservación y protección de los recursos naturales y el manejo del clima en el desarrollo sostenible de los sistemas productivos agrícolas.

Otro aspecto que permite colocarlo de forma competitiva en el mercado y a partir de lo cual podrán obtenerse ingresos considerables tanto en frontera como fuera de esta, es la flexibilidad para acoplarse con Sistemas de Información Geográfica y con los Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para ser empleados en la Agricultura de Precisión (AP).

Y para que así conste, se firma la presente a los 7 días del mes de Enero del año 2007.

MsC. Nilda Rajadel Acosta

Nombre del representante de la entidad

Cargo: J.G.Científico

Firma

Cuño

Opinión del tutor

Título: Sistema Integral para el Cálculo del Balance Hídrico de los suelos de una región de uso agrícola (SICABH)

Autores: Rewer Miguel Canosa Reyes

William Feal Delgado

Los tutores del presente Trabajo de Diploma consideramos que durante su ejecución los estudiantes mostraron las cualidades que a continuación se detallan.

- Alto nivel de independencia y de creatividad.
- Muy alta laboriosidad y responsabilidad
- Muy alta originalidad

Además de mostrar de forma significativa un amplio dominio de los métodos y herramientas requeridas para la elaboración del software, gran destreza y habilidad para la asimilación de conocimientos de otras disciplinas y ciencias técnicas que tuvieron que ser revisadas y asumidas para poder desarrollar la investigación como elementos de técnicas de riego, aspectos de comportamientos de variables climáticas, características de los suelos, necesidades o requerimientos de los cultivos, entre otros.

Además, el trabajo realizado muestra calidad científico-técnica , ya que se cuenta con resultados que agilizan la toma de decisiones en el sector agrícola, con el consiguiente ahorro de tiempo y de recursos involucrados en el desempeño de los sistemas productivos de este sector. Podemos agregar que la implementación de los resultados arribados tienen un alto valor desde diferentes puntos de vista, en la forma que desglosamos a continuación:

- Científico- Técnico: por constituir una poderosa y novedosa herramienta para la toma de decisiones técnico – administrativas y por que representa un nuevo servicio al sector productivo, con un alto valor agregado de la Ciencia, donde se produce de forma armónica y sinérgica la integración de diferentes saberes.
- Medioambiental: Representa una excelente vía para planificar y ejecutar el uso, conservación y manejo de los principales recursos naturales involucrados en el desarrollo sostenible de los sistemas productivos agrícolas (suelo, clima, agua).
- Económico: Es un nuevo producto que se oferta de forma diferenciada al sector productivo, que garantiza la competitividad de las empresas y constituye un ahorro al sustituir importaciones y además, por las posibilidades de comercialización fuera de frontera como marca comercial con un producto 100 x 100 % cubano, elaborado con bajos recursos y un significativo aporte de Know How como producto de la formación de capacidades internas y capital humano logradas por la Revolución.

Por todo lo anteriormente expresado consideramos que los estudiantes están aptos para ejercer como Ingenieros Informático, augurando que en el futuro contaremos con dos profesionales con mucho talento, disciplina, sentido de la responsabilidad y la honestidad, que siempre pondrán muy en alto los valores adquiridos durante su etapa de estudiantes del cual nos enorgulleceremos todos; y proponemos le sea otorgada al presente Trabajo de Diploma, la calificación de, 5 – Excelente.

Además consideramos que los resultados poseen valor para ser publicados, y divulgados en diferentes eventos científicos – técnicos que se realicen en diferentes instancias, y fundamentalmente sean presentados en eventos pertenecientes al Ministerio de la Agricultura, el Ministerio del Azúcar y el Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, como entidades con mayores implicaciones en la generalización de los resultados que se obtienen a partir de este Trabajo de Diploma.

Y para que así conste, se firma la presente a los 12 días del mes de junio del año 2007.

MsC. Olimpia Nilda Rajadel Acosta

Nombre completo del primer tutor

Ing. Hugandy Álvarez Acosta

Nombre completo del segundo tutor

Fecha: _____

A mi abuela Rosalina(Chaly), que siempre ha estado conmigo, a mis padres y mis hermanas, a mis sobrinos, a mi familia, a mis amigos y a sus familias por aceptarme en su seno como un hijo más , a mi tutora Nilda y su esposo, a mi tutor Hugo por su ayuda incondicional, a mi amigo y compañero de tesis William, por su paciencia, a mis compañeros de grupo, a mis profesores y a todos los que de una forma u otra, con su apoyo, han hecho posible mi formación como profesional.

Rewer

Mi agradecimiento a todas las personas que de una u otra forma han colaborado con la realización de este proyecto:

... a mis padres que le debo todo lo que soy, a mis abuelos y mi hermana por su cariño, a mi tutora Nilda y su esposo, a mi tutor Hugo por su ayuda, a mi compañero de tesis y amigo Rewer, a mi novia por compartir este momento conmigo, a mis amigos de toda la vida, a mis compañeros de grupo, a mis profesores, en fin, a todos los que he mencionado y a todos los que he olvidado mencionar pero que también merecen mi agradecimiento,

*Para todos simplemente, **Muchísimas Gracias.***

William

A nuestras familias, amigos y seres queridos...

Resumen

El presente proyecto de tesis, titulado “Sistema Integral para el Cálculo del Balance Hídrico de los suelos de una región de uso agrícola”, pretende dar respuesta a las necesidades de la agricultura de contar con una herramienta automatizada, que auxilie a los especialistas en el proceso de toma de decisiones técnico-administrativas para el ordenamiento y manejo de los recursos involucrados en los sistemas productivos, fundamentalmente agua y suelos.

El proyecto se realizó con el objetivo fundamental de obtener un sistema informático, capaz de gestionar de manera eficiente la información involucrada en el cálculo del Balance Hídrico como punto de partida para la evaluación integral del efecto del suelo y el clima sobre los rendimientos de los cultivos.

Como principal resultado de la investigación se obtiene un producto informático novedoso desde el ámbito científico-técnico, social y ambiental. La novedad radica, primeramente, en la integración de ciencias como la informática, la hidrología y la agro-meteorología en función de resolver un problema común. Otro aspecto a resaltar es el análisis integral de los factores involucrados en el proceso productivo agrícola, lo que brinda a los especialistas información valiosa para un eficiente ordenamiento agro-productivo. La utilización del software también crea las condiciones para un manejo sostenible del medio ambiente y de sus recursos naturales.

Índice

Introducción.....	1
Capítulo 1 – Fundamentación teórica.....	9
1.1 – Introducción.....	9
1.2 – Descripción del dominio del problema	9
1.2.1– Recursos naturales involucrados en la Producción Agrícola	9
1.2.2 – Balance Hídrico	16
1.3 – Procesos objeto de automatización	20
1.4 – Descripción de los sistemas existentes.....	23
1.5 – Tendencias, metodologías y tecnologías actuales.....	25
1.5.1 – Metodología de Desarrollo de Software.....	26
1.5.2 – Gestor de Bases de Datos MySQL.....	29
1.5.3 – Herramienta de desarrollo Borland Delphi 7.0	31
1.6 – Conclusiones.....	32
Capítulo 2 – Descripción de la solución propuesta.....	33
2.1 – Introducción.....	33
2.2 –Modelo del Dominio	33
2.2.1 –Definición de las entidades y los conceptos principales	34
2.2.2 – Reglas del negocio a considerar.....	35
2.2.3 – Representación del modelo del dominio	36
2.3 – Descripción del sistema propuesto	36
2.3.1 – Concepción general del sistema.....	36
2.3.2 – Requerimientos funcionales.....	37
2.3.3 - Requerimientos no funcionales	39
2.4 – Modelo de casos de uso del sistema	42
2.4.1 – Actores del sistema	42
2.4.2 – Paquetes y sus relaciones	43
2.4.3 – Diagramas de casos de uso del sistema	43
2.4.4 – Descripción de los casos de uso del sistema	46
2.5 – Conclusiones.....	57
Capítulo 3 – Construcción de la solución propuesta	58
3.1 – Introducción.....	58
3.2 – Diagrama de clases del diseño	58
3.2.1- Diagrama de clases del diseño paquete Seguridad	59
3.2.2- Diagramas de clases del diseño paquete Gestión de la Información	59
3.2.2- Diagrama de clases del diseño paquete Obtención de Resultados.....	64
3.3 – Diseño de la base de datos.....	65
3.3.1 – Modelo lógico de datos.....	65
3.3.2 – Modelo físico de datos	65
3.4 – Diagrama de implementación.....	65
3.5 – Principios de diseño	66

3.5.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación.....	66
3.5.2 – Tratamiento de errores	67
3.5.3 – Concepción general de la ayuda	68
3.6 – Conclusiones.....	68
Capítulo 4 – Estudio de factibilidad	69
4.1 – Introducción.....	69
4.2 – Planificación por puntos de función.....	69
4.2.1- Obtención de los puntos de función	70
4.2.2 – Estimación de la cantidad de instrucciones fuente (SLOC)	76
4.2.3 – Determinación de los costos.....	77
4.3 – Beneficios tangibles e intangibles	80
4.4 – Análisis de costos y beneficios.....	81
4.5 – Conclusiones.....	82
Conclusiones.....	83
Recomendaciones.....	84
Referencias bibliográficas	85
Bibliografía	88
Glosario de términos	90
Anexos	92
Anexo 1- Flujos de trabajo y fases del RUP	92
Anexo 2- Prototipos de Casos de Uso	93
Anexo 3- Modelo lógico de datos	95
Anexo 4- Modelo físico de datos	97
Anexo 5- Multiplicadores para el cálculo del esfuerzo	98
Anexo 6- Multiplicadores de esfuerzo	101
Anexo 7- Factores escala	101

Índice de tablas

Tabla 2.1- Descripción de los actores del sistema.....	42
Tabla 2.2- Descripción del caso de uso del sistema Autenticarse	46
Tabla 2.3- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar Seguridad.....	46
Tabla 2.4- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar estudio	47
Tabla 2.5- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar datos climáticos.....	47
Tabla 2.6- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar zona	48
Tabla 2.7- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar suelos	48
Tabla 2.8- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar cultivos.....	49
Tabla 2.9- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar siembra.....	49
Tabla 2.10- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar fertilizantes.....	50
Tabla 2.11- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar labores.....	50
Tabla 2.12- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar riego.....	51
Tabla 2.13 Descripción del caso de uso del sistema Seleccionar suelos	51
Tabla 2.14 Descripción del caso de uso del sistema Seleccionar siembras	52
Tabla 2.15- Descripción del caso de uso del sistema Definir estudio.....	52
Tabla 2.16- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar riego	53
Tabla 2.17- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar fertilizantes.....	53
Tabla 2.18- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar labor.....	54
Tabla 2.19- Descripción del caso de uso del sistema Calcular Balance Hídrico	54
Tabla 2.20- Descripción del caso de uso del sistema Calcular exigencias de riego	55
Tabla 2.21- Descripción del caso de uso del sistema Calcular pérdidas de suelo	55
Tabla 2.22- Descripción del caso de uso del sistema Mostrar resumen de estudio	56
Tabla 2.23- Descripción del caso de uso del sistema Mostrar resultados	56
Tabla 2.24- Descripción del caso de uso del sistema Graficar resultados	57
Tabla 4.1- Clasificación de las Entradas Externas.....	72
Tabla 4.2- Clasificación de las Salidas Externas.....	74
Tabla 4.3- Clasificación de las Consultas Externas.....	74
Tabla 4.4- Clasificación de los Ficheros Internos.....	75
Tabla 4.5- Planificación: Punto de función	76
Tabla 4.6- Planificación: Miles de instrucciones fuentes.....	76
Tabla 1.7- Multiplicadores de esfuerzo	78
Tabla 4.8- Factores de escalas	78
Tabla 4.9- Costos totales.....	80

Índice de figuras

Figura 2.1. Diagramas de clases del modelo de objetos del dominio	36
Figura 2.2- Diagramas de paquetes	43
Figura 2.3- Diagramas de casos de uso del paquete Seguridad	44
Figura 2.4- Diagramas de casos de uso del paquete Gestión de la Información.....	44
Figura 2.5- Diagramas de casos de uso del paquete Obtención de Resultados	45
Figura 3.1- Diagrama de clases paquete Seguridad	59
Figura 3.2- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar Estudio	59
Figura 3.3- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar zona	60
Figura 3.4- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar datos climáticos	60
Figura 3.5- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar suelos	61
Figura 3.6- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar cultivos	61
Figura 3.7- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar siembras	62
Figura 3.8- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar riego	62
Figura 3.9- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar fertilizantes.....	63
Figura 3.10- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar labores	63
Figura 3.11- Diagrama de clases del paquete Obtención de Resultados	64
Figura 3.12- Diagrama de implementacion	66

Introducción

Actualidad y necesidad del trabajo.

La agricultura actual enfrenta la amenaza ambiental más crítica de la historia: deterioro del suelo y del agua, esenciales para la producción alimentaria. Las vías escogidas para evitar o mitigar la catástrofe ambiental que nos envuelve son múltiples, pero un consenso general se mueve hacia el desarrollo sostenible:

"El desarrollo sostenible es el manejo y la conservación de la base de recursos naturales, así como la orientación del cambio tecnológico e institucional de manera tal que se garantice de forma permanente la satisfacción de las necesidades de las generaciones presentes y futuras. Este tipo de desarrollo (en agricultura, silvicultura y pesca) conserva la tierra, el agua, los recursos genéticos animales y vegetales, es ambientalmente no degradante, técnicamente apropiado, económicamente viable y socialmente aceptable." Esta definición fue adoptada en 1989 por la FAO. [FAO, 1995]

Teniendo en cuenta que el desarrollo sostenible de un país depende, en gran medida, de sus posibilidades para alcanzar una producción agrícola que le permita satisfacer las necesidades de sus habitantes y que para lograr esas cantidades de producción, el agua juega un papel de vital importancia, se considera por tanto, que el empleo del agua y su gestión han sido y serán un factor esencial para elevar la productividad de la agricultura y asegurar una producción previsible. [CenMet, 2005]

El balance del agua es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de los sistemas agrícolas, pues permite evaluar, a través de diferentes estudios, el posible efecto de los índices relativos al suelo y al clima sobre los rendimientos agrícolas, como consecuencia de una limitada disponibilidad de agua.

Además de la estimación del contenido de agua disponible de una región, se requiere conocer otros índices que inciden de una forma u otra en los resultados agrícolas, entre estos se pueden señalar: el tipo de suelo, la precipitación efectiva, la demanda potencial

de agua en la atmósfera y la transpiración de la vegetación, cuyo conocimiento y manejo, permite hacer un uso más eficaz del recurso agua destinado para el riego agrícola.

Los índices mencionados anteriormente han sido utilizados en diferentes países para el diseño de aplicaciones informáticas que permitan evaluar la incidencia de los mismos en los cultivos, aunque es válido aclarar que se utiliza cada una de las mismas de forma particular según los intereses y destino de la información. Entre estas herramientas se encuentran los llamados Modelos de Simulación, los cuales constituyen un elemento importante en la agricultura moderna, al cuantificar, interpretar y predecir las necesidades hídricas de los cultivos, el desarrollo de estos y sus rendimientos. Estos tipos de modelos, se consideran de gran ayuda para la toma de decisiones técnico-administrativas en los sistemas agrícolas, como definiciones de agua para riego, dosis de fertilizante, entre otras. [CenMet, 2005]

Las diferentes condiciones hidrológicas, edafológicas y climáticas existentes en el planeta han condicionado también la elaboración de una amplia gama de modelos para el cálculo del Balance Hídrico. A nivel mundial, son muchos los estudios que se realizan referentes al Balance Hídrico, de forma particular, en nuestro país se han realizado y se realizan estos estudios, pero por diferentes causas subjetivas y objetivas, no se ha generalizado su uso en la agricultura y no se explotan todas sus potencialidades. Entre estas causas, se puede mencionar, que la mayoría de estos modelos no están automatizados, o muestran un alto grado de complejidad, por lo que resulta muy engorrosa su utilización. Otro aspecto que frena la utilización de algunos modelos es el hecho de que la mayoría no se ajustan a las condiciones específicas de nuestro país.

Ante la problemática existente en Cuba en relación con el manejo racional de los recursos naturales involucrados directamente en los procesos agrícolas, fundamentalmente suelo y agua, los investigadores del presente proyecto, para el diseño de esta aplicación automatizada, organizaron los métodos de trabajo y las fuentes de información y de forma integrada, fue concebida la captación de la

información para conformar las bases de datos de las variables: clima, suelos, cultivos, así como, la infraestructura social y productiva de una zona, región o sistema productivo agrícola, para de esta forma garantizar el manejo adecuado de los recursos antes mencionados en función del desarrollo agrícola sostenible sin detrimento del Medio Ambiente.

Situación problemática.

Lamentablemente nuestro país no escapa a los problemas globales del clima y como consecuencia directa ve afectado sus recursos naturales. La agricultura es una de las actividades que más sufre estos efectos, por lo que resulta vital la aplicación de políticas de conservación del agua y los suelos con vistas al logro de la sostenibilidad en el sector. Otro aspecto que influye de manera negativa en el desarrollo de nuestros sistemas productivos es el impacto de comportamientos extremos del clima, donde se destacan dos fenómenos meteorológicos: los ciclones tropicales y la sequía. Estos fenómenos son responsables de grandes pérdidas en el sector agropecuario, ya sea por la fuerza de los vientos y las inundaciones provocadas por las lluvias asociadas en el caso de los ciclones tropicales, o por la sequía.

Según estudios realizados por investigadores del Instituto de Meteorología de Cuba, la sequía es un proceso recurrente en el país y en las últimas tres décadas se ha duplicado la frecuencia de sequías moderadas y severas; estos procesos combinados con altas tasas de Evapotranspiración, producen el agotamiento de las reservas hídricas de país, lo que afecta sensiblemente el funcionamiento de las Cuencas Hidrográficas y el desarrollo agropecuario del territorio nacional. [Rivero, 2003]

El efecto nocivo de los eventos extremos del clima, se incrementa cuando los procesos de sequía son interrumpidos por grandes precipitaciones, las cuales son causantes de altas tasas de pérdidas de suelos como consecuencias de los arrastres provocados por las mismas, sobre todo en las zonas con mayores pendientes y frecuentes cambios de uso de suelos, donde la cobertura vegetal es variable.

Es por esto, que se considera de gran interés e importancia los estudios relacionados con el monitoreo de las condiciones climáticas, el uso y manejo de los suelos, la búsqueda de variedades de cultivos adaptables a las diferentes condiciones edafo-climáticas, y se hace énfasis en los estudios agro-meteorológicos que de forma particular vinculan las variables climáticas con el comportamiento de los índices productivos en las diferentes regiones. En este caso, se tiene muy en cuenta los estudios para conocer el Balance Hídrico, el cual contabiliza las ganancias de agua por lluvia o por riego, y las pérdidas por evaporación, escorrentía, drenaje profundo y la variación del almacenamiento de agua en el suelo.

Conocer el Balance Hídrico de una localidad permite determinar la duración y la magnitud a nivel macro-climático de los períodos con excesos o deficiencias de agua, según los especialistas, sin agua es imposible la agricultura, por lo que se necesita saber con exactitud cuánta necesita cada especie, cómo aplicarla, en qué momento, de manera que pueda emplearse eficientemente.

En la mayoría de las cuencas tropicales, se están comenzando a aplicar modelos de simulación para conocer los niveles de agua y su futuro comportamiento en el suelo, además de la influencia de las condiciones climáticas que afectan dichas zonas, pero su generalización se encuentra limitada por carencias de información y de recursos para obtenerla.

Contradictoriamente, en nuestro país, se da una situación diferente por completo, se tiene un gran volumen de información que se encuentra dispersa en las diferentes organizaciones administrativas y de investigación, las cuales, son utilizadas de forma particularizada en dependencia del tipo de estudio a realizar; por ejemplo el Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos, posee una amplia base de datos sobre el comportamiento pluviométrico de las cuencas hidrográficas, por su parte, el Instituto de Meteorología, tiene como su patrimonio la base climática, y el Ministerio de la Agricultura, es el propietario de toda la información relacionada con los estudios de suelos, índices productivos de los diferentes cultivos, etc.

Como se puede apreciar, las condiciones están creadas, solo falta el consenso de la voluntad política de las estructuras administrativas, el incremento de recursos informáticos en el sector agropecuario y la vinculación con organizaciones proveedoras del conocimiento informático, para de forma ordenada, aprovechar la integración de estas bases de datos en la toma de decisiones con fundamentos científicos, que se traduzcan en una efectiva organización territorial agropecuaria y en el manejo racional de los recursos naturales involucrados en el desarrollo agrícola.

Concretamente **el problema a resolver** en el presente estudio está dado por la inexistencia de una herramienta automatizada que facilite la gestión de la información en función de la toma de decisiones, para el uso sostenible de los recursos naturales agua y suelos en el manejo agrícola.

Objeto de estudio y campo de acción.

El **objeto de estudio** de la presente investigación está relacionado con la adecuada utilización de las prácticas agrícolas que garanticen el desarrollo de este sector, con un eficiente uso y manejo de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible.

El **campo de acción** se delimita en la organización de la información y la informatización de una herramienta para el cálculo del Balance Hídrico.

Objetivos generales y específicos.

El objetivo general del presente trabajo se resume en:

- Elaboración de una herramienta informática que favorezca el ordenamiento territorial agro-productivo de una zona de uso agrícola, en función de la toma de decisiones para el manejo sostenible de los recursos naturales de los sistemas agrícolas

De forma específica se plantean como objetivos:

- Analizar soluciones existentes relacionadas con las prácticas agrícolas y el uso de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible.
- Construir la Base de Datos capaz de almacenar y gestionar de forma eficiente la información involucrada que facilite la gestión de la información para el uso sostenible de los recursos naturales agua y suelos en el manejo agrícola.
- Modelar e implementar una propuesta de software, utilizando el Proceso Unificado de Desarrollo (RUP), capaz de dar solución eficiente al problema de investigación.
- Validar el software elaborado a través de criterio de especialista.

Idea a defender.

La elaboración de un sistema informático para el cálculo del Balance Hídrico, que de forma integral vincule la información referente al suelo, el cultivo y el clima, proporciona una herramienta novedosa para el ordenamiento agro-productivo territorial, y garantiza la toma de decisiones que favorezcan las prácticas agrícolas.

Tareas de investigación.

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos propuestos es necesario desarrollar varias tareas, entre las mismas podemos mencionar las siguientes:

- Determinar los fundamentos teóricos que sustentan las prácticas agrícolas y el uso de los recursos naturales en función del desarrollo sostenible.
- Analizar otros sistemas automatizados como antecedentes existentes asociados al problema, como referentes que condicionan la información para
- Realizar el diseño lógico de la base de datos e implementar la misma sustentada por el gestor MySQL.

- Realizar la modelación de la solución, con ayuda de la herramienta Rational Rose, aplicando la metodología RUP y el lenguaje de modelado UML.
- Crear el diseño de clases e implementar los métodos necesarios para satisfacer los requerimientos propuestos para el software.

Aportes prácticos.

El aporte práctico del presente estudio, y su **Novedad Científica**, esta dado por la obtención de una herramienta informática para el cálculo del Balance Hídrico, donde de forma integral son evaluadas las principales variables que inciden directamente en el desarrollo de los cultivos y sus rendimientos agrícolas. Este novedoso sistema permite la toma de decisiones tanto técnicas como administrativas, lo cual garantiza el ordenamiento de los sistemas productivos y el uso racional de los recursos naturales.

Otro beneficio práctico es la posibilidad de seleccionar cultivos con mayores potencialidades de adaptación a las condiciones existentes en las zonas productivas, definir planes de riego, trazar políticas de conservación de suelos y comprobar la eficiencia en la aplicación de dichas estrategias. Además se obtiene información que permite tomar medidas urgentes de índole organizativas, de recursos y técnicas, ante anomalías y severidades de las condiciones atmosféricas y climáticas que de forma tan frecuente influyen en la merma de los rendimientos agrícolas en nuestro país.

Estructuración del contenido del trabajo de diploma.

