



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

**TITULACIÓN DE SISTEMAS INFORMÁTICOS Y
COMPUTACIÓN**

Desarrollo del laboratorio virtual de hidrología

Trabajo de fin de titulación

Autor:

Jorge Alexander Fierro Valarezo

Director:

Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso, Ph.D.

Loja – Ecuador

(2013)

CERTIFICACIÓN

Ph.D.

Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso

DOCENTE INVESTIGADOR DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA
CIVIL

CERTIFICA:

Que en el presente trabajo denominado: “Desarrollo del laboratorio virtual de hidrología” realizado por el profesional en formación Fierro Valarezo Jorge Alexander; cumple con los requisitos establecidos en las normas generales para la Graduación en la Universidad Técnica Particular de Loja, tanto en el aspecto de forma como en de contenido, por lo cual me permito autorizar su presentación para los fines pertinentes.

Loja, 16 de Julio del 2010

f)

C.I: 1103123384

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jorge Alexander Fierro Valarezo, declaro ser autor del presente trabajo y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Adicionalmente declaro conocer el Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: "Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad".

f)

Autor: Fierro Valarezo Jorge Alexander

Cedula: 0704197862

AUTORÍA

El proceso de investigación realizado en la presente tesis: conceptos, análisis, diseños, conclusiones y recomendaciones que se exponen en el presente texto son de exclusiva responsabilidad del autor.

Además, cabe indicar que la información recopilada para el presente trabajo, se encuentra debidamente especificada en el apartado de las referencias.

.....
Fierro Valarezo Jorge Alexander

DEDICATORIA

Este trabajo está dedicado a mis padres “Gonzalo y María” desde que mis ojos vieron la luz de la vida me brindaron su cariño, amor, comprensión.

A las personas que me dieron su apoyo y amistad sincera. Y a las que siempre estuvieron presente en los momentos agradables y pésimos.

Un abrazo hasta siempre!

AGRADECIMIENTO

Le doy gracias a la evolución por todas sus creaciones que ha permitido el desarrollo de seres pensantes, la manera perfecta que el “*Universo*” domina el sistema complejo de la destrucción y creación.

A mis amados padres, que me engendraron y me permitieron estar en este mundo maravilloso, poder conocer innumerables cosas bellas que me impulsan a seguir adelante. Mis amados padres que con todo su esfuerzo, dedicación confiaron plenamente en mí.

A mis hermanos Henry, Richard, Fausto, Luis, Angel que en todo momento me supieron dar aliento para seguir adelante para culminar una etapa de mi vida.

No puedo dejar de mencionar en estas palabras al docente más importante que conocí en la Universidad Técnica Particular de Loja, Ph.D. Fernando Rodrigo Oñate Valdivieso, Director de tesis, quien confió en mí y puedo culminar la redacción de la presente tesis, le expreso mis sinceros sentimientos de respeto, admiración por todas sus colaboraciones y apoyos brindados en el desarrollo de la tesis planteada.

A mis amigos que conocí en una tierra extraña y me supieron brindar su apoyo, comprensión.

ÍNDICE DE CONTENIDO

CESION DE DERECHOS	I
CERTIFICACIÓN	II
AUTORIA	III
DEDICATORIA.....	IV
AGRADECIMIENTO.....	V
1. CAPITULO I.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Definición del problema	2
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos de la investigación.....	3
1.4.1 Objetivo general	3
1.4.2 Objetivos específicos	3
1.4.3 Alcance	4
1.4.4 Resultados esperados.....	4
1.5 Estructura de tesis.....	4
2. CAPITULO II	6
2.1 Ecuación universal de pérdida de suelo	7
2.1.1 Procedimiento de cálculo	7
2.1.2 Diagrama de flujo	8
2.2 Método de Témez	9
2.2.1 Procedimiento de cálculo	9
2.2.2 Diagrama de flujo	10
2.3 Transporte total de fondo	13
2.3.1 Procedimiento de cálculo.....	13
2.3.2 Diagrama de flujo	14
2.4 Transporte en la capa de fondo	15
2.4.1 Procedimiento de cálculo.....	15
3. CAPITULO III.....	19
3.1 Fases RUP	21
3.2 Concepción	21
3.2.1 Documento de Visión	21
3.2.2 Especificación de Requerimientos.....	21
3.3 Elaboración	22
3.3.1 Casos de Uso	22
3.3.2 Análisis y Diseño	22
3.3.3 Diagrama de secuencia de laboratorios virtuales	26
3.3.4 Diagrama de actividades	25
3.3.5 Diagrama de clases.....	29
3.4 Arquitectura.....	33
3.4.1 Arquitectura DotNetNuke.....	33
3.4.2 Presentación DotNetNuke	34
3.4.3 Lógica DotNetNuke	34
3.4.4 Acceso a datos DotNetNuke	35
3.4.5 Arquitectura HYDROVLAB.....	35
3.4.6 Presentación HYDROVLAB	36
3.4.7 Lógica HYDROVLAB	37
I. Paquete de análisis	37
II. Paquete de simulación	38
III. Clase de acceso a datos	39
3.4.8 Diagrama de implantación	40
3.5 Construcción	42

3.5.1	Manual del Programador.....	42
3.5.2	Interfaz pérdida de suelo (Ecuación del Suelo)	42
3.5.3	Interfaz Modelo de Simulación Hidrológica Integral (Método de Témez)	45
3.5.4	Interfaz Transporte de Sedimentos (Total y Fondo).....	47
3.5.5	Interfaz Transporte de Sedimentos Suspensión	48
3.5.6	Base de Datos	50
3.5.7	Lenguaje de Desarrollo	51
3.5.8	Servidor Web.....	51
3.5.9	DotNetNuke.....	51
3.5.10	Requerimientos para instalación (DotNetNuke)	51
3.6	Transición	52
3.6.1	Manual de Usuario	52
3.6.2	Pruebas de Software	52
3.6.3	Manual del laboratorio virtual	53
4.	CAPITULO IV	54
4.1	Programas utilizados.....	55
4.2	Objetivos de las pruebas	55
4.3	Resultados de las pruebas	56
5.	CAPITULO V	61
5.1	Conclusiones	62
5.2	Recomendaciones.....	63

RESUMEN EJECUTIVO

El presente trabajo realizado constituyó en la implementación del Laboratorio Virtual de Hidrología, que permite realizar simulaciones de métodos hidrológicos que son aplicados en el estudio de las ciencias de hidrología, hidráulica, etc. Con este conjunto de herramientas desarrolladas se pretende que sea un complemento de enseñanza académica. En la actualidad el estudio de la hidrología es aplicada para determinar de forma precisa el nivel de precipitaciones, que ocurren en una determina cuenca con el objetivo de prevenir mediante simulaciones los efectos que pueden tener sobre un determinado lugar.

Para desarrollar el proyecto se utilizó la metodología RUP (Proceso Unificado Racional), una metodología utilizada para el desarrollo de software, se caracteriza por ser interactivo e incremental, permite la asignación de roles y responsabilidades que duran durante el desarrollo del proyecto, gestionar el control de cambios según a las necesidades del cliente y los procesos de desarrollo.

La arquitectura que se utilizó para desarrollar el laboratorio virtual de hidrología se desarrolló con el patrón de software MVC (Modelo, Vista, Controlador), permite mantener independencia entre capas, permite la reutilización de código codificado.

CAPÍTULO I

Introducción

1.1 Descripción del problema

Desde las primeras representaciones jeroglíficas, los fenómenos hidrológicos han sido plasmados en la historia, el estudio del clima ha sido un aspecto importante que ha cautivado las mentes humanas ya sea por suposiciones o el agregado de conocimiento científico, que intentan predecir o determinar de manera puntual el comportamiento climático. En la actualidad el estudio de la hidrología es aplicada para determinar de forma precisa el nivel de precipitaciones, que ocurren en una determina cuenca con el objetivo de prevenir mediante simulaciones los efectos que pueden tener sobre un determinado lugar. *“La hidrología esta aplicada en la ingeniería civil, agrícola, forestal, ambiental permitiendo realizar análisis para mejorar el rendimiento y diseño de suministros de agua, determinar la cantidad de sedimentos arrastrados por un rio, el nivel de precipitaciones que ocurren por el efecto de las tormentas, etc.”*¹ Actualmente no se cuentan con herramientas que optimicen el análisis hidrológico de datos históricos. La información almacenada es de varias décadas y para obtener resultados aplicables en la práctica mediante métodos hidrológicos es necesario recurrir a procesos laboriosos, lo que conlleva el uso considerable de tiempo, cuando el análisis se realiza de forma manual. Adicionalmente, no se posee una solución que agrupe software informático aplicado a la hidrología capaz de simular la gran variedad de procesos de análisis hidrológico.

Aunque existen algunas aplicaciones de escritorio para resolver algunos métodos, se desea realizar la implementación del laboratorio virtual de hidrología para mejorar los procesos y la obtención de resultados óptimos en lapsos de tiempo mínimos, integrando en una solución Web diversos tipos de análisis aplicados a la hidrología.

1.2 Definición del Problema

¹Cuenca hidrográfica Ref. [4]

En la actualidad no se cuenta con un laboratorio virtual de Hidrología, que proporcione herramientas virtuales, para el estudio y comprensión de los fenómenos hidrológicos, que sirva de apoyo didáctico para estudiantes en las áreas de la hidrología, hidráulica, recursos hídricos, ingeniería fluvial, etc. Aunque existen algunos laboratorios alojados en la web que permiten realizar algunos cálculos aplicados a la hidrología, estos poseen características limitadas, no se pueden visualizar resultados gráficamente, permiten realizar una ejecución, la modificación de los parámetros de entrada no son permitidos.

1.3 Justificación

En los últimos años la utilización de software informático se ha incrementado exponencialmente para mejorar los procesos y el nivel de productividad de los recursos humanos. La carencia de una solución informática que agrupe varios métodos aplicados a la hidrología, motiva la creación de una solución Web, que permita reducir los tiempos de análisis hidrológica mediante la utilización de software informático, que implemente varios laboratorios virtuales para realizar estudios sobre los recursos hídricos y obtener resultados correctos, óptimos. Ésta herramienta se constituiría en un elemento que sirva de complemento académico para los estudiantes y profesionales involucrados en el estudio de la Hidrología y los recursos Hídricos.

1.4 Objetivos de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Implementar el Laboratorio Virtual de Hidrología.

1.4.2 Objetivos Específicos

Los objetivos específicos que se definen para la realización del proyecto son los siguientes:

- Crear una solución que funcione en la web.
- Implementar varios laboratorios virtuales aplicados en el área de hidrología.

- Implementar los módulos de foros y wiki para la interacción entre el sitio web y los usuarios que acceden a la aplicación.
- Mejorar los procesos de cálculos hidrológicos.

1.4.3 Alcance

La creación del laboratorio virtual permitirá agrupar herramientas informáticas aplicadas a la hidrología, destinada a proveer al usuario de medios para el análisis de datos, simulación de procesos hidrológicos y elementos de diseño. El sitio Web se implementará con DotNetNuke y las herramientas se desarrollarán con la plataforma .Net Framework. Adicionalmente se incluirán elementos de Web 2.0 como las wikis y foros de discusión con la finalidad de permitir la discusión entre expertos en temas afines al sitio.

1.4.4 Resultados Esperados

Los resultados esperados se detallan a continuación:

- El laboratorio virtual de hidrología se le asignara el nombre de HYDROVLAB.
- Implementar los laboratorios virtuales: Métodos de Témez, Ecuación Universal de Pérdida de Suelos, Transporte de Sedimentos.
- Visualización de resultados de forma gráfica y textual de cada experimento de acuerdo a los requerimientos obtenidos.
- Implementar los foros y wikis.
- Manual del programador.
- Manual de usuario.

1.5 Estructura de la tesis

La presente tesis ha sido estructurada en cinco capítulos, los que se describen a continuación:

En el CAPITULO I, esta descrita la introducción al tema, están especificados los objetivos, alcance y lo que se espera obtener al desarrollar el proyecto. Este capítulo permite tener una idea clara de la solución requerida.

El CAPITULO II, describe los métodos desarrollados desde el punto de vista hidrológico, están descritas las formulas empleadas para cada método y el diagrama de flujo que determina la secuencia de procesos para resolver cada método.

El CAPITULO III, las fases de desarrollo de software que fueron utilizadas para desarrollar la solución informática, las fase de análisis, diseño, construcción se generaron los respectivos documentos.

El CAPITULO IV, describe la ejecución de tipos de pruebas para verificar cada experimento realizado, su funcionamiento y la verificación utilizando otros programas informáticos.

El CAPITULO V, contiene las conclusiones y recomendaciones del proyecto.

CAPÍTULO II

Métodos Hidrológicos

En el presente capítulo se describen brevemente los procedimientos numéricos, formulas, flujos implementados para el desarrollo de cada laboratorio virtual de hidrología, los mismos que serán agrupados dentro de las páginas de análisis, diseño y simulación según el caso. *“Los fenómenos naturales con los cuales se relaciona no se prestan, al menos hasta ahora, a los análisis rigurosos de la mecánica; por esta razón existe una mayor variedad de métodos, mayor latitud para el criterio y una aparente falta de precisión en la solución de los problemas”.*²

2.1 Ecuación Universal de pérdida de suelos

La pérdida de suelos es un factor importante que se tiene en cuenta al momento de realizar análisis sobre un área determinada. Este factor es denominado erosión que es producida sobre la superficie del suelo a causa de las precipitaciones.

La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) es un modelo de erosión diseñado para predecir el porcentaje anual de pérdida de suelo (A) en función de la precipitación de la zona, de la topografía del terreno, características del suelo, de la cobertura vegetal y del manejo del suelo con fines de conservación.

2.1.1 Procedimiento de Cálculo

Para calcular la pérdida de suelos se aplican las siguientes ecuaciones (ver tabla 01):

Tabla 01. “Formulas USLE”³

Pérdida de suelo por unidad de superficie	Factor de erosividad de la lluvia (R)
$A = R * K * L * S * C * P$	$E = 0.19 + 0.0873 \log_{10} I$
En donde: A: Pérdida de suelo por unidad de superficie R: Factor erosividad de la lluvia.	En donde: E: Energía cinética. I: Intensidad de lluvia.

²Fundamentos de Hidrología de superficie Ref. [1]

³Estudio, análisis y automatización de metodologías para el cálculo de la producción de sedimentos en la sub-cuenca del río campana Ref. [2]

<p>K: Factor erodabilidad del suelo. L: Factor longitud de la pendiente. S: Factor gradiente de la pendiente. C: Factor de manejo de cultivos. P: Factor práctica de conservación de suelos.</p>	$R = \frac{\sum_{i=1}^j (EI_{30})_i}{N}$ <p>(EI₃₀)_i = EI₃₀ para la tormenta i j = el número de tormentas ocurridas en N años.</p>
<p>Factor de erodabilidad del suelo (K)</p> $K = \frac{2.1 * (10)^{-4} * M^{14} * (12 - MO) + 3.25 * (E - 2) + 2.5 * (P - 3)}{100}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (M) Producto de las fracciones del tamaño de las partículas primarias (% limo + % arena muy fina) * (100 - % arcilla). (MO) Porcentaje de materia orgánica (< 4%). (e) Clasificación de la estructura, de acuerdo al tipo y clase de esta. (p) Clasificación de la permeabilidad. 	<p>Factor de Longitud de la pendiente (L)</p> $L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (L) Factor de longitud de pendiente. (λ) Longitud de la pendiente, en metros. (m) Un exponente en función de la pendiente.
<p>Factor de gradiente de la pendiente (S)</p> $S = (10.8 * \sin \theta) + 0.03 \quad S < 9\%$ $S = (16.8 * \sin \theta) - 0.05 \quad S \geq 9\%$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (S) Factor de gradiente del terreno. (θ) Pendiente en grados sexagesimales. 	

2.1.2 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo para estimar la producción de sedimentos mediante la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) se incluye en la figura nº 01. Se indican los parámetros de entrada, las condiciones aplicadas para cada formula y la secuencia que se a seguir para obtener los resultados correspondientes. El diagrama de flujo permite visualizar la secuencia gráfica y el flujo correspondiente para el método (USLE).

Ecuación Universal Perdida de Suelos (USLE)

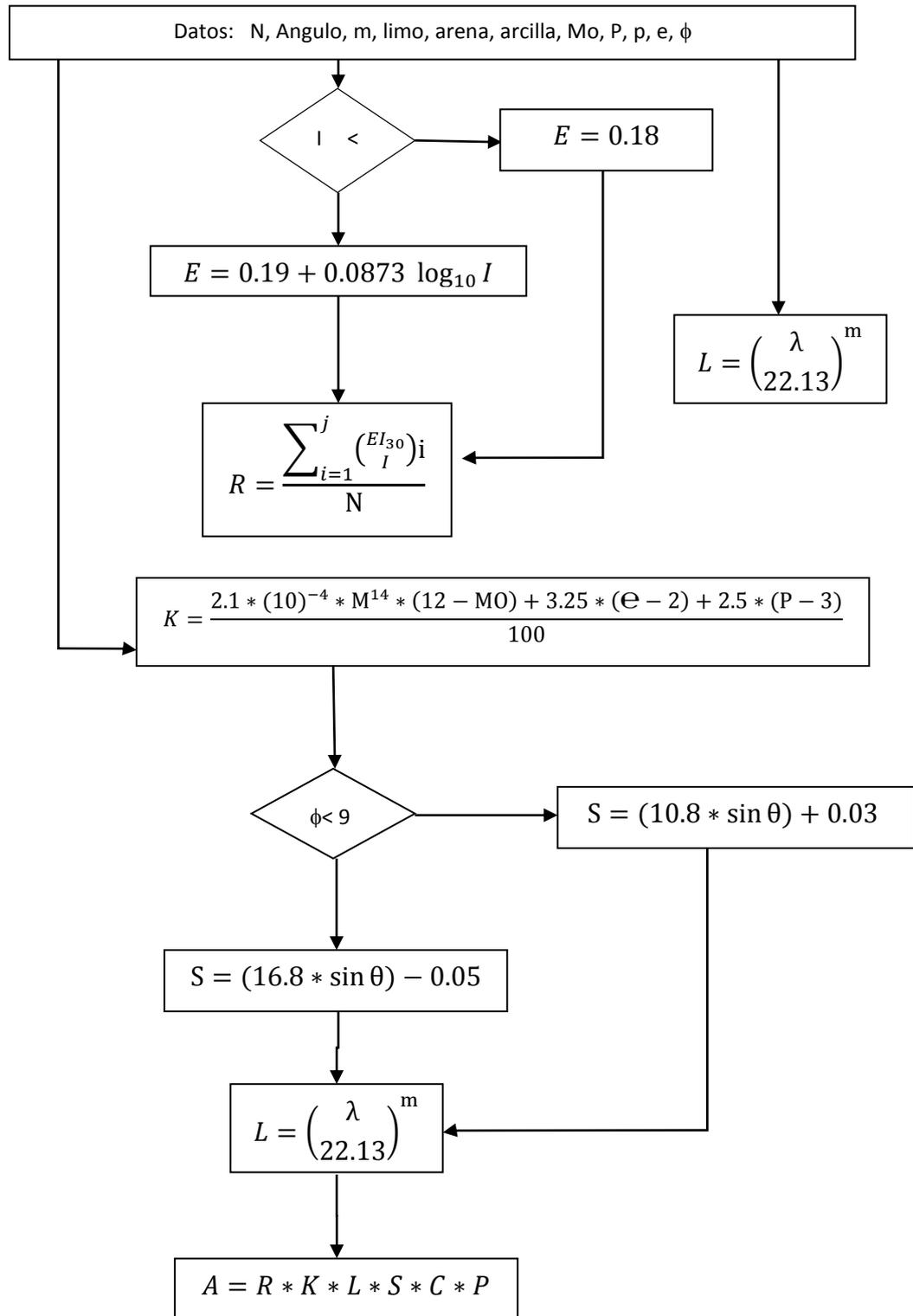


Figura 01. Flujo grama (USLE)⁴

⁴Estudio, análisis y automatización de metodologías para el cálculo de la producción de sedimentos en la sub-cuenca del río campana Ref. [2]

2.2 Modelo de Témez

Es un modelo lluvia escorrentía, concentrado y de generación continua, empleado para calcular la producción de agua de una cuenca hidrográfica en función de datos mensuales de precipitación. Para la calibración y validación del Modelo de Simulación Hidrológica Integral propuesto por TÉMEZ se requiere: las series históricas mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y caudales. Se calibra el coeficiente ETP, la humedad máxima, la infiltración máxima, coeficiente de descarga al acuífero, caudal inicial y la humedad inicial. Para realizar el cálculo de este método de simulación se debe de ingresar los correspondientes parámetros y los datos mensuales de la evapotranspiración, precipitación, caudales que corresponde a archivos de texto.