El contenido de esta investigación ha sido tratado en cuatro capítulos:

Capítulo 1: Aborda la base teórica del presente proyecto. Es el resultado del estudio realizado por los autores sobre la temática tratada. Hace referencia a los principales conceptos relacionados con el dominio del problema. Además se realiza un estudio de las tendencias y tecnologías actuales en Internet que puedan ser aplicadas en la solución de los problemas.

Capítulo 2: Se describe el entorno donde se desempeñará el sistema a desarrollar, en el que se detallan los conceptos fundamentales del mismo así como la forma en que se relacionan, además de describirse las reglas que garantizan una eficiente comprensión del mismo y también se hace una representación grafica de los principales objetos del dominio.

En el capítulo también se plasma todo lo referente al proceso de captura de requisitos, lo cual es una de las etapas claves dentro del desarrollo de un sistema de software, y se representan todos los casos de uso con su correspondiente descripción, lo que garantiza que el sistema posea todas las funcionalidades requeridas por el cliente.

Capítulo 3: Se detalla la estructura interna del sistema. Se presenta el diagrama de clases diseñado con el fin de satisfacer los requerimientos propuestos. También se expone lo relacionado con el modelo lógico y físico de datos que utilizará la aplicación, así como aspectos referidos al diseño tales como: estándares de código, aspectos de diseño de la interfaz, tratamiento de errores y la concepción de la ayuda.

Capítulo 4: Ofrece una descripción de la planificación del proyecto, así como los costos asociados al mismo, los beneficios tangibles e intangibles que reportaría su elaboración y el análisis entre los costos y los beneficios para concluir si es o no factible el desarrollo del sistema.

Capítulo 1 – Fundamentación teórica

1.1 – Introducción

En el presente capítulo se sientan las bases para la comprensión de todos los aspectos relacionados con el dominio del problema. Se describe de forma detallada cada uno de los recursos naturales que intervienen en los procesos agrícolas y la importancia del papel que juegan para un satisfactorio desarrollo de la agricultura. También se hace referencia al Balance Hídrico, a su significado e importancia para un eficiente uso de los recursos agrícolas y la preservación de los mismos. El conocimiento del Balance Hídrico es una herramienta útil en el proceso de toma de decisiones agrícolas y en el ordenamiento territorial agropecuario, por lo que el cálculo y estudio de su comportamiento toma cada vez mayor importancia en la agricultura.

En el capítulo también se hace referencia al estado actual de la temática tanto a nivel nacional como internacional. Además se describen los procesos objeto de automatización así como las principales características de la tecnología que será utilizada para el desarrollo de una aplicación capaz de solucionar el problema que dio lugar a la presente investigación. Dentro de la tecnología a emplear se encuentra la metodología de desarrollo RUP y el lenguaje de modelado UML, además del gestor de base de datos MySQL y el lenguaje de desarrollo de aplicaciones Delphi.

1.2 – Descripción del dominio del problema

1.2.1– Recursos naturales involucrados en la Producción Agrícola

Recurso Clima

El Clima es el conjunto fluctuante de las condiciones atmosféricas, el cual se caracteriza por los estados y evoluciones del tiempo en un lugar o región determinado, o en el planeta entero, durante un período de tiempo relativamente largo. El mismo es cuantificado por una amplia gama de parámetros meteorológicos; los más comunes son

temperatura, precipitación, presión atmosférica, duración de la insolación y viento. Con frecuencia, los climas tienen descripciones, como tropical, subtropical, latitud media, latitud alta, marítimo, frío, seco, húmedo o sabana. [OMM, 2003]

El tiempo, que es la manifestación diaria del clima, desempeña una función decisiva en la producción de alimentos y la disponibilidad de agua dulce, en nuestro bienestar, en la producción y uso de energía, en las actividades industriales, de transporte, ocio y otras actividades económicas. La información sobre el clima es útil para tomar decisiones sobre todos estos aspectos. El clima afecta incluso al humor de la gente, influye en su carácter y rige su manera de pensar. Cada vez se reconoce más que el clima es uno de los más valiosos recursos de la Tierra. [OMM, 2003]

Los factores determinantes del clima, se refieren a las condiciones físicas y geográficas, que son relativamente constantes en el tiempo y en el espacio y que influyen en el clima en aspectos relacionados con la transferencia de energía y calor. Los de mayor importancia son la latitud, la elevación y la distancia al mar. [CenMet, 2005]

Recurso Suelo

El suelo es consecuencia de la naturaleza, es el resultado tanto de fuerzas destructivas como constructivas. Constituye el hábitat de las plantas, que a la vez favorecen su desarrollo y además es el medio de mayor importancia, en el desarrollo de los cultivos.[Manso, 2004]

Los suelos cambian mucho de un lugar a otro. La composición química y la estructura física del suelo en un lugar dado están determinadas por el tipo de material geológico del que se origina, por la cubierta vegetal, por la cantidad de tiempo en que ha actuado la meteorización, por la topografía y por los cambios artificiales resultantes de las actividades humanas.

Se puede hablar sobre la evolución del suelo, es decir, cambio de sus características basándose en el clima, presencia de animales y plantas y la acción del hombre. Por lo tanto un suelo natural, en el que la evolución es lenta es muy diferente de uno cultivado. El cultivo de la tierra priva al suelo de su cubierta vegetal y de mucha de su protección

contra la erosión del agua y del viento, por lo que estos cambios pueden ser más rápidos. [Manso, 2004]

El suelo suministra nutrientes a las plantas, de ahí que su degradación es considerada como uno de los problemas ambientales que amenaza la producción mundial de alimentos. El suelo cumple otras funciones igualmente trascendentes para los ecosistemas forestales, como la de permitir la recarga de acuíferos, influyendo así en la calidad del agua. Asimismo, es el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de compuestos orgánicos. La FAO y otras instituciones internacionales y nacionales, alertan año tras año sobre los riesgos de la degradación del suelo y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la mitigación de la pobreza, la migración y la seguridad alimentaria. [Obrador, 2003]

- Erosión del suelo

La erosión es un fenómeno geológico natural causado por el desprendimiento de partículas del suelo a causa de la acción del agua o el viento, que las depositan en otro lugar. Está originada por la combinación de varios factores, tales como las pendientes pronunciadas, el clima (por ejemplo: prolongados períodos de sequía seguidos de fuertes precipitaciones), la inadecuada utilización del suelo, el tipo de cubierta vegetal (por ejemplo: vegetación escasa) y los desastres ecológicos (por ejemplo: incendios forestales). Además, ciertas características intrínsecas del suelo pueden hacerlo más propenso a la erosión (por ejemplo: escaso desarrollo de los horizontes superiores, textura limosa o bajo contenido en materia orgánica). [González, 2005]

En los últimos 40 años, cerca de un tercio de los suelos agrícolas de la Tierra han dejado de ser productivos para usos agrícolas debido a la erosión. La capacidad productiva de los suelos erosionados es menor que la de los suelos no erosionados debido a que la erosión reduce la fertilidad y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. El uso de elevadas cantidades de fertilizantes y pesticidas y el riego ayudan a aliviar los efectos negativos de la erosión, pero pueden originar problemas adicionales de contaminación y contribuir a la destrucción de hábitats naturales. [González, 2005]

Entre las medidas para la prevención de la erosión podemos citar: [Alfaro, 2005]

Métodos naturales

- Mantener la cobertura vegetal (bosques, pastos y matorrales) en las orillas de los ríos y en las laderas
- Reforestar las laderas empinadas y las orillas de ríos y quebradas.
- Rotar cultivos, leguminosos con otros, para no empobrecer el suelo.
- Integrar materia orgánica al suelo, como los residuos de las cosechas.

Métodos artificiales

- Construir andenes o terrazas con plantas en los bordes.
- Construir zanjales de infiltración en las laderas para evitar la erosión en zonas con alta pendiente.
- Construir defensas en las orillas de ríos y quebradas para evitar la erosión.

Recurso Agua

El agua es un elemento clave del desarrollo sostenible, indispensable en sus aspectos sociales, económicos y ambientales. El agua es vida, esencial para la salud humana. El agua es un bien económico y un bien social que debe distribuirse en primer lugar para satisfacer necesidades humanas básicas. Muchos consideran que el acceso al agua potable y al saneamiento constituye un derecho humano. No hay nada que pueda sustituir el agua: sin ella perecen los seres humanos y otros organismos vivos, los agricultores no pueden cultivar los alimentos, las empresas no pueden funcionar. La seguridad del abastecimiento de agua es un aspecto clave de la reducción de la pobreza. [FAO, 2001]

El agua es esencial para aprovechar el potencial de la tierra y para permitir que las variedades tanto de plantas como de animales utilicen plenamente los demás factores

de producción que elevan los rendimientos. Para incrementar la productividad, la gestión sostenible del agua (especialmente si va unida a una gestión adecuada del suelo) contribuye a asegurar una producción mejor tanto para el consumo directo como para el comercio, favoreciendo así la producción de los excedentes económicos necesarios para elevar las economías rurales. [FAO, 2003]

El agua en el suelo específicamente realiza una función importante en el desarrollo de las plantas por sus propiedades eléctricas es el disolvente por excelencia. El dinamismo del agua en el suelo depende de las propiedades físicas relacionadas con la estructura y la textura, las características de la retención del agua y su movimiento, determinan la disponibilidad de esta para la planta. [Manso, 2004]

- Formas de ganancia y pérdida de agua en el suelo

Las formas fundamentales de ganancia de agua en el suelo son: a través de las precipitaciones, rocío, nevadas, o por el aporte de los sistemas de riego. Las pérdidas están dadas fundamentalmente por la escorrentía superficial, la infiltración hacia las capas más profundas del suelo y la evaporación producida por la incidencia directa sobre la superficie de la radiación solar y el comportamiento de los cambios de temperatura ambiente. A modo de explicar las variables que intervienen en el proceso de ganancia y pérdida de agua en el suelo (balance del agua), se definen a continuación algunas de las mismas:

• Precipitaciones

Las precipitaciones se definen como cualquier agua que proviene de la humedad atmosférica y que cae a la superficie terrestre, principalmente en estado líquido (lluvia) y sólido (nieve o granizo). Éstas representan el elemento más importante del ciclo hidrológico y a la vez son la principal entrada de agua en una cuenca. Su importancia radica en ser la forma de suministro natural de agua a los ecosistemas, condicionando la vida de los organismos y el desarrollo de las actividades humanas (agrícolas, económicas, industriales, etc.).

En condiciones tropicales, donde las lluvias son más agresivas e irregulares, es particularmente importante estudiar y evaluar en forma cuantitativa, la distribución del agua que llega a través de la lluvia a la superficie del suelo, identificando y evaluando al mismo tiempo los factores influyentes, y las consecuencias de su modificación mediante prácticas de manejo, o tratamientos. [CenMet, 2005]

En nuestro clima futuro se predice que las precipitaciones aumentarán en las regiones de latitudes altas, tanto en verano como en invierno. Sin embargo, se estima que en muchas regiones donde escasea el agua, y particularmente en las subtropicales, las poblaciones dispondrán todavía de menos agua. Las zonas continentales medias probablemente sean todavía más secas en períodos de verano, con lo que pueden aumentar las sequías. [OMM, 2003]

- **Riego**

Aportación de agua a la tierra por distintos métodos para facilitar el desarrollo de las plantas. Se practica en todas aquellas partes del mundo donde las precipitaciones no suministran suficiente humedad al suelo o bien donde se quieren implantar cultivos de regadío. En las zonas secas, el riego debe emplearse desde el momento en que se siembra el cultivo. En regiones de pluviosidad irregular, se usa en los períodos secos para asegurar las cosechas y aumentar el rendimiento de éstas. Esta técnica ha aumentado notablemente la extensión de tierras cultivables y la producción de alimentos en todo el mundo. No obstante, el regadío puede empantanar los suelos o incrementar su salinidad (contenido en sal) hasta el punto de que las cosechas queden dañadas o destruidas. [CenMet, 2005]

- **Evapotranspiración**

La evaporación (E) es el proceso por el cual el agua es transferida desde la superficie terrestre hacia la atmósfera. Incluye tanto la evaporación de agua líquida o sólida directamente desde el suelo o desde las superficies vegetales vivas o muertas (rocío, escarcha, lluvia interceptada por la vegetación), como las pérdidas de agua a través de las superficies vegetales, particularmente las hojas. En este último proceso,

denominado transpiración (T), el agua absorbida por medio de las raíces, se transfiere a la atmósfera fundamentalmente a través de los estomas situados en las hojas. Fue la dificultad de discriminar E y T en condiciones naturales, lo que obligó a introducir el concepto de evapotranspiración (ET). Por tanto la evapotranspiración constituye la transferencia total de agua desde una superficie vegetada a la atmósfera. [Domingo, 2003]

La evapotranspiración es un componente fundamental del Balance Hídrico y un factor clave en la interacción entre la superficie terrestre y la atmósfera. Su cuantificación se hace precisa en contextos diferentes tales como la producción vegetal, la planificación y gestión de recursos hídricos o estudios ambientales y ecológicos, y afecta por tanto a una gran variedad de especialidades científicas.

- **Infiltración**

La infiltración se define como el proceso por el cual el agua penetra por la superficie del suelo y llega hasta sus capas inferiores. Muchos factores del suelo afectan el control de la infiltración, así como, también gobiernan el movimiento del agua dentro del mismo y su distribución durante y después de la infiltración.

La capacidad de infiltración, conocida también como infiltrabilidad del suelo, es simplemente el flujo que el perfil del suelo puede absorber a través de su superficie, cuando es mantenido en contacto con el agua a presión atmosférica.

La infiltración del agua posee un rol fundamental en los procesos de escorrentía como respuesta a una precipitación dada en una cuenca, dependiendo de su magnitud; lluvias de iguales intensidades pueden producir caudales diferentes, esto es de gran importancia práctica dado que su velocidad determina generalmente la cantidad de agua de escurrimiento superficial y con ello el peligro de erosión hídrica. [Ruiz, 2002]

- **Escorrentía**

Cuando la lluvia o el riego caen sobre la superficie del terreno, una parte del agua comienza a infiltrarse en el suelo, mientras que otra puede empezar a deslizarse por su

superficie. Esta agua que no se infiltra es el agua de escorrentía o agua de arroyada y es la principal responsable de la erosión del suelo. Esta agua de arrollada, junto al agua de los acuíferos profundos que aflora a la superficie en los manantiales, es la que da lugar a la formación de arroyos, ríos y lagos, tan importantes para los ecosistemas terrestres. [Zaballos, 2002]

El agua de escorrentía puede desplazarse en forma de mantos o corrientes, bien sin cauce fijo, como en las aguas de arroyada, o bien con cauce, como en los ríos o los glaciares. En ambos caso, son una parte importante del ciclo del agua, puesto que la conduce hasta el océano o los lagos, donde se evapora. Los glaciares, las aguas de arroyada, los torrentes y ríos producen la erosión del terreno y llevan a cabo también el transporte y la sedimentación de materiales. [CenMet, 2005]

La escorrentía, además de producir erosión, hace que sea menor la cantidad de agua, procedente de las precipitaciones o de los riegos, que se puede infiltrar en el suelo y ser aprovechada por las plantas. En el caso de los encharcamientos, aunque una parte del agua estancada acaba infiltrándose en el suelo, otra se pierde por evaporación, sobre todo cuando las temperaturas son altas. Otra parte de la precipitación que no llega a infiltrarse en el suelo, y que se pierde por evaporación, es el agua interceptada por la vegetación y la hojarasca cuando las lluvias o los riegos son débiles y de corta duración. La escorrentía superficial es mayor cuanto más intensa sea la precipitación, mayor sea la pendiente y más compactado esté el suelo. [Zaballos, 2002]

1.2.2 – Balance Hídrico

El ambiente físico-biológico en que se desarrollan los procesos productivos está compuesto -a grandes rasgos- por el medio edáfico y por el medio atmosférico. Las plantas dependen para su crecimiento y desarrollo, de las condiciones del ambiente, en el cual el clima juega un papel preponderante. Los estudios agro-meteorológicos relacionados con el Balance Hídrico, permiten aportar el conocimiento básico del medio atmosférico relacionado con los aspectos de mayor incidencia en la producción agrícola, así como, las posibilidades que a través de ese conocimiento surgen para

optimizar el uso del recurso agua en el marco de una política conservacionista. [CenMet, 2005]

El balance del agua es uno de los aspectos más importantes para el desarrollo de los sistemas agrícolas. El mismo permite evaluar a través de diferentes estudios, el posible efecto de los índices relativos al suelo y al clima, medidos en tiempo real, sobre los rendimientos agrícolas como consecuencias de una limitada disponibilidad de agua en el planeta.

El Balance Hídrico se establece para un lugar y un período dados, por comparación entre los aportes y las pérdidas de agua en ese lugar y para ese período. Se tienen también en cuenta la constitución de reservas y las extracciones ulteriores sobre esas reservas. Las aportaciones de agua se efectúan gracias a las precipitaciones. Las pérdidas se deben esencialmente a la combinación de la evaporación y la transpiración de las plantas, lo cual se designa bajo el término evapotranspiración. [Salinas, 2004]

Es común, en el estudio de los balances hídricos, comparar las precipitaciones P y la evapotranspiración potencial ETP, lo cual permite distinguir situaciones diferentes en función de umbrales que son directamente significativos para un lugar o un período dado: Si $P < ETP$, la evaporación real será igual a P ; habrá deducción sobre las reservas, ausencia de escurrimiento; el período se denominará deficitario. Si $P > ETP$, la evaporación real será igual al ETP, habrá escurrimiento y constitución de reservas; el período se llamará excedente. [Salinas, 2004]

- Estimación del Balance Hídrico

La estimación del contenido de agua disponible de una región considerando el tipo de suelo, la precipitación efectiva, la demanda potencial de agua en la atmósfera y la transpiración de la vegetación, permite hacer uso más eficaz del recurso agua cuando es destinada para el riego agrícola y pueden tenerse en cuenta como variables para la elaboración e implementación de Modelos para el Cálculo del Balance Hídrico, entre estos se encuentran los llamados Modelos de Simulación, los cuales mediante el uso de computadoras, constituyen un elemento importante para tomar decisiones en la

agricultura, al cuantifica, interpretar y predecir las necesidades hídricas de los cultivos y el desarrollo de estos y sus rendimiento. [CenMet, 2005]

Estos cálculos han sido objeto de muchas investigaciones, que producen resultados variados, los cuales deben ser siempre utilizados con la precaución de tener presente en la mente la relatividad de su valor. Estos tipos de modelos, pueden ser de gran ayuda para la toma de decisiones técnico – administrativas en los sistemas agrícolas, entre las que se destacan las definiciones del riego de agua, dosis de fertilizantes, entre otros.

El equilibrio entre cuenca e hidrología superficial, o Balance Hídrico, estudiado a partir de modelos, permite la determinación a escala mensual, del drenaje o excedente de agua en cada área, contabilizándose los meses en los que se transporta agua para predeterminar el régimen hídrico de la zona dada, a través del cálculo de la acumulación de flujo. El Balance Hídrico, se ha establecido en función de los factores: Precipitación (P), Capacidad de Almacenamiento (Capacidad de Campo) y la Escorrentía Directa (E). Los modelos para el cálculo del Balance Hídrico, determinan el balance de agua en el área mediante el cómputo mensual de las entradas o ganancias de agua (Precipitación, y Escorrentía) y las salidas o pérdidas (Evapotranspiración, Infiltración) y la reserva o Capacidad de Almacenamiento (Capacidad de Campo). [Salinas, 2004]

En el caso específico de la evaluación integral de las Cuencas Hidrográficas, se han aplicado indistintamente diversos procedimientos numéricos, como ecuaciones y Modelos de Simulación, para el cálculo del Balance Hídrico, sin embargo, en algunas condiciones, especialmente cuando no existe validación previa de tales procedimientos, o no existe información suficiente para su aplicación, los evaluadores sólo estarían en capacidad de obtener tendencias sobre el comportamiento de diferentes respuestas de la cuenca. [Da Silva, 2002]

Haciendo un monitoreo en el tiempo de la cantidad de agua disponible en el suelo durante el desarrollo del cultivo y midiendo las condiciones de humedad inicial en el

suelo, así como, las cantidades de agua añadidas por precipitación o por riego, es posible comparar los valores simulados por un modelo con los valores reales. Para usar exitosamente los modelos de simulación con fines de transferencia de agro tecnologías, en una determinada región, es necesario cumplir una primera fase de validación de los mismos antes de pasar al proceso de predicciones y recomendaciones. [Comerma, 2004]

La validación o evaluación de un modelo implica la comparación de las salidas o resultados del mismo con los obtenidos en la realidad. Este proceso es necesario para determinar que también el modelo predice o no el comportamiento del sistema real. De manera general la utilidad de la aplicación de este tipo de modelo permite: [CenMet, 2005]

- Determinar el área que puede regarse con un determinado volumen de agua disponible.
- Es la base para elaborar calendarios teóricos de riego de cultivos.
- Estimar los volúmenes de agua que sean necesarios para auxiliar a los cultivos en caso de que la lluvia sea insuficiente para su buen desarrollo.
- Determinar en grandes áreas o cuencas, volúmenes de agua que se requieran drenar.
- Para seleccionar los cultivos más adecuados en zonas agrícolas (ordenamiento territorial agropecuario).
- Permite determinar la lámina adicional de riego necesaria para la prevención de problemas de salinidad de los suelos.
- Permite determinar, en forma general, la eficiencia con la que se está aprovechando el agua y, por lo mismo, planear debidamente el mejoramiento y la superación de todo el conjunto de actividades que se generan para las actividades de riego para proporcionar el agua a los cultivos oportunamente.

- Una vez conocidas las condiciones de humedad de los suelos, se pueden emitir pronósticos o alertas ante condiciones favorables para la ocurrencia de

1.3 – Procesos objeto de automatización

La aplicación será diseñada para automatizar los procesos que permitan el estudio del Balance Hídrico en un área productiva determinada, así como el comportamiento de todos los factores que intervienen en los rendimientos agrícolas de los cultivos.

Dentro de los procesos principales se encuentra la captación de los datos, tanto los relacionados con el clima, con el suelo y los cultivos.

La precipitación diaria, las cantidades de riego y sus fechas de aplicación son datos de entrada conjunta con los datos de clima, de suelo y otros datos de manejo.

La evaluación del balance de agua en el suelo a nivel diario se calculará usando la ecuación: [CenMet, 2005]

$$S=P + R- EP- ES- E-D$$

donde la cantidad de agua en el suelo (**S**), es el resultado de los aportes por concepto de precipitación (**P**) y riego (**R**), de pérdidas por transpiración de las plantas (**EP**) y evaporación del suelo (**ES**) (Las cuales conjuntamente determinan la Evapotranspiración (**ET**)), escorrentía (**E**) y drenaje del perfil (**D**).

Por su parte el caudal de escorrentía se calculara utilizando la fórmula racional: [Pizarro, 1985]

$$Q = C * I * A / 360$$

Donde **Q** es el caudal de escorrentía en metros cúbicos por segundo, **I** es la intensidad de la lluvia en milímetros por hora, **A** es la superficie de la cuenca en hectáreas, **C** es un coeficiente de escorrentía sin dimensiones.

El drenaje del perfil o la infiltración es calculada como la diferencia entre la precipitación (**P**) y el riego (**R**) menos la escurrimiento (**E**): [Pizarro, 1985]

$$I = (P + R) - E$$

Uno de los procesos más importantes para el desarrollo agrícola es la planificación de las necesidades de riego. Este proceso incluye determinar las cantidades de agua que necesitan los cultivos y cuando aplicarla a la plantación para lograr el máximo de rendimiento. Con este fin se automatizaran cálculos para la predicción de la necesidad de agua para el riego.

Las plantas son capaces de extraer agua desde la Capacidad de Campo del suelo (**CC**) hasta el Punto de Marchitez Permanente (**PMP**), esta cantidad de agua es conocida como Humedad Aprovechable (**HA**). La Humedad de Déficit (**Hd**) será la cantidad de agua necesaria a aportar en el riego para llegar nuevamente a la condición de capacidad de campo.

Al definir un Umbral de Riego (**UR**), podemos decir que es el porcentaje de la humedad aprovechable que tiene que consumirse por las plantas antes de regar nuevamente.