2.2.1 Procedimiento de Cálculo

Las ecuaciones aplicadas en el cálculo de caudales medios mensuales mediante el método de TEMEZ se incluyen en la tabla 2.

Tabla 02. "Formulas Modelo Témez"⁵

<p style="text-align: center;">Umbral de escorrentía (Po)</p> $P_o = C * (H_{max} - H_{i-1})$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (Po) Umbral de escorrentía. (C) Parámetro de excedente. (H_{max}) Parámetro de humedad máxima. (H_{i-1}) Humedad antecedente. 	<p style="text-align: center;">Excedente (Ti)</p> $P_i \leq P_o \rightarrow T_i = 0$ $P_i > P_o \rightarrow T_i = \frac{(P_i - P_o)^2}{P_i + \delta - 2P_o}$ $\delta = H_{max} - H_{i-1} + EP_i$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (Pi) Precipitación mes. (H_{max}) Parámetro de humedad máxima. (H_{i-1}) Humedad antecedente. (Ti) Excedente. (EP) Evapotranspiración potencial. (Po) Umbral de escorrentía.
<p style="text-align: center;">Balance de agua en el suelo (Hi)</p> $H_i = \text{Max}(0, H_{i-1} + P_i - T_i - EP_i)$	<p style="text-align: center;">Infiltración (Ii)</p>

⁵ModeloTemezGC Ref. [5]

<p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (H_i) Humedad antecedente. (P_i) Precipitación mes (T_i) Excedente. (EP_i) Evapotranspiración potencial. 	$I_i = I_{max} * \frac{T_i}{T_i + I_{max}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (T_i) Excedente. (I_{máx}) Parámetro de infiltración máxima. (I_i) Infiltración.
<p>Aportación superficial (A_{sup_i})</p> $A_{sup_i} = T_i - I_i$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (T_i) Excedente. (I_i) Parámetro de infiltración máxima. (A_{sup_i}) Escorrentía superficial. 	<p>Caudal drenado por el acuífero (Q_i)</p> $Q_i = \alpha * V_i$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (Q_i) Caudal subterráneo. (V_i) Volumen almacenado. (α) Parámetro de descarga del acuífero.
<p>Aportación Subterránea (A_{SUB_I})</p> $A_{SUB_I} = V_{i-1} - V_i + R_i * t$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (t) Tiempo. (V) Volumen almacenado. (A_{SUB_I}) Aportación subterránea. 	<p>Aportación total (A_{tot_i})</p> $A_{TOT_I} = A_{SUP_I} + A_{SUB_I}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (A_{TOT_I}) Aportación total. (A_{SUB_I}) Aportación subterránea. (A_{SUP_I}) Escorrentía superficial.

2.2.2 Diagrama de Flujo

El diagrama de flujo para calcular el Modelo de Temez se describe en la figura nº 02, la utilización del diagrama permite visualizar el proceso de cálculo empleado para obtener los resultados, aplicando este método se utilizan una serie de fórmulas y la secuencia correspondiente de las operaciones que permite obtener los resultados para un posterior análisis.

Modelo de Témez

Datos: $P_i, E_{pi}, R_{oi} (i + 1, \dots n)$

Parametros: ϕ, c, I_{max}, α

Valores iniciales: S_n, Q_n

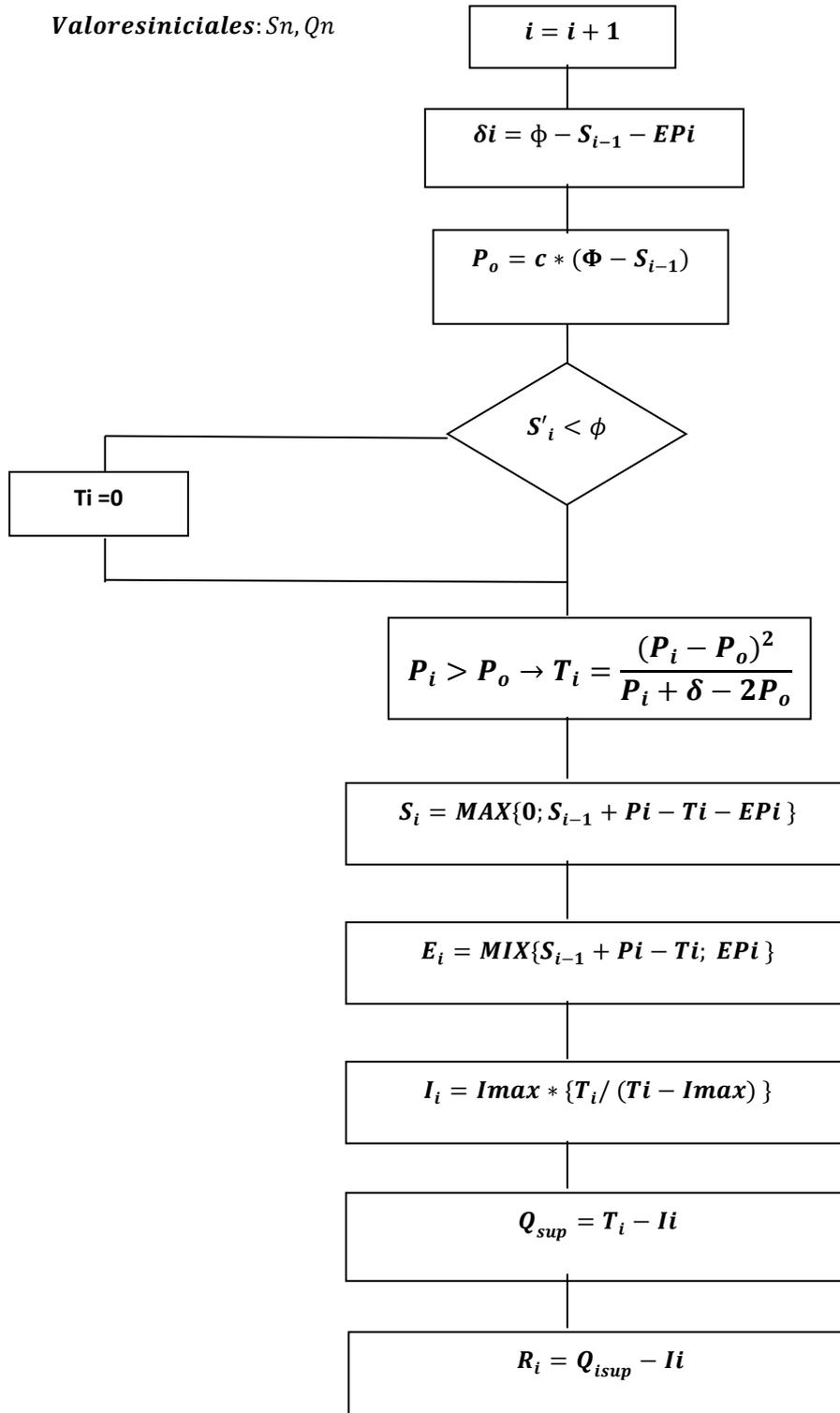


Figura 02. "Formulas Método Témez"⁶

⁶ModeloTemezGC Ref. [5]

2.3 Transporte total de fondo

El arrastre total de fondo comprende el transporte de sedimentos en el cauce de un río en la capa más próxima a su lecho y el transporte en suspensión cercano al fondo. Para calcular el material transportado por la corriente, tanto dentro de la capa de fondo como en suspensión. Se pueden aplicar los métodos de Colby, Engelund-Hasen, Shen-Hung, Yang, Ackers-White, Brownlie, Karim-Kénnedy y Graf -Acaroglu.

2.3.1 Procedimiento de Cálculo

Para realizar el cálculo del transporte total de fondo se utilizan determinadas fórmulas para la obtención de resultados correctos. Las fórmulas utilizadas se describen a continuación (ver tabla 03).

Tabla 03. "Formulas Transporte total de fondo" ⁷

<p style="text-align: center;">Fórmula de Colby</p> $g_{BT} = g_{BT0}(1 + (k_1k_2 - 1)k_3)$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_{BT0}) Transporte unitario total de fondo. (k_1) Factor de corrección que toma en cuenta la temperatura del agua. (k_2) Factor de corrección que toma en cuenta la concentración del material. (k_3) Factor de corrección que toma en cuenta el diámetro medio del material del fondo. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Engelund y Hansen</p> $g_{BT} = 0.05 y_s U^2 t^{\frac{3}{2}} \left(\frac{D_{50}}{g\Delta}\right)^{1/2}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_{BT}) Transporte unitario total de sedimentos del fondo. (y) Peso específico del agua. (D) Diámetro de la partícula. (U) Velocidad media de la corriente.
<p style="text-align: center;">Fórmula de Shen y Hung</p> $M = a_0 + a_1x + a_2x^2 + a_3x^3$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (M) Excedente. (a_0) Coeficientes. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Ackers y White</p> $D_o = D\left(\frac{g\Delta}{v^2}\right)^{1/3}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (D^*) Número adimensional de la partícula (D) Diámetro de la partícula. (g) Aceleración debida a la gravedad.

⁷Estudio, análisis y automatización de metodologías para el cálculo de la producción de sedimentos en la sub-cuenca del río campana Ref. [2]

	<p>d. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas.</p> <p>e. (ν) Viscosidad cinemática del agua.</p>
<p align="center">Fórmula de Karim y Kennedy</p> $\log \frac{q_{bt}}{\sqrt{g\nu D_{30}}} = 9 - 29 \log \frac{U}{\sqrt{gD_m}} + 10 \log \frac{U}{\sqrt{gD_3 * t^*}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (U) Velocidad media de la corriente. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (D_m) Diámetro medio del conjunto de partículas. (τ^*) Número adimensional de Shields. (d) Profundidad del flujo. (U) Velocidad crítica de las partículas. 	<p align="center">Fórmula de Graf y Acaroglu</p> $g_{BT} = 10.39 y_s (g \Delta D_m^3)^{1/2} t_*^{2.52}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_{BT}) Transporte unitario total de sedimentos del fondo. (y) Peso específico del agua. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (τ^*) Número adimensional de Shields. (D) Diámetro de la partícula.
<p align="center">Fórmula de Brownlie</p> $g_{BT} = 7.11 U d_m c_f (F_g - F_{gc})^{1.9} S^{0.6} \left(\frac{D_{50}}{R}\right)^{0.3}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_{BT}) Transporte unitario total de sedimentos del fondo. (c_f) Coeficiente de ajuste. (F_g) Número de Froude de las partículas. (F_{gc}) Número de Froude crítico de las partículas. (D) Diámetro de la partícula. 	<p align="center">Número de Froude</p> $F_g = \frac{U}{\sqrt{g \Delta D_{50}}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (F_g) Número de Froude de las partículas.

Fórmula de Yang	
$g_{BT} = 0.1 * U * d$ $* \exp \left[11.8 - 0.12L_n \left(\frac{wD_n}{v} \right) - 0.2 \left(\frac{L_n U_n}{w} \right) + (1.78 - 0.15L_n \left(\frac{wD_n}{v} \right)) \right]$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_{BT}) Transporte unitario total de sedimentos del fondo. (U) Velocidad media de la corriente. (g) Aceleración debida a la gravedad. (w) Velocidad de caída de las partículas. (D_m) Diámetro medio del conjunto de partículas. (d) Profundidad del flujo. (U_n) Velocidad crítica de las partículas. 	

2.4 Transporte en la capa de fondo

El transporte en la capa de fondo se refiere al transporte de sedimentos en el cauce de un río en la capa más próxima a su lecho exclusivamente. Para calcular el material que es arrastrado por la corriente en la capa de fondo que tiene un espesor igual al doble del diámetro de la partícula considerada. Están disponibles los métodos de Duboys-Straub, Schoklits, Shields, Meyer-Peter y Muller, Leví, Einstein, Einstein-Brown, Sato-Kikkawa-Ashida, Rottner, Frijlink, Yalin, Pernecker-Vollmer, Inlis-Lacey, Bogardi y Van Rijn.

2.4.1 Procedimiento de Cálculo

Para realizar la calibración del modelo se utilizan determinadas fórmulas para la obtención de resultados correctos. Las fórmulas utilizadas se describen a continuación (ver tabla 04).

Tabla 04. "Formulas Transporte en la capa de fondo" ⁸

<p style="text-align: center;">Fórmula de Duboys</p> $g_B = \gamma S * t_o(t_o - t_c)$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (γS) Peso específicos de la partícula. (τ) Número dimensional de Shields. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Schoklitsch</p> $g_B = 2500 * S^{\frac{3}{2}}(q - q_c)$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo (q) Gasto unitario liquido del río. (q_c) Gasto unitario crítico para el cual se inicia el movimiento de las partículas. (S) Pendiente de la pérdida de carga.
<p style="text-align: center;">Fórmula de Shields</p> $g_B = \frac{10Uy}{D\Delta^2} t_o(t_o - t_c)$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (γ_s) Peso específico de la partícula. (τ^*) Número adimensional de Shields. (U) Velocidad media de la corriente. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Meyer – Peter y Müller</p> $g_B = 8\gamma_s(g\Delta D^3)^{0.5} \left[\left(\frac{n'}{n} \right)^{1.5} t_* - 0.047 \right]^{1.5}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (D) Diámetro de la partícula. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (τ^*) Número adimensional de Shields.
<p style="text-align: center;">Fórmula de Levi</p> $g_B = \frac{0.002\gamma_s U^3 (U - U_c)}{g^{1.5} (dD)^{0.25}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (U) Velocidad media de la corriente. (g) Aceleración debida a la gravedad. (γ) Peso específico del agua. (D) Diámetro de la partícula. (d) Profundidad del flujo. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Einstein – Brown</p> $g_B = 40F1\gamma_s\tau_*^3 (g\Delta D^3)^{0.5}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (γ) Peso específico del agua. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (D) Diámetro de la partícula.

⁸Estudio, análisis y automatización de metodologías para el cálculo de la producción de sedimentos en la sub-cuenca del río campana Ref. [2]

<p>g. (Uc) Velocidad crítica de las partículas.</p>	
<p style="text-align: center;">Fórmula de Einstein</p> $g_B = 2.151 * F_1 * y_s \sqrt{g \Delta D_{50}^3 * e^{-0.39/t_*}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (y) Peso específico del agua. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (D_m) Diámetro medio de la partícula. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Sato, Kikkawa</p> $g_B = \frac{r * b * C_L \alpha^2}{2\sqrt{2\pi}} f_1 \left(\frac{t_c}{t_o}\right) t_o * U$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (τ^*) Número adimensional de Shields. (U) Velocidad media de la corriente. (C_L) Coeficiente de sustentación.
<p style="text-align: center;">Fórmula de Rottner</p> $g_B = y(g\Delta d^3) \left[\left(0.143 \left(\frac{D}{d}\right)^{2/3} + 0.03\right) - 1.6 \left(\frac{D}{d}\right)^{2/3} \right]^3$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (U) Velocidad media de la corriente. (g) Aceleración debida a la gravedad. (D) Diámetro del conjunto de partículas. (d) Profundidad del flujo. (U) Velocidad media de la corriente. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Yalin</p> $g_B = W_b * U_b$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (W_B) Peso total de las partículas de fondo transportadas por unidad de área. (U_B) Velocidad con que las partículas son movidas por el flujo
<p style="text-align: center;">Fórmula de Pernecker y Vollmer</p> $g_B = 25y_s(g\Delta D^3)^{0.5} t_*^{1.5} (t_* - 0.04)$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (y) Peso específico del agua. (g) Aceleración debida a la gravedad. (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas. (D_m) Diámetro medio de la partícula. 	<p style="text-align: center;">Fórmula de Inglis y Lacey</p> $g_B = \frac{0.562yU^5v^{1/3}}{w_m d g^{5/3}}$ <p>En donde:</p> <ol style="list-style-type: none"> (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo. (y) Peso específico del agua. (g) Aceleración debida a la gravedad. (w) Velocidad de caída de las partículas. (v) Viscosidad cinemática del agua.

Fórmula de Bogardi

$$g_B = 21.99 \gamma_s (g \Delta D^3)^{0.5} \tau_*^{4.121}$$

En donde:

- (g_B) Transporte unitario de sedimentos de fondo.
- (γ) Peso específico del agua.
- (g) Aceleración debida a la gravedad.
- (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas.
- (D_m) Diámetro medio de la partícula.

Fórmula de Van Rijn

$$D_* = D_{50} \left(\frac{g \Delta}{\nu^2} \right)^{1/3}$$

En donde:

- (D₅₀) Diámetro medio de la partícula.
- (Δ) Densidad relativa de las partículas sumergidas.
- (g) Aceleración debida a la gravedad.
- (ν) Viscosidad cinemática del agua.

CAPÍTULO III

Metodología de Desarrollo de Software

Existen diversas metodologías RUP, XP, Scrum que se pueden adoptar para realizar un producto software. Una metodología indica una serie de etapas, pasos que continuamente permiten tener una concepción más detallada del sistema informático a desarrollar. Las metodologías imponen un proceso disciplinado sobre el desarrollo de software con el fin de hacerlo más eficiente. Lo hacen desarrollando un proceso detallado con un fuerte énfasis en planificar inspirado por otras disciplinas de la ingeniería.