La lámina neta de riego corresponde a la humedad de déficit que a su vez, corresponde a la cantidad de agua que puede consumir el cultivo entre dos riegos consecutivos. Para determinar la lámina neta de riego, es necesario conocer la humedad aprovechable del suelo, el umbral de riego y la profundidad de raíces que se van a mojar. Esta relación se puede expresar como: [Pizarro, 1985]

$$Ln = (CC - PMP) \times Da \times H \times UR \times 100 \times HA$$

Donde **Ln** es la lámina neta de riego a reponer (mm), **CC** es la capacidad de campo (%), **PMP** es el punto de marchitez permanente (%), **Da** es la densidad aparente (g/cm³), **H** es la profundidad a humedecer (mm), **UR** es el umbral de riego, expresado en términos de fracción y **HA** es la humedad aprovechable (%).

La lámina bruta, o necesidad bruta, es la cantidad de agua que debe aplicarse en cada riego a la superficie del terreno, de manera de asegurar una penetración suficiente de

agua que permita retener en la zona radicular la lámina neta (**Ln**). Esta cantidad de agua se obtiene a través de la siguiente ecuación: [Pizarro, 1985]

$$\mathbf{Lb = Ln / Ea}$$

Donde **Lb** es la lámina bruta (mm), **Ln** es la lámina neta de riego (mm) y **Ea** es la eficiencia de aplicación del sistema de riego (%).

Cuando se habla de riego no solo es importante conocer cuánta agua regar, también se debe conocer cuando regar. La frecuencia de riego permite estimar el número de días transcurridos entre dos riegos consecutivos y corresponde al período en que el cultivo agota la lámina neta.

Para estimar la frecuencia de riego es necesario conocer la lámina neta y la evapotranspiración real del cultivo (**ETc**). La frecuencia de riego se puede obtener de la siguiente expresión:

Para estimar la frecuencia de riego es necesario conocer la lámina neta y la evapotranspiración real del cultivo (**ETc**). La frecuencia de riego se puede obtener de la siguiente expresión: [Pizarro, 1985]

$$\mathbf{Fr = Ln / ETc}$$

Donde **Fr** es la frecuencia de riego, en días, **Ln** es la lámina neta de riego (mm) y **ETc** es la evapotranspiración del cultivo (mm/día)

Uno de los principales problemas que afecta la agricultura mundial es la pérdida de suelos debido principalmente a la erosión. Este problema también está latente en nuestros suelos y principalmente afecta a los terrenos dedicados a la producción agrícola. Con el fin de poder cuantificar las pérdidas en los suelos y así poder tomar las medidas de conservación pertinentes la aplicación automatiza la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo. [Pérez, 1989]

$$\mathbf{A = R * K * L * S * C * P}$$

Donde **A** es la media de la pérdida anual de suelo en toneladas por hectárea, **R** es una medida de las fuerzas erosivas de las precipitaciones y la escorrentía, **K** es el factor de

erosionabilidad del suelo, es decir, una cifra que refleja la susceptibilidad de un tipo de suelo a la erosión o sea la recíproca de la resistencia del suelo a la erosión, **L** es el factor de longitud, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de una longitud específica de 22,6 metros, **S** es el factor de manejo, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo de pendiente específica del 9%, **C** es un factor de manejo de los cultivos, relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo sometido a un tratamiento estándar de barbecho y **P** es el factor de la práctica de conservación, una relación que compara la pérdida de suelo con la de un campo al que no se aplica ninguna práctica de conservación, es decir, arado en el sentido de la pendiente.

1.4 – Descripción de los sistemas existentes

Una de las causas fundamentales para obtener rendimientos agrícolas en correspondencia con las crecientes demandas alimentarias de la población mundial, es el estudio integral del uso y manejo racional de los recursos naturales que inciden directamente en este proceso, es decir, el clima, el suelo y el agua. El estudio de estos recursos, a través de un seguimiento del comportamiento del Balance Hídrico, permite que no se acentúen las pérdidas de agua, provocando el consiguiente estrés hídrico en los cultivos, así como, que las diferentes formas de ganancia del líquido, fundamentalmente las precipitaciones y el riego, no constituyan factores condicionantes de pérdidas agrícolas y de suelo.

De forma general, en varias regiones del mundo y en nuestro país, se han realizado diferentes estudios relacionados con el cálculo del Balance Hídrico, pero en la mayoría de los casos, dichos estudios aportan como resultado modelos de simulación que de forma particularizada evalúan el comportamiento del agua o las pérdidas del suelo por el efecto de las precipitaciones o el manejo inadecuado de estos mientras que en otros, se relaciona el comportamiento de algunas de las variables climáticas como temperatura, radiación solar y vientos en relación con las pérdidas de agua con evaporación. Estos modelos son realizados teniendo en cuenta las características

particulares de las zonas en los cuales tienen lugar los estudios por lo que su aplicación en zonas con diferentes características edafo-climáticas los resultados que aportan estos modelos no son confiables. Otro aspecto negativo de estos modelos es el hecho de que no están automatizados, por lo que debido a su complejidad y el gran volumen que manejan resulta difícil el trabajo con los mismos.

En nuestro país se ha venido trabajando el campo del Balance Hídrico y todas sus vertientes, desde su aplicación en la toma de decisiones para el ordenamiento agrícola, precisamente en este campo es donde se inserta el presente trabajo, hasta su utilización para la conservación y manejo adecuado de los recursos hídricos y en el seguimiento y pronósticos de la sequía.

Durante la revisión bibliográfica para la realización del presente trabajo se encontraron algunas herramientas, que aunque no están relacionadas directamente con nuestro objeto de estudio, realizan cálculos de Balance Hídrico o de algunas de sus variables.

- **Programa Balhidri**

Desarrollado en la provincia de las Tunas por especialistas del Instituto Nacional de Recursos Hidráulicos. Este programa computacional fue realizado para el cálculo del Balance Hídrico aunque el mismo no está destinado a la agricultura, sino a la gestión eficiente de los embalses del país. Es una aplicación desarrollada en Excel y utiliza varias hojas de cálculo para la recopilación de datos y el procesamiento de los mismos.

- **InnerSoft - Balance Hídrico v0.1**

Aplicación que realiza el cálculo del Balance Hídrico, a partir de los datos mensuales de P (precipitación) y ETP (evapotranspiración potencial).

Esta aplicación brinda poca información a los especialistas, la misma limita las posibilidades de cálculo solo a nivel mensual, además no almacena los datos relativos al suelo ni a los cultivos ni brinda posibilidades de relacionarlos.

- **Hydraccess**

Hydraccess es un software que permite importar y guardar varios tipos de datos hidrológicos en una base de datos en formato Microsoft Access 2000, y realizar los procesamiento básicos que un hidrólogo pueda necesitar. Aunque realiza cálculos de evapotranspiración y del Balance Hídrico no está diseñado con fines agrícolas sino con fines hidrológicos. Hydraccess se destina a los estudiantes, ingenieros o investigadores que deseen administrar, visualizar y procesar datos hidrológicos. [Vauchel, 2002]

- **CropWat**

CropWat es un programa realizado para el sistema operativo Windows. Este usa el método Penman-Monteith aprobado por la FAO para el cálculo de la evapotranspiración de referencia de los cultivos, una de las variables de mayor incidencia en el Balance Hídrico, pero maneja esta información de forma aislada. Estos valores estimados por el programa son utilizados por el mismo para los cálculos de requerimiento de agua de los cultivos y la distribución de riego para estos. [Clarke, 1998]

1.5 – Tendencias, metodologías y tecnologías actuales

Las etapas en el desarrollo de una herramienta de software deben estar soportadas por las indicaciones de alguna metodología para poder garantizar su calidad y eficiencia. Conjuntamente con esto se debe tener presente que antes de llevarse a cabo cualquier aplicación es necesario realizar un estudio de las tecnologías actuales, con el objetivo de seleccionar la más adecuada según los requerimientos que se debe cumplir para el desarrollo de la nueva propuesta. Otro elemento importante a analizar es el estado de las herramientas afines a escala global.

1.5.1 – Metodología de Desarrollo de Software

Proceso Unificado de Desarrollo (RUP)

En la actualidad existe una tendencia a la creación de un software más grandes y complejo, esto impulsado sin duda alguna por el vertiginoso avance de la tecnología que pone a nuestro alcance máquinas más potentes con una capacidad de procesamiento y almacenamiento de información que crece casi sin límites. Hoy en día se necesita un software más complejo que satisfaga las demandas de los usuarios, que cada día son mayores. Ante estos retos los desarrolladores de software necesitan nuevos métodos para el desarrollo de aplicaciones informáticas.

La comunidad de desarrolladores de software necesita una forma coordinada de trabajar. Necesita un proceso que integre las múltiples facetas de desarrollo. Este proceso debe: [Rumbaugh, 2000]

- Proporcionar una guía para ordenar las actividades de un equipo.
- Dirigir las tareas de cada desarrollador por separado y del equipo como un todo.
- Ofrecer criterios para el control y la medición de los productos y actividades del proyecto.

La actual solución al problema del software lo constituye el Proceso Unificado de Desarrollo (RUP, siglas en ingles de Rational Unified Process). El proceso Unificado surge en 1998 y se identifica por ser un proceso de desarrollo de software definido por tres fases claves que brevemente describiremos.

Dirigido por Casos de Uso: Un caso de uso es un fragmento de funcionalidad del sistema que proporciona al usuario un resultado importante. Estos guían el proceso de desarrollo incluyendo el diseño, la implementación y las pruebas del sistema. “Los casos de uso no solo inician el proceso de desarrollo sino que le proporcionan un hilo conductor. Dirigido por casos de uso quiere decir que el proceso de desarrollo sigue un hilo –avanza a través de una serie de flujos de trabajos que parten de los casos de uso”. [Rumbaugh, 2000]

Centrado en la Arquitectura: La arquitectura invoca los elementos más significativos del sistema y está influenciada entre otros por plataformas de software, sistemas operativos, gestores de bases de datos, protocolos, consideraciones generales y requisitos no funcionales. La arquitectura abarca decisiones importantes sobre la organización del sistema, los elementos estructurales, sus interfaces y comportamientos. Es de resaltar la interacción que debe existir entre arquitectura y casos de usos, estos dos aspectos deben evolucionar en paralelo.

Iterativo e Incremental: Para hacer más manejable un proyecto se recomienda dividirlo en ciclos. Para cada ciclo se establecen fases de referencia, cada una de las cuales debe ser considerada como un mini – proyecto, cuyo núcleo fundamental está constituido por una o más iteraciones de las actividades principales básicas de cualquier proceso de desarrollo.

Se puede decir que el Proceso Unificado atraviesa por una serie de ciclos, los cuales se dividen en las fases: [Rumbaugh, 2000]

Inicio: En esta fase inicial se desarrolla una descripción del producto final partiendo de una buena idea. Es en esta fase donde se definen las principales funciones del sistema para sus usuarios, se obtiene una vista preliminar de la arquitectura del sistema y se define cual es el plan del proyecto y su costo.

Elaboración: En esta fase se especifican los casos de uso y se diseña la arquitectura del sistema, la cual se expresa en forma de vista de todos los modelos del sistema, los que en su totalidad conforman el sistema entero.

Construcción: Es una fase de desarrollo donde se emplean la mayor cantidad de recursos para poder entregar a los usuarios un producto.

Transición: En esta fase el producto es probado por un grupo pequeño de usuarios con experiencias para informar las deficiencias y que estas sean corregidas. Es en esta fase donde se forma al cliente, se proporciona una línea de ayuda y asistencia y se corrigen los defectos encontrados tras la entrega.

Cada fase se divide en iteraciones o mini-proyectos los cuales atraviesan por los flujos de trabajo: requisitos, análisis, diseño, implementación y prueba. (Ver anexo 1)

Es acertado decir que El Proceso Unificado guía a los equipos de proyecto en cómo administrar el desarrollo iterativo de un modo controlado mientras se balancean los requerimientos del negocio, el tiempo de desarrollo y los riesgos del proyecto. El proceso describe los diversos pasos involucrados en la captura de los requerimientos y en el establecimiento de una guía arquitectónica, para diseñar y probar el sistema. Además el proceso unificado es soportado por herramientas que automatizan entre otras cosas, el modelado visual, la administración de cambios y las pruebas. [Zalazar, 2003] Estas razones hacen del RUP la metodología seleccionada para el desarrollo de numerosas aplicaciones.

Lenguaje Unificado de Modelado (UML)

El Proceso Unificado utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (Unified Modeling language, UML) para preparar todos los esquemas de un sistema de software. [Jacobson, 1998] El Lenguaje UML fue creado por un grupo de estudiosos de la Ingeniería de Software en el año 1995 y es un lenguaje gráfico de modelado orientado a objetos. Este lenguaje tiene una sintaxis y una semántica bien definidas, sirviendo además para todas las etapas de desarrollo. UML ofrece un estándar para describir un "plano" del sistema (modelo), incluyendo aspectos conceptuales tales como procesos de negocios y funciones del sistema, y aspectos concretos como expresiones de lenguajes de programación, esquemas de bases de datos y componentes de software reutilizables.

Siendo UML un estándar internacional para el modelado, probado en la práctica de numerosos proyectos y con excelentes resultados, se propone su utilización para desarrollar este proyecto. Además se muestran a continuación algunos de los beneficios que ofrece: [Jacobson, 2000]

- Mejor entendimiento del riesgo del proyecto antes de construir el sistema

- Mejores tiempos totales de desarrollo
- Posibilidad de especificar la estructura y el comportamiento del sistema y comunicarlo a todos los integrantes del proyecto
- Mejor soporte a la planeación y al control del proyecto
- Un aumento en la calidad del desarrollo

Para cada una de las etapas que ofrece RUP, desde Ingeniería de Requerimientos hasta Pruebas, existe una herramienta de ayuda en la administración de los proyectos. Rational Rose es la herramienta CASE (Computer Assisted Software Engineering) que comercializan los desarrolladores de RUP y UML, y que soporta de forma completa sus especificaciones. Esta herramienta propone la utilización de cuatro tipos de modelos para realizar un diseño del sistema, utilizando una vista estática y otra dinámica de los modelos del sistema, uno lógico y otro físico. Permite crear y refinar estas vistas logrando de esta forma un modelo completo que representa el dominio del problema y el sistema de software. [Moreno, 2003] Rational Rose es la herramienta líder en el mundo de modelación visual para el análisis de requerimientos y diseño de arquitectura de componentes, es una herramienta con plataforma independiente que ayuda a la comunicación entre los miembros de equipo, a monitorear el tiempo de desarrollo y a entender el entorno de los sistemas. Una de las grandes ventajas de Rose es que utiliza la notación estándar en la arquitectura de software (UML), la cual permite a los arquitectos de software y desarrolladores visualizar el sistema completo utilizando un lenguaje común, además los diseñadores pueden modelar sus componentes e interfaces en forma individual y luego unirlos con otros componentes del proyecto.

1.5.2 – Gestor de Bases de Datos MySQL

MySQL es un gestor de bases de datos SQL (Structured Query Language). Es una implementación Cliente-Servidor que consta de un servidor y diferentes clientes (programas/librerías). Se puede agregar, acceder, y procesar datos grabados en una

base de datos. Actualmente el gestor de base de datos juega un rol central en la informática, como única utilidad, o como parte de otra aplicación. [Aramayo, 2004]

Es un Sistema de Gestión de Base de Datos Relacional. El modelo relacional se caracteriza a muy grandes rasgos por disponer que toda la información que debe estar contenida en tablas, y las relaciones entre datos deben ser representadas explícitamente en esos mismos datos. Esto añade velocidad y flexibilidad.

MySQL es muy rápido, confiable y fácil de usar, es multiplataforma, multiusuario y permite elaborar consultas con el robusto SQL, además MySQL es un software de código abierto esto quiere decir que es accesible para cualquiera.

Principales Características

A continuación aparecen algunas de las características más importantes del MySQL que influyeron en la elección de este gestor de bases de datos. [MySQL, 2003]

- Interioridades y portabilidad
 - Probado con un amplio rango de compiladores diferentes
 - Funciona en diferentes plataformas.
- Tipos de datos
 - Diversos tipos de columnas: enteros con/sin signo de 1, 2, 3, 4, y 8 bytes de longitud, FLOAT, DOUBLE, CHAR, VARCHAR, TEXT, BLOB, DATE, TIME, DATETIME, TIMESTAMP, YEAR, SET, ENUM, y tipos espaciales OpenGIS.
 - Registros de longitud fija y longitud variable.
- Sentencias y funciones
 - Soporte completo para operadores y funciones en las cláusulas de consultas SELECT y WHERE.

- Soporte completo para las cláusulas SQL GROUP BY y ORDER BY. Soporte de funciones de agrupación (COUNT (), COUNT (DISTINCT...), AVG (), STD (), SUM (), MAX (), MIN (), y GROUP_CONCAT ()).
- Seguridad
 - Un sistema de privilegios y contraseñas que es muy flexible y seguro, y que permite verificación basada en el host. Las contraseñas son seguras porque todo el tráfico de contraseñas está encriptado cuando se conecta con un servidor.
- Escalabilidad y límites
 - Soporte a grandes bases de datos. Se puede usar MySQL Server con bases de datos que contienen 50 millones de registros.

1.5.3 – Herramienta de desarrollo Borland Delphi 7.0

Borland Delphi surgió en junio de 1995. Es un entorno de desarrollo visual para Windows basado en el lenguaje Object Pascal. Object Pascal es un lenguaje de programación que surge a partir del desarrollo de Borland Pascal 7.0 y, es por tanto totalmente compatible con él, por lo que se considera un lenguaje que ocupa un lugar muy importante en la programación. Los nuevos aspectos en el Object Pascal son el tratamiento de excepciones (tratamiento y canalización de errores de run-time), un manejo más sencillo de los punteros con reconocimiento automático y referenciación, las llamadas propiedades de objetos que pueden ser asignados como las variables, etc. El lenguaje Object Pascal tiene implementada una estructura de control llamada recursividad, la cual permite que un procedimiento se llame a sí mismo como un sub-procedimiento, lo cual a nivel de programadores esta característica tiene una notoriedad significativa. Otra característica importante de Object Pascal es su capacidad para admitir diferentes tipos de datos, entre los cuales se encuentran los datos de tipo simple, los de tipo estructurado y los de tipo puntero.

Delphi en aplicaciones RAP (Rapid Application Development) constituye lo más elevado, al combinar un entorno de desarrollo visual altamente productivo, un compilador muy veloz, un potente lenguaje orientado a objeto (POO), un abundante repertorio de herramientas fundamentalmente las especializadas cliente/servidor consideradas una de las mejores del mercado.

Delphi incluye una biblioteca de clases bien diseñada denominada Biblioteca de Componentes Visuales-Visual Component Library-(VCL) y en su versión 7, una jerarquía multiplataforma paralela denominada CLX. Estas jerarquías de objetos incluyen componentes visuales y no visuales, tales como los pertenecientes a la categoría de acceso a datos, con los que puede establecerse conexiones de forma nativa o mediante capas intermedias (como ADO, BDE u ODBC) a la mayoría de las bases de datos relacionales existentes en el mercado.

1.6 – Conclusiones

A modo de conclusión se puede resaltar la utilidad de dar solución al problema que origina la presente investigación. Se ha podido comprobar la importancia del cálculo del Balance Hídrico para el desarrollo agrícola sostenible, y la novedad del desarrollo de una herramienta informática que automatice su cálculo y la gestión de toda la información involucrada en el proceso.

El diseño e implementación de la solución estará soportado por la metodología de desarrollo RUP debido a las facilidades y ventajas que posibilita, entre ellas el empleo del UML para realizar la modelación. También se decidió la utilización de la herramienta de desarrollo Delphi, la cual brinda un ambiente visual cómodo para el diseño de la interfaz y potentes mecanismos de tratamientos de errores.

Capítulo 2 – Descripción de la solución propuesta

2.1 – Introducción

La fase inicial en la realización de todo software, resulta de suma importancia para la continuación satisfactoria de las siguientes etapas del ciclo de vida del proyecto, puesto que guía el desarrollo hacia el sistema correcto, y permite determinar las dificultades más relevantes que existen en el entorno donde trabajará el mismo, así como delimitar cuáles serán las funcionalidades más importantes que el mismo debe brindar. [Jacobson, 2000]

Existen al menos dos aproximaciones fundamentales para expresar el contexto de una aplicación: modelado del dominio y modelado del negocio. Seleccionándose como punto de partida el modelo del dominio, debido a que las características de la problemática no permiten identificar un negocio bien definido, se obtiene como resultado de este proceso una descripción de las entidades y los conceptos principales, así como las reglas del negocio, elementos necesarios para una buena comprensión del problema.

En el capítulo se recogen además, los requisitos funcionales y no funcionales, que permiten generar una concepción del marco funcional que abarca el sistema. Además se identifican los casos de usos, las clases fundamentales y se exponen los diagramas que apoyan la fundamentación y documentación del sistema, de forma tal que se pueda tener una idea clara en qué consiste y cómo se concibe el mismo.

2.2 –Modelo del Dominio

La comprensión del contexto de un sistema se realiza fundamentalmente a través de la técnica del modelado del negocio, la cual cumple el objetivo de comprender los procesos de negocio de una organización o empresa. [Jacobson, 2000] Esta técnica solo es posible aplicarla cuando existe una estructura o dinámica organizacional en la

que se aprecian claramente procesos típicos de un negocio, de contrario resulta necesario hacer la modelación a través del domino.

El modelo del dominio permite comprender el contexto del sistema a través de la representación de los objetos más importantes en el mismo, dichos objetos pueden representar entidades físicas (cosas que existen), así como eventos que suceden en el entorno del sistema. El mismo se describe a través de diagramas de UML (específicamente diagramas de clases). A este nivel no se representan clases del software con atributos y responsabilidades, sino clases que describen los conceptos fundamentales que se manejan entre desarrolladores, clientes y usuarios. Las tres formas típicas de aparición de las clases del dominio son: [Booch, 2000]

- Objetos del negocio que representan cosas manipulables en el negocio.
- Objetos del mundo real y conceptos de los que el sistema debe hacer un seguimiento.
- Sucesos que ocurrirán o han ocurrido.

2.2.1 –Definición de las entidades y los conceptos principales

Los conceptos fundamentales que se manejan entre desarrolladores, clientes y usuarios y que permiten comprender el contexto del sistema se definen a continuación:

Clima: efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra en rotación. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias periódicas de variables climáticas como el viento, la temperatura y las precipitaciones. [OMM, 2003]

Estación Meteorológica: Es la encargada de cuantificar el clima, mediante la medición de sus distintas variables. [OMM, 2003]

Estudio: trabajo realizado en el campo de la agro-meteorología, el cual comprende la aplicación de modelos para cuantificar la afectación de los componentes del clima en los rendimientos agrícolas. [CenMet, 2005]

Especialista: persona encargada de realizar los estudios agro-meteorológicos. [CenMet, 2005]

Zona Geográfica: parte de terreno o de superficie, encuadrada entre ciertos límites, seleccionada para ser estudiada por los especialistas. [CenMet, 2005]

Suelo: es la base física para el desarrollo de los cultivos. Es la cubierta superficial que conforma la zona de estudio. [Cairo, 1987]

Cultivo: planta destinada a la explotación agrícola, es uno de los elementos fundamentales en el estudio. [CenMet, 2005]

Siembra: acción de poner o esparcir semillas en la tierra, con el fin de que germinen y así obtener plantas. Relaciona directamente los conceptos cultivo y suelo. [CenMet, 2005]

Modelos: Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema de una realidad compleja que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento. En este caso cuantifican las pérdidas de suelo, cantidades de agua acumuladas entre otros aspectos de interés para los sistemas agrícolas. [CenMet, 2005]

Riego: aportación de agua al suelo por distintos métodos para facilitar el desarrollo de los cultivos. [Pizarro, 1985]

2.2.2 – Reglas del negocio a considerar

Para garantizar las restricciones existentes dentro del dominio, se define el siguiente conjunto de reglas:

- Los especialistas deben poseer los conocimientos agro-meteorológicos que le permitan interpretar la información manejada por el sistema y traducirla en

decisiones favorables que garanticen el desarrollo sostenible de las zonas de estudio.

- Los datos climáticos de las zonas pueden ser obtenidos de las estaciones meteorológicas próximas o de mediciones directas efectuadas en el lugar de estudio.
- En cada estudio a realizar sólo se puede incluir una zona para su análisis, aunque se pueden realizar varios estudios del mismo territorio.
- En los estudios los especialistas pueden decidir cuáles suelos analizar (en caso de que las zonas tengan una composición edafológica heterogénea), y cuales modelos calcular, en dependencia de los resultados buscados.
- Cada siembra está formada por un suelo específico y un cultivo.

2.2.3 – Representación del modelo del dominio

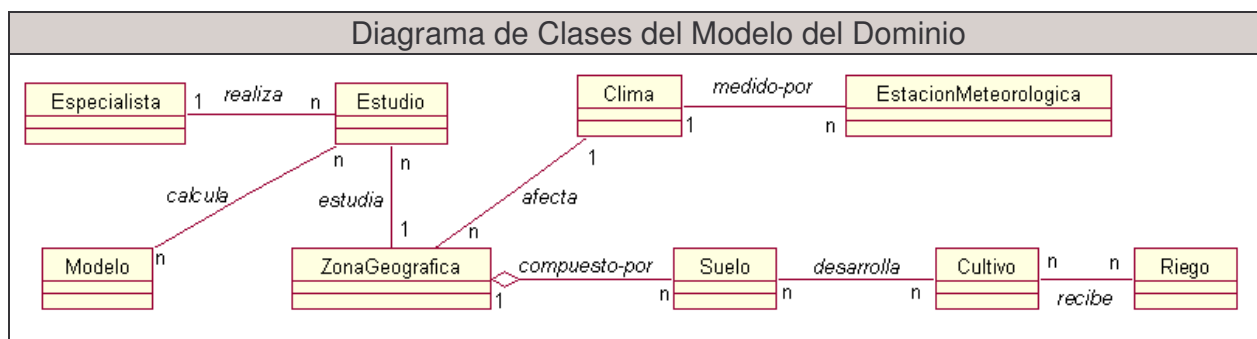


Figura 2.1. Diagramas de clases del modelo de objetos del dominio

2.3 – Descripción del sistema propuesto

2.3.1 – Concepción general del sistema

El resultado que se pretende alcanzar en esta investigación es la obtención de un producto de software propio que automatice la gestión de la información relacionada el suelo, el clima y los cultivos, necesarias para el cálculo de un modelo del Balance

Hídrico. Esta herramienta permitirá a los especialistas el análisis e interpretación de los resultados y les facilitará la toma de decisiones tanto técnicas como administrativas que garanticen un óptimo ordenamiento territorial agro-productivo y el consecuente beneficio en el manejo sostenible de los recursos naturales.

2.3.2 – Requerimientos funcionales

- R1: Autenticarse
- R2: Agregar especialista
- R3: Eliminar especialista
- R4: Cambiar contraseña
- R5: Crear estudio
- R6: Salvar estudio
- R7: Buscar estudio
- R8: Cargar estudio
- R9: Modificar estudio
- R10: Insertar datos climáticos
- R11: Buscar datos climáticos
- R12: Cargar datos climáticos
- R13: Modificar datos climáticos
- R14: Eliminar datos climáticos
- R15: Insertar estación meteorológica
- R16: Buscar estación meteorológica
- R17: Eliminar estación meteorológica
- R18: Insertar nueva zona
- R19: Buscar zona
- R20: Cargar información de zona
- R21: Modificar datos zona
- R22: Eliminar zona
- R23: Insertar suelo
- R24: Buscar suelo
- R25: Cargar información de suelo
- R26: Modificar información de suelo
- R27: Eliminar suelo
- R28: Insertar cultivo

R29: Buscar cultivo
R30: Cargar datos de cultivo
R31: Modificar datos de cultivo
R32: Eliminar cultivo
R33: Insertar siembra
R34: Buscar siembra
R35: Cargar información de siembra
R36: Modificar información de siembra
R37: Eliminar siembra
R38: Insertar fertilizante
R39: Buscar fertilizante
R40: Cargar información de fertilizante
R41: Modificar información de fertilizante
R42: Eliminar fertilizante
R43: Insertar labor agrícola
R44: Buscar labor agrícola
R45: Cargar información de labor
R46: Modificar información de labor
R47: Eliminar labor agrícola
R48: Insertar riego
R49: Buscar riego
R50: Cargar información de riego
R51: Modificar información de riego
R52: Eliminar riego
R53: Seleccionar Suelos
R54: Seleccionar Siembras
R55: Seleccionar estudio
R56: Adicionar suelos al estudio
R57: Eliminar suelos del estudio
R58: Adicionar siembras al estudio
R59: Eliminar siembras del estudio
R60: Adicionar fertilizantes a la siembra
R61: Adicionar riego a la siembra
R62: Adicionar labor agrícola a la siembra
R63: Calcular evapotranspiración
R64: Calcular infiltración

- R65: Calcular escorrentía
- R66: Calcular Balance Hídrico
- R67: Calcular lámina neta de riego
- R68: Calcular lámina bruta de riego
- R69: Calcular frecuencia de riego
- R70: Calcular perdidas de suelo
- R71: Mostrar datos de estudio
- R72: Mostrar datos de zona
- R73: Mostrar datos de Siembra
- R74: Mostrar datos de Suelo
- R75: Mostrar datos de Cultivos
- R76: Mostrar resultados agro-meteorológico diarios
- R77: Mostrar resultados agro-meteorológicos mensuales
- R78: Mostrar resultados agro-meteorológicos anuales
- R79: Mostrar resultados agro-meteorológicos para un período
- R80: Mostrar resumen de pérdida de suelo
- R81: Graficar resultados agro-meteorológicos diarios
- R82: Graficar resultados agro-meteorológicos mensuales
- R83: Graficar resultados agro-meteorológicos anuales
- R84: Graficar resultados agro-meteorológicos para un período

2.3.3 - Requerimientos no funcionales

Requerimientos de apariencia o interfaz externa

En el diseño de la interfaz de este producto se tuvo como premisa la idea de que el software fuese lo más legible y sencillo de usar, siempre que no se afectase ninguna de las funcionalidades del mismo. Un diseño de este tipo persigue el objetivo de que el producto sea aceptado y asimilado rápidamente por los usuarios del mismo, independientemente al hecho de que tengan habilidades en el manejo de aplicaciones informáticas.

Requerimientos de Usabilidad

Es importante aclarar que el producto será de uso profesional y está dirigido a usuarios con los conocimientos mínimos necesarios en el campo de acción de las

ciencias agro-meteorológicas. El producto facilita el trabajo a los usuarios del mismo automatizando el cálculo de modelos que requieren de grandes volúmenes de datos, además de otros procesos como la captura de datos y la visualización de resultados.

La utilización de la aplicación no requiere de gran experiencia en el uso de las computadoras por parte de los usuarios, además se utilizó un lenguaje familiar para los mismos lo que facilita la utilización del software.

Es también de destacar que el producto va acompañado de documentación, incluyendo manual de usuario y ayuda para que pueda ser utilizar de manera eficiente el software.

Requerimientos de Soporte

Con el fin de lograr el mejoramiento del software y su evolución se desarrolló previendo las facilidades para su mantenimiento. Con este fin se garantiza toda la documentación técnica así como el código fuente, el cual está escrito sobre la base de estándares adecuadamente definidos y documentados.

Otro aspecto que se tuvo en cuenta durante el desarrollo de la aplicación fue la posibilidad de extender su uso gracias a una arquitectura que permite adaptar el mismo a otros gestores de base de datos.

Después de terminado el producto debe someterse a un período de prueba donde se compararan los resultados obtenidos por el software con resultados obtenidos de forma experimental para poder validar los modelos empleados en el mismo.

Requerimientos de Seguridad

El software maneja grandes volúmenes de información por lo que la seguridad de la misma es una de las grandes necesidades del sistema. El producto trata la seguridad en tres aspectos:

- **Confidencialidad:** La información manejada por el sistema está protegida de acceso no autorizado y divulgación. Esta protección se implementará mediante

un módulo del sistema concebido para la gestión de los especialistas que tendrán acceso al software. Se incluirá un procedimiento de encriptación para las claves.

- **Integridad:** la información manejada por el sistema será objeto de cuidadosa protección contra la corrupción y estados inconsistentes.
- **Disponibilidad:** A los usuarios autorizados a trabajar con el sistema se les garantizará el acceso a la información y que los dispositivos o mecanismos utilizados para lograr la seguridad no se ocultarán o retrasarán a los usuarios para obtener los datos deseados en un momento dado.

Requerimientos de confiabilidad

El sistema se encargará de responder con éxito ante cualquier tipo de falla posible y está concebido de forma tal que ocurran la menor cantidad de estas. Debe manejarse información auténtica, en caso de que se introduzca alguna información errónea, se debe hacer una retroalimentación que permita la subsanación de estos errores por parte del usuario.

Requerimientos de Ayudas y Documentación en línea

El sistema contará con una ayuda que permita al usuario obtener una explicación detallada del funcionamiento del mismo, además serán incluidos ficheros con toda la información referente a la instalación del software. También se incluirá en la distribución del producto el Manual de Usuario de la aplicación.

Requerimientos de Software

El software está realizado para sistema operativo Windows, se requiere Windows 98 o superior.

Para el soporte de la base de datos se necesita el gestor MySQL Database versión 5.0 o una versión superior.

Requerimientos de Hardware

Para la explotación del sistema los requerimientos mínimos de hardware son:

- Procesador Pentium a 133MHz de velocidad.
- 64 Mb de memoria RAM.
- 100 Mb de espacio disponible en disco.

2.4 – Modelo de casos de uso del sistema

El modelo de casos de uso es un modelo del sistema, en el que se pueden encontrar actores, casos de uso y las relaciones entre ellos. Constituye la entrada principal para los flujos de trabajo de Análisis, Diseño y Prueba. Además sirve como acuerdo entre clientes y desarrolladores sobre las condiciones y posibilidades que debe cumplir el sistema. UML permite describir este modelo a través de diagramas que muestren los actores y casos de uso desde diferentes puntos de vista. [Rumbaugh, 2000]

A partir de la captura de requerimientos funcionales y no funcionales para la solución propuesta, se modela el sistema a través de los artefactos que propone la metodología de desarrollo empleada.

2.4.1 – Actores del sistema

Actor	Descripción
Especialista	Es un actor genérico de la aplicación, puede ser cualquier persona que cuente con los conocimientos agro-meteorológicos básicos que le permitan comprender los conceptos que maneja la aplicación y de esta forma poder obtener de la interpretación de los resultados un conocimiento valioso. Este actor es el encargado de desencadenar todos los casos de uso del sistema.

Tabla 2.1- Descripción de los actores del sistema

2.4.2 – Paquetes y sus relaciones

Los paquetes ofrecen un mecanismo general para la organización de los modelos agrupando elementos de modelado. Cada paquete corresponde a un subsistema del modelo (sistema). Los paquetes son unidades de organización jerárquica de uso general de los modelos de UML. Pueden ser utilizados para el almacenamiento, el control de acceso, la gestión de la configuración y la construcción de bibliotecas que contengan fragmentos reutilizables del modelo. [Jacobson, 1998]

Teniendo en cuenta lo planteado anteriormente, se ha considerado útil organizar el sistema de acuerdo con su funcionalidad en tres paquetes, los cuales se muestran en el siguiente diagrama:

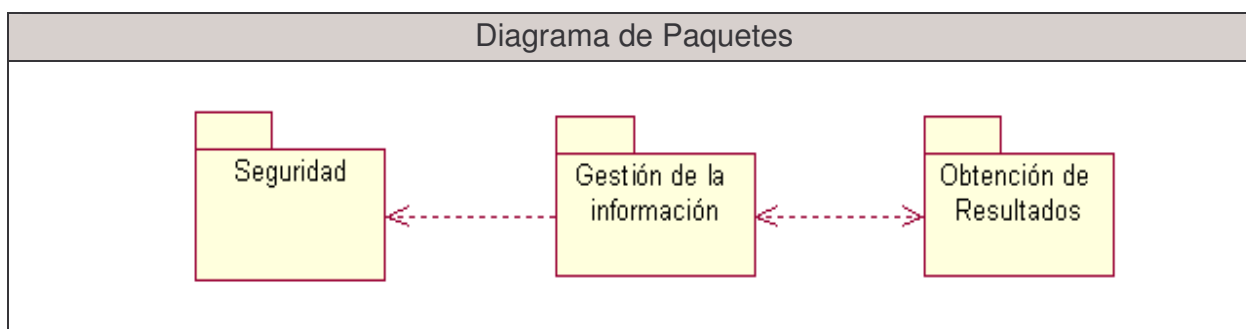


Figura 2.2- Diagramas de paquetes

2.4.3 – Diagramas de casos de uso del sistema

Las formas en que los actores utilizan el sistema se representan como casos de uso, que no son más que un grupo de funcionalidades del sistema que devuelven un resultado de valor al actor. O sea que es una secuencia de acciones que el sistema lleva a cabo cuando el actor interactúa con él. [Rumbaugh, 2000]

La manera de representar la interacción entre actores y sistema es a través del diagrama de casos de uso del sistema, en el cual se describe la forma en que cada usuario se relaciona con el software.

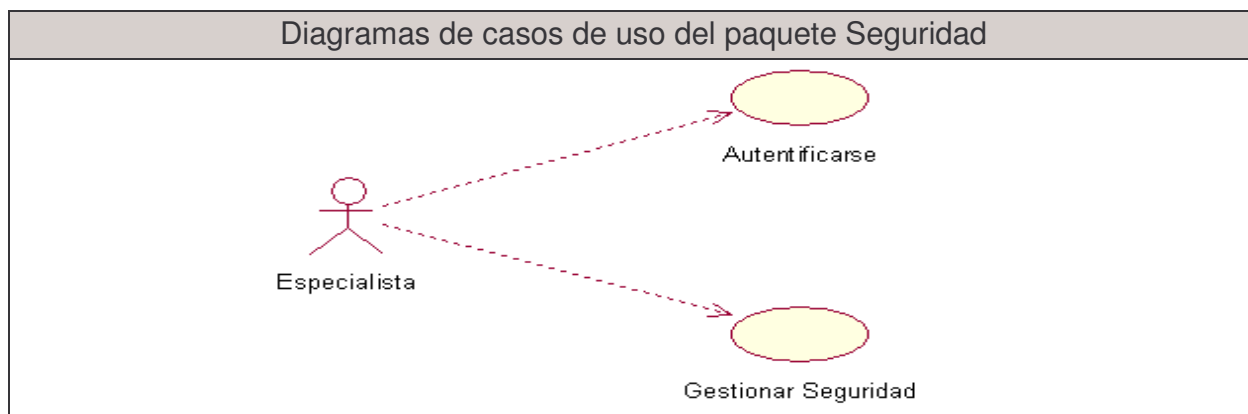


Figura 2.3- Diagramas de casos de uso del paquete Seguridad

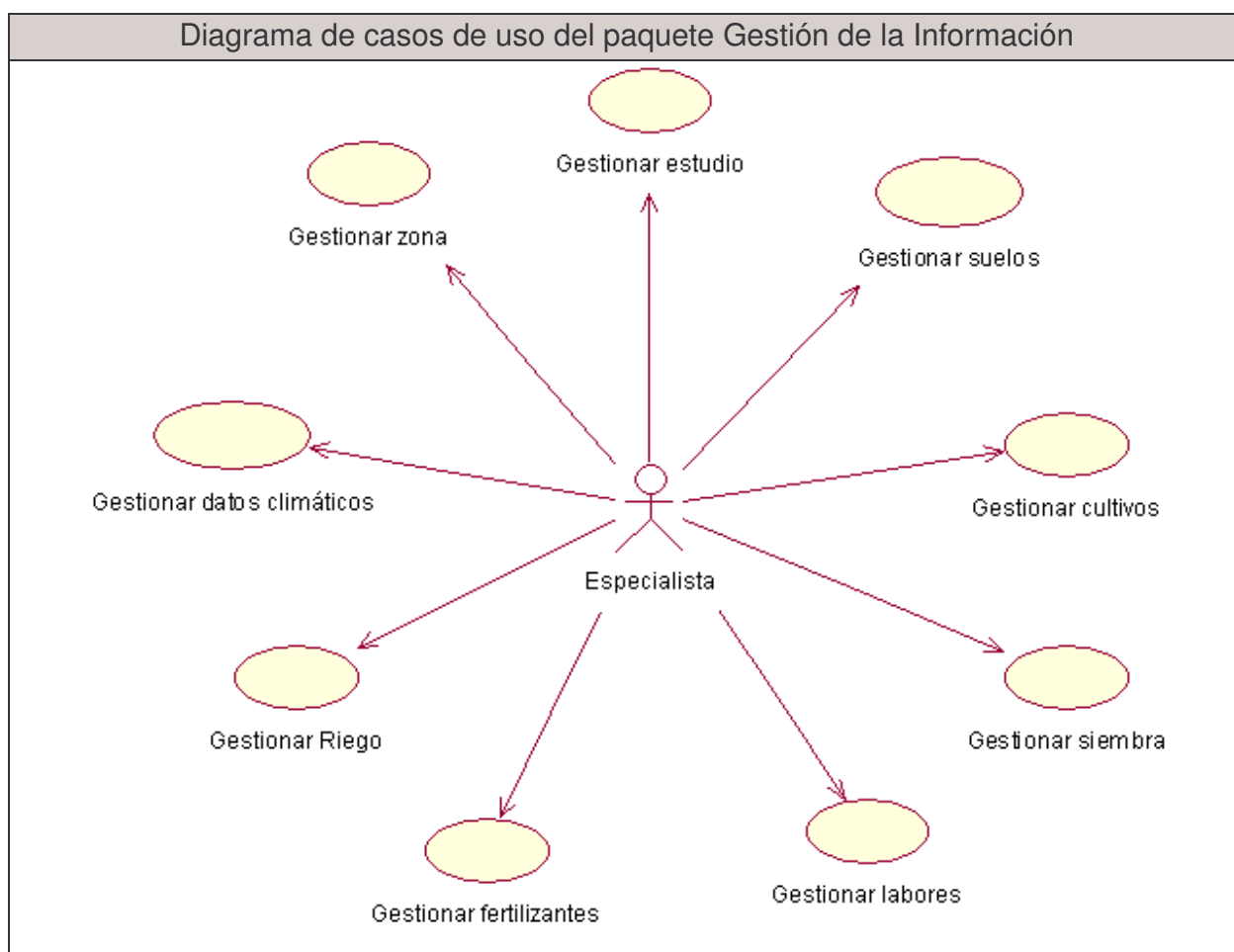


Figura 2.4- Diagramas de casos de uso del paquete Gestión de la Información

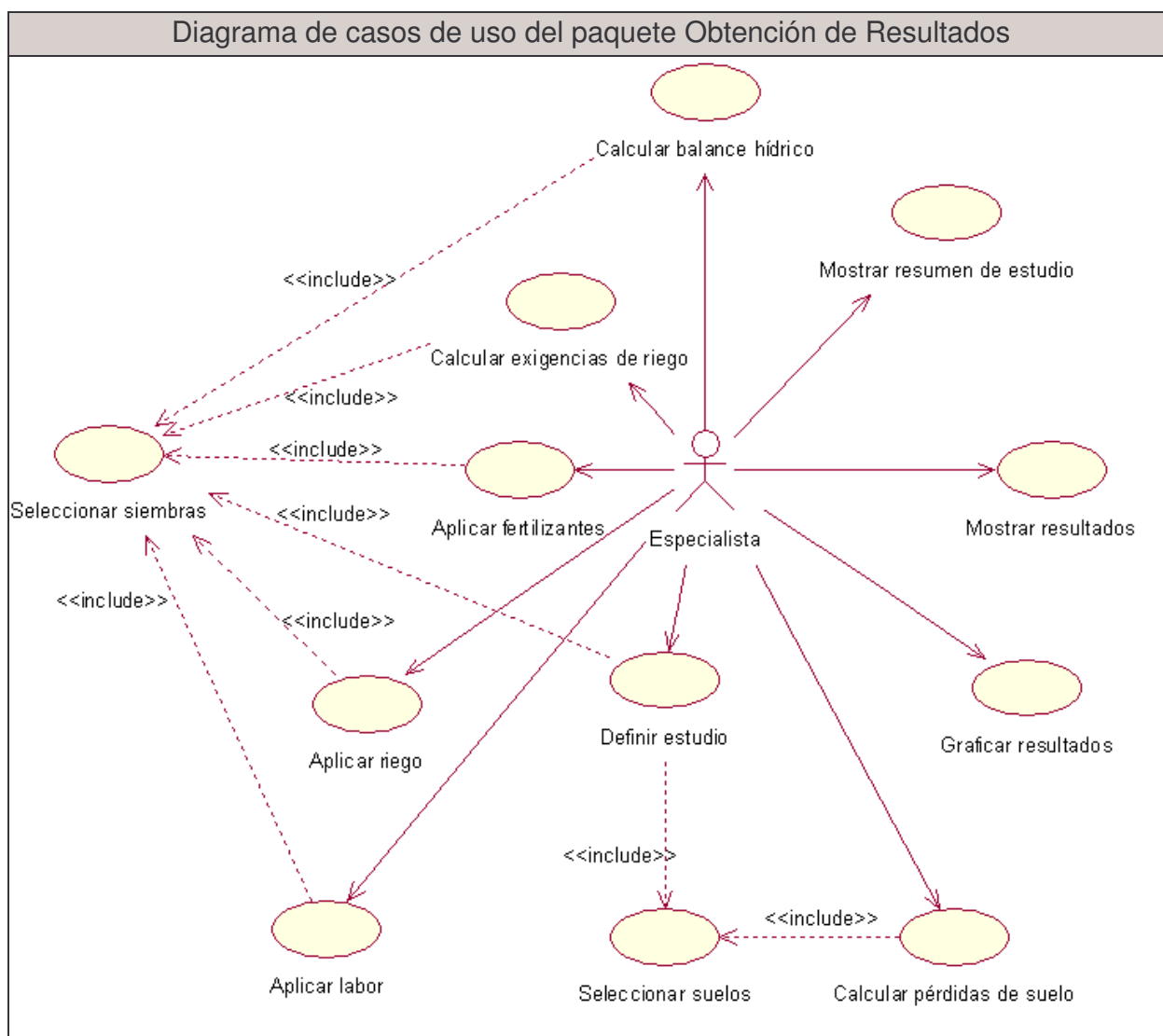


Figura 2.5- Diagramas de casos de uso del paquete Obtención de Resultados

2.4.4 – Descripción de los casos de uso del sistema

- Descripción de los casos de uso del paquete Seguridad

Caso de uso	Autentificarse
Actores	Especialista
Propósito	Garantizar el acceso al software solo a los usuarios autorizados.
Resumen	El caso de uso comienza cuando los usuarios (especialistas) accede a la aplicación, introduciendo su nombre de usuario y contraseña, el sistema se comunica con la base de datos para comprobar que realmente es un usuario del sistema, si el intento de ingreso resulta denegado el usuario tiene la posibilidad de volver a intentar su ingreso. El caso de uso termina cuando la autenticación se realiza con éxito.
Referencias	R1.
Precondiciones	-
Post-condiciones	El usuario del sistema tiene garantizado el acceso a todas las funcionalidades del software.
Prototipo	Ver Anexo 2- a

Tabla 2.2- Descripción del caso de uso del sistema Autentificarse

Caso de uso	Gestionar Seguridad
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la seguridad para lo usuarios de la aplicación.
Resumen	El caso de uso comienza cuando un especialista necesita dar acceso a un nuevo usuario o eliminar a uno de los ya existentes, el caso de uso también prevé las necesidades de cambiar la contraseña de un usuario del sistema. El caso de uso termina cuando son guardadas las modificaciones.
Referencias	R2, R3, R4.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Quedan almacenadas las modificaciones realizadas.
Prototipo	Ver Anexo 2- b

Tabla 2.3- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar Seguridad

- Descripción de los casos de uso del paquete Gestión de la Información

Caso de uso	Gestionar estudio
Actores	Especialista
Propósito	Permitir gestionar toda la información relacionada con los estudios.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista inserta los datos relativos a un estudio. También puede seleccionar uno de los estudios existentes para realizar alguna corrección o para actualizar algunos de los datos involucrados en el mismo. El caso de uso concluye cuando se salva el estudio o concluye la operación que realiza el usuario.
Referencias	R5, R6, R7, R8, R9.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- c