3 Metodología RUP

Para desarrollar el proyecto se utilizó la metodología RUP (Proceso Unificado Racional), es una metodología que se utiliza para el desarrollo de software, se caracteriza por ser interactivo e incremental, permite la asignación de roles y responsabilidades que duran durante el desarrollo del proyecto, permite llevar controles de cambios de las necesidades del cliente y los procesos de desarrollo, ver la figura nº 03.

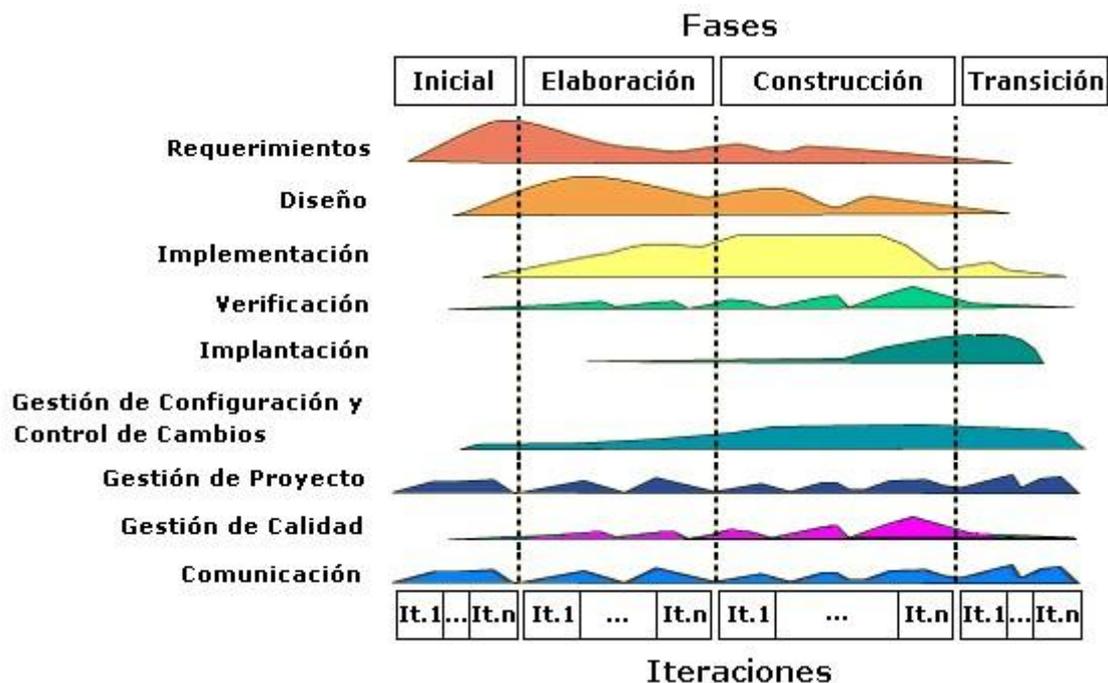


Figura 03. Proceso Unificado Racional

Esta metodología fue utilizada porque permite llevar un control en cada fase del proyecto.

3.1 Fases RUP

La metodología RUP está dividida en cuatro fases en las que se realizan diversas iteraciones que son incrementos continuos y permiten tener una concepción más detallada del sistema informático que se está desarrollando, permite generar entregables por cada iteración realizada. Las fases del RUP son Concepción, Elaboración, Construcción y Transición.

3.2 Concepción

Esta fase permite definir el alcance del proyecto, identificar las necesidades de los usuarios, las necesidades del negocio y los requerimientos para el desarrollo del software. Esta fase permite tener una visión del sistema informático que se desarrollará. Comprender y analizar los procesos de cálculos hidrológicos que el usuario requiere que sean codificados. En esta fase se desarrolló los siguientes documentos:

3.2.1 Documento de Visión

Para tener una concepción más detallada de las necesidades que debe satisfacer el sistema, artefactos, involucrados, características, beneficios, etc., se redactó el Documento de Visión (**ANEXO I**). Este documento contiene la información necesaria para empezar con las siguientes fases de desarrollo del software.

3.2.2 Especificación de Requerimientos

Para construir un sistema software que cumpla las necesidades del cliente se debe realizar el proceso de recolectar la información de los requerimientos funcionales y no funcionales. Para el desarrollo del laboratorio virtual se redactó el documento Especificación de Requerimientos de Software (**ANEXO II**). Este documento contiene las funcionalidades que deben ser codificadas para el sistema informático.

3.3 Elaboración

Esta fase permite identificar los casos de uso, en base a la información recolectada de los documentos de visión y especificación de requerimientos, se

realiza la especificación de los casos de uso identificados, arquitectura, diagrama de clases, diagrama de secuencia, diagrama de actividades. Esta fase se realizó el siguiente documento:

3.3.1 Casos de Uso

Los casos de uso permiten visualizar gráficamente la interacción entre el usuario y el sistema. Realizando el modelado de casos de uso se redactó el documento **(ANEXO III)**. Los casos de uso permiten generar una solución de alto nivel, una vez identificados los requerimientos funcionales.

3.3.2 Análisis y Diseño

En la fase de análisis y diseño de software se utiliza como información de entrada los requerimientos funcionales encontrados, a partir de esta información se realizan el análisis y se genera una solución general del software que se implementará. Es una etapa importante en el desarrollo del software, en base a la información recolectada se determina que el producto cumpla con las expectativas del cliente. En el diseño de software se realizan los diseños de los modelos, diagramas y el proceso de algoritmos que serán implementados. Utilizando el proceso de diseño se definió la arquitectura, diagrama de clases, diagramas de secuencias y diagrama de actividades.

3.3.3 Diagrama de secuencia (HYDROVLAB)

Los diagramas de secuencia desarrollados permiten observar el flujo de datos entre los diferentes actores que intervienen en el proceso de ingreso, paso, procesamiento de los parámetros de ingreso y devolución de los resultados obtenidos. *“El diagrama de secuencia describe las interacciones entre un grupo de objetos mostrando de forma secuencial los envíos de mensajes entre objetos”*.⁹ A continuación figura n° 04, se indica el diagrama de secuencia del transporte de sedimentos y ecuación universal de pérdida del suelo.

⁹Diagrama de Casos de Uso Ref. [10]

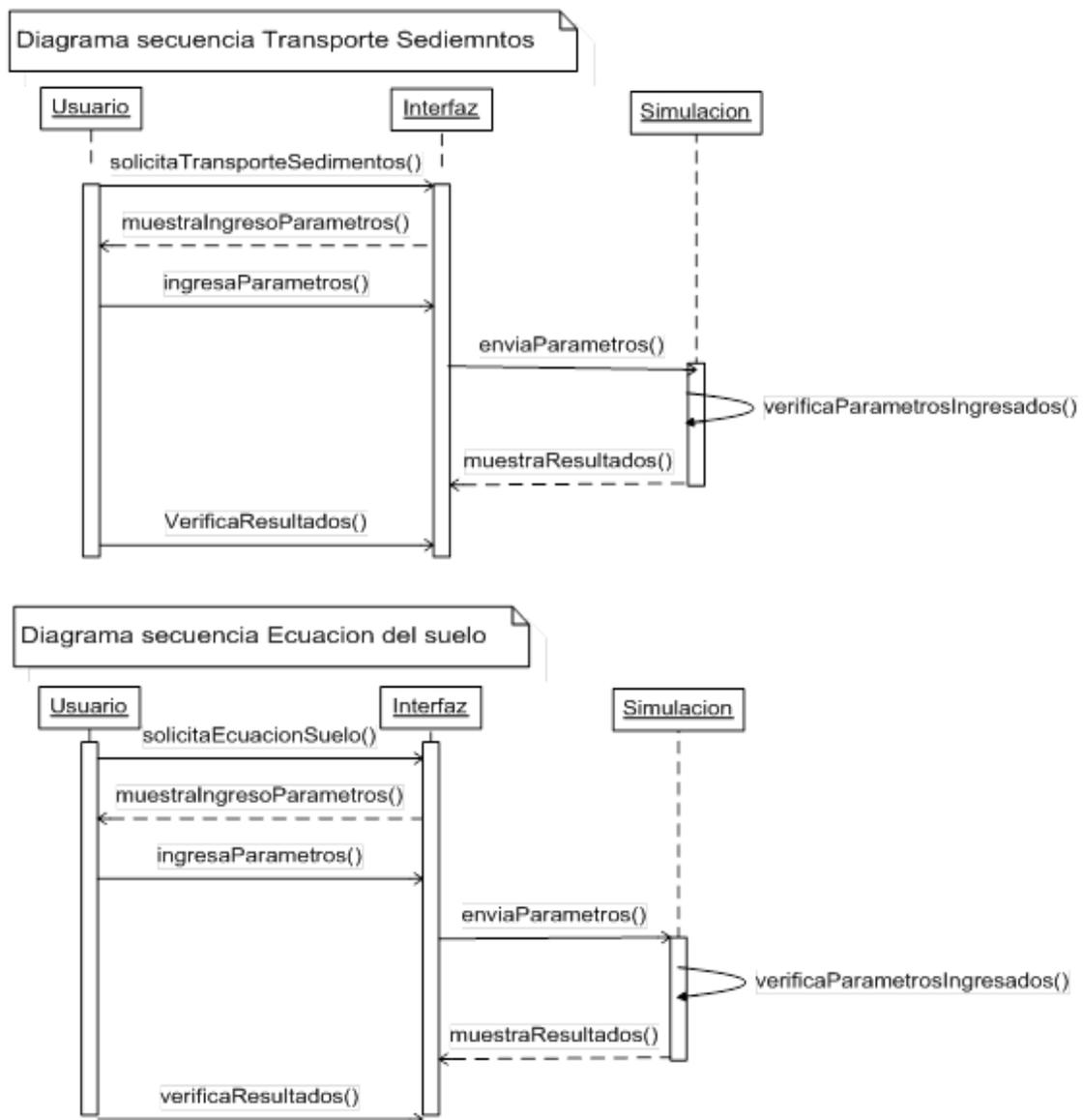


Figura 04: Diagramas de secuencia HYDROVLAB

El diagrama de secuencia diseñado para el transporte total y fondo se indica en la figura nº 05, gráficamente se visualiza la secuencia respectiva de llamadas a las diferentes capas y el flujo de retorno de mensajes que son mostrados en la interfaz de usuario.

Diagrama secuencia transporte total y fondo

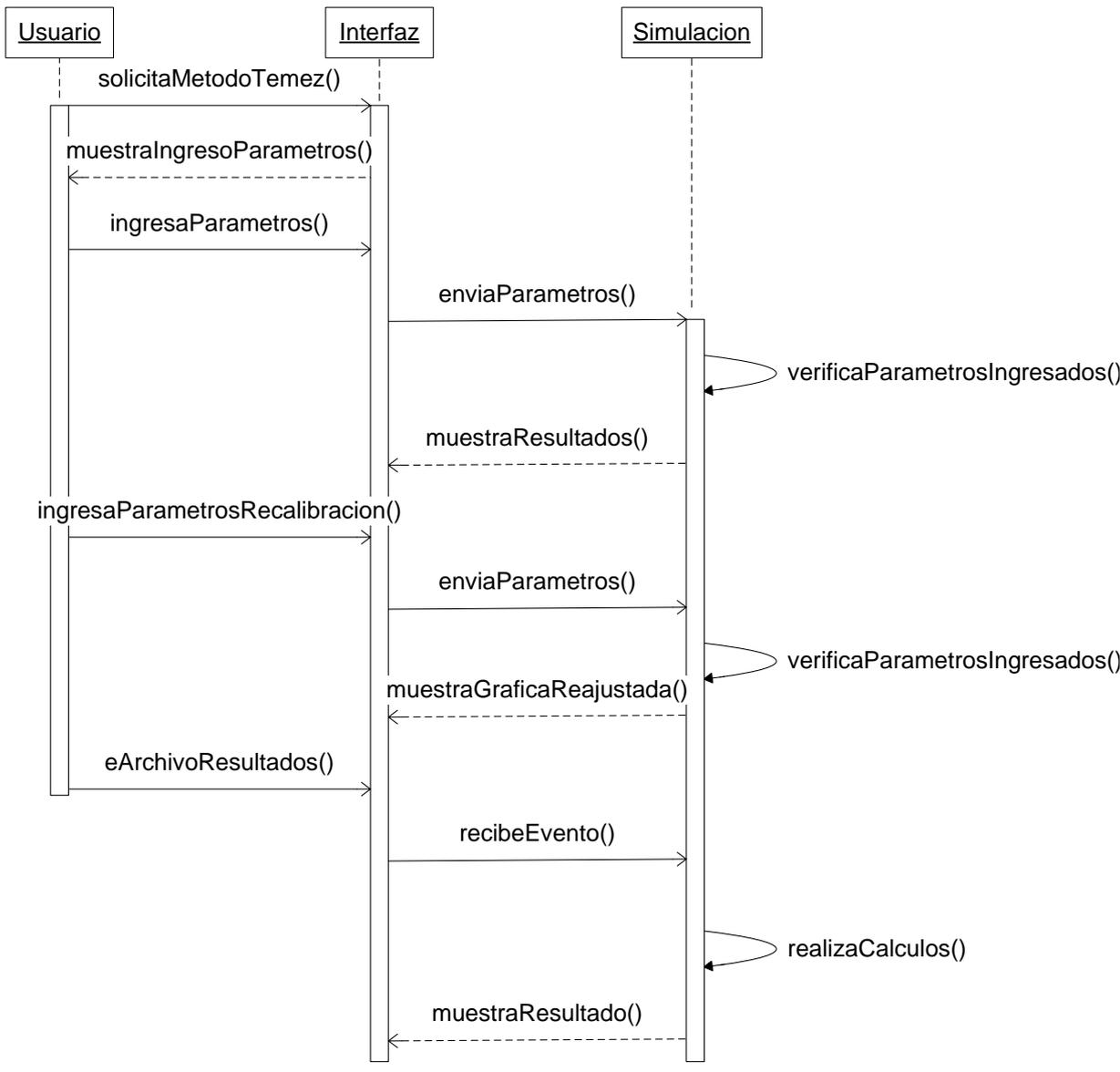


Figura 05: Diagramas de secuencia HYDROVLAB

La figura nº 06 contiene el diagrama de secuencia del método de Témez, indicando la secuencia de llamadas a las diferentes capas y objetos que intervienen en la construcción del modelo.

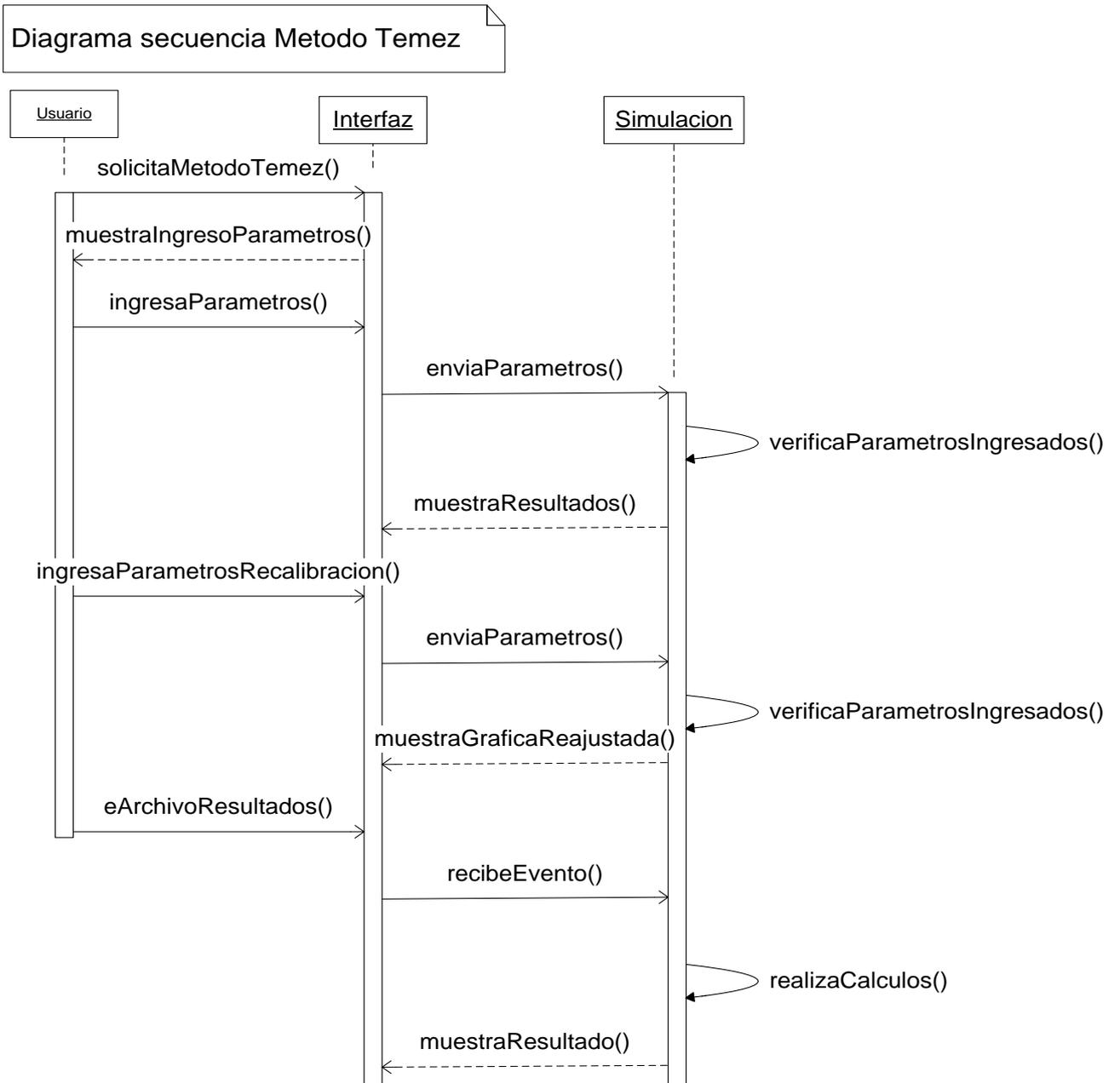


Figura 06: Diagramas de secuencia HYDROVLAB

3.3.4 Diagrama de actividades

Los diagramas de actividades son utilizados para modelar el comportamiento de un sistema, cuando se desea determinar los flujos de eventos y procesos que intervienen en el sistema. Permiten representar transiciones y el paso de un estado a otro en el comportamiento de eventos sobre el sistema. “Un

diagrama de actividades muestra una interacción ordenada según la secuencia temporal de eventos. Muestra los objetos participantes en la interacción y los mensajes que intercambian ordenados según su secuencia en el tiempo. El eje vertical representa el tiempo, y en el eje horizontal se colocan los objetos”.¹⁰ A continuación están desarrollados los diagramas de estados, ver figura nº 07.