Tabla 2.4- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar estudio

Caso de uso	Gestionar datos climáticos
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la información climática.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista inserta la información climática necesaria para la realización de un estudio. El especialista también puede modificar estos datos según corresponda ante cualquier corrección necesaria. Este caso de uso está relacionado con las estaciones meteorológicas encargadas de aportar este tipo de datos. El caso de uso termina cuando el usuario termina de realizar la operación que desencadeno el mismo.
Referencias	R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17.
Precondiciones	Debe seleccionarse la zona que es afectada por los datos del clima.
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- d

Tabla 2.5- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar datos climáticos

Caso de uso	Gestionar zona
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la información relacionada con la zona geográfica.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista necesita insertar la información de una zona de estudio o realizar alguna corrección o actualización en una de las zonas estudiadas con anterioridad. El caso de uso termina cuando el usuario termina de realizar la operación que desencadenó el mismo y las modificaciones son almacenadas.
Referencias	R18, R19, R10, R21, R22.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- e

Tabla 2.6- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar zona

Caso de uso	Gestionar suelos
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la información relacionada con los suelos.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista necesita insertar la información de los suelos pertenecientes a una zona de estudio o hacer alguna modificación en la información almacenada. El caso de uso termina cuando los datos son salvados.
Referencias	R23, R24, R25, R26, R27.
Precondiciones	La zona en la que se encuentran los suelos ubicados debe ser insertada con anterioridad.
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- f

Tabla 2.7- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar suelos

Caso de uso	Gestionar cultivos
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la información relacionada con los cultivos.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista necesita insertar la información relacionada con un cultivo de interés o hacer alguna modificación o corrección a la información almacenada. El caso de uso termina cuando los datos son salvados.
Referencias	R28, R29, R30, R31, R32.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- g

Tabla 2.8- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar cultivos

Caso de uso	Gestionar siembra
Actores	Especialista
Propósito	Permitir la gestión de la información relacionada las siembras de interés.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista necesita insertar la información relacionada con las siembras. Para insertar la información de una siembra se necesita tener disponible la información de los suelos y los cultivos ya que la siembra debe tener información de ambas entidades. El caso de uso permite también la modificación de los datos en siembras existentes. Cuando se desea actualizar los datos de siembra el sistema no permite modificar el suelo y el cultivo, estos se deben modificar a través de los casos de uso correspondientes. El caso de uso termina cuando son guardados los datos introducidos o las modificaciones realizadas.
Referencias	R33, R34, R35, R36, R37.
Precondiciones	Debe existir al menos un suelo y un cultivo ya almacenados.
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- h

Tabla 2.9- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar siembra

Caso de uso	Gestionar fertilizantes
Actores	Especialista
Propósito	Gestionar la información relativa a los fertilizantes.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el usuario necesita insertar la información de alguno de los fertilizantes que se pueden utilizar en las siembras. También dentro del caso de uso el especialista puede buscar los datos de algún fertilizante almacenado con anterioridad con el fin de modificar esta información o simplemente eliminarla. El caso de uso termina cuando son guardadas las modificaciones realizadas por el usuario que desencadena el mismo.
Referencias	R38, R39, R40, R41, R42.
Precondiciones	
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- i

Tabla 2.10- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar fertilizantes

Caso de uso	Gestionar labores
Actores	Especialista
Propósito	Gestionar la información relacionadas con las labores agrícolas.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista necesita realizar la inserción de la información relacionada con alguna de las labores agrícolas que pueden ser aplicadas a los cultivos. También el usuario tiene la posibilidad de actualizar o eliminar esta información según necesite. El caso de uso concluye cuando son guardadas las modificaciones realizadas por el usuario.
Referencias	R43, R44, R45, R46, R47.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- j

Tabla 2.11- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar labores

Caso de uso	Gestionar riego
Actores	Especialista
Propósito	Gestionar la información relacionada con los tipos de riegos a utilizar.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el usuario del sistema necesita introducir en la base de datos la información de un tipo de riego que será utilizado, o modificar datos que fueron introducidos con anterioridad por el mismo usuario, con este mismo propósito se brinda la posibilidad de buscar la información relativa a cualquiera de los riegos ya almacenados por el sistema. El caso de uso concluye el especialista concluye la operaciones que necesite realizar y guarde cualquier modificación realizada.
Referencias	R48, R49, R50, R51, R52.
Precondiciones	-
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- k

Tabla 2.12- Descripción del caso de uso del sistema Gestionar riego.

- Descripción de los casos de uso del paquete Obtención de Resultados

Caso de uso	Seleccionar suelos
Actores	Especialista
Propósito	Selección de la información de un suelo específico.
Resumen	El caso de uso lo inicia el especialista cuando selecciona un suelo perteneciente a la zona de estudio, al quedar seleccionado un suelo toda la información del mismo queda disponible para ser usada por el especialista según sus necesidades. El caso de uso concluye cuando se realice la operación requerida por el usuario.
Referencias	R53.
Precondiciones	Debe de haberse desencadenado un caso de uso en el cual este incluido.
Post-condiciones	La información de los suelos seleccionados queda disponible para ser utilizada por el usuario.
Prototipo	Ver Anexo 2- l

Tabla 2.13 Descripción del caso de uso del sistema Seleccionar suelos

Caso de uso	Seleccionar siembras
Actores	Especialista
Propósito	Selección de la información de una siembra específica.
Resumen	El caso de uso lo inicia el especialista cuando selecciona una siembra perteneciente a la zona de estudio, al quedar seleccionada una siembra toda la información de la mismo queda disponible para ser usada por el especialista según sus necesidades. El caso de uso concluye cuando se realice la operación requerida por el usuario.
Referencias	R54.
Precondiciones	Debe de haberse desencadenado un caso de uso en el cual esté incluido.
Post-condiciones	La información de las siembras seleccionadas queda disponible para ser empleada por el usuario.
Prototipo	Ver Anexo 2- m

Tabla 2.14 Descripción del caso de uso del sistema Seleccionar siembras

Caso de uso	Definir estudio
Actores	Especialista
Propósito	Especificar toda la información sobre la cual se centrará el estudio a realizar
Resumen	El caso de uso inicia cuando el especialista necesita comenzar el estudio de una zona geográfica con el objetivo de conocer el comportamiento y la interrelación de las variables agro-meteorológicas que inciden en el desarrollo productivo de la misma. Deben de quedar definidos suelos a estudiar, cultivos que se desarrollan en dicha zona y otros aspectos como riegos aplicados a las siembras, fertilizantes, etc. El caso de uso concluye cuando el especialista almacena toda la información involucrada en el estudio.
Referencias	R55, R56, R57, R58, R59. CU Seleccionar siembras y CU Seleccionar suelos.
Precondiciones	Debe de estar almacenada la información de la zona objeto de estudio.
Post-condiciones	Queda almacenada en la base de datos cualquier modificación realizada.
Prototipo	Ver Anexo 2- n

Tabla 2.15- Descripción del caso de uso del sistema Definir estudio

Caso de uso	Aplicar riego
Actores	Especialista
Propósito	Recoger información acerca del riego aplicado a las siembras.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona la siembra y el tipo de riego a aplicar. Luego introduce toda la información referente al riego: área, lámina de agua, profundidad, etc. El caso de uso concluye cuando el usuario guarda todos los datos introducidos para poder utilizarlos a la hora de calcular e interpretar resultados.
Referencias	R61. CU Seleccionar siembras.
Precondiciones	Debe de existir información referente a una siembra y al tipo de riego por aplicar.
Post-condiciones	Queda almacenada la información relativa a la aplicación del riego.
Prototipo	Ver Anexo 2- o

Tabla 2.16- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar riego

Caso de uso	Aplicar fertilizantes
Actores	Especialista
Propósito	Recoger información acerca la aplicación de fertilizantes a las siembras.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona la siembra y el tipo de fertilizante a aplicar. Luego introduce toda la información referente a la aplicación del producto: fecha, cantidad aplicada, etc. El caso de uso concluye cuando el usuario guarda todos los datos introducidos.
Referencias	R60. CU Seleccionar siembras.
Precondiciones	Debe de existir información referente a una siembra y al tipo de fertilizante por aplicar.
Post-condiciones	Queda almacenada la información relativa a la fertilización de la siembra.
Prototipo	Ver Anexo 2- p

Tabla 2.17- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar fertilizantes

Caso de uso	Aplicar labor
Actores	Especialista
Propósito	Recoger información acerca la aplicación de la atención cultural de los cultivos.
Resumen	
El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona la siembra y el tipo de labor que se realizará. Luego introduce toda la información referente a la labor: fecha, cumplimiento, etc. El caso de uso concluye cuando el usuario guarda todos los datos introducidos.	
Referencias	R62. CU Seleccionar siembras.
Precondiciones	Debe de existir información referente a una siembra y al tipo de atención que recibirá.
Post-condiciones	Queda almacenada la información relativa a la labor recibida por la siembra.
Prototipo	Ver Anexo 2- q

Tabla 2.18- Descripción del caso de uso del sistema Aplicar labor

Caso de uso	Calcular Balance Hídrico
Actores	Especialista
Propósito	Obtención de la información del Balance Hídrico que es la base para la toma de las decisiones por parte de los especialistas.
Resumen	
El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona una siembra y carga toda la información almacenada en el sistema que permite el cálculo del modelo para la estimación del Balance Hídrico del suelo. A partir de la información climática, del suelo y del cultivo presente en la siembra se estiman valores de evapotranspiración, escurrimiento, infiltración y otras variables involucradas en el balance de agua. El caso de uso concluye cuando se almacenan los valores obtenidos.	
Referencias	R63, R64, R65, R66. CU Seleccionar siembras.
Precondiciones	Debe existir toda la información que garantice la estimación de las variables involucradas en el Balance Hídrico.
Post-condiciones	Los valores obtenidos quedan almacenados en la base de datos.
Prototipo	Ver Anexo 2- r

Tabla 2.19- Descripción del caso de uso del sistema Calcular Balance Hídrico

Caso de uso	Calcular exigencias de riego
Actores	Especialista
Propósito	Obtención de la información relacionada con las necesidades de riego de los cultivos.
Resumen	
El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona una siembra y carga toda la información almacenada en el sistema que permite estimar las necesidades de riego para esta. Entre las estimaciones que se hacen están las láminas neta y bruta de riego así como la frecuencia de su aplicación. El caso de uso concluye cuando el usuario almacena la información obtenida a través de los modelos de riego.	
Referencias	R67, R68, R69. CU Seleccionar siembras.
Precondiciones	Debe existir toda la información que garantice la estimación de las variables involucradas en el riego.
Post-condiciones	Los valores obtenidos quedan almacenados en la base de datos.
Prototipo	Ver Anexo 2- s

Tabla 2.20- Descripción del caso de uso del sistema Calcular exigencias de riego

Caso de uso	Calcular pérdidas de suelo
Actores	Especialista
Propósito	Obtención de la información relacionada con la pérdida del suelo debido a su utilización con fines productivos.
Resumen	
El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona un suelo para cuantificar las pérdidas anuales en el mismo por conceptos de sus características y la acción del hombre durante la explotación agrícola a la que es sometida la tierra. El usuario introduce los factores que cuantifican las pérdidas debido a las lluvias, la pendiente, el uso, las practicas de conservación y estima la pérdida anual en Kg por Ha del suelo. El caso de uso concluye cuando es salvada la información obtenida.	
Referencias	R70. CU Seleccionar suelos.
Precondiciones	El suelo del cual se pretende obtener las perdidas debe de estar almacenado en la base de datos.
Post-condiciones	Los valores obtenidos quedan almacenados en la base de datos.
Prototipo	Ver Anexo 2- t

Tabla 2.21- Descripción del caso de uso del sistema Calcular pérdidas de suelo

Caso de uso	Mostrar resumen de estudio
Actores	Especialista
Propósito	Mostrar la información almacenada de cada estudio realizado.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el usuario selecciona al estudio que desea visualizar. Luego de seleccionado el estudio el especialista puede ver toda la información referente a la zona de estudio. También puede seleccionar para visualizar la información de los suelos y los cultivos presentes en el área de interés. El caso de uso concluye cuando el especialista analiza la información brindada por el sistema.
Referencias	R71, R72, R73, R74, R75.
Precondiciones	La información a visualizar debe de estar almacenada en la base de datos.
Post-condiciones	
Prototipo	

Tabla 2.22- Descripción del caso de uso del sistema Mostrar resumen de estudio

Caso de uso	Mostrar resultados
Actores	Especialista
Propósito	Mostrar los resultados del estudio proporcionados por el sistema.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona el estudio para visualizar los resultados que le brinda el sistema a partir de toda la información introducida al mismo. El usuario tiene la posibilidad de obtener resúmenes del comportamiento de los elementos como las pérdidas de suelo, el Balance Hídrico, las precipitaciones, etc. El caso de uso concluye con la interpretación del especialista de los resultados.
Referencias	R76, R77, R78, R79, R80.
Precondiciones	Deben de haberse realizado la totalidad de los cálculos previstos en el sistema.
Post-condiciones	
Prototipo	Ver Anexo 2- u

Tabla 2.23- Descripción del caso de uso del sistema Mostrar resultados

Caso de uso	Graficar resultados
Actores	Especialista
Propósito	Dar una información visual de los resultados para facilitar la interpretación de los mismos.
Resumen	El caso de uso comienza cuando el especialista selecciona el estudio para graficar los resultados que le brinda el sistema a partir de toda la información introducida al mismo. El usuario tiene la posibilidad de obtener gráficos mensuales, anuales y para un período de las diferentes variables involucradas en el estudio. El caso de uso concluye con la interpretación del especialista de los resultados.
Referencias	R81, R82, R83, R84.
Precondiciones	Deben de haberse realizado la totalidad de los cálculos previstos en el sistema.
Post-condiciones	
Prototipo	Ver Anexo 2- v

Tabla 2.24- Descripción del caso de uso del sistema Graficar resultados

2.5 – Conclusiones

A través del modelo del dominio se han logrado identificar los objetos más significativos del dominio del problema así como sus relaciones y posibles clasificaciones. En el glosario de términos quedaron explicados los principales conceptos así como la terminología afín al dominio antes descrito, la cual será utilizada en lo que resta de la investigación. A través de la captura de los requerimientos funcionales quedaron definidas las funcionalidades de la herramienta a desarrollar. Además fueron identificados los actores del sistema y los casos de uso a desarrollar, los que fueron agrupados por paquetes para lograr una mayor comprensión.

Capítulo 3 – Construcción de la solución propuesta

3.1 – Introducción

En este capítulo se muestran los detalles descriptivos de la solución propuesta. Clases, métodos e interfaces, entre otros elementos del diseño de la aplicación, propios de la metodología RUP, serán descritos de modo que se comprenda la estructura interna del software a desarrollar. Se presentan artefactos de la metodología como diagramas de clases y diagrama de implementación, con el fin de ofrecer mayor claridad sobre la composición y el funcionamiento del sistema. Se especifican de forma detallada las clases de la implementación y diseño, además se representa de forma grafica el diseño lógico y físico de la base de datos.

Se describen además, aspectos relacionados con el de diseño de la interfaz, la concepción de la ayuda y el tratamiento de los errores. Se describe el estilo de código empleado y la concepción de la documentación.

3.2 – Diagrama de clases del diseño

A continuación aparecen los diagramas de clases propuestos para la construcción del sistema. Los mismos están divididos por paquetes para brindar mayor claridad en la exposición.

3.2.1- Diagrama de clases del diseño paquete Seguridad

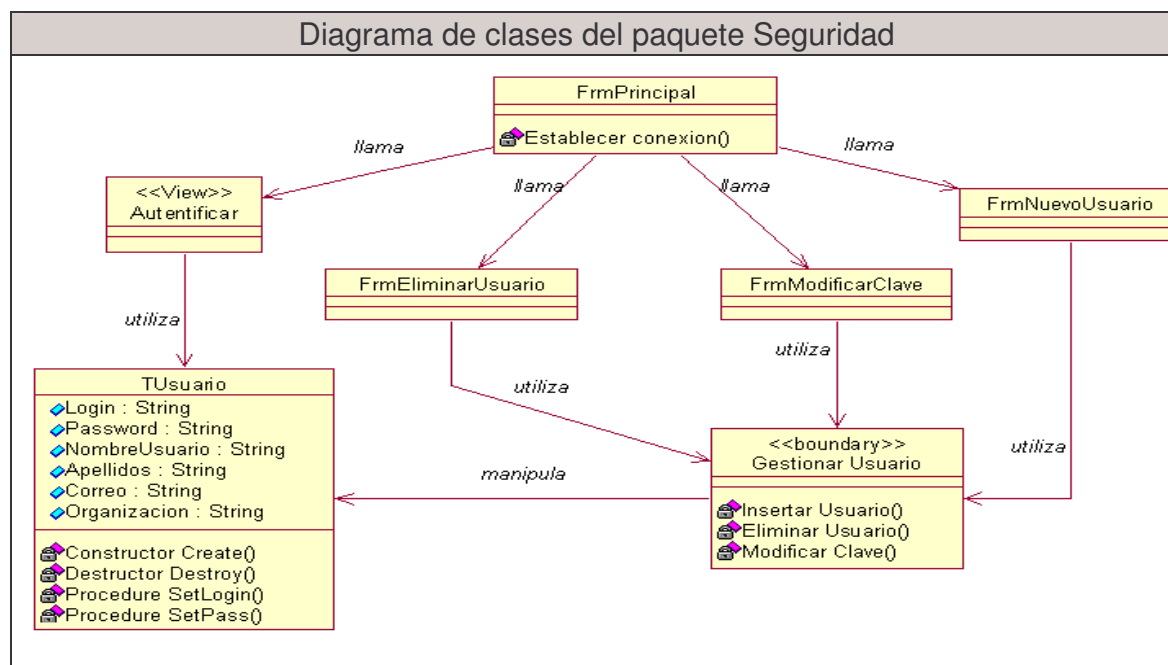


Figura 3.1- Diagrama de clases paquete Seguridad

3.2.2- Diagramas de clases del diseño paquete Gestión de la Información

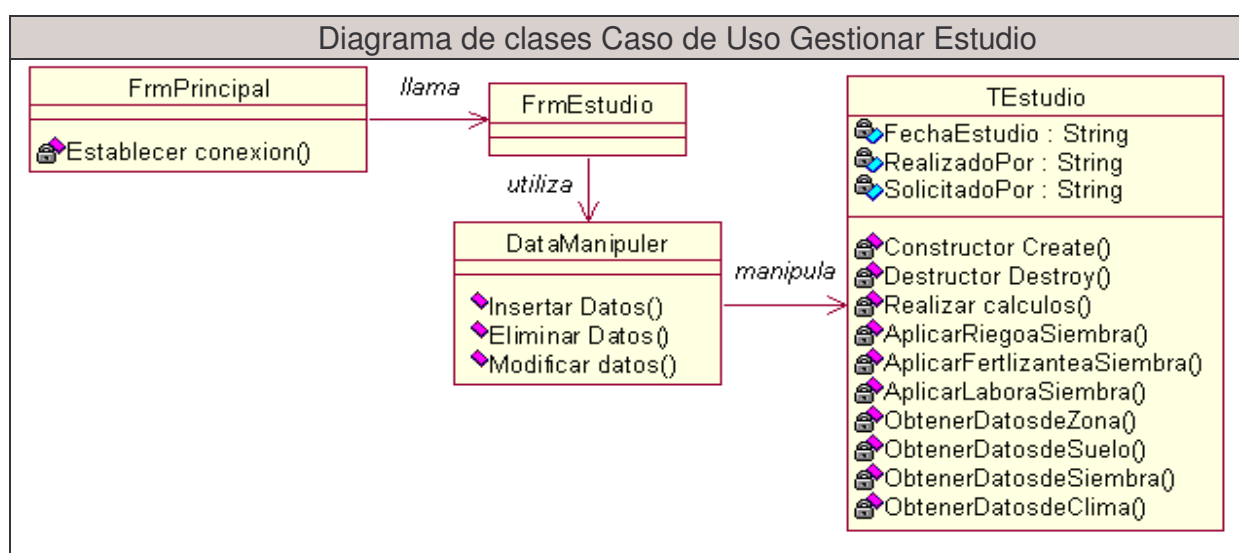


Figura 3.2- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar Estudio

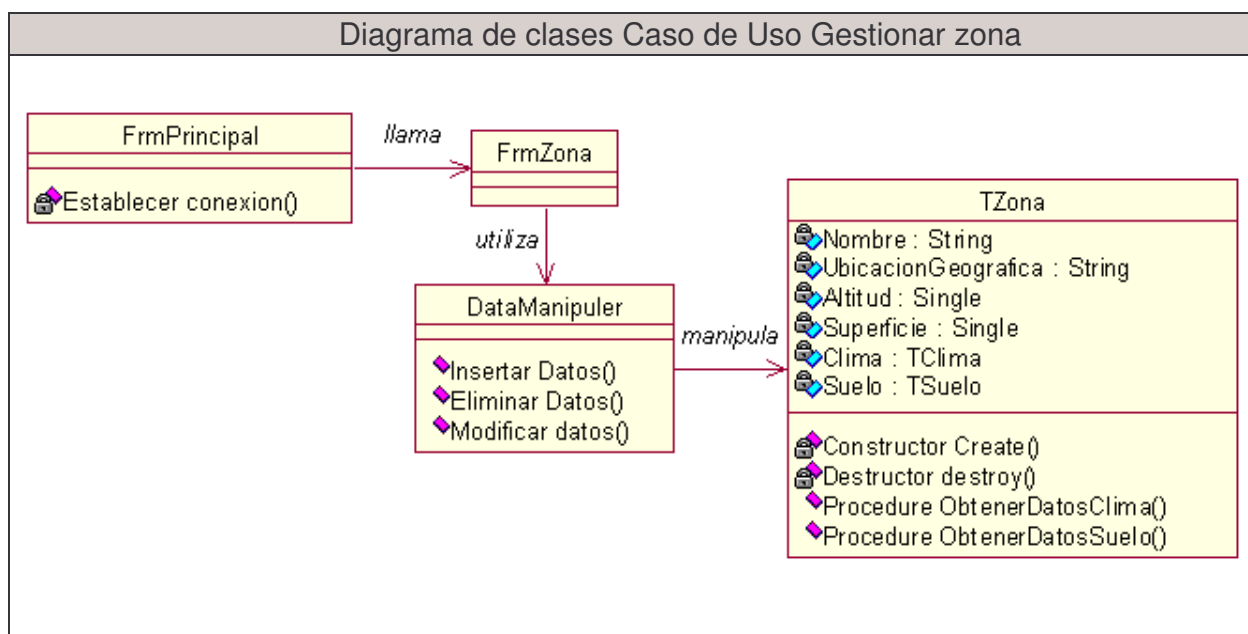


Figura 3.3- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar zona

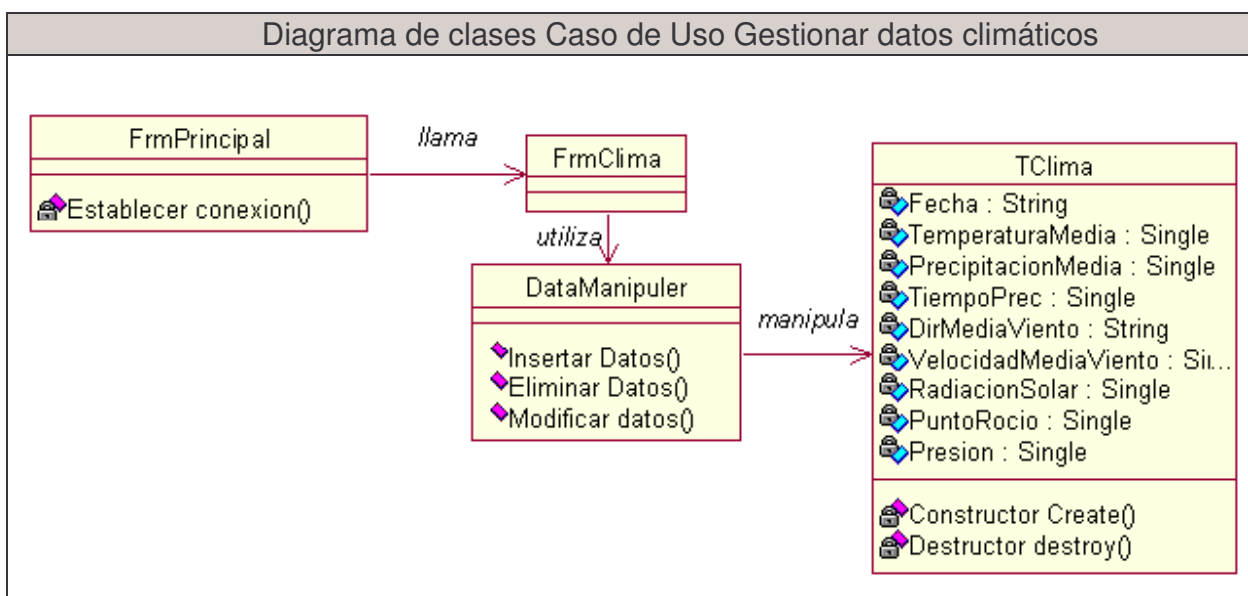


Figura 3.4- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar datos climáticos

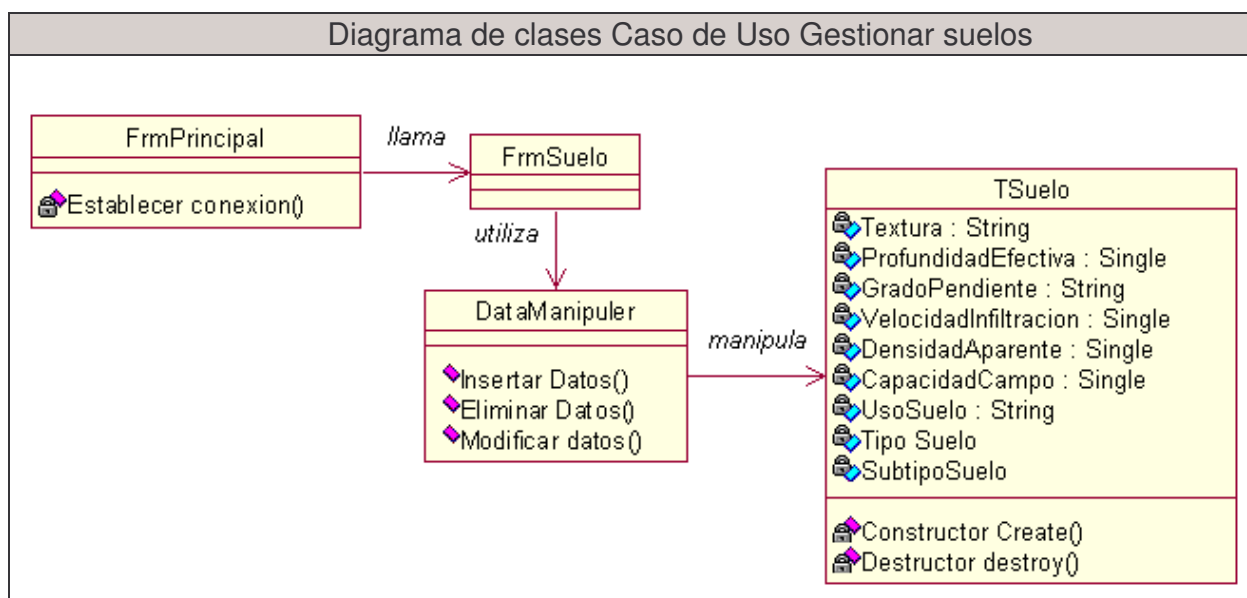


Figura 3.5- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar suelos

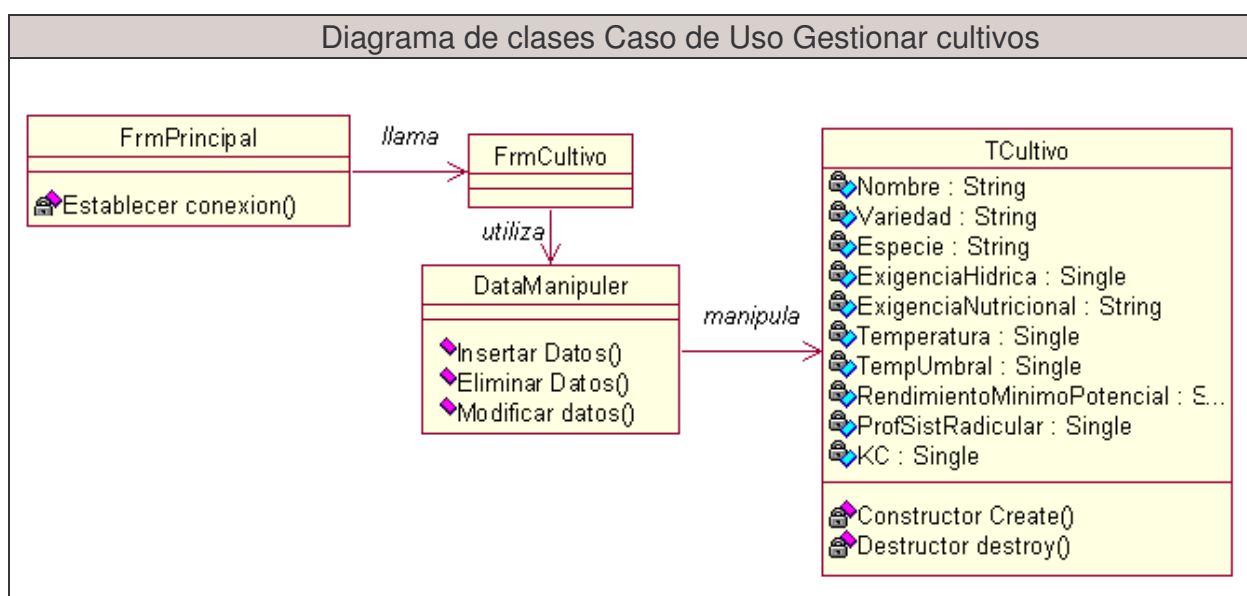


Figura 3.6- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar cultivos

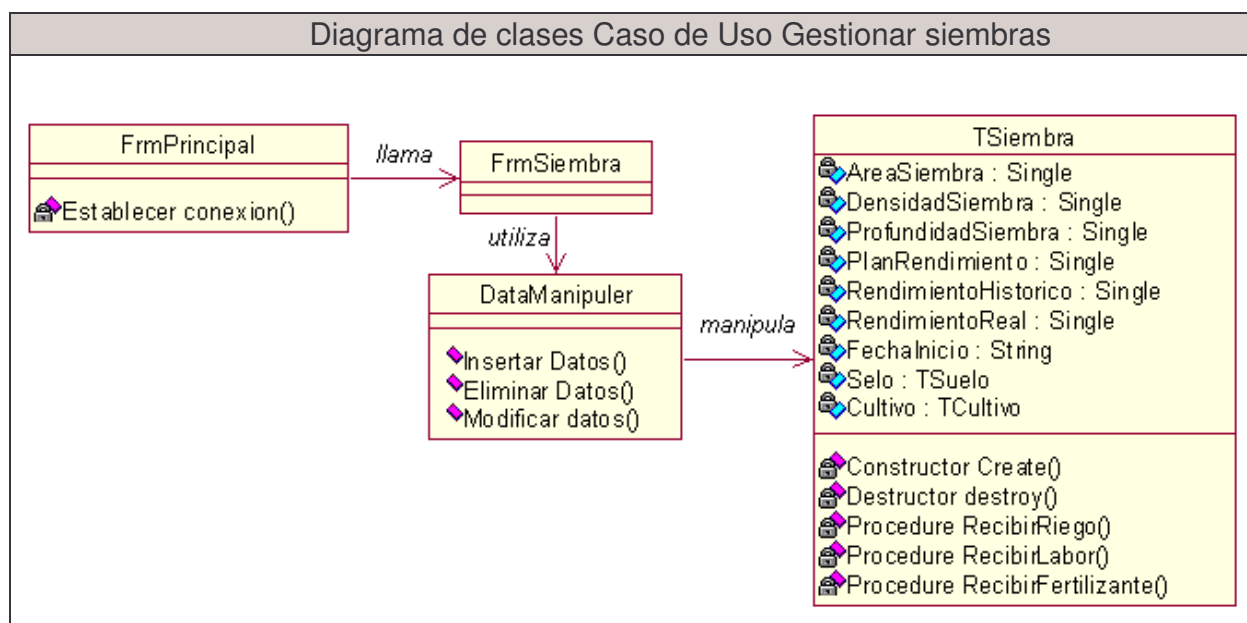


Figura 3.7- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar siembras

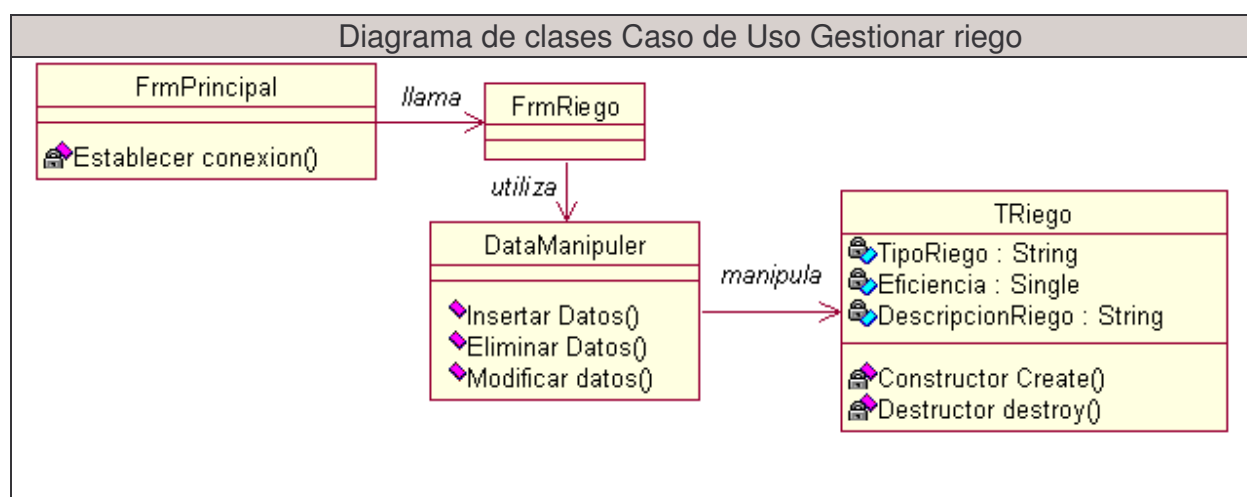


Figura 3.8- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar riego

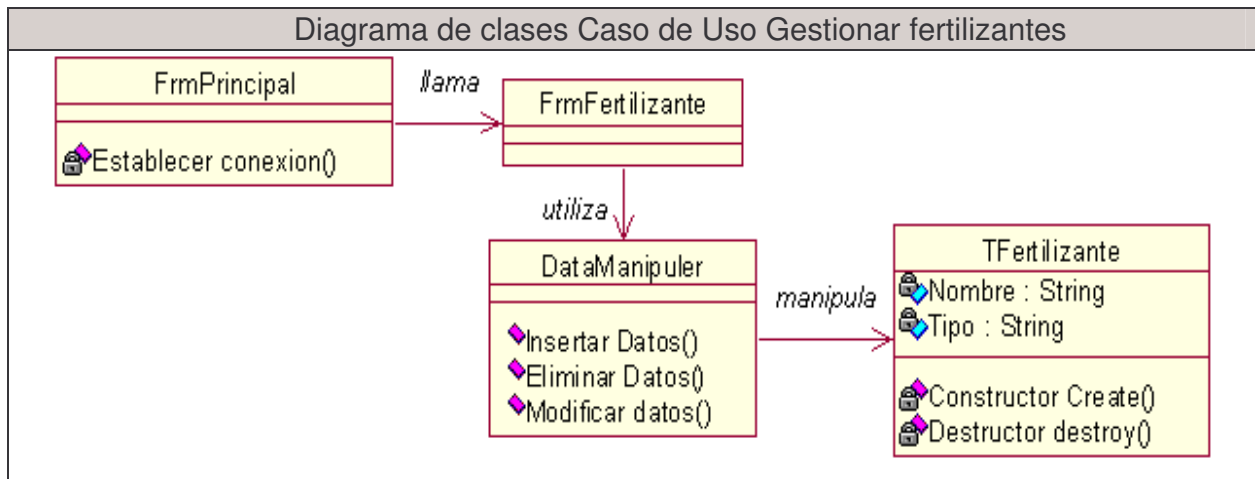


Figura 3.9- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar fertilizantes

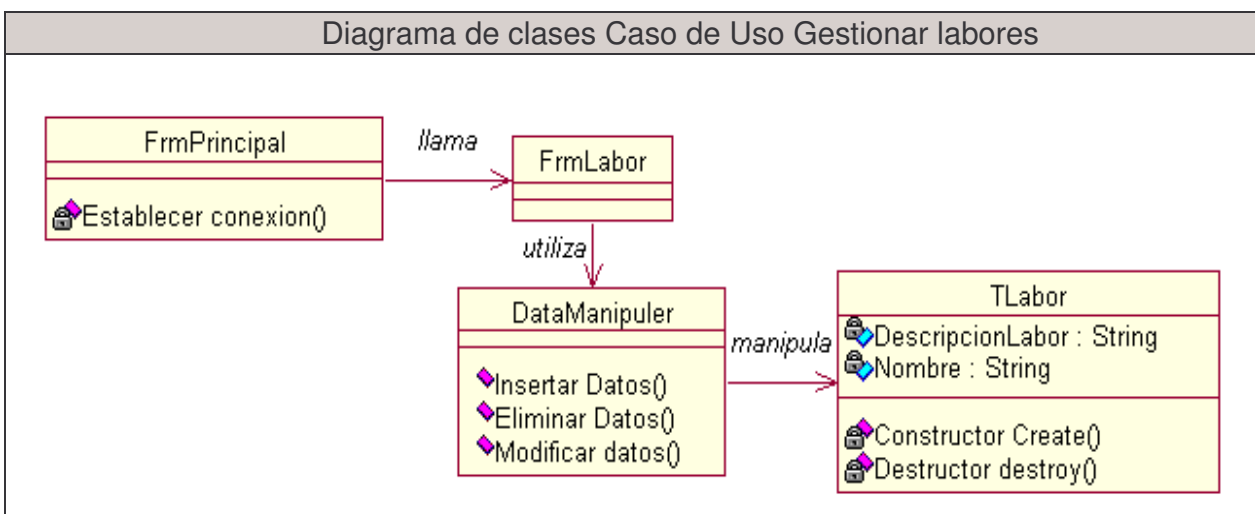


Figura 3.10- Diagrama de clases del Caso de Uso Gestionar labores

3.2.2- Diagrama de clases del diseño paquete Obtención de Resultados

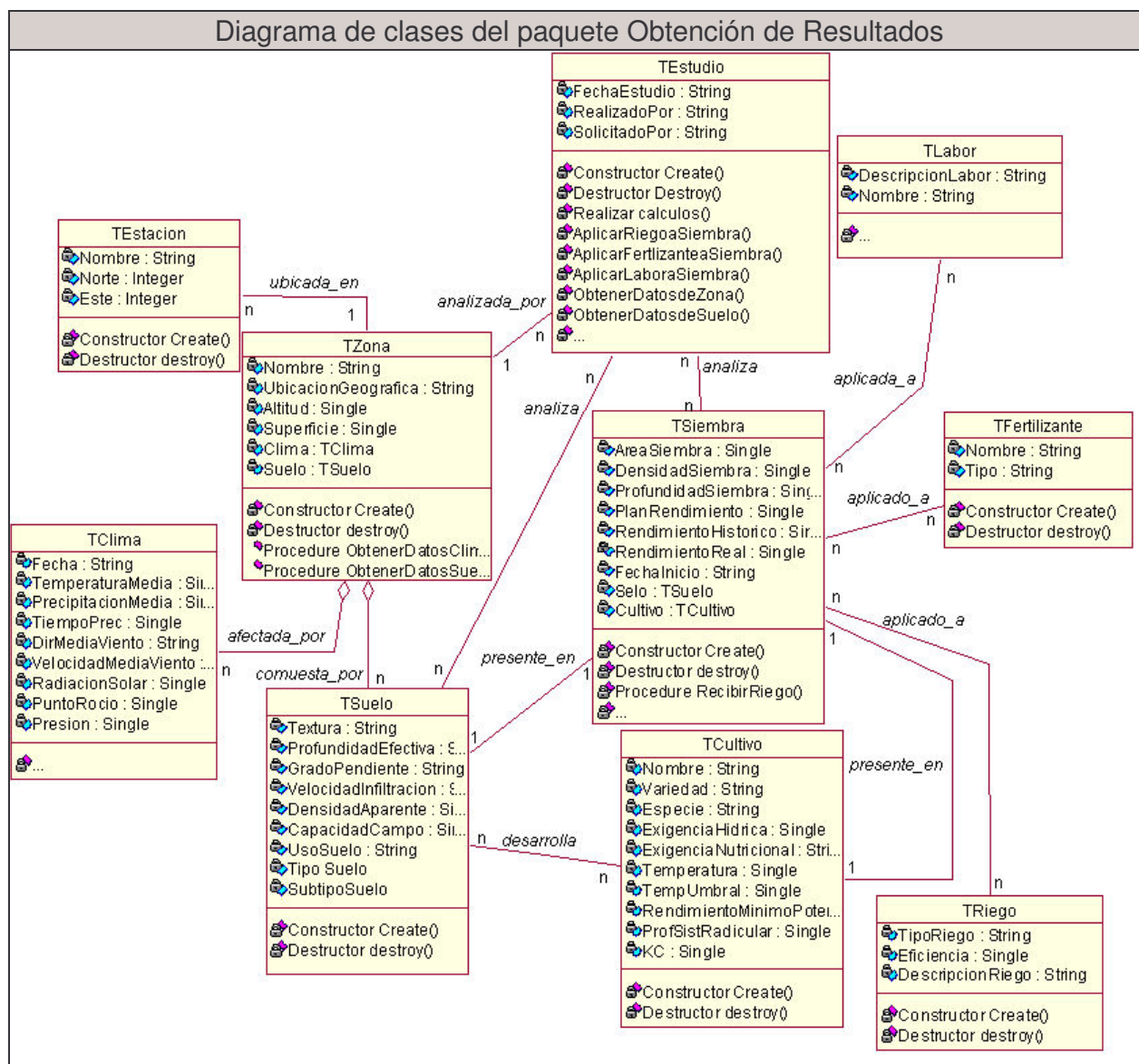


Figura 3.11- Diagrama de clases del paquete Obtención de Resultados

3.3 – Diseño de la base de datos

Uno de los aspectos más importantes a tener en cuenta para el diseño de un proyecto de software es la manera en que será soportada la información por el mismo. En el caso de este sistema, debido al gran volumen de datos que debe manejarse se empleará una base de datos capaz de dar soporte físico a la información y mantener la integridad de la misma.

3.3.1 – Modelo lógico de datos

Se muestra a través de un diagrama la estructuración lógica del modelo de datos del sistema. (Ver anexo 3)

3.3.2 – Modelo físico de datos

Para representar la estructura de clases cuya información es almacenada de forma tal que se conserven sus características aún después de cerrada la aplicación y además para expresar las relaciones entre estas, se utiliza el diagrama de clases persistentes. (Ver anexo 4)

3.4 – Diagrama de implementación

El modelo de implementación describe como los elementos del modelo de diseño, como las clases, se implementan en términos de componentes. Describe también como se organizan los componentes de acuerdo con los mecanismos de estructuración y modularización disponibles en el entorno de implementación y en el lenguaje o lenguajes de programación utilizados y como dependen los componentes unos de otros.[Jacobson, 2000]

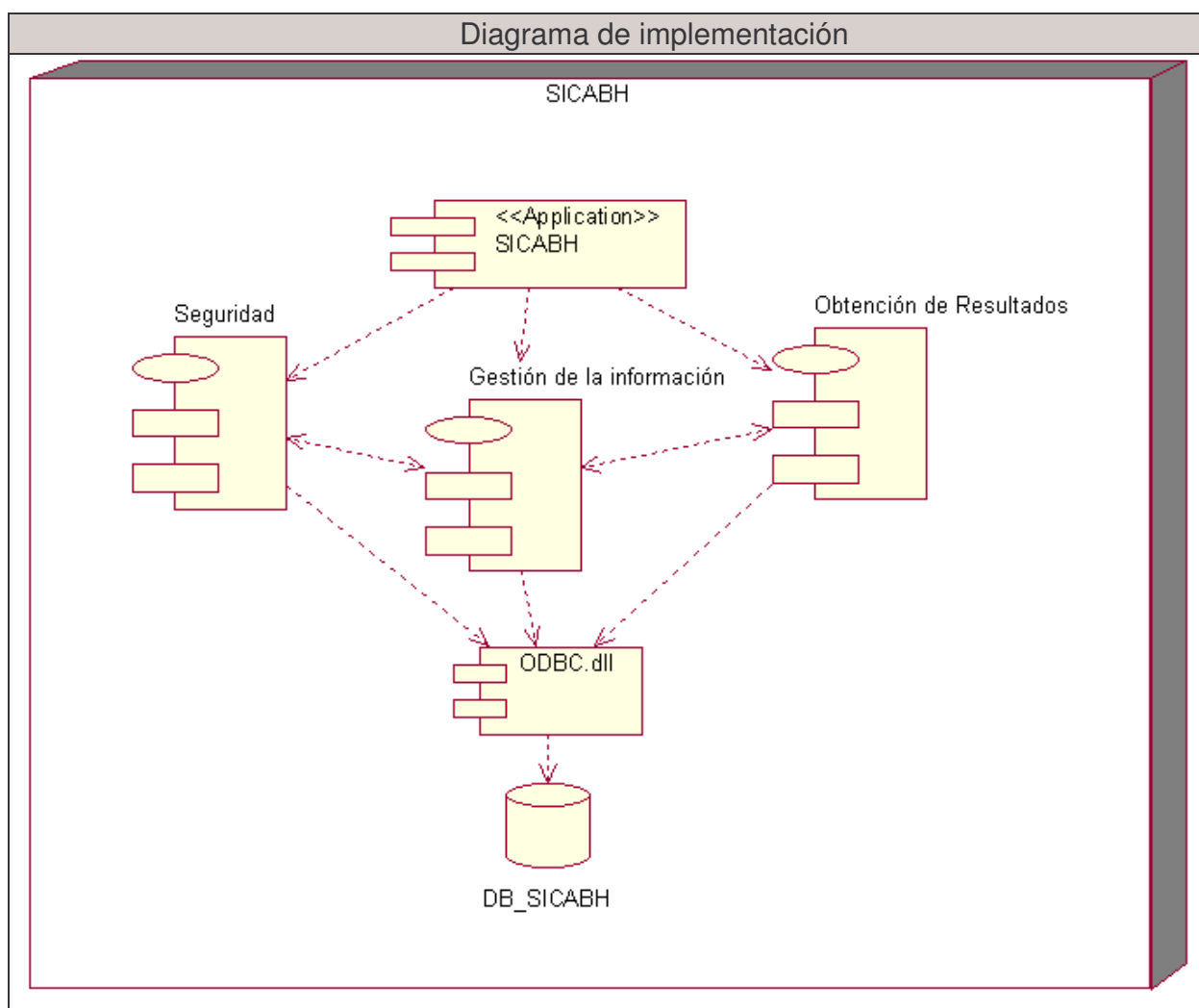


Figura 3.12- Diagrama de implementacion

3.5 – Principios de diseño

3.5.1 – Estándares en la interfaz de la aplicación

La concepción y diseño de una aplicación es de vital importancia máxime en los momentos actuales donde el desarrollo y la competencia en el mercado de software se han incrementado considerablemente. El ambiente visual de la aplicación basado

primariamente en la sencillez permite al usuario adaptarse fácilmente al sistema e incrementar de manera significativa la productividad de la herramienta.

El objetivo principal del diseño de interfaz de este sistema es brindar al usuario la posibilidad de desarrollar uno o múltiples estudios referentes a un área geográfica determinada donde se realiza una actividad agrícola y se pretende disponer de información real para analizar los beneficios o pérdidas que esta presenta para disponer de acciones técnico-administrativas que permitan aumentar la productividad de la misma.