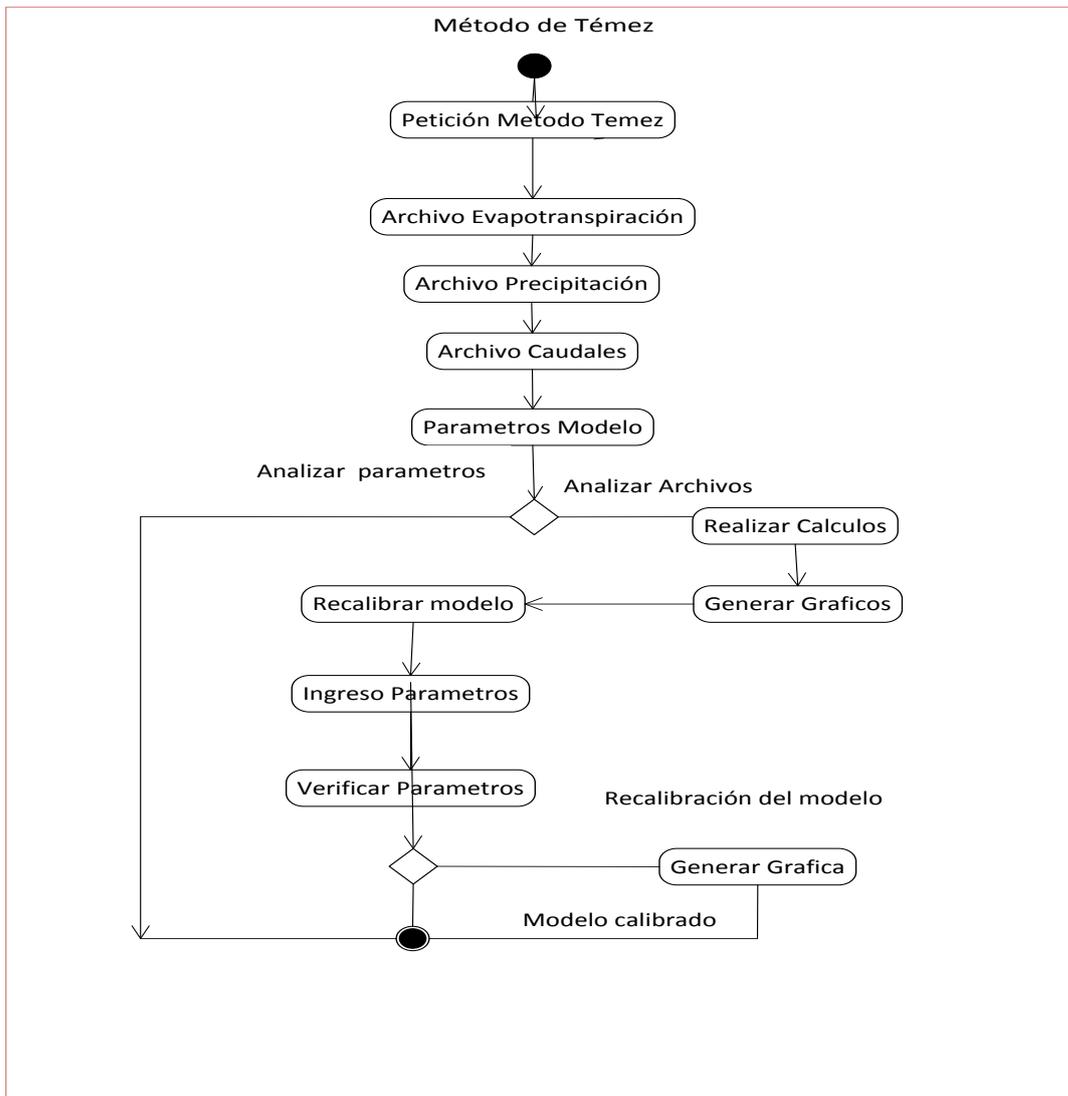


Figura 07: Diagrama de actividades Método Témez

El diagrama de actividades del método transporte de sedimentos total y fondo se indica en la siguiente figura nº 08, donde se muestra los estados inicial y final, las transacciones entre los eventos y el cambio de estados.

¹⁰UML: Diagramas de actividad y de estados Ref. [9]

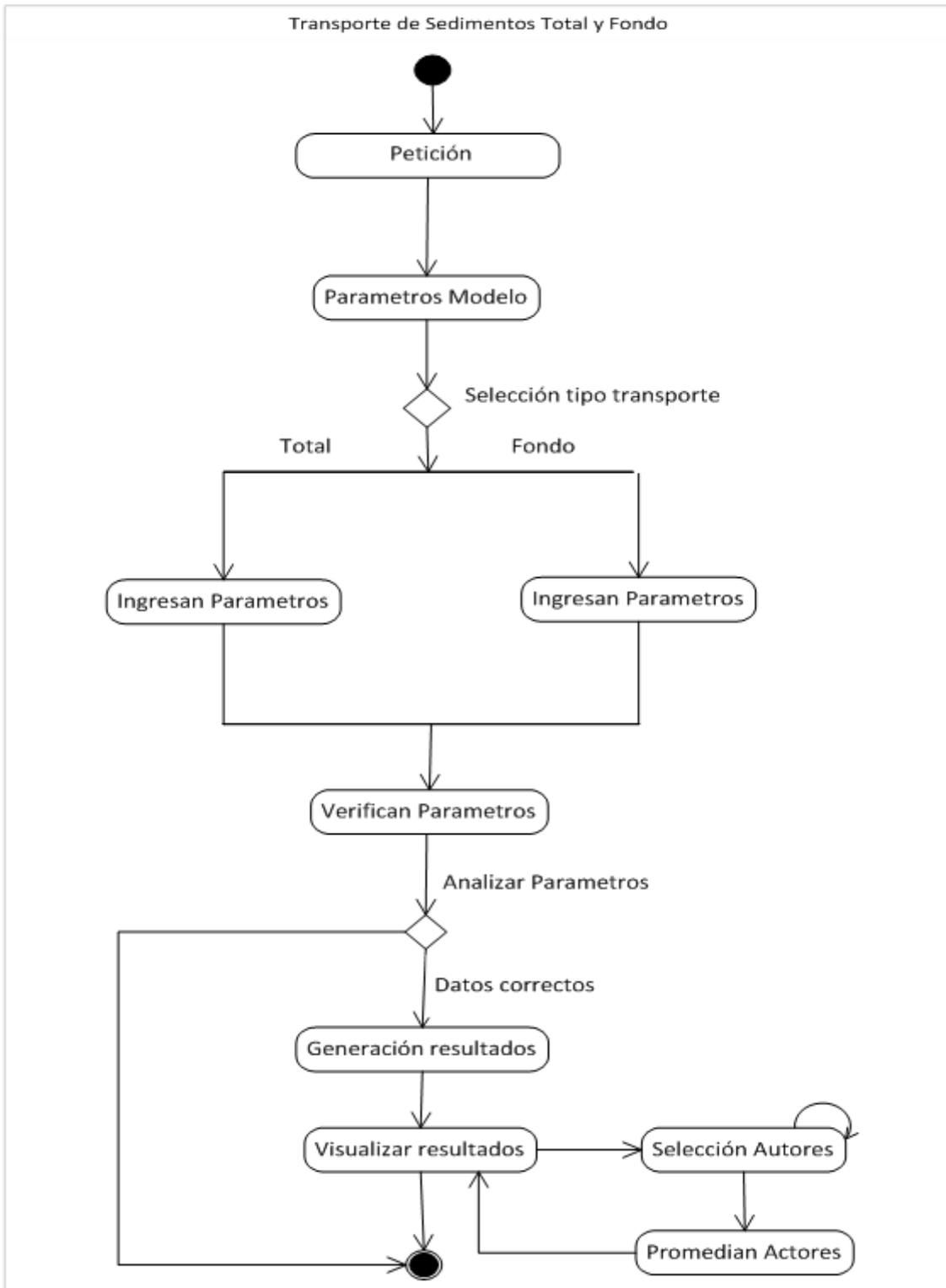


Figura 08: Diagramas de actividades transporte sedimentos (total y fondo)

El diagrama de secuencia del método ecuación universal de pérdida de suelo indica los estados y los eventos que permiten realizar la transición y el cambio de estados. En la figura nº 09 se muestra el diagrama correspondiente

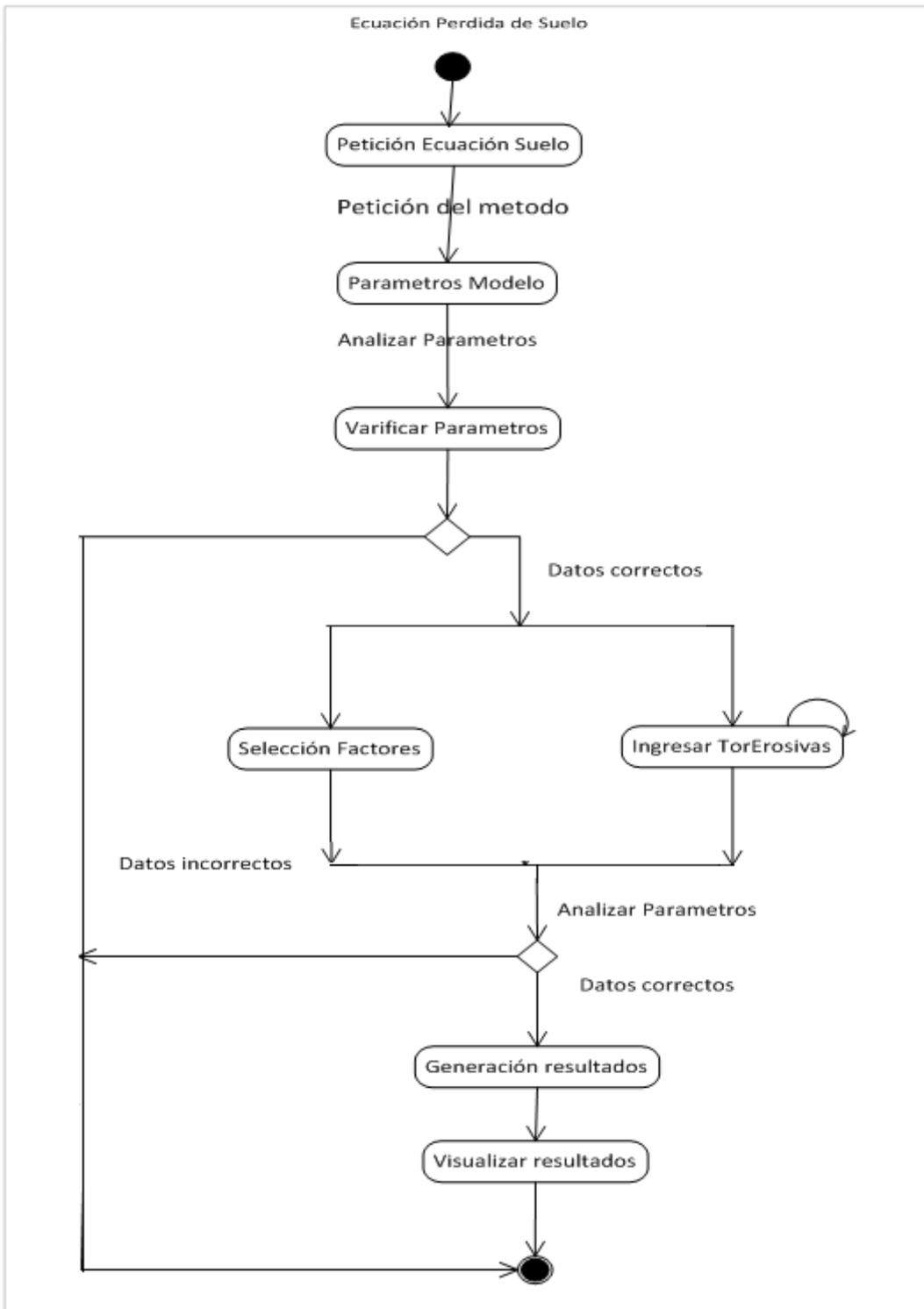


Figura 09: Diagramas de actividades ecuación del suelo

El diagrama de transporte de sedimentos en suspensión se indica en la siguiente figura nº 10, se visualizan los estados y las transiciones efectuadas por los eventos correspondientes que permiten ir al estado final.

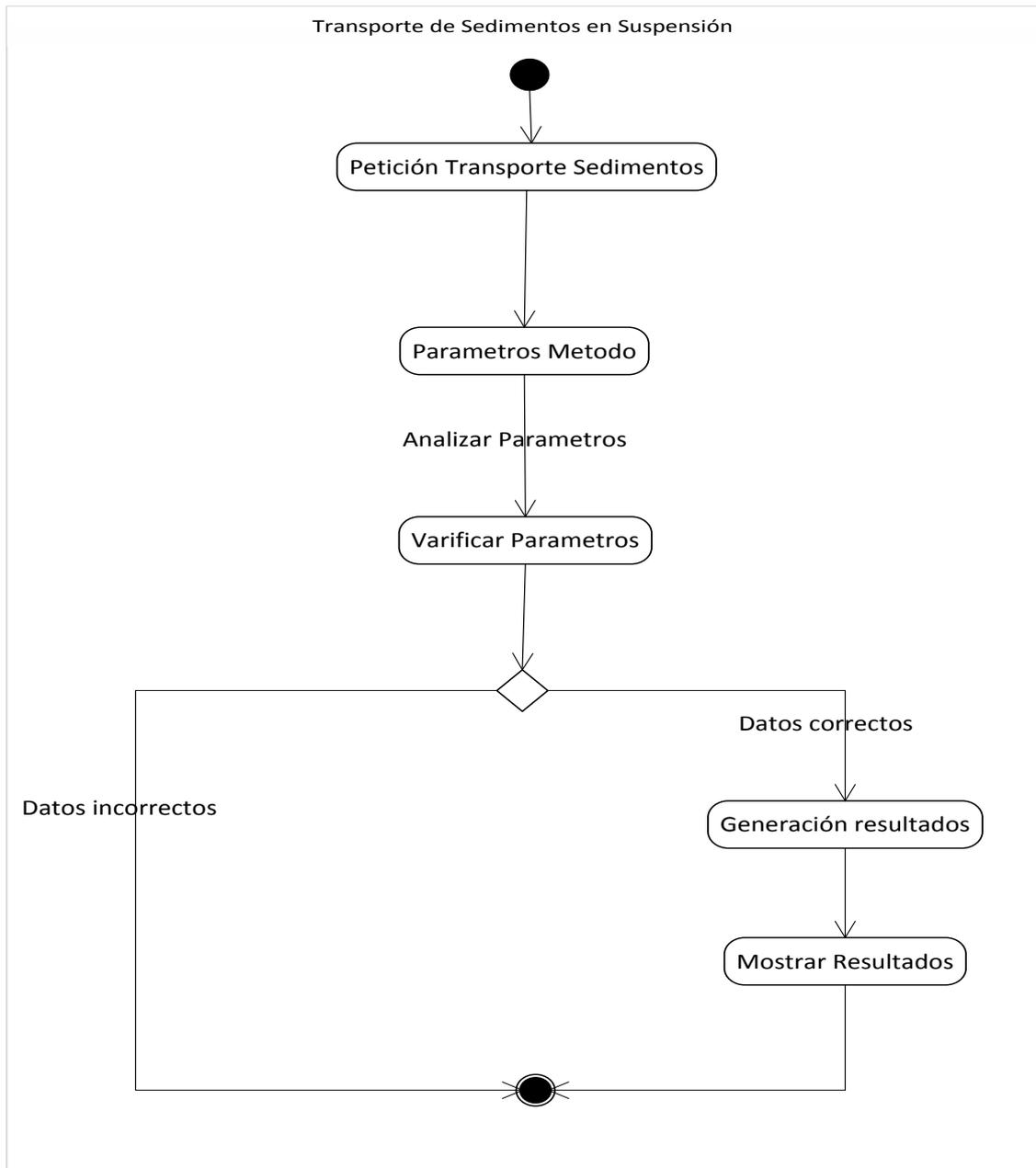


Figura 10: Diagramas de actividades transporte sedimentos suspensión

3.3.5 Diagrama de clases (HYDROVLAB)

Las clases permiten mapear los objetos de negocios (atributos, métodos), la relación entre las clases gráficamente, mejorando el diseño del software y por ende las características finales que se desean obtener. *“Un diagrama de clases*

es un tipo de diagrama estático que describe la estructura de un sistema mostrando sus clases, atributos y las relaciones entre ellos. Los diagramas de clases son utilizados durante el proceso de análisis y diseño de los sistemas, donde se crea el diseño conceptual de la información que se manejará en el sistema, y los componentes que se encargaran del funcionamiento y la relación entre uno y otro.¹¹ Utilizando el modelado de clases se realizaron los diagramas y la interacción entre las clases. El diagrama de clase contiene los atributos y operaciones de los diferentes experimentos virtuales que serán implementados, permitiendo comprender gráficamente la relación entre las diferentes clases desarrolladas. A continuación se indica el diagrama de clases correspondiente a los experimentos ecuación universal de pérdida de suelos, método de Témez, transporte de sedimentos en suspensión, hidrogramas unitarios, figura nº 11 y figura nº 12.

¹¹Diagrama de clase Ref. [8]

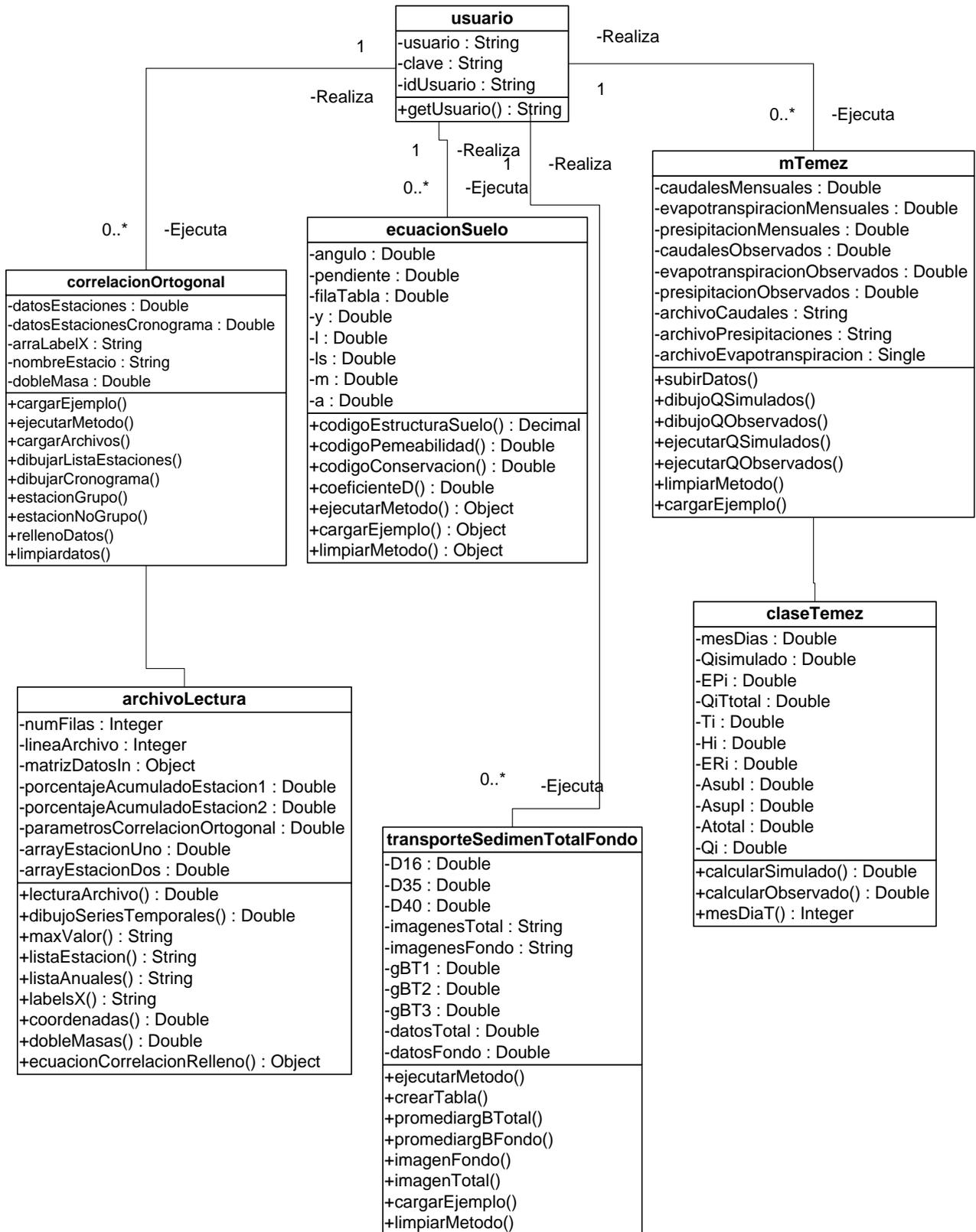


Figura 11. Diagrama de clase HYDROVLAB

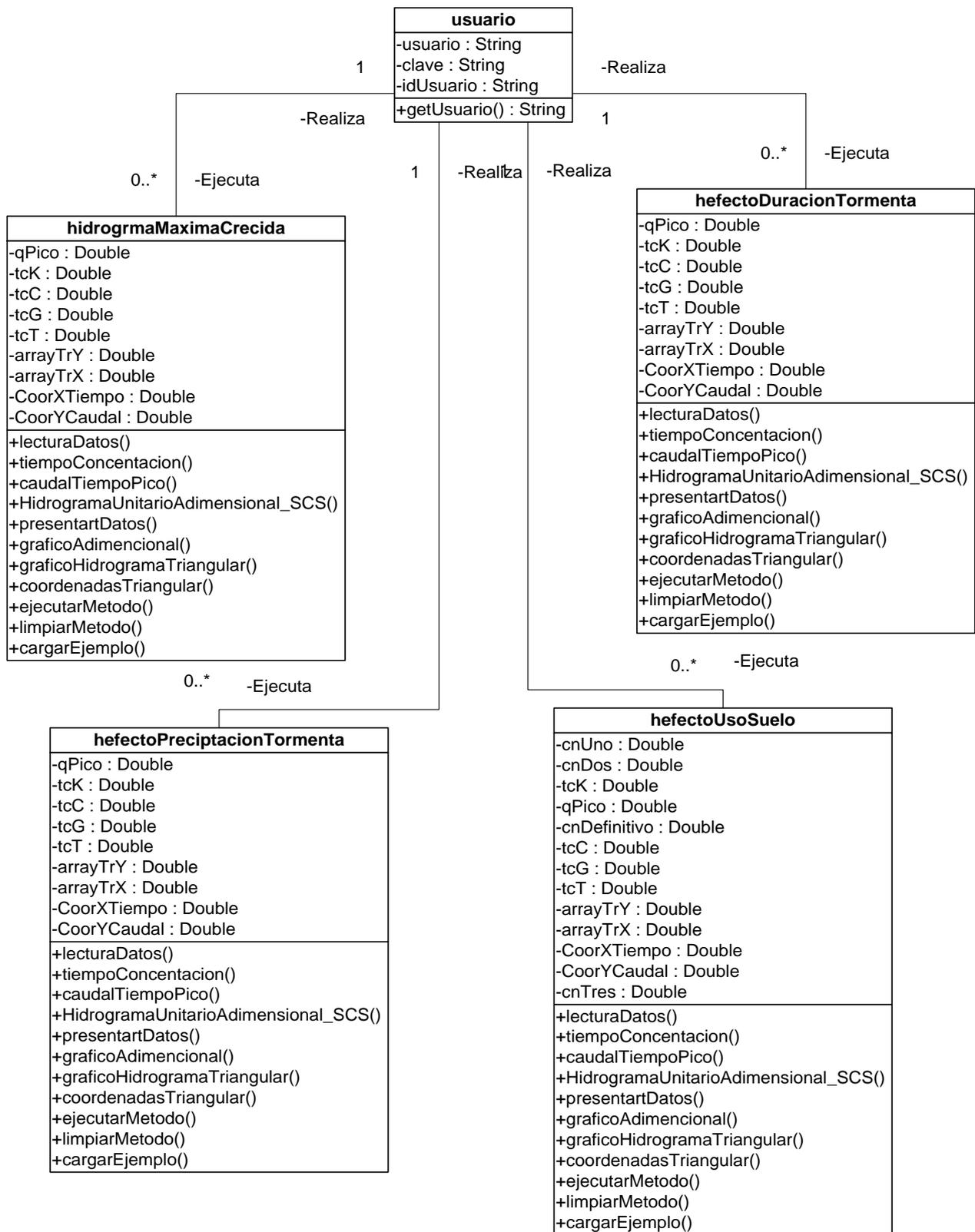


Figura 12. Diagrama de clase HYDROVLAB

3.4 Arquitectura

*“El proceso de diseño arquitectónico está relacionado con el establecimiento de un marco estructural básico que identifican los principales componentes de un sistema y la comunicación entre estos. La arquitectura del sistema a menudo es la misma para sistemas con requerimientos similares”.*¹² La ingeniería del software contempla una serie de etapas que conllevan la realización de un sistema informático con prestaciones y funcionalidades correctas, para el uso del cliente final. Una parte fundamental que se soporta un sistema informático es la arquitectura, que contempla los procesos internos que están implementados, el flujo entre las respectivas clases, componentes desarrollados o reutilizados.

3.4.1 Arquitectura DotNetNuke

*“La arquitectura implementada por DotNetNuke permite que las aplicaciones puedan acceder de manera distribuida a los servidores al servidor web y base de datos. El servidor web permite el acceso a la capa de presentación, capa de negocios y el acceso a la capa de datos. El servidor de base de datos permite el acceso a los recursos de la base de datos.”*¹³ La arquitectura muestra la relación entre los componentes que constituyen la aplicación contenida en DotNetNuke. Cada componente ofrece funcionalidades y servicios que son implementadas a través de interfaces.

¹²INGENIERÍA DEL SOFTWARE (UN EFOQUE PRÁCTICO) Ref. [3]

¹³Professional DotNetNuke 5 Ref. [6]

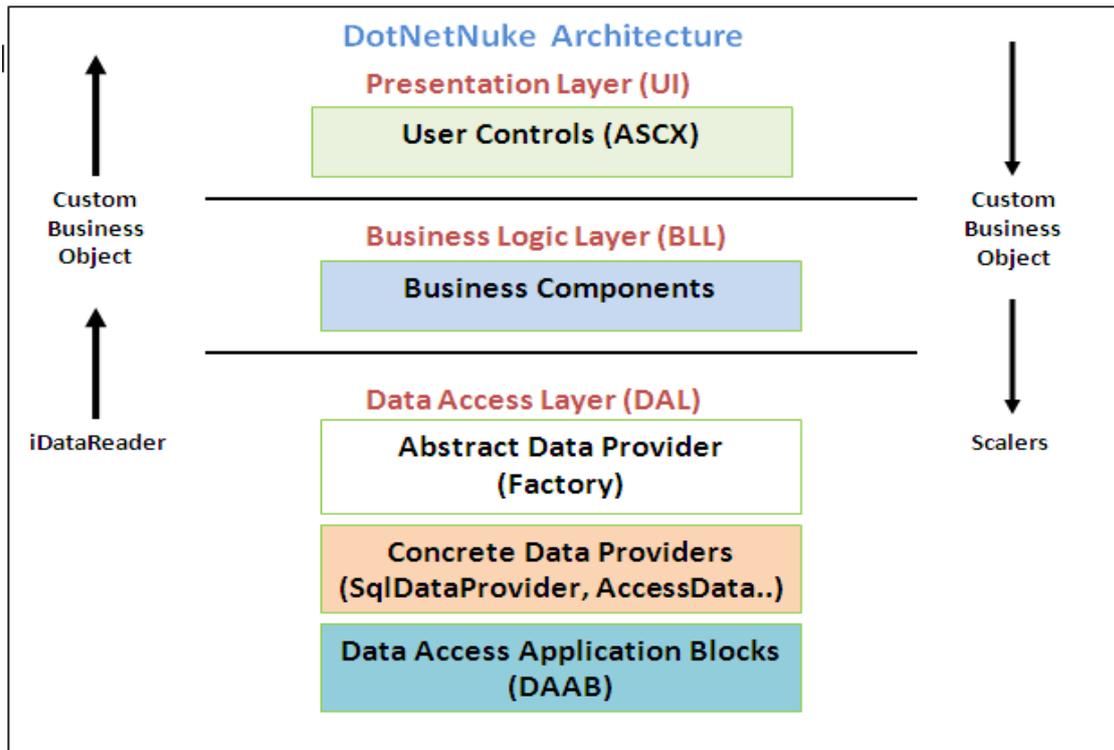


Figura 13. "Arquitectura DotNetNuke" ¹⁰

3.4.2 Presentación DotNetNuke

La capa de presentación de DotNetNuke provee una interfaz para que los usuarios puedan acceder al portal e interactuar con las funcionalidades existentes:

- Creación de formularios web para visualizar el contenido y enlaces a los laboratorios virtuales y recursos existentes.
- Administración de sitio web.
- Control de módulos y acceso a la capa lógica de negocios, presentación y administración de los containers y skins que están almacenados en el sitio web /DesktopModules/.

3.4.3 Lógica DotNetNuke

Esta capa es encargada de recibir el flujo de datos de la capa presentación y acceso a datos, realiza los procesos necesarios de invocación a métodos, funciones, validaciones y retorna respuesta a la capa presentación, una parte importante es la creación de objetos para la comunicación entre las capas respectivas y la reutilización de código.

Los beneficios que proporciona la capa lógica DotNetNuke son las siguientes:

- Para la comunicación entre las capas de presentación y acceso a datos.
- Realizar validaciones de objetos de negocios.
- Permisos y verificación de roles de usuarios que acceden a la aplicación informática.

3.4.4 Acceso a datos DotNetNuke

Está compuesto por un conjunto de librerías y clases que permiten la administración de la base de datos, la utilización de esta capa permite la comunicación con la capa lógica de negocios, mediante la suministración de los datos devueltos por el resultado del Query ejecutado en el servidor de base de datos SQL Server 2005. Esta capa es utilizada en el laboratorio virtual de hidrología, para obtener información de los usuarios registrados y la gestión del sitio. Esta capa implementa las clases para el acceso a la base de datos entre las más importante que implementa DotNetNuke son:

- *“Data Provider API: Esta es una clase base abstracta que establece el contrato que la implementación de la API debe cumplir”*.¹⁴ Define los métodos que son implementados en las clases para el acceso a la base de datos.
- *“Implementation of Data Provider API: Esta clase hereda de la clase del proveedor de datos de la API y cumple el contrato mediante la sustitución de los miembros y métodos”*.¹¹ Implementan los métodos que obtienen el contenido almacenada en la base de datos.

3.4.5 Arquitectura HYDROVLAB

El esquema de comunicación que soporta los laboratorios virtuales implementa la arquitectura MVC. Permite la comunicación independiente entre capas y acceso a los datos, siendo visualizados en los módulos respectivos y en los laboratorios virtuales para el consumo de datos específicos. La arquitectura es la siguiente, figura nº 14:

¹⁴Professional DotNetNuke 5 Ref. [6]

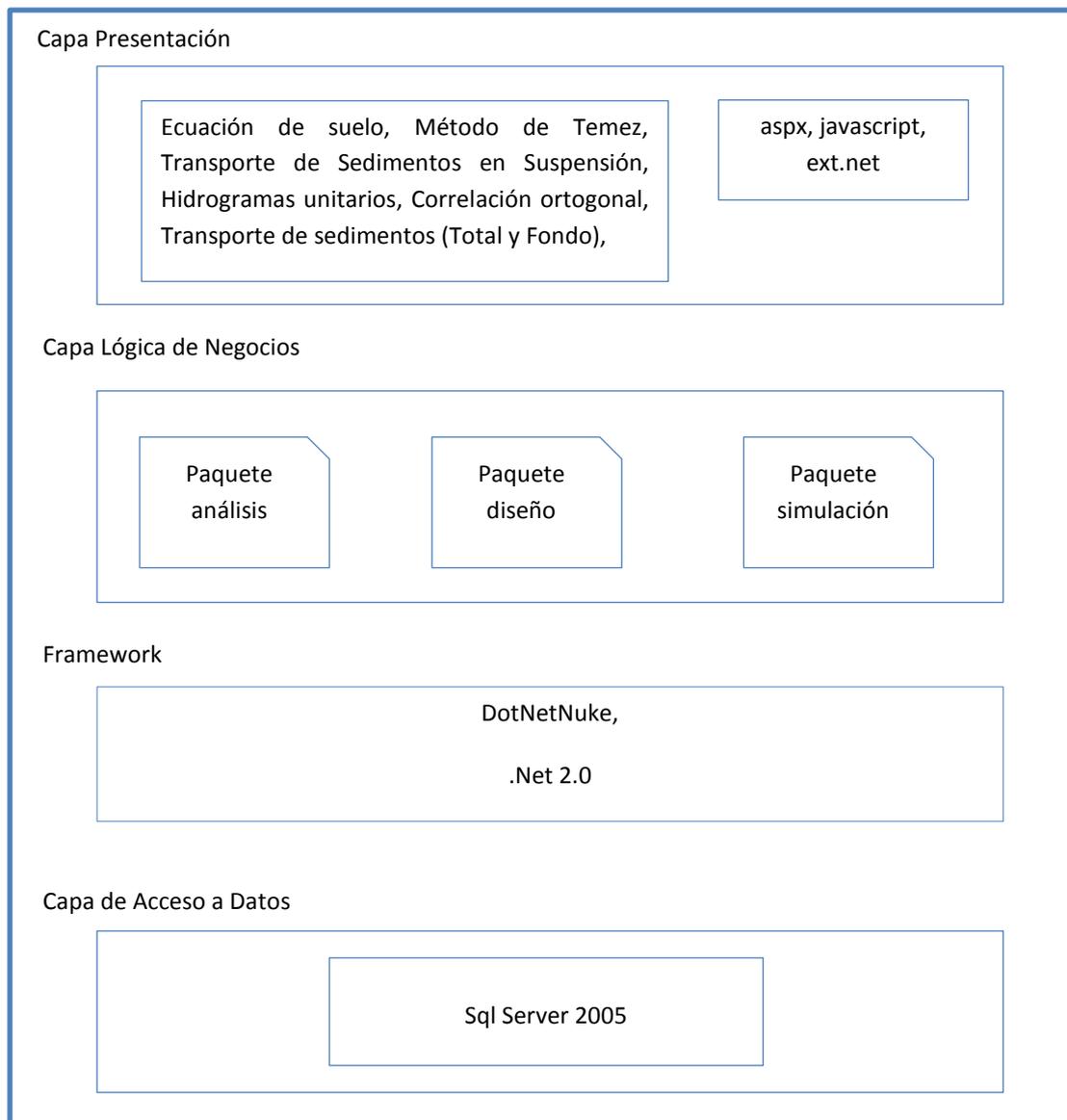


Figura 14. Arquitectura HYDROVLAB

3.4.6 Presentación HYDROVLAB

La capa de presentación permite el acceso al laboratorio virtual, contiene las interfaces de los experimentos realizados, wiki, foros. El usuario interactúa con la capa de presentación al indicarle una acción mediante la pulsación de botones, enlaces, etc. La capa presentación envía un mensaje a la capa lógica de negocios, indicándole la acción que debe ser procesada en el servidor de aplicaciones. Esta capa permite la comunicación con la capa lógica de negocios, donde se encuentran implementados los métodos y funciones de los diferentes cálculos hidrológicos. Las interfaces desarrolladas para cada laboratorio virtual están ubicadas en la capa de presentación de HYDROVLAB,

desarrolladas utilizando los lenguajes de programación: aspx, ajax, javascript, ext.net utilizando estos lenguajes permiten realizar formularios web asíncronos, están implementados de acuerdo a los requerimientos, posee las siguientes características:

- El ingreso de los parámetros de entrada de cada laboratorio virtual.
- La subida de archivos precipitaciones, caudales, evapotranspiración correspondiente al Método de Témez.
- Visualizar resultados de la ejecución de los laboratorios virtuales.
- La validación de los campos en los formularios web se los realiza mediante la utilización de expresiones regulares, las mismas que permiten controlar que los parámetros de entrada cumplan con ciertos formatos establecidos como definiciones del negocio.
- Presentar mensajes de alerta, informativos o errores que se pueden generar al ejecutar un determinado escenario, los mismos que pueden ser escenarios de cálculos satisfactorios, escenarios que involucren una excepción o simples alertas indicando el ingreso de datos con formato inválido.
- Permiten realizar la comunicación con la capa lógica de negocios y la invocación de los eventos correspondientes.

3.4.7 Lógica HYDROVLAB

La capa lógica de negocios es una capa intermedia utilizada para el flujo de datos entre las capas de presentación y acceso a los datos, permitiendo la comunicación bidireccional entre los objetos instanciados, el paso de mensajes, en esta capa están embebidas las validaciones de negocio a nivel del servidor de aplicaciones, las mismas que permiten verificar que los objetos de negocio creados cumplan con los requisitos mínimos para realizar cálculos aritméticos y la aplicación de fórmulas hidrológicas. Posee las siguientes características:

- Validaciones de parámetros ingresados por el usuario.
- Procesamiento de fórmulas con los parámetros suministrados por la capa de presentación.
- Manejo de excepciones en el procesamiento o validación de fórmulas o parámetros respectivamente.

I. Paquete de análisis

Los experimentos virtuales que son aplicados al análisis hidrológico se agruparon en el paquete de análisis, este paquete implementa la lógica y la secuencia algorítmica correspondiente de cada método, en base a los datos de entrada se obtiene la salida correspondiente, contienen los métodos y funciones necesarias para obtener los resultados (ver tabla 09).

Tabla 09. Paquete de análisis

Nombre	Paquete de análisis
Descripción	Este paquete contiene las clases que permiten realizar análisis de los métodos hidrológicos. Implementan todas las funciones, procedimientos aplicados en los laboratorios virtuales.
Funcionalidades	Realizan la comunicación únicamente con la interfaz, aplicando flujo de datos bidireccional. Implementan las formulas y condiciones correspondientes para determinar los resultados aplicando un determinado método hidrológico. Permiten verificar los parámetros ingresados por el usuario, si corresponden a los valores adecuados para realizar los cálculos respectivos.
Entradas	Reciben los parámetros de la interfaz, realizan los cálculos correspondientes.
Salidas	Retorna los resultados para ser visualizados por el usuario

II. Paquete de simulación

Los experimentos virtuales que permiten realizar simulaciones de métodos hidrológicos se implementaron en el paquete de simulación, que implementa la secuencia algorítmica de los correspondientes métodos diseñados y los métodos y funciones para realizar los cálculos respectivos (ver tabla 10).

Tabla 10. Paquete de simulación

Nombre	Paquete de simulación
Descripción	Este paquete contiene las clases que permiten realizar simulaciones de los métodos hidrológicos. Las clases correspondientes implementa la verificación de parámetros, archivos, funciones, procedimientos aplicados en los laboratorios virtuales. Reciben los parámetros de la interfaz, realizan los cálculos correspondientes y retornan los resultados para ser visualizados por el usuario.
Funcionalidades	Implementan la comunicación con la interfaz, flujo de datos bidireccional. Implementan las formulas y condiciones correspondientes para determinar los resultados aplicando un determinado método hidrológico. Permiten generar resultados graficados en la interfaz del laboratorio virtual.
Entradas	Reciben los parámetros de la interfaz, realizan los cálculos correspondientes.
Salidas	Retorna los resultados para ser visualizados por el usuario

III. Clase de acceso a datos

El laboratorio virtual de hidrología utilizando las funciones implementadas en la capa de acceso a datos (DotNetNuke), para determinar la autenticación de los usuarios que acceden a la aplicación. Implementa la comunicación entre la capa lógica de negocios. Posee las siguientes características:

- Utiliza los métodos implementados en la capa de acceso a datos implementada por DotNetNuke.
- Permite obtener el id del usuario logeado en el sitio web.
- Permite determinar si el usuario que accede al sitio web, si ha creado un control de sesión, usuario (invitado, logeado).

Tabla 11. Clases utilizadas

Nombre	transporteSedimensuspecion
Descripción	Este componente contiene la interfaz que permite el ingreso de los parámetros del transporte de sedimentos en suspensión). También implementa los controles para la salida de datos, visualizada por el usuario.
Funcionalidades	Ingreso de los parámetros correspondientes en el formulario para realizar los cálculos del transporte de sedimentos en suspensión. Ejecutar el laboratorio virtual. Realizar la carga de ejemplo. Limpiar la ejecución realizada.
Entradas	Sección transversal del cauce, Perímetro mojado del cauce, Velocidad media del flujo, Temperatura del agua, pendiente de la pérdida de carga, diámetro medio del conjunto de partículas, Peso específico del material.
Salidas	Sedimentos en suspensión, cantidad de sedimentos en suspensión, cantidad de sedimentos en suspensión.

3.4.8 Diagrama de implantación

Los diagramas de implantación muestran la configuración de los componentes hardware, los procesos, los elementos de procesamiento en tiempo de ejecución y los objetos que son usados. *“En este tipo de diagramas intervienen nodos, asociaciones de comunicación, componentes dentro de los nodos y objetos que se encuentran a su vez dentro de los componentes. Un nodo es un objeto físico en tiempo de ejecución, es decir una máquina que se compone habitualmente de, por lo menos, memoria y capacidad de procesamiento, a su*

vez puede estar formado por otros componentes”.¹⁵ En la figura nº 15 se muestra el diagrama de implantación.

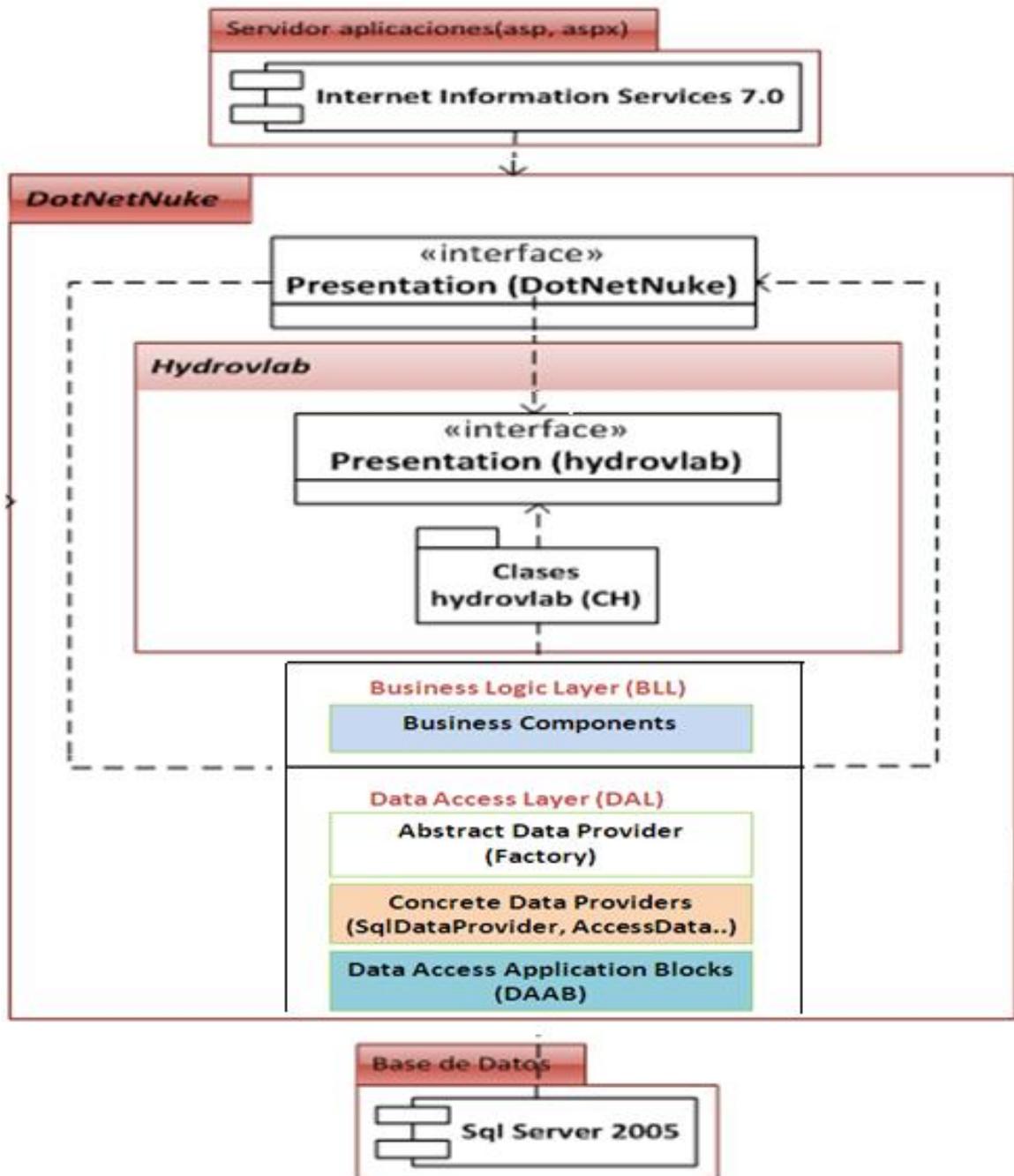


Figura 15: Diagramas de implantación HYDROVLAB

Un nodo representa recursos computacionales que son ejecutados de acuerdo a las necesidades de procesamiento que implementa el sistema. Utilizando el diagrama de distribución se pueden representar los nodos que permiten la ejecución de los componentes realizados (ejecutables, dll), y el reparto de los

¹⁵Ingeniería de Software UML Ref. [11]

componentes a cada nodo. El diagrama de implantación muestra la relación entre los elementos que constituyen la aplicación realizada. Cada componente constituye una funcionalidad que esta implementa, otorgando al sistema la independencia en la aplicación pudiendo ser modificado y remplazado por otro componente sin necesidad de reconstruir la arquitectura de la aplicación.

3.5 Construcción

Esta fase se implementa la solución general determinada en el análisis y diseño, en cada iteración se genera una versión del software como entregable en la actividad de pruebas sobre la versión implementada. Este proceso se logra mediante la codificación y documentación de las definiciones obtenidas en la fase de concepción y elaboración, se implementan las funcionalidades para el usuario final. Es una implementación algorítmica del sistema que se va a construir. A continuación se describen los componentes, interfaces graficas de usuarios implementadas en el desarrollo del proyecto.

3.5.1 Manual del Programador

Es un documento que se lo realiza cuando ha terminado el desarrollo del proyecto. El manual del programador contiene la información de los pasos que se deben seguir para instalar la aplicación informática, las herramientas que se deben configurar y una breve descripción de las clases creadas (**ANEXO VI**).

3.5.2 Interfaz pérdida de suelo (Ecuación del Suelo)

La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) es un modelo de erosión diseñado para predecir el porcentaje anual de pérdida de suelo (A) en función de la precipitación de la zona, de la topografía del terreno, características del suelo, de la cobertura vegetal y del manejo del suelo. En la figura nº 16 se muestra la interfaz gráfica de usuario implementada para el laboratorio ecuación de suelo.

DATOS DE ENTRADA

ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA PENDIENTE (grados)

NUMERO DE TORMENTAS EROSIVAS

LONGITUD DE LA PENDIENTE (km)

LIMO (%)

ARENA (%)

ARCILLA (%)

DATOS DE MATERIA ORGANICA MO (%)

SELECCIONE FACTORES

Factor de prácticas de conservación (P)

Permeabilidad (p)

Estructura del suelo (e)

INGRESO DE DATOS DE LAS TORMENTAS

Num	I30	I Total
1	5	15

DETERMINACIÓN DEL FACTOR c

TIPO Y ALTURA

COBERTURA

25
 50
 75

TIPO

A
 W

PORCENTAJE

10
 20
 40
 60
 80
 100

FACTOR c

RESULTADOS

FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R) (MJ.MM.HA-1.H-1.AÑO-1)

MATERIA ORGÁNICA

FACTOR ERODABILIDAD DEL SUELO (K) (T.HA.H.MJ-1.HA-1.MM-1)

FACTOR LONGITUD DE LA PENDIENTE (L) (ADIMENSIONAL)

FACTOR GRADIENTE DE LA PENDIENTE (S) (ADIMENSIONAL)

FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C) (ADIMENSIONAL)

FACTOR PRÁCTICA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS (P) (ADIMENSIONAL)

PÉRDIDA DE SUELO POR UNIDAD DE SUPERFICIE (A:) (T. HA-1.AÑO-1)

Figura 16. Interfaz Ecuación del Suelo

La siguiente tabla 05, describe la interfaz para realizar la ejecución de la ecuación universal de pérdida de suelo desarrollada en ambiente web. Se detalla brevemente su comportamiento los datos de entradas y salidas.

Tabla 05. Ecuación del suelo

Nombre	ecuacionSuelo
Descripción	La interfaz para ingresar los parámetros de la ecuación del suelo. También implementa los controles para la salida de datos, visualizada por el usuario.
Funcionalidades	Ingreso de los parámetros correspondientes en el formulario para realizar los cálculos de la ecuación. Ejecutar el laboratorio virtual. Realizar la carga de ejemplo. Limpiar la ejecución realizada.
Entradas	Los parámetros correspondientes para realizar los cálculos son: pendientes (m), ángulo de inclinación de la pendiente (grados), numero de tormentas erosivas, longitud de la pendiente (λ m), limo (%), arena (%), arcilla (%), datos de materia orgánica mo (%), Factor de práctica de conservación, Permeabilidad, Estructura del suelo, Factor c.
Salidas	Los datos de salida son los siguientes: Factor erosividad de la lluvia (r) ($\text{mj.mm.ha}^{-1}.\text{h}^{-1}.\text{año}^{-1}$), Materia orgánica, Factor erodabilidad del suelo (k) ($\text{t.ha.h.mj}^{-1}.\text{ha}^{-1}.\text{mm}^{-1}$), Factor longitud de la pendiente (l) (adimensional), Factor gradiente de la pendiente (s) (adimensional), Factor de manejo de cultivos (c) (adimensional), Factor práctica de conservación de suelos (p) (adimensional), Pérdida de suelo por unidad de superficie (a:) ($\text{t.Ha}^{-1}.\text{año}^{-1}$)

3.5.3 Interfaz Método de Témez

Calibración y validación del Modelo de Simulación Hidrológica Integral propuesto por Témez. Se requiere: las series históricas mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y caudales. Se calibra el coeficiente ETP, la humedad máxima, la infiltración máxima, coeficiente de descarga al acuífero, caudal inicial y la humedad inicial. En la figura nº 17 muestra la interfaz gráfica de usuario implementada para el laboratorio método de Témez.

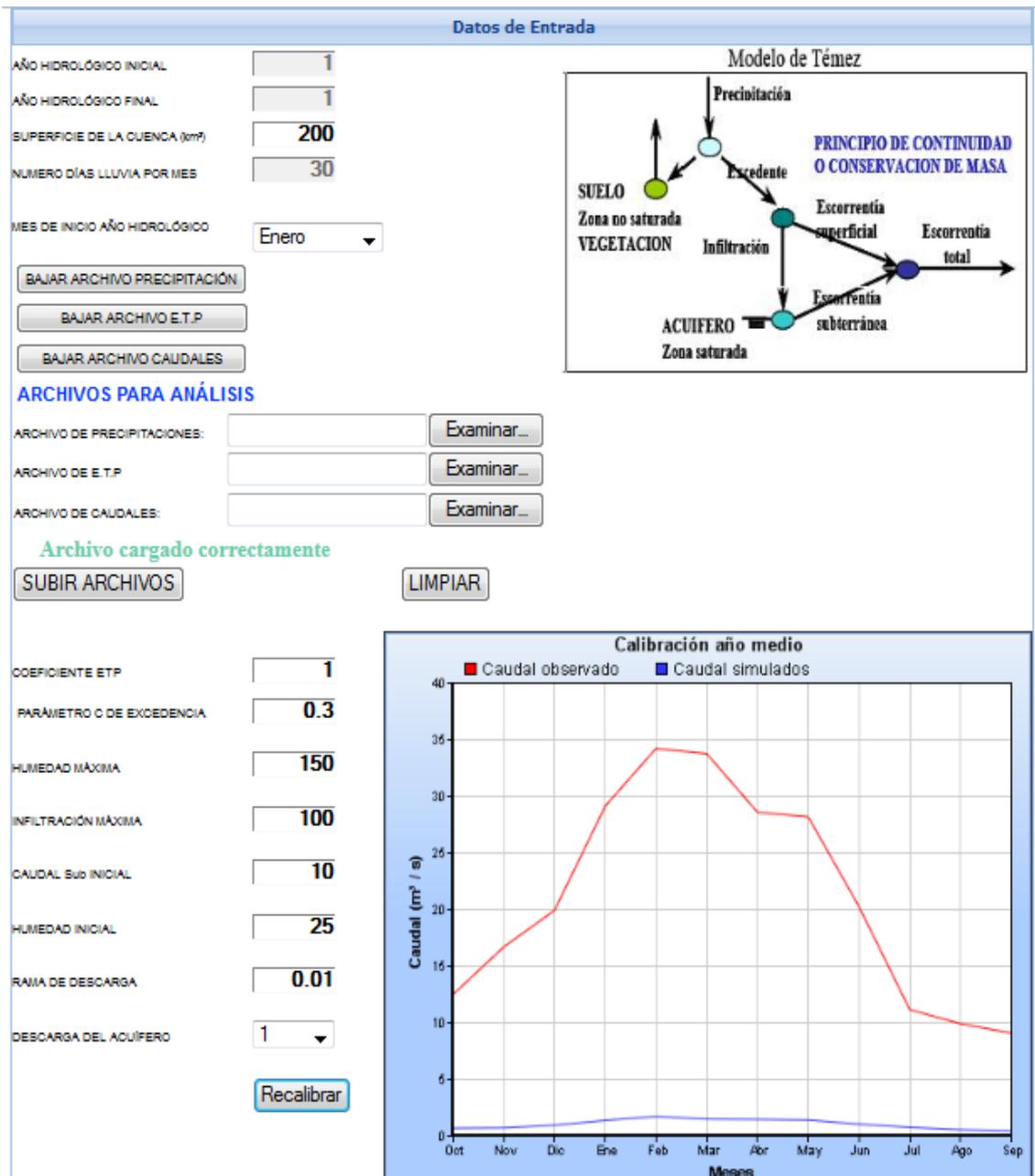


Figura 17. Interfaz Método de Témez

Para realizar la ejecución del método de Témez se desarrolló el formulario web que implementa los diferentes controles, permiten la iteración del usuario y la obtención de los resultados al realizar la ejecución del método. La tabla 06 explica más a detalle la estructura de la página web.

Tabla 06. Método de Témez

Nombre	mTemez
Descripción	Este componente contiene la interfaz que permite el ingreso de los parámetros del método de Témez. También implementa los controles para la salida de datos, visualizada por el usuario.
Funcionalidades	<p>Grafica de los caudales simulados vs los observados mensuales.</p> <p>Grafica de los caudales simulados vs los observados anuales.</p> <p>Ingreso de los parámetros correspondientes en el formulario para realizar los cálculos del método de Témez.</p> <p>Ejecutar el laboratorio virtual.</p> <p>Realizar la carga de ejemplo.</p> <p>Limpiar la ejecución realizada.</p>
Entradas	<p>Los parámetros correspondientes para realizar los cálculos son: Año hidrológico inicial, Año hidrológico final, Superficie de la cuenca, Número de días de lluvia por mes, coeficiente etp, parámetro c de excedencia, humedad máxima, infiltración máxima, caudal sub inicial, Humedad inicial</p> <p>Archivos</p> <p>Precipitaciones, Evapotranspiración, Caudales.</p>
Salidas	Grafica de los caudales simulados vs observados anuales, Grafica de los caudales simulados vs observados mensuales, relleno de datos faltantes.

3.5.4 Interfaz cálculo de material transportado por la corriente Transporte de Sedimentos (Total y Fondo)

Permite calcular el material transportado por la corriente, tanto dentro de la capa de fondo como en suspensión. Se pueden aplicar los métodos de Colby, Engelund-Hasen, Shen-Hung, Yang, Ackers-White, Brownlie, Karim-Kénnedy y Graf –Acaroglu. En la figura nº 18 muestra la interfaz gráfica de usuario implementada para el laboratorio Transporte de Sedimentos (Total y Fondo).

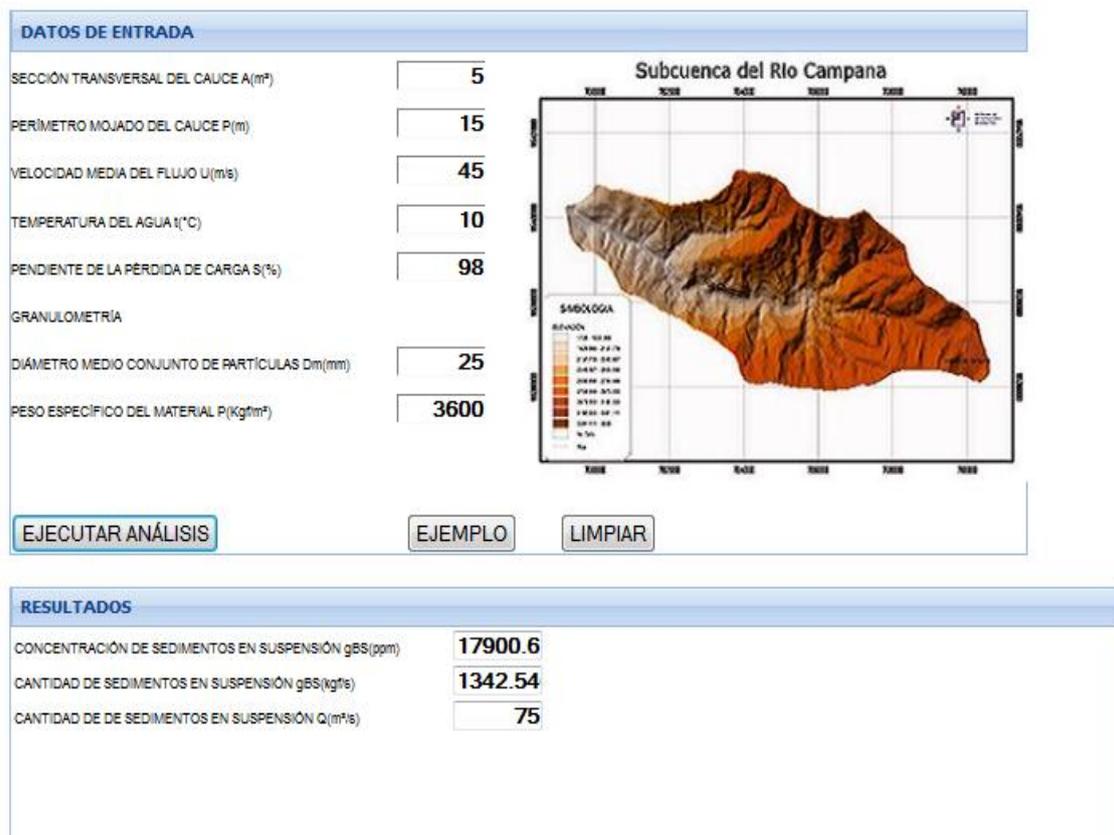


Figura 18. Transporte de Sedimentos (Total y Fondo)

Para realizar la ejecución del método Transporte de Sedimentos (Total y Fondo), se desarrolló la página web que implementa los diferentes controles que permiten la iteración del usuario y la obtención de los resultados al realizar la ejecución del método. La tabla 07 explica más a detalle la estructura de la página web.

Tabla 07. Transporte de sedimentos (Total y Fondo)

Nombre	transporteSedimenTotalFondo
Descripción	Este componente contiene la interfaz que permite el ingreso de los parámetros del transporte de

	sedimentos (total y fondo). También implementa los controles para la salida de datos, visualizada por el usuario.
Funcionalidades	Ingreso de los parámetros correspondientes en el formulario para realizar los cálculos del transporte total y fondo. Ejecutar el laboratorio virtual. Realizar la carga de ejemplo. Limpiar la ejecución realizada.
Entradas	Los parámetros correspondientes para realizar los cálculos son: Sección transversal del cauce $a(m)$, perímetro mojado del cauce $p(m)$, Velocidad media del flujo, temperatura del agua, pendiente de la pérdida de carga, diámetro medio del conjunto de partículas, peso específico del material, diámetro medio del conjunto de partículas d_m , d_{16} , d_{35} , d_{50} , d_{84} , peso específico de las partículas, diámetro medio del conjunto de partículas d_{40} , d_{50} , d_{90} , diámetro máximo de las partículas d_{max} .
Salidas	Transporte de fondo, transporte total, Caudal líquido, viscosidad cinemática del agua, radio hidráulico de la sección del cauce, ancho medio del cauce, esfuerzo cortante que el flujo ejerce sobre el fondo, esfuerzo cortante crítico en el fondo, velocidad de caída de las partículas.

3.5.5 Interfaz calcular el material que es arrastrado por la corriente (Transporte de Sedimentos Suspensión)

Permite calcular el material que es arrastrado por la corriente en la capa de fondo que tiene un espesor igual al doble del diámetro de la partícula considerada. Están disponibles los métodos de Duboys-Straub, Schoklits, Shields, Meyer-Peter y Muller, Leví, Einstein, Einstein-Brown. En la figura nº 19 muestra la interfaz gráfica de usuario implementada para el laboratorio Transporte de Sedimentos Suspensión.

DATOS DE ENTRADA

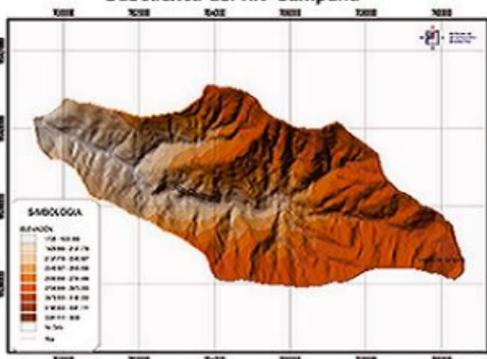
SECCIÓN DEL TRAMO DEL CAUCE A(m²)	89.18
PERÍMETRO MOJADO DEL CAUCE P(m)	94
VELOCIDAD MEDIA DE LA CORRIENTE U(m/s)	1211
TEMPERATURA DEL AGUA t(°C)	20
PROFUNDIDAD DEL FLUJO d(m)	0.96
PENDIENTE DE LA PÉRDIDA DE CARGA S(%)	0.07

TIPO DE TRANSPORTE

TOTAL (GRANULOMETRÍA)

DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm(mm)	0.328
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D16 (mm)	463
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D35(mm)	0.29
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D50(mm)	0.319
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D84(mm)	0.406
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS ps (Kgf/m³)	2650

Subcuenca del Río Campana



DE FONDO (GRANULOMETRÍA)

DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm(mm)	0.328
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D40(mm)	0.3
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D50(mm)	0.319
DIÁMETRO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D90(mm)	0.44
DIÁMETRO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS Dmax (mm)	0.677
PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS ps (Kgf/m³)	2650

EJECUTAR ANÁLISIS
EJEMPLO
LIMPIAR

Transporte Total
Transporte de Fondo

Autores	gBT
<input type="checkbox"/> Duboys y Straub	1.6031
<input type="checkbox"/> SchoKlitsch	53.8271
<input type="checkbox"/> Shields	
<input type="checkbox"/> Meyer-Peter y Muller	824660.1628
<input checked="" type="checkbox"/> Levi	2783697071267.54
<input checked="" type="checkbox"/> Einstein	
<input type="checkbox"/> Einstein-Brown	
<input type="checkbox"/> Sato,Kikkawa y Ashida(1)	
<input checked="" type="checkbox"/> Sato,Kikkawa y Ashida(2)	
<input type="checkbox"/> Rottner	7850359.5887
<input checked="" type="checkbox"/> Friilink	40.9239
<input type="checkbox"/> Yalin	0.4124
<input checked="" type="checkbox"/> Pernecker y Vollmer	
<input type="checkbox"/> Inglis y Lacey	7.7654081413507E+15
<input type="checkbox"/> Bogardi	
<input type="checkbox"/> Van Rijn	190658934.7371

Duboys y Straub

$$g_B = 0.01003 \cdot (\gamma_s - \gamma)^2 \cdot D^{1.25} \cdot \tau_* \cdot (\tau_* - \tau_{*c})$$

donde :

ID = D₅₀

Se aplica si :

$\tau_* \leq 1.30$

RESULTADOS PROMEDIADOS	
TRANSPORTE DE FONDO gB:	1391848
TRANSPORTE DE FONDO GB:	1292969

PROMEDIAR

RESULTADOS

TRANSPORTE DE FONDO :	3307448
TRANSPORTE TOTAL :	1391848
CAUDAL LÍQUIDO (m³/s):	107996.
VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA (m²/s):	1.01E-0
RADIO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DEL CAUCE (m):	0.95
ANCHO DEL CAUCE (m):	92.9
ESFUERZO CORTANTE QUE EL FLUJO EJERCE SOBRE EL FONDO (kgf/m²):	0.67
ESFUERZO CORTANTE CRÍTICO EN EL FONDO (kgf/m²):	0.03
VELOCIDAD DE CAÍDA DE LAS PARTÍCULAS (m/s):	0.04

Figura 19. Transporte de Sedimentos Suspensión

Para realizar la ejecución del método Transporte de Sedimentos Suspensión, se desarrolló la página web que implementa los diferentes controles que permiten la iteración del usuario y la obtención de los resultados al realizar la ejecución del método. La tabla 08 explica más a detalle la estructura de la página web.

Tabla 08. Transporte de sedimentos en suspensión

Nombre	transporteSedimensuspecion
Descripción	Este componente contiene la interfaz que permite el ingreso de los parámetros del transporte de sedimentos en suspensión). También implementa los controles para la salida de datos, visualizada por el usuario.
Funcionalidades	Ingreso de los parámetros correspondientes en el formulario para realizar los cálculos del transporte de sedimentos en suspensión. Ejecutar el laboratorio virtual. Realizar la carga de ejemplo. Limpiar la ejecución realizada.
Entradas	Sección transversal del cauce, Perímetro mojado del cauce, Velocidad media del flujo, Temperatura del agua, pendiente de la pérdida de carga, diámetro medio del conjunto de partículas, Peso específico del material.
Salidas	Sedimentos en suspensión, cantidad de sedimentos en suspensión, cantidad de sedimentos en suspensión.

3.5.6 Base de Datos

La base de datos requerida para DotNetNuke05.00.01.zip es SQL Server 2000 o SQL Server 2005. SQL Server es una base de datos desarrollada por Microsoft, posee un paquete completo de funcionalidades que permiten la administración de las bases, pueden ser creadas o añadidas, compatible con la

versión de DotNetNuke05.00.01. Permite la administración de la información que contiene el sitio web.

3.5.7 Lenguaje de Desarrollo

El IDE Visual Studio 2005 y el lenguaje de programación Visual Basic.Net 2005 son utilizados para desarrollar el sitio web de hidrología. Se utilizó esta herramienta porque posee las siguientes características:

- Permite la programación orientada a objetos.
- Visual Web Developer para la creación de soluciones web.
- La creación de formularios ASP.NET y permite la integración con otras tecnologías javascript, ext.net.
- Provee un Framework completo que permite realizar conexiones a base de datos.
- Un conjunto de librerías para la creación y ejecución de aplicaciones.

3.5.8 Servidor Web

El servidor utilizado es Internet Information Server 6.0, desarrollado por Microsoft, y posee compatibilidad con la versión del DotNetNuke. Permite ejecutar los formularios web (asp, aspx, js, ext.net), desarrolladas en Visual Basic.NET.

3.5.9 DotNetNuke

El administrador de contenidos DotNetNuke05.00.01.zip se deriva de IBuySpy, en su versión inicial fue desarrollado en Visual Basic.Net, rediseñado y otorgándole nuevas funcionalidades y características al DotNetNuke. El Laboratorio Virtual de Hidrología está desarrollado con la tecnología .Net Framework consta de varios experimentos virtuales, que permite realizar análisis de los diferentes métodos de cálculo hidrológicos.

3.5.10 Requerimientos para instalación (DotNetNuke)

Los requerimientos para el funcionamiento de la versión DotNetNuke05.00.01.zip se describen a continuación (ver tabla12).

Tabla 12. Requerimientos DotNetNuke

Tipo	Descripción
Procesador	Intel Pentium compatible con 166-megahertz (MHz) o superior.
Memoria	<ul style="list-style-type: none"> • Enterprise Edición: 64 megabytes (MB) de RAM; 256 MB recomendado • MSDE: 512 MB para Windows XP; 256 MB para Windows 2000.
Disco duro	95–270 MB de espacio en disco duro; 250 MB para una instalación típica.

3.6 Transición

En esta fase se cierra el proyecto, se realiza la verificación del producto software que se entrega al usuario final cumpla con las expectativas y requerimiento obtenidos. Se verifica y valida que el producto software no posee errores encontrados en la etapa de prueba de software y además cumpla con la demanda exigida en los requerimientos encontrados. Se redactaron los siguientes documentos:

3.6.1 Manual del Usuario

En esta se realiza la documentación de los procesos a seguir para que un usuario final pueda utilizar de manera sencilla el sistema informático que se ha desarrollado e implementado, se hace una descripción detallada mediante la utilización de imágenes y texto indicando como utilizar cada una de las funcionalidades de la aplicación, su redacción debe ser muy entendible por el usuario final, es decir sin ambigüedades en lo posible (**ANEXO V**).

3.6.2 Pruebas de software

Para realizar la verificación de los laboratorios virtuales implementados, se generó el documento Plan de Pruebas (**ANEXO VI**). El documento describe la

información de los tipos de pruebas ejecutados, los casos de pruebas y las funcionalidades que son sometidas a la ejecución de casos de pruebas.

Resultados de la ejecución de casos de pruebas

Ejecutados los diferentes casos de pruebas sobre los laboratorios virtuales, se determinó el número de errores y el porcentaje de errores encontrados en los laboratorios virtuales (tabla 13).

Tabla 13. Resultados de las pruebas

Laboratorio Virtual	Errores	%
Ecuación Universal de Perdida de suelos	2	18.18%
Método de Témez	4	36.36%
Transporte de sedimentos total y en la capa de fondo	3	27.27%
Transporte de sedimentos en suspensión	2	18.18%
Total	11	100.00%

3.6.3 Manual del laboratorio virtual

Para los usuarios que acceden al Sitio Web de Hidrología se contempla la creación del manual de uso del laboratorio virtual, donde se explica el tipo de experimento y el flujo que se debe seguir para realizar la ejecución, este documento contiene el nombre del experimento, el objetivo del experimento, el funcionamiento del experimento, el formato de entrada de datos de cada experimento y los resultados que se obtendrán.

CAPÍTULO IV

Análisis de Resultados

En el presente capítulo se describen brevemente las herramientas utilizadas para testear los laboratorios virtuales implementados y los resultados de los casos de pruebas que se sometieron a cada laboratorio virtual.

“Pruebas (test): Es una actividad en la cual un sistema o uno de sus componentes se ejecuta en circunstancias previamente especificadas, los resultados se observan y registran y se realiza una evaluación de algún aspecto”.

“Caso de Prueba (test case): Un conjunto de entradas, condiciones de ejecución y resultados esperados desarrollados para un objetivo particular”.¹⁶

4.1 Programas utilizadas

Los programas utilizados para comprobar los resultados de cada experimento virtual realizado se describen a continuación (ver tabla13).

Tabla 13. Programas utilizados

Programa	Experimento Virtual
Chac	<ul style="list-style-type: none">• Método de Témez
Sediment 1.0	<ul style="list-style-type: none">• Método de Fleming.• Método de Fourier.• Transporte total de fondo• Transporte en la capa de fondo
Excel	<ul style="list-style-type: none">• Ecuación universal de pérdida de suelos

La utilización de los programas descritos en la tabla, ayudan a comprobar los resultados que se obtienen al realizar la ejecución de un determinado método. Por ello se consigue entregar al usuario final laboratorios con 100% de eficiencia.

4.2 Objetivos de las pruebas

La ejecución de diferentes casos de pruebas permite verificar a cada laboratorio virtual desarrollado para determinar si cumple los objetivos

¹⁶Pruebas deSoftware Ref. [7]

propuestos.

El objetivo de las pruebas aplicadas:

- Encontrar anomalías en los laboratorios virtuales.
- Identificar los casos que generan resultados erróneos en los laboratorios para su análisis respectivo.

4.3 Resultados de las pruebas

Las pruebas fueron realizadas sobre las aplicaciones desarrolladas, donde cada laboratorio virtual fue verificado con las aplicaciones existentes.

Proceso.- En la figura nº 20 se indica el proceso de verificación utilizado para cada método implementado.

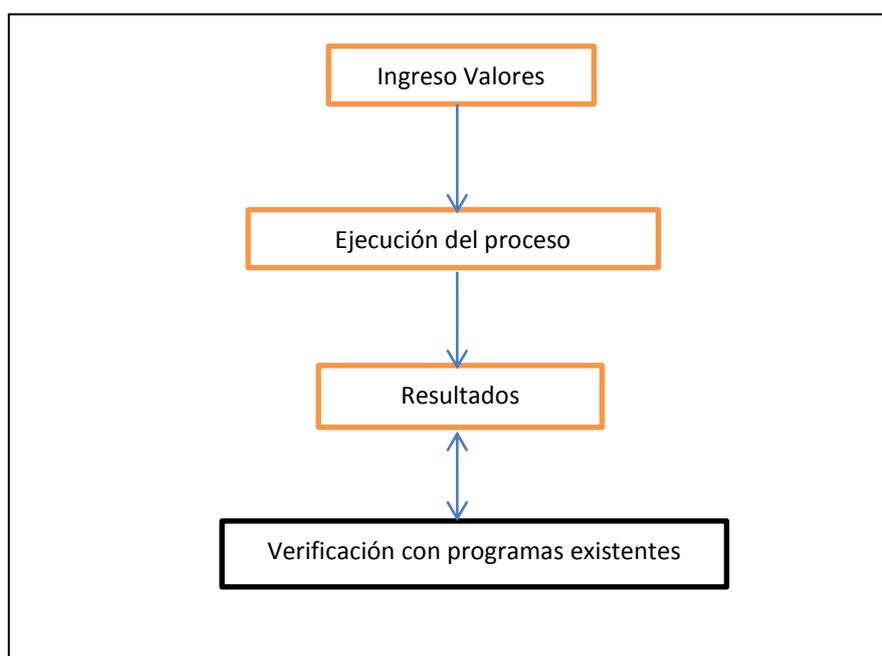


Figura 20. Proceso de verificación métodos virtuales

a. Ecuación universal de pérdida de suelos

Proceso utilizado para realizar la verificación del experimento donde se indican las variables de entrada, la verificación de los resultados con la aplicación realizada y la aplicación existente.

Nro.	Entradas																					
1	Ángulo de inclinación de la pendiente (grados)	<input type="text" value="2"/>																				
	Numero de tormentas erosivas	<input type="text" value="1"/>																				
	Longitud de la pendiente (m)	<input type="text" value="150"/>																				
	Limo (%)	<input type="text" value="44"/>																				
	Arena (%)	<input type="text" value="22.5"/>																				
	Arcilla (%)	<input type="text" value="33.5"/>																				
	Datos de materia orgánica mo (%)	<input type="text" value="0.3"/>																				
	Factor de prácticas de conservación (P)																					
	Permeabilidad (p)																					
	Estructura del suelo (e)																					
	<table border="0"> <thead> <tr> <th>COVERTURA</th> <th>TIPO</th> <th>PORCENTAJE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input checked="" type="radio"/> 25</td> <td><input checked="" type="radio"/> G</td> <td><input checked="" type="radio"/> 0</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 50</td> <td><input type="radio"/> W</td> <td><input type="radio"/> 20</td> </tr> <tr> <td><input type="radio"/> 75</td> <td></td> <td><input type="radio"/> 40</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="radio"/> 60</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="radio"/> 80</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="radio"/> 100</td> </tr> </tbody> </table>	COVERTURA	TIPO	PORCENTAJE	<input checked="" type="radio"/> 25	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> 0	<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> W	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 75		<input type="radio"/> 40			<input type="radio"/> 60			<input type="radio"/> 80			<input type="radio"/> 100
COVERTURA	TIPO	PORCENTAJE																				
<input checked="" type="radio"/> 25	<input checked="" type="radio"/> G	<input checked="" type="radio"/> 0																				
<input type="radio"/> 50	<input type="radio"/> W	<input type="radio"/> 20																				
<input type="radio"/> 75		<input type="radio"/> 40																				
		<input type="radio"/> 60																				
		<input type="radio"/> 80																				
		<input type="radio"/> 100																				
Salidas		Laboratorio virtual																				
Coeficiente etp		<input type="text" value="2.7003"/>																				
Parámetro c de excedencia		<input type="text" value="4422.25"/>																				
Humedad máxima		<input type="text" value="0.0519"/>																				
Infiltración máxima		<input type="text" value="1.7254"/>																				
Caudal sub inicial		<input type="text" value="0.246"/>																				
Humedad inicial		<input type="text" value="0.36"/>																				
Rama de descarga		<input type="text" value="0.6"/>																				
Descarga del acuífero		<input type="text" value="0.0129"/>																				
Aplicación existente																						

b. Transporte de sedimentos (Total y de Fondo)

Nro.	Entradas	
1	Sección del tramo del cauce A(m ²)	
	Perímetro mojado del cauce P(m)	<input type="text" value="89.18"/>

Velocidad media de la corriente U(m/s)	94		
Temperatura del agua t(°C)	1211		
Profundidad del flujo d(m)	20		
Pendiente de la pérdida de carga s(%)	0.96		
	0.07		
<input checked="" type="checkbox"/> Total (granulometría) <input checked="" type="checkbox"/> De fondo (granulometría)			
Diámetro del conjunto de partículas dm(mm)	0.328	Diámetro del conjunto de partículas dm(mm)	0.328
Diámetro del conjunto de partículas d16 (mm)	463	Diámetro del conjunto de partículas d40(mm)	0.3
Diámetro del conjunto de partículas d35(mm)	0.29	Diámetro del conjunto de partículas d50(mm)	0.319
Diámetro del conjunto de partículas d50(mm)	0.319	Diámetro del conjunto de partículas d90(mm)	0.44
Diámetro del conjunto de partículas d84(mm)	0.406	Diámetro máximo de las partículas dmax (mm)	0.677
Peso específico de las partículas ps (kgf/m³)	2650	Peso específico de las partículas ps (kgf/m³)	2650
Salidas	Laboratorio virtual	Aplicación existente	
Transporte de fondo :	3693665.2243	950246245033,9	
Transporte total :	92789929864	3132448639557	
Caudal líquido (m³/s):	107996.98	107996.98	
Viscosidad cinemática del agua (m²/s):	1.01E-06	0.00000101	
Radio hidráulico de la sección del cauce (m):	0.95	0.95	
Ancho del cauce (m):	92.9	92.9	
Esfuerzo cortante que el flujo ejerce sobre el fondo (kgf/m²):	0.67	0.67	
Esfuerzo cortante crítico en el fondo (kgf/m²):	0.03	0.03	
Velocidad de caída de las partículas (m/s):	0.04	0.04	

c. Modelo de Témez

Nro.	Entradas	
1	Año hidrológico inicial	1
	Año hidrológico final	1
	Superficie de la cuenca (km²)	200
	Numero días lluvia por mes	30
	Mes de inicio año hidrológico	Marzo

Archivo de precipitaciones: <input type="text" value="C:\Users\jorge\Downlo"/> <input type="button" value="Examinar..."/> Archivo de e.t.p <input type="text" value="C:\Users\jorge\Downlo"/> <input type="button" value="Examinar..."/> Archivo de caudales: <input type="text" value="C:\Users\jorge\Downlo"/> <input type="button" value="Examinar..."/>		
Salidas	Laboratorio virtual	Aplicación existente
Coefficiente etp	<input type="text" value="1"/>	
Parámetro c de excedencia	<input type="text" value="0.3"/>	
Humedad máxima	<input type="text" value="150"/>	
Infiltración máxima	<input type="text" value="100"/>	
Caudal sub inicial	<input type="text" value="10"/>	
Humedad inicial	<input type="text" value="25"/>	
Rama de descarga	<input type="text" value="0.01"/>	
Descarga del acuífero		

d. Transporte de sedimentos en suspensión

Nro.	Entradas		
1	Sección transversal del cauce a(m ²)	<input type="text" value="5"/>	
	Perímetro mojado del cauce p(m)	<input type="text" value="15"/>	
	Velocidad media del flujo u(m/s)	<input type="text" value="45"/>	
	Temperatura del agua t(°c)	<input type="text" value="10"/>	
	Pendiente de la pérdida de carga s(%)	<input type="text" value="98"/>	
	Granulometría		
	Diámetro medio conjunto de partículas dm(mm)	<input type="text" value="25"/>	
	Peso específico del material p(kgf/m ³)	<input type="text" value="3600"/>	
Salidas		Laboratorio virtual	Aplicación existente
Concentración de sedimentos en suspensión gbs(ppm)		<input type="text" value="17900.617129"/>	<input type="text" value="17900.617129"/>
Cantidad de sedimentos en suspensión gbs(kgf/s)		<input type="text" value="1342.5462847"/>	<input type="text" value="1342.5462847"/>
Cantidad de sedimentos en suspensión q(m ³ /s)		<input type="text" value="75"/>	<input type="text" value="75"/>

CAPÍTULO V

5.1 Conclusiones

- La implementación del laboratorio virtual de hidrología (HYDROVLAB), tuvo un costo de aproximadamente 10000\$, mientras la implementación de un laboratorio físico tiene un costo aproximadamente de 300000\$, con estos datos se puede concluir que se logra un 96.66% aproximadamente en ahorro económicos.
- El servidor web donde está montado el laboratorio virtual posee 4GB de memoria mediante pruebas se ha verificado que el requerimiento mínimo de memoria por instancia es aproximadamente 50MG lo que nos da un valor aproximado de 30 instancias máximas con la cual la aplicación se ejecutara adecuadamente con los recursos físicos de memoria disponibles.
- Mediante el uso de sesiones implementadas en los respectivos laboratorios se logra entornos independientes de ejecución en un 100% en los cuales cada instancia contiene sus propios datos de entrada y la obtención de resultados correspondientes.
- Los laboratorios virtuales de correlación ortogonal y método de Témez permiten realizar el relleno de datos faltantes de las mediciones mensuales o anuales realizadas por una estación meteorológica obteniendo resultados confiables.
- Los diferentes métodos hidrológicos existentes en la hidrología permite realizar análisis históricos (mensuales, anuales, décadas) de mediciones que pueden ser precipitaciones, evapotranspiración, caudales registrados por las estaciones hidrológicas de una determinada cuenca aplicables a situaciones reales.
- El desarrollo de aplicaciones web educativas, científicas, etc, que contribuyan mejorando los procesos de enseñanza aplicados en cualquier área, es una solución que permite mejorar el nivel académico de cualquier usuario que acceda.

- El laboratorio virtual HYDROVLAB esta embebida con la arquitectura de DotNetNuke. Lo que permite disminuir en más del 80% el desarrollo del sitio web debido a la utilización de módulos existentes login, container, administration, etc.

5.2 Recomendaciones

- Se continúe con el desarrollo de nuevos laboratorios virtuales, como tránsito de hidrogramas, evapotranspiración entre otros para mejorar las funcionalidades del sitio web HYDROVLAB.
- Se implemente en el laboratorio virtual HYDROVLAB las opciones de video conferencia entre otros, con la finalidad de dictar cursos online, etc.
- Utilizar control de sesiones en los desarrollos posteriores de laboratorios virtuales para la independencia de resultados, cuando se ejecuta un determinado experimento virtual.
- El sitio web (HYDROVLAB) sea utilizado como una herramienta académica, para el uso de los estudiantes y profesionales interesados en el área de hidrología.

Bibliografía

- [1] Aparicio, F. J. (1992). Fundamentos de Hidrología de superficie. México: Limusa S.A.
- [2] García, A.R, Espinosa, M. W (2004): ESTUDIO, ANÁLISIS YAUTOMATIZACIÓN DE METODOLOGÍAS PARA EL CÁLCULO DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS EN LA SUB-CUENCA DEL RÍO CAMPANA. Tesis de Grado. Universidad Técnica Particular de Loja. Ecuador.
- [3] Roger S. Pressman (2006): INGENIERÍA DEL SOFTWARE (UN EFOQUE PRÁCTICO). México.

Direcciones Electrónicas

- [4] Wikipedia (2010): Cuenca hidrográfica, actualizado 9 de abril 2010 (citado 12 de abril 2010). Disponible en:
http://es.wikipedia.org/wiki/Cuenca_hidrogr%C3%A1fica.
- [5] Guillermo Collazos (2010), ModeloTemezGC, Actualizada febrero de 2009 (citada el 20 noviembre 2009). Disponible en
<http://www.ssd-h2o.com.ar/Download/ModeloTemezGC.pdf>
- [6] DotNetNuke(2010), Professional DotNetNuke 5: Open Source Web Application Framework for ASP.NET, Actualizada octubre del 2009 (citada el 2 de enero del 2010). Disponible en:
<http://files.cnblogs.com/m2land/WROX%20-20ISBN%200764595636%20-%20Professional%20DotNetNuke%20ASP.NET%20Portals.pdf>
- [7] Acuna Cesar (2009), Pruebas de Software, Actualizada octubre del 2009 (citada el 18 de enero del 2010). Disponible en:
http://www.fing.edu.uy/~pgsoasem/documentos/PG-P2005_0026-SAD.pdf
- [8] Wikipedia. Diagrama de clase, Actualizada el 10 mar 2011 (citada el 18 de enero 2011). Disponible en http://es.wikipedia.org/wiki/Diagrama_de_clases

- [9] J.M Drake, UML: Diagramas de actividad y de estados(stateDiagram.pdf)
Disponible en:
http://www.ctr.unican.es/asignaturas/procodis_3_II/Doc/stateDiagram.pdf
- [10] Xavier Ferré Grau (2005), Diagrama de Casos de Uso. Actualizada 24 Octubre 2005 (citada el 12 enero 2011). Disponible en:
http://www.wikilearning.com/tutorial/desarrollo_orientado_a_objetos_con_u_l-diagrama_de_casos_de_uso/6321-5
- [11] Gerardo Moreno, Ingeniería de Software UML. Disponible en:
<http://www.monografias.com/trabajos5/insof/insof.shtml>
- [12] Plaza de entretenimiento. Pruebas, Caso de Prueba de Defecto, Falla, Error, Verificación y Validación. Disponible en:
<http://plaza-entretenimiento.blogspot.es/scritoporplaza-entretenimiento>
- [13] TEMEZ, J.R. (1977): Modelo matemático de transformación Precipitación Aportación, ASINEL 1977
- [14] MODELOS MATEMÁTICOS. [EN LÍNEA] Disponible en:
<http://eicunsa.iespana.es/publicacion/modelosMatematicos.pdf>
- [15] Manual de chac. [En línea] Disponible en: <http://hercules.cedex.es/Chac>
- [16] Sánchez, J. S. (2004). Hidrología e Hidrogeología. [En línea] Disponible en: <http://web.usal.es/~javisan/hidro/temas/T070.pdf>

ANEXO I

Documento de Visión

1. Posicionamiento del Producto

1.1 Definición del Problema

El problema de	La situación actual no existe un conjunto de laboratorios virtuales, que permitan realizar cálculos aplicados a la hidrología.
Afecta a	Responsable de hidrología Usuarios
Cuyo impacto es	El tiempo empleado para resolver un determinado método hidrológica es considerable. Los programas utilizados actualmente no son portables a otros sistemas operativos, limitando el uso al sistema operativo Windows. No existe actualmente un software que integre la mayoría de cálculos utilizados en la hidrología.
Una solución exitosa es	Implementar el sitio web de hidrología. Integrar diferentes métodos de cálculo hidrológicos en el sitio web HYDROVLAB. Permitir a los usuarios del sitio web, analizar los diferentes métodos de cálculo hidrológico que son: Método de Témez, Correlación ortogonal, Hidrogramas unitarios, Cálculo de sedimentos y Ecuación universal de pérdida de suelos.

1.2 Posicionamiento del Producto

Para	Responsable de hidrología Usuarios
Quién(es)	<p>Analizan diferentes métodos aplicados a la hidrología. Requieren utilizar una herramienta que optimice los cálculos hidrológicos y la obtención de resultados confiables.</p> <p>Realizan el relleno de datos de las precipitaciones mensuales o anuales, de los métodos de correlación ortogonal y método de Témez con la utilización de información histórica registrada por las estaciones meteorológicas.</p> <p>Necesitan visualizar resultados gráficamente de los métodos de correlación ortogonal, Témez, hidrogramas unitarios, etc.</p>
El	Laboratorio Virtual de Hidrología (HYDROVLAB).
Que	<p>Implementa laboratorios virtuales para realizar los cálculos hidrológicos.</p> <p>Posee manual de usuario de cada laboratorio virtual.</p> <p>Permite obtener resultados de los métodos hidrológicos para su respectivo análisis de los usuarios.</p> <p>Los laboratorios virtuales implementados en el sitio web HYDROVLAB son fáciles de utilizar.</p>
A Diferencia	<p>Las herramientas actualmente utilizadas son de escritorio, necesariamente deben ser instaladas para realizar una ejecución.</p> <p>No brinda las funcionalidades que los usuarios desearían.</p> <p>Algunos métodos no poseen aplicaciones software que permitan realizar una ejecución.</p>
Esta Aplicación	<p>Mejora los procesos de análisis de los métodos de cálculo hidrológicos utilizados en el área de hidrología.</p> <p>Agrupar los métodos de cálculo hidrológico en una sola</p>

	<p>aplicación para ser usados por los usuarios: Método de Témez, Correlación ortogonal, Hidrogramas unitarios, Ecuación universal de pérdida de suelos y Cálculo de sedimentos.</p> <p>Posee manual de usuario de cada experimento virtual implementado.</p> <p>Implementa la administración del sitio web.</p> <p>Implementa herramientas web 2.0.</p>
--	---

2. Resumen de los Afectados/Involucrados

Nombre	Descripción	Responsabilidades
Responsable de hidrología	Responsable de la creación del sitio web y de las funcionalidades que están implementadas	<p>Define los requerimientos del negocio, necesidades y los laboratorios virtuales a ser realizados.</p> <p>Revisa los laboratorios realizados para determinar su estado correcto.</p> <p>Identifica necesidades futuras para ser implementadas en el sitio web</p>
Usuarios	Son los que acceden al sitio web de hidrología	<p>Utilizan los laboratorios virtuales que están disponibles en el sitio web.</p> <p>Encargados de realizar estudios correspondientes a los diferentes métodos de cálculos hidrológicos, con criterio técnicos para realizar análisis correspondientes de los datos obtenidos.</p>

3. Resumen de Usuarios

Nombre	Descripción	Afectado al que representa
Responsable de hidrología	Responsable de la creación del sitio web y de las funcionalidades que están implementadas	Docente investigador
Usuarios	Son los usuarios que acceden al sitio web de hidrología	Usuarios

4. Necesidades de los Afectados/Usuarios

4.1 Necesidades comunes de todos los afectados

Necesidad	Prioridad	Solución Actual	Soluciones Propuestas
Realizan cálculos hidrológicos	Alta	Realizan cálculos utilizando software informático y procesos manuales.	El sitio web de hidrología para realizar los diferentes métodos de cálculo hidrológicos.
Desarrollar los métodos de: Método de Témez, Correlación Ortogonal, Ecuación universal de pérdida de suelos, Transporte de Sedimentos, Hidrogramas unitarios.	Alta	Se utilizan software informático Chac, Sediment v.1.0.	El sitio web de hidrología debe implementar los experimentos virtuales: Método de Témez, Correlación Ortogonal, Ecuación del suelo, Transporte de Sedimentos.
Verificar el método de Témez, Correlación Ortogonal, Ecuación universal de pérdida	Alta	Utilizando los programas Chac, Sediment v.1.0, proceso manual.	El sitio web de hidrología implementa los experimentos virtuales.

de suelos, Transporte de Sedimentos, Hidrógramas unitarios.			
---	--	--	--

4.2 Responsable de hidrología

Necesidad	Prioridad	Solución Actual	Soluciones Propuestas	Preocupación
Disponer de una solución que integre varios métodos de cálculo hidrológicos.	Alta	Se utiliza software informático	El sitio web incorpora todos los métodos de cálculo hidrológicos propuestos para el desarrollo del proyecto.	El servidor que aloja la aplicación no posee los recursos de memoria y procesamiento, cuando se ejecuten varios experimentos simultáneamente.
El servidor tenga la capacidad de responder a todos los usuarios sin necesidad de colapso.	Alta	La utilización de las herramientas actuales no poseen esta preocupación	Son ejecutadas sobre el servidor	Que existan varias ejecuciones de diversos experimentos en el servidor.

4.3 Usuarios

Necesidad	Prioridad	Solución Actual	Soluciones Propuestas	Preocupación
-----------	-----------	-----------------	-----------------------	--------------

Los experimentos virtuales implementen un ejemplo de cada laboratorio	Alta	Las herramientas actuales no implementan esta opción	Los experimentos virtuales implementen la opción de carga de ejemplo	
Ejecución de los métodos de Témez, correlación ortogonal