Atendiendo a esto y a los requerimientos planteados por el usuario final se decidió emplear un diseño sencillo, donde priman dos colores fundamentalmente: el gris y el azul. En la aplicación se utilizó el tipo de letra MS Sans Serif en negritas de tamaño 9 puntos.

El software permite la creación de estudios para zonas específicas y la vez el resumen de estudios realizados con anterioridad por parte del usuario. Para esto el usuario dispone en la forma principal de un menú situado debajo de la barra de título y en el que se encuentra la sección “Estudio” y en ella las opciones “Definir” y “Resultados de Estudio” que garantizan la creación de un estudio para una zona específica y la visualización de los resultados obtenidos en muestreos realizados con anterioridad.

En la sección “Operaciones” se realiza la gestión de la información referente a las variables edafo-climáticas y en “Seguridad” se establece un cierto nivel de jerarquía entre los usuarios para garantizar el acceso a la información.

3.5.2 – Tratamiento de errores

El tratamiento de errores es de vital importancia para el desarrollo eficiente y correcto de cualquier aplicación. La interfaz está concebida de manera tal que se prevé que el usuario no pueda guardar un formulario si todos los valores no fueron introducidos correctamente con anterioridad, en este sentido la aplicación emite mensajes cortos, claros y precisos que permiten corregir dicha situación. Se realizan validaciones para

los datos de entrada de manera que no pueda entrarse un valor numérico en un dato de texto y viceversa.

3.5.3 – Concepción general de la ayuda

La vitalidad de la ayuda de una aplicación informática es un aspecto crucial desde la concepción de un sistema de este tipo hasta su puesta a punto. La claridad de la ayuda de una aplicación de esta índole es también un aspecto a considerar. La ayuda ha sido elaborada en un lenguaje simple que permite que cualquier usuario pueda interactuar con el sistema y sea capaz de aprovechar todas las prestaciones que brinda la herramienta. El usuario puede acceder a la ayuda en cualquier momento a través de la opción correspondiente en el menú principal o presionando F1.

3.6 – Conclusiones

En el presente capítulo se relacionaron los detalles descriptivos de la solución propuesta así como todo lo concerniente al desarrollo de la ayuda, el diseño general de la interface además se representa de forma grafica el diseño lógico y físico de la base de datos, así como elementos del diseño de aplicaciones propios de la metodología RUP.

Se desarrollaron los flujos de trabajo de análisis y diseño que propone RUP modelándose una relación de cada uno de ellos. Se obtuvo el diagrama de clases del diseño. El sistema propuesto es una aplicación que cuenta con una base de datos, la misma permite hacer persistente la información y mantenerla organizada de manera eficiente.

Capítulo 4 – Estudio de factibilidad

4.1 – Introducción

Desde los inicios de la elaboración de un software, resulta imprescindible determinar si el mismo resultará factible o no. La estimación del tiempo y los esfuerzos asociados a la realización del proyecto constituyen la base para el análisis de la factibilidad. Estas estimaciones serán realizadas a través del método de puntos de función del modelo COCOMO II.

COCOMO (COConstructive COnst MOdel) es una herramienta utilizada para la estimación de algunos parámetros (costes en personas, tiempo,...) en el diseño y construcción de programas y de la documentación asociada requerida para desarrollarlos, operarlos y mantenerlos, es decir, en la aplicación práctica de la Ingeniería del Software. [Ruiz, 1999]

4.2 – Planificación por puntos de función

La aproximación de la estimación del costo mediante Puntos Función está basada en la cantidad de funcionalidades de un proyecto software y en un conjunto de factores individuales del proyecto. Los Puntos Función son estimaciones valiosas ya que están basadas en la información que está disponible al inicio del ciclo de vida del proyecto.

Los Puntos Función miden un proyecto software cuantificando la información asociada a los principales datos externos o control de entrada, salida, o tipos de ficheros. [Ruiz, 1999]

4.2.1- Obtención de los puntos de función

Clasificación de las características según la complejidad

Para la Clasificación de las Características pueden identificarse cinco tipos de funciones de usuario: Entrada Externa (Entradas); Salida Externa (Salidas); Consultas Externas (Peticiones) y Ficheros Lógicos Internos y Externos (Ficheros). Cada instancia de estos tipos de funciones es clasificada según su nivel de complejidad. Los niveles de complejidad determinan un conjunto de pesos o valores, los cuales son aplicados a su correspondiente cuenta de tipo de función para determinar la cantidad de Puntos Función Desajustados.

A continuación se definen brevemente algunos de estos tipos de funciones de usuario:

Entradas externas: Se definen como un proceso elemental mediante el cual ciertos datos cruzan la frontera del sistema desde afuera hacia adentro. El Actor del Caso de Uso provee datos al sistema, los cuales pueden tratarse de información para agregar, modificar o eliminar de un Archivo Lógico Interno, o bien información de control o del negocio.

Salidas externas: Se definen como un proceso elemental con componentes de entrada y de salida mediante el cual datos simples y datos derivados cruzan la frontera del sistema desde adentro hacia afuera. Adicionalmente, las Salidas Externas pueden actualizar un Archivo Lógico Interno.

Consultas externas: Se definen como un proceso elemental con componentes de entrada y de salida donde un Actor del sistema rescata datos de uno o más Archivos Lógicos Internos o Archivos de Interfaz Externos. Los datos de entrada no actualizan ni mantienen ningún archivo (lógico interno o de interfaz externo) y los datos de salida no contienen datos derivados.

Ficheros internos: Grupo de datos relacionados lógicamente e identificables por el usuario, que residen enteramente dentro de los límites del sistema y se mantienen a través de las Entradas Externas.

Clasificación de las Entradas externas

Nombre de la entrada externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Insertar estudio	2	4	Bajo
Modificar estudio	1	4	Bajo
Eliminar estudio	1	4	Bajo
Insertar zona	2	5	Medio
Modificar zona	2	5	Medio
Eliminar zona	1	5	Bajo
Insertar datos climáticos	2	12	Medio
Modificar datos climáticos	1	12	Bajo
Eliminar datos climáticos	1	12	Bajo
Insertar estación meteorológica	1	4	Bajo
Modificar estación meteorológica	1	3	Bajo
Eliminar estación meteorológica	1	4	Bajo
Insertar suelo	4	29	Alto
Modificar suelo	3	28	Alto
Eliminar suelo	1	29	Alto
Insertar cultivo	2	12	Medio
Modificar cultivo	1	11	Bajo
Eliminar cultivo	1	12	Bajo
Insertar siembra	3	7	Medio
Modificar siembra	1	7	Bajo
Eliminar siembra	1	7	Bajo
Insertar riego	1	5	Bajo
Modificar riego	1	4	Bajo
Adicionar riego a siembra	2	6	Medio
Eliminar riego	1	5	Bajo
Insertar fertilizante	1	3	Bajo
Modificar fertilizante	1	2	Bajo
Adicionar fertilizante a siembra	2	3	Bajo
Eliminar fertilizante	1	3	Bajo
Insertar labor agrícola	1	3	Bajo
Modificar labor agrícola	1	2	Bajo

Adicionar labor a siembra	2	3	Bajo
Eliminar labor agrícola	1	3	Bajo
Introducir factores de perdida de suelo	2	6	Medio
Autentificarse	1	2	Bajo
Insertar usuario	1	6	Bajo
Eliminar usuario	1	6	Bajo

Tabla 4.1- Clasificación de las Entradas externas

Clasificación de las Salidas externas

Nombre de la salida externa	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Resumen del estudio	2	10	Medio
Visualizar información de siembras	3	8	Medio
Visualizar información de suelos	3	9	Medio
Visualizar información de cultivos	1	8	Bajo
Ver valor diario de ETo	1	4	Bajo
Ver valor diario de ETc	1	4	Bajo
Ver valor diario de ETr	1	4	Bajo
Ver valor diario de Precipitación	1	4	Bajo
Ver valor diario de Precipitación efectiva	1	4	Bajo
Ver valor diario de Riego	2	4	Bajo
Ver valor diario de Frecuencia de riego	1	4	Bajo
Ver valor diario de Escorrentía	1	4	Bajo
Ver valor diario de Infiltración	1	4	Bajo
Graficar valor mensual de ETo	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de ETc	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de ETr	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de Precipitación	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de Precipitación efectiva	1	5	Bajo

Graficar valor mensual de Riego	2	5	Bajo
Graficar valor mensual de Frecuencia de riego	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de Escorrentía	1	5	Bajo
Graficar valor mensual de Infiltración	1	5	Bajo
Graficar valor anual de ETo	1	5	Bajo
Graficar valor anual de ETc	1	5	Bajo
Graficar valor anual de ETr	1	5	Bajo
Graficar valor anual de Precipitación	1	5	Bajo
Graficar valor anual de Precipitación efectiva	1	5	Bajo
Graficar valor anual de Riego	2	5	Bajo
Graficar valor anual de Frecuencia de riego	1	5	Bajo
Graficar valor anual de Escorrentía	1	5	Bajo
Graficar valor anual de Infiltración	1	5	Bajo
Graficar valor de ETo para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de ETc para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de ETr para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de Precipitación para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de Precipitación efectiva para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de Riego para un período	2	6	Bajo
Graficar valor de Frecuencia de riego para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de Escorrentía para un período	1	6	Bajo
Graficar valor de Infiltración para un período	1	6	Bajo
Visualizar resumen de pérdida de	3	6	Bajo

suelo			
Visualizar resumen agro-meteorológico diario	3	12	Media
Visualizar resumen agro-meteorológico Mensual	3	12	Media
Visualizar resumen agro-meteorológico anual	3	12	Media
Visualizar resumen agro-meteorológico del período	3	13	Media

Tabla 4.2- Clasificación de las Salidas externas

Clasificación de las Consultas externas

Nombre de la petición	Cantidad de ficheros	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
Mostrar actividades recibidas por las siembras	4	4	Medio
Mostrar datos del cálculo de pérdida de suelo	1	8	Bajo
Mostrar datos del cálculo del riego	1	12	Bajo
Mostrar datos del cálculo del BH	1	9	Bajo
Mostrar registros de estudios	1	5	Bajo
Mostrar registros de zonas	1	6	Bajo
Mostrar registros de suelos	1	29	Medio
Mostrar registros de cultivos	1	11	Bajo
Mostrar registros de siembras	1	10	Bajo
Mostrar registros de riegos	1	5	Bajo
Mostrar registros de fertilizantes	1	3	Bajo
Mostrar registros de labores	1	3	Bajo
Mostrar registros de estaciones meteorológicas		4	Bajo
Mostrar registros climáticos	1	15	Bajo
Mostrar registros agro-meteorológicos	1	8	Bajo

Tabla 4.3- Clasificación de las Consultas externas

Clasificación de los Ficheros internos

Nombre del fichero interno	Cantidad de records	Cantidad de Elementos de datos	Clasificación(Bajo, Medio y Alto)
AdaptabilidadCultivo	1	2	Bajo
Cultivo	1	11	Bajo
DatosClima	1	15	Bajo
EstacionMet	1	4	Bajo
Estudio	1	5	Bajo
EstudioSiembra	1	2	Bajo
EstudioSuelo	1	9	Bajo
Fertilizante	1	3	Bajo
FertilizanteSiembra	1	5	Bajo
Labor	1	3	Bajo
LaborSiembra	1	5	Bajo
Riego	1	5	Bajo
RiegoSiembra	1	11	Bajo
Siembra	1	10	Bajo
SubtipoSuelo	1	2	Bajo
Suelo	1	29	Bajo
TipoSuelo	1	2	Bajo
Usuario	1	6	Bajo
VarAgromet	1	8	Bajo
Zona	1	6	Bajo

Tabla 4.4- Clasificación de los Ficheros internos

Clasificación de transacciones y archivos en análisis de puntos de función

Elementos	Bajos	Peso	Medios	Peso	Altos	Peso	Subtotal puntos de función
Entradas externas	27	x3	7	x4	3	x6	127
Salidas externas	38	x4	7	x5	-	x7	152
Peticiones	13	x3	2	x4	-	x6	47
Ficheros lógicos internos	20	x7	-	x10	-	x15	140
Ficheros de interfaces externas	-	x5	-	x7	-	x10	-
Total Puntos de Función sin ajustar							466

Tabla 4.5- Punto de función

4.2.2 – Estimación de la cantidad de instrucciones fuente (SLOC)

Para determinar el número nominal de personas mes para el Modelo de Diseño Inicial, los Puntos Función Desajustados han de convertirse a líneas de código fuente que implementen el lenguaje (ensamblador, lenguaje de alto nivel, lenguaje de cuarta generación, etc). Según las tablas de conversión proporcionada por COCOMOII el factor de conversión de los lenguajes utilizados es: 29 para Delphi y 40 para MySQL.

Características	Valor	
Puntos de función desajustados	466	
Lenguaje	Delphi	MySQL
Instrucciones fuentes por puntos de función	29	40
Por ciento de la aplicación en cuanto a requerimientos funcionales	70%	30%
Instrucciones fuentes	9459.8	5592
Total de Instrucciones fuentes	15051.8 ≈ 15.01KLOG	

Tabla 4.6- Instrucciones fuentes

4.2.3 – Determinación de los costos

Esfuerzo (PM)

Fueron determinados 17 multiplicadores de esfuerzo para ajustar el esfuerzo nominal, Persona mes, para poder reflejar el producto software bajo desarrollo. Estos multiplicadores son agrupados en cuatro categorías: del producto, de la plataforma, personales, y del proyecto. (Ver anexo 5)

Estos multiplicadores en su conjunto determinan los valores de los Multiplicadores de esfuerzo, los cuales dan al producto costes mediante la combinación de varios parámetros y funcionalidades del proyecto.

Multiplicadores de esfuerzo (EMi) (Ver anexo 6)

Multip	Valor	Justificación
RCPX	1.33(Alto)	Se considera que el producto es complejo, con una base de datos de tamaño moderada. La necesidad de documentación es alta pues la aplicación abarca en sí mucho contenido, que el usuario puede necesitar ayuda técnica.
RUSE	1(Nominal)	Se implementa código reusable para el aprovechamiento de este en toda la aplicación.
PDIF	1(Nominal)	No tiene grandes restricciones en cuanto al tiempo de ejecución ya que el software podrá estar trabajando varias horas. EL Software no tiene limitación de memoria impuesta. La plataforma de aplicación tiene gran estabilidad.
PERS	0.83(Alto)	Teniendo en cuenta que el proyecto es desarrollado por estudiantes hay una rotación baja del personal. La capacidad de comunicación y colaboración de programadores y especialistas es alta. La disposición para el trabajo en equipo también es alta.

PREX	0.83(Alto)	La experiencia en el trabajo con las plataformas y las herramientas de desarrollo es de más de tres años por lo que se considera alta.
FCIL	0.87(Alto)	Se emplean herramientas de alto nivel para cada etapa del ciclo de vida del proyecto.
SCED	1(Nominal)	Se cumple el calendario de desarrollo según lo previsto.

Tabla 1.7- Multiplicadores de esfuerzo

Factores de escala (SF_i) (Ver anexo 7)

Factor	Valor	Justificación
PREC	3.72(Nominal)	El equipo de desarrollo posee una comprensión considerable de los objetivos del producto aunque no posee experiencia en la realización de software de este tipo.
FLEX	2.03 (Alto)	El sistema es altamente flexible en el cumplimiento de las reglas de software.
TEAM	1.10(Muy Alto)	El equipo que va a desarrollar el software es altamente cooperativo.
RESL	1.41 (Muy Alto)	La herramienta de desarrollo posee gran tratamiento de errores ante fallos y riesgos que pudieran ocurrir.
PMAT	6.24(Bajo)	El proceso de madurez del software es bajo en nuestro país

Tabla 4.8- Factores de escalas

Calculando el esfuerzo (PM)

El esfuerzo se representa mediante la fórmula:

$$PM = A * (MF)^E * EM$$

Donde:

$$A = 2.94; B = 0.91; C = 3.67; D = 0.24$$

$$SF = \sum SFi = PREC + FLEX + RESL + TEAM + PMAT = 14.5$$

$$EM = \prod EMi = RCPX * RUSE * PDIF * PERS * PREX * FCIL * SCED = 0.80$$

$$E = B + 0,01 * SF = 1.055$$

$$F = D + 0,2 * (E - B) = 0.269$$

$$PM = A * (MF)^E * EM$$

$$PM = 2.94 * (15.01)^{1.055} * 0.80$$

$$PM = 40.97 \approx 41 \text{ hombres-mes}$$

Cálculo del tiempo de desarrollo (TDEV)

$$TDEV = C * PM^F$$

$$TDEV = 3.67 * 40.97^{0.269}$$

$$TDEV = 9.96 \approx 10 \text{ meses}$$

Cálculo de la cantidad de hombres (CH)

$$CH = PM / TDEV$$

$$CH = 40.97 / 9.96$$

$$CH = 4.11 \approx 4 \text{ hombres}$$

Costo por hombre-mes (CHM)

Para determinar el salario promedio hay que tener en cuenta que los desarrolladores del sistema son estudiantes, por lo que se toma como salario de cada uno, el correspondiente a un recién graduado que es \$225.00.

$$CHM = CH * \text{Salario Promedio}$$

$$\text{CHM} = 4 * \$ 225.00 = \$ 900.00$$

Costo

$$\text{Costo} = \text{CHM} * \text{PM}$$

$$\text{Costo} = \$ 900.00 * 40.97 = \$ 36873.00$$

Los costos en los que se incurriría de desarrollarse el sistema serían:

Cálculo de:	Valor
Esfuerzo(PM)	40.97 hombres-mes
Tiempo de desarrollo(TDEV)	10 meses
Cantidad de hombres(CH)	4 hombres
CHM	\$ 900.00
Costo	\$ \$ 36873.00

Tabla 4.9- Costos totales

4.3 – Beneficios tangibles e intangibles

El desarrollo de un producto informático tiene asociado un costo y el llevarlo a cabo o no está en dependencia de los beneficios que el mismo puede reportar. Los beneficios pueden ser económicos y de orden social, resaltando que los últimos mencionados tienen tanta connotación como los primeros.

Beneficios tangibles

Dentro de los beneficios tangibles que se desprenden del proyecto podemos mencionar el incremento de la productividad como consecuencia directa de una adecuada organización agro-productiva de una zona agrícola. Además se cuenta con la posibilidad obtener un resumen del comportamiento de las variables agro-climáticas

durante el desarrollo de los cultivos, lo que permite determinar con bastante precisión las acciones a tomar para prevenir en empleo innecesario recursos tanto materiales como naturales.

Otro beneficio es la posibilidad de, basado en el comportamiento de los factores involucrados en desarrollo agrícola, tomar decisiones tanto técnicas como administrativas que favorezcan el potencial productivo de los cultivos.

Beneficios intangibles

Como beneficios intangibles podemos citar la obtención de una novedosa herramienta para la toma de decisiones técnico administrativa en el sector agrícola, que además tiene en cuenta la interacción entre todos los factores que intervienen el proceso productivo. También se puede resaltar como beneficio en el campo científico-tecnológico que se obtiene un producto con un alto valor agregado, pues logra la integración de los conocimientos de varias ciencias en la solución de un problema específico.

En el aspecto social es de destacar que humaniza y facilita el trabajo del personal involucrado en la toma de decisiones dentro del sector agrícola, mientras que como beneficio ambiental se puede señalar que crea las condiciones para un manejo sostenible del medio ambiente y de sus recursos naturales mediante la aplicación de medidas de conservación de suelos y un manejo adecuado del agua, principalmente la destinada al riego agrícola.

4.4 – Análisis de costos y beneficios

Indudablemente la utilización de esta herramienta informática traería grandes beneficios dentro del sector agrícola, debido a la posibilidad que brinda para el ordenamiento agro-productivo de las zonas agrícolas, lo que se traduce en el incremento productivo y el manejo sostenible de los recursos naturales.

Un aspecto importante para determinar la factibilidad de este producto, independientemente de los beneficios aparejados al mismo, es el costo, el cual fue estimado en \$ 36873.00 MN, además supone un tiempo de desarrollo de 10 meses y un total de cuatro personas para su desarrollo. Para la realización de la aplicación no se incurrió en gastos adicionales de equipamiento, materiales de oficina, compra de otros sistemas necesarios, ni de herramientas de desarrollo, además no hubo necesidad de contratar personal calificado que realizara el trabajo imprescindible para obtener el producto final.

Analizando los costos se puede apreciar que los mismos son relativamente bajos, este aspecto, unido a los grandes beneficios que resultarían de la realización y posterior utilización del software propuesto, determina la factibilidad del desarrollo del producto.

4.5 – Conclusiones

Como método para la estimación se utilizó COCOMO en su versión 2.0. Éste método está basado en ecuaciones matemáticas que permiten calcular el esfuerzo a partir de ciertas métricas de tamaño, el análisis de puntos de función y la estimación líneas de las líneas de código fuente. Como resultado de este proceso se obtuvo que el tiempo de desarrollo es de aproximadamente 10 meses para cuatro personas desarrollando el proyecto y con un costo aproximado de \$ 36873.00 MN.

Este estudio de planificación y factibilidad proporcionó valiosos argumentos que permitieron llegar a la conclusión de que la solución de software, es factible y reportará significativos beneficios dentro del sector agrícola.

Conclusiones

- Se brinda como resultado de esta investigación una herramienta informática novedosa para la gestión de la información involucrada en el cálculo del Balance Hídrico.
- La utilización de esta aplicación auxilia a los especialistas en el proceso de toma de decisiones técnico- administrativas para el manejo agrícola, a la vez que permite un adecuado ordenamiento agro-productivo.
- Esta solución, además de dar cumplimiento al objetivo general del presente trabajo de diploma, constituye una alternativa viable a las necesidades actuales del desarrollo agrícola sostenible.
- Se logró una eficiente estructuración y concepción del sistema, gracias al empleo de los diferentes flujos de trabajos ofrecidos por la metodología RUP.
- Se comprobó la factibilidad de implementar el sistema debido a la inexistencia de otras herramientas de este tipo en el país y al balance positivo del análisis de los beneficios aparejados a su uso en comparación con los costos de su desarrollo.

Recomendaciones

Con el fin de brindarle al Sistema desarrollado una mayor funcionalidad, acorde con las necesidades reales de desarrollo del sector agrícola, se recomienda:

- Generalizar el uso de esta aplicación para brindar servicio a los sistemas productivos agrícolas del territorio provincial y a otros del país como vía para la validación de su efectividad y alcanzar su mejora continua.
- Implementar un mecanismo que permita actualizar, de forma automática, la base de datos del Sistema con la información proveniente de las estaciones meteorológicas (tanto de superficie como automáticas) y de otras fuentes directas de información.
- Implementar la vinculación de la aplicación realizada con sistemas de información geográfica y otras tecnologías de avanzada, propias de la agricultura de precisión.
- Dotar al Sistema con un módulo de análisis y procesamiento estadístico, el cual, aprovechando los grandes volúmenes de información almacenados por el sistema, sea capaz de predecir el comportamiento futuro de algunas de las variables de mayor incidencia en la producción agrícola.

Referencias bibliográficas

[FAO, 1995] Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Manual del capacitador*. FAO, Roma, 1995.

[CenMet, 2005] Centro Meteorológico Provincial. *Modelo para el cálculo del Balance Hídrico de los suelos, herramienta para la toma de decisiones ante las condiciones de sequía y para el ordenamiento territorial agropecuario: Caso de estudio Cuenca Hanabanilla*. CenMet, Cienfuegos, 2005.

[Rivero, 2003] Rivero, Roger. *Integrated Analysis of Climate Change Impacts in Cuba: The Case of Agriculture and Water Resources*. <http://www.onu.org.cu/havananarisk/eventos/> (10/01/2007).

[OMM, 2003] Organización Meteorológica Mundial. *Nuestro clima futuro*. Editorial OMM, Ginebra, 2003.

[Cairo, 1887] Cairo, Pedro. *Suelos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1987.

[Manso, 2004] Manso, Rafaela. *Medidas tomadas en Cuba para un manejo de tierra sostenible*. <http://www.radiohc/espanol/agricultura> (20/12/2006).

[Obrador, 2003] Obrador, Rodrigo. *Conservación y mantenimiento de recursos suelo y agua*. <http://www.mpci.org/reppub/2003/> (10/1/2007)

[González, 2005] González Sánchez, Emilio. *Erosión: la importancia de la conservación del suelo*. <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx> (05/02/2007).

[Alfaro, 2005] Alfaro Toledo, Ramón. *La Conservación del Suelo*. http://peruecologico.com.pe/lib_c18_t14.htm (05/01/2007).

[FAO, 2001] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *El agua: una de las claves del desarrollo sostenible*. <http://www.water2001.de/outcome/> (06/01/2007).

[FAO, 2003] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *El agua y la agricultura*. <http://www.fao.org/WorldFoodSummit/sideevents/papers/> (10/01/2007).

[Domingo, 2003] Domingo, Francisco. *¿Cómo se puede medir y estimar la evapotranspiración?: estado actual y evolución*. <http://www.aeet.org/ecosistemas/031/informe1.htm> (10/01/2007).

[Ruiz, 2002] Ruiz Estevez, Fernando. *Infiltración de agua en el suelo con diferentes usos*. <http://www.inta.gov.ar/lasbrenas/info/documentos/rn/A-070.pdf> (10/01/2007).

[Zaballos, 2002] Zaballos, Juan Pedro. *El Agua en el Suelo: Agua de Escorrentía*. Tomado de: <http://weblogs.madrimasd.org/universo/archive/2006/05/05/21147.aspx> (11/01/2007).

[Salinas, 2004] Salinas Fernández, Luis. *Balance hídrico*. <http://hypergeo.free.fr/article.php3> (11/01/2007).

[Da Silva, 2002] Da Silva, Clezio Azevedo. *Las políticas de intervención en cuencas hidrográficas como estrategia de desarrollo territorial: un modelo de evaluación aplicado a Brasil*. <http://www.ub.es/geocrit/b3w-241.htm> (11/01/2007).

[Comerma, 2004] Comerma, Juan. *Validación del balance hídrico del modelo CERES-MAIZ*. http://www.redpav-fpolar.info.ve/agrotrop/v35_4-6/v356a011.html (11/01/2007).

[Pizarro, 1985] Pizarro, Fernando. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Segunda edición. Editorial Agrícola Española S.A, Madrid, 1985.

[Pérez, 1989] Pérez Domínguez, Carlos. *La erosión del suelo: Causas, efectos y control*. CIDA, La Habana, 1989.

[Vauchel, 2002] Vauchel, Philippe. *Presentación de Hydraccess*. http://www.mpl.ird.fr/hybam/outils/hydraccess_sp.htm (04/12/2006).

[Clarke, 1998] Clarke, Derek. *CropWat for Windows: User Guide*. Universidad de Southampton, Reino Unido, 1998.

[Rumbaugh, 2000] Rumbaugh, J. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Pearson Educación S.A, Madrid, 2000.

[Zalazar, 2003] Zalazar, Javier. *Ingeniería del Software*. www.angelfire.com/scifi/jzavalaz/apuntes/apuntes.html (16/10/2007).

[Jacobson, 1998] Jacobson, Ivar. *Applying UML in The Unified Process*. <http://www.rational.com/uml> (16/10/2007).

[Jacobson, 2000] Jacobson, Ivar. *El Lenguaje Unificado de Modelado: Manual de referencia*. Pearson Educación S.A, Madrid, 2000.

[Moreno, 2003] Moreno Martínez, Gerardo. *Ingeniería de Software: UML*. <http://www.Monografias.com> (16/10/2007).

[Aramayo, 2004] Aramayo, Cristian. *Investigación sobre MySQL*. http://www.salnet.com.ar/inv_mysql/mysql.htm (15/01/2007).

[MySQL, 2003] MySQL Group. *Reference Manual: Las principales características de MySQL*. <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/features.html> (15/01/2007).

[Booch, 2000] Booch, Grady. *Software Architecture and the UML*. <http://www.rational.com/uml> (16/10/2007).

[Ruiz, 1999] Ruiz González, Francisco. *Modelo de Estimación de Costes para proyectos software*. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 1999.

Bibliografía

- [Boggs, 2002] Boggs, Wendy. *UML with Rational Rose 2002*. SYBEX, Boston, 2002.
- [Cairo, 1987] Cairo, Pedro. *Suelos*. Editorial Pueblo y Educación, La Habana, 1987.
- [CenMet, 2005] Centro Meteorológico Provincial. *Modelo para el cálculo del Balance Hídrico de los suelos, herramienta para la toma de decisiones ante las condiciones de sequía y para el ordenamiento territorial agropecuario: Caso de estudio Cuenca Hanabanilla*. CenMet, Cienfuegos, 2005.
- [Clarke, 1998] Clarke, Derek. *CropWat for Windows: User Guide*. Universidad de Southampton, Reino Unido, 1998.
- [FAO, 1995] Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Manual del capacitador*. FAO, Roma, 1995.
- [FAO, 2002] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía*. Departamento de Agricultura FAO, Roma, 2002.
- [Jacobson, 2000] Jacobson, Ivar. *El Lenguaje Unificado de Modelado: Manual de referencia*. Pearson Educación S.A, Madrid, 2000.
- [Marín, 2004] Marín Ramírez, Rodrigo. *Metodología para el cálculo del índice de escasez de agua superficial*. IDEAM, Bogotá, 2004.
- [Martínez, 2004] Martínez Videla, Armando. *Erosión: la importancia de la conservación del suelo*. <http://www.agroinformacion.com/leer-contenidos.aspx> (10/01/2007).
- [Mijares, 1999] Mijares, Aparicio. *Fundamentos de Hidrología de Superficie*. Editorial Limusa, México, 1999.

[OMM, 2003] Organización Meteorológica Mundial. *Nuestro clima futuro*. Editorial OMM, Ginebra, 2003.

[Pérez, 1989] Pérez Domínguez, Carlos. *La erosión del suelo: Causas, efectos y control*. CIDA, La Habana, 1989.

[Pizarro, 1985] Pizarro, Fernando. *Drenaje agrícola y recuperación de suelos salinos*. Segunda edición. Editorial Agrícola Española S.A, Madrid, 1985.

[Ruiz, 1999] Ruiz González, Francisco. *Modelo de Estimación de Costes para proyectos software*. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 1999.

[Rumbaugh, 2000] Rumbaugh, James. *El Proceso Unificado de Desarrollo de Software*. Pearson Educación S.A, Madrid, 2000.

[Santiago, 2001] Santiago, Jesús Enrique. *Escorrentía y erosión del suelo*. <http://www.monografias.com/trabajos14/erosion/erosion.shtml> (10/01/2007).

[UNESCO, 2005] Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. *Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo*. Programa Hidrológico Internacional (PHI), Paris, 2005.

[Videla, 2005] Videla, Horacio. *Modelo de simulación del balance hídrico en suelos con freática poco profunda*. <http://web.ebscohost.com/ehost/pdf> (12/01/2007).

Glosario de términos

Agricultura: arte, ciencia e industria que se ocupa de la explotación de plantas y animales para el uso humano. En sentido amplio, la agricultura incluye el cultivo del suelo, el desarrollo y recogida de las cosechas, la cría y desarrollo de ganado, la explotación de la leche y la silvicultura.

Agua: nombre común que se aplica al estado líquido del compuesto de hidrógeno y oxígeno H₂O.

Balance Hídrico: término que se refiere a las relaciones entre las ganancias y pérdidas de agua (en forma de evaporación, precipitación, escorrentía o almacenamiento superficial subterráneo), bien en una región o cuenca concretas, bien en una estación o período determinados.

Clima: efecto a largo plazo de la radiación solar sobre la superficie y la atmósfera de la Tierra en rotación. El modo más fácil de interpretarlo es en términos de medias anuales o estacionales de temperatura y precipitaciones.

Cuencas hidrográficas: sistemas abiertos en los que es posible estudiar los procesos hidrológicos.

Desarrollo sostenible: término aplicado al desarrollo económico y social que permite hacer frente a las necesidades del presente sin poner en peligro la capacidad de futuras generaciones para satisfacer sus propias necesidades.

Evapotranspiración: la transferencia de agua desde la tierra a la atmósfera por evaporación desde el agua de la superficie y el suelo, y por transpiración de la vegetación.

Medio ambiente: 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.

Modelo: Esquema teórico, generalmente en forma matemática, de un sistema o de una realidad compleja, que se elabora para facilitar su comprensión y el estudio de su comportamiento.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación): organismo especializado de las Naciones Unidas (ONU) cuyo principal objetivo es la lucha contra el hambre a nivel mundial.

OMM (Organización Meteorológica Mundial): organismo especializado que dirige y agrupa a nivel mundial los servicios meteorológicos.

Recursos naturales: cualquier forma de materia o energía que existe de modo natural y que puede ser utilizada por el ser humano. Los recursos naturales pueden clasificarse por su durabilidad, dividiéndose en renovables y no renovables. Los primeros pueden ser explotados indefinidamente, mientras que los segundos son finitos y con tendencia inexorable al agotamiento.

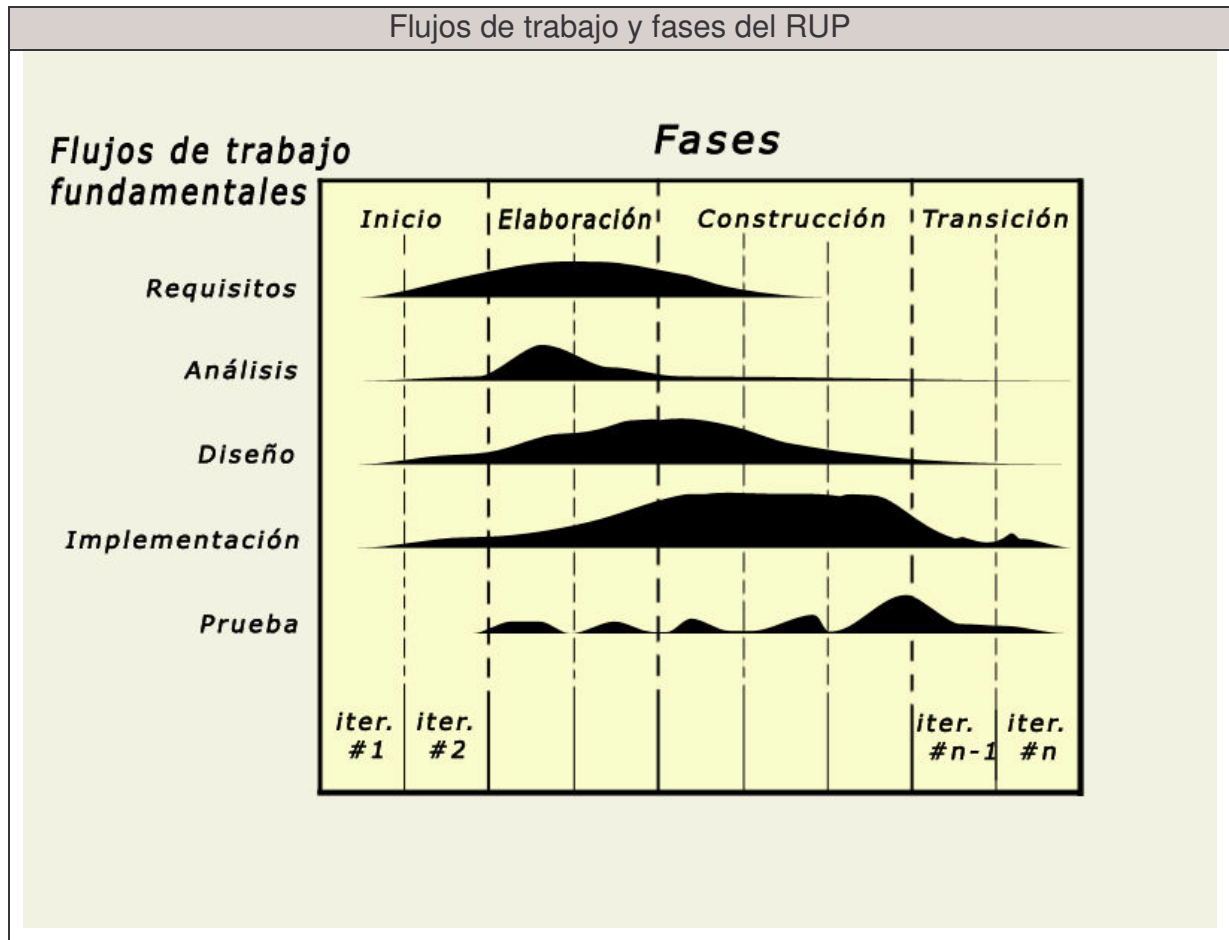
Sequía: período de tiempo en el que la escasez de lluvia produce un desequilibrio hidrológico grave: los pantanos se vacían, los pozos se secan y las cosechas sufren daños.

Sistemas de producción agropecuaria: el conglomerado de sistemas de fincas individuales, que en su conjunto presentan una base de recursos, patrones empresariales, sistemas de subsistencia y limitaciones similares.

Suelo: cubierta superficial de la mayoría de la superficie continental de la Tierra. Es un agregado de minerales no consolidados y de partículas orgánicas producidas por la acción combinada del viento, el agua y los procesos de desintegración orgánica.

Anexos

Anexo 1- Flujos de trabajo y fases del RUP

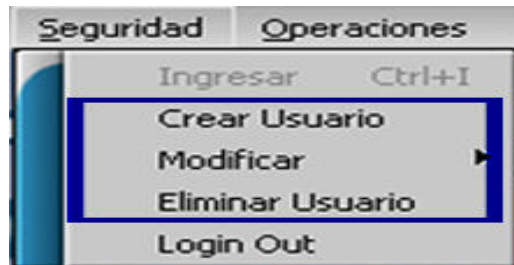


Anexo 2- Prototipos de Casos de Uso

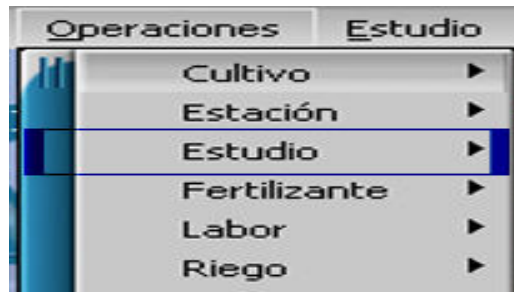
a) Autenticarse



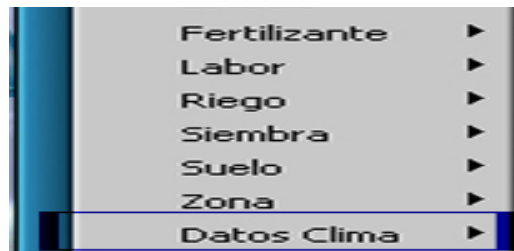
b) Gestionar Seguridad



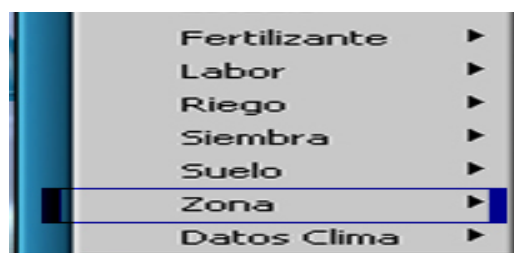
c) Gestionar estudio



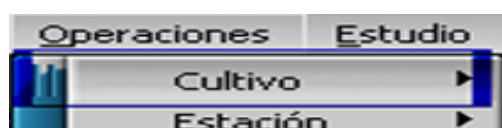
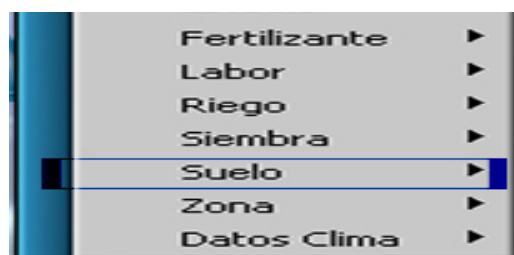
d) Gestionar datos climáticos



e) Gestionar zona



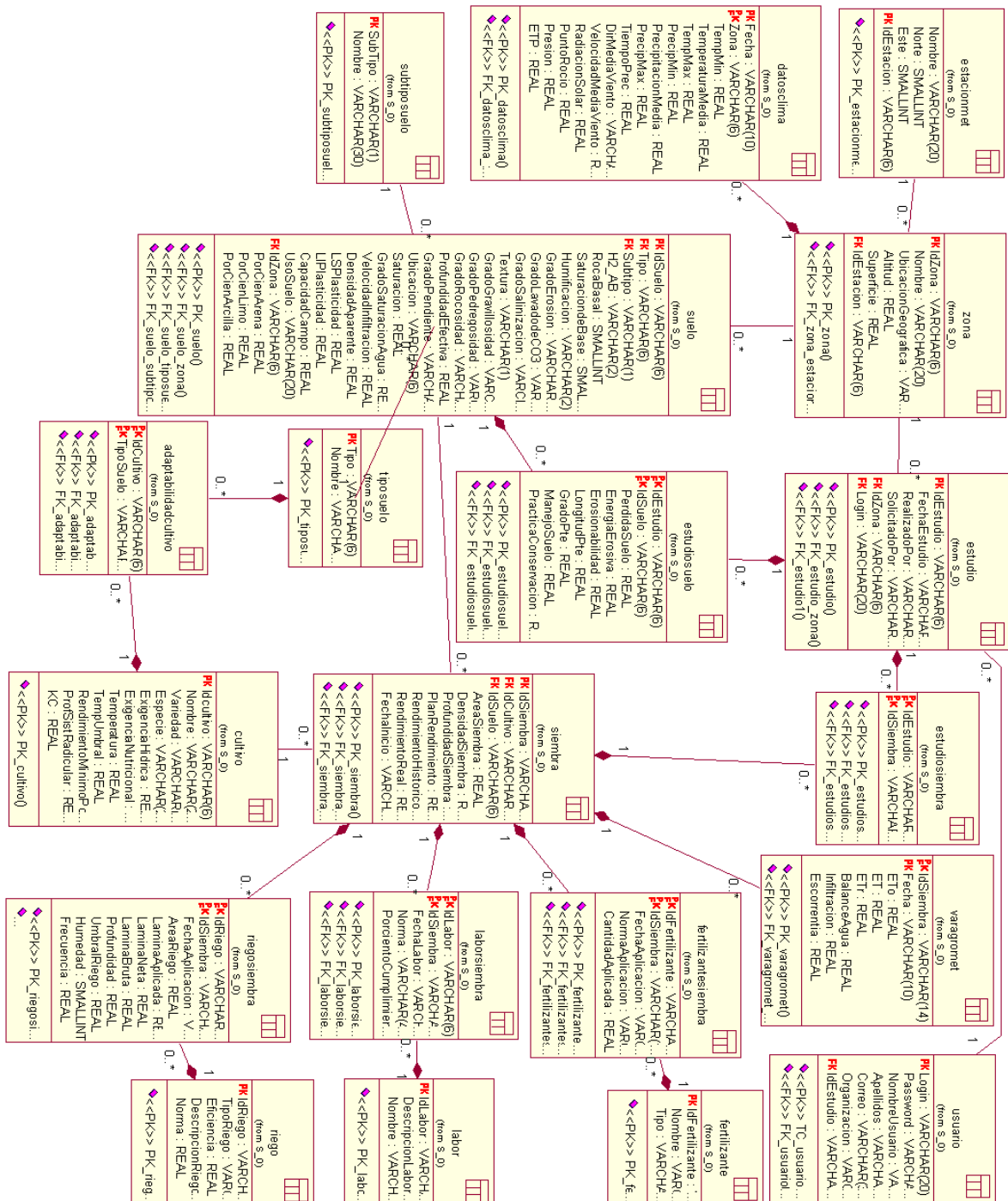
f) Gestionar suelos



Anexo 3- Modelo lógico de datos



Anexo 4- Modelo físico de datos



Anexo 5- Multiplicadores para el cálculo del esfuerzo

Multiplicadores del producto

RELY: Confiabilidad requerida del software. Mide el impacto que tiene una falla en el software.

DATA: Tamaño de la base de datos. Se mide como el tamaño de la base en bytes sobre el tamaño del programa en LOC. Se utiliza para dimensionar el esfuerzo requerido para el control y la generación de datos de prueba.

CPLX: Complejidad del producto. La complejidad se divide en cinco áreas: Operaciones de Control, Operaciones de Cálculo, Dependencia de Dispositivos, Manejo de Datos e Interfaces de Usuario.

DOCU: Documentación. Evalúa los requerimientos de documentación a lo largo del ciclo de vida del proyecto.

RUSE: Reusabilidad del código. Mide el costo adicional requerido para diseñar componentes más genéricos, mejor documentados y más confiables, de manera de reutilizarlos en otros proyectos.

Multiplicador	Categoría	Valor
RELY	Bajo	0.92
DATA	Nominal	1
CPLX	Nominal	1
DOCU	Nominal	1
RUSE	Nominal	1

Valores obtenidos de los multiplicadores del producto

Multiplicadores que afectan a la plataforma

TIME: Restricciones de tiempo de ejecución. Se expresa en términos de porcentaje de disponibilidad de tiempo de ejecución que será usado por el sistema, versus los recursos disponibles.

STOR: Restricciones de almacenamiento principal. Similar al multiplicador anterior, pero relacionadas con el espacio principal de almacenamiento.

Multiplicador	Categoría	Valor
TIME	Alto	1.11
STOR	Nominal	1

Valores obtenidos de los multiplicadores de la plataforma

Multiplicadores que afectan al personal

ACAP: Capacidad de los analistas. Se considera la capacidad de análisis y diseño, eficiencia, habilidad para comunicarse y trabajar en equipo. No se considera el nivel de experiencia.

PCAP: Capacidad de los programadores. Se considera la capacidad de trabajo en equipo, eficiencia y habilidad para comunicarse. No se considera el nivel de experiencia.

PCON: Continuidad del personal. Expresa el porcentaje de rotación anual del personal afectado al proyecto.

AEXP: Experiencia en aplicaciones. Contempla el nivel de experiencia del grupo de desarrollo (principalmente analistas) en aplicaciones equivalentes.

PEXP: Experiencia en la plataforma. Refleja la experiencia del grupo de desarrollo (principalmente programadores) en el uso de herramientas de software y hardware utilizado como plataforma.

LTEX: Experiencia en el lenguaje y herramientas de desarrollo. Refleja la experiencia del grupo de desarrollo en el lenguaje de programación y las herramientas de desarrollo utilizadas.

Multiplicador	Categoría	Valor
PVOL	Bajo	0.87
ACAP	Alto	0.85
PCAP	Alto	0.88
PCON	Muy Alto	0.81
AEXP	Alto	0.88
PEXP	Alto	0.91
LTEX	Alto	0.91

Valores obtenidos de los multiplicadores del personal

Multiplicadores que afectan al proyecto

TOOL: Uso de herramientas de software. Contempla el uso de herramientas, desde la edición hasta el manejo de todo el ciclo de vida.

SITE: Desarrollo en múltiples ubicaciones. Involucra la ubicación física y el soporte de comunicaciones.

SCED: Requerimientos de calendario de desarrollo. Refleja las restricciones impuestas al grupo de desarrollo sobre la agenda nominal estimada del proyecto.

Multiplicador	Categoría	Valor
TOOL	Alto	0.90
SITE	-	-
SDEC	Nominal	1

Valores obtenidos de los multiplicadores del proyecto

Anexo 6- Multiplicadores de esfuerzo

PERS: Capacidad del personal. Está dado por la suma o la combinación porcentual de los multiplicadores ACAP, PCAP y PCON.

RCPX: Complejidad del producto. Está dado por la combinación de los multiplicadores RELY, DATA, CPLX y DOCU.

RUSE: Reusabilidad. Está dado por el mismo multiplicador RUSE del modelo Post arquitectura.

PDIF: Dificultad de la plataforma. Está dado por la combinación de los multiplicadores TIME, STOR y PVOL.

PREX: Experiencia del personal. Está dado por la combinación de los multiplicadores AEXP, PEXP y LTEX.

SCED: Calendario. Está dado por el mismo multiplicador SCED del modelo Post arquitectura.

FCIL: Facilidades. Está dado por la combinación de los multiplicadores TOOL y SITE.

Anexo 7- Factores escala

PREC: variable de precedencia u orden secuencial del desarrollo

FLEX: variable de flexibilidad del desarrollo

RSEL: indica la fortaleza de la arquitectura y métodos de estimación y reducción de riesgos

TEAM: esta variable refleja la cohesión y madurez del equipo de trabajo

PMAT: relaciona el proceso de madurez del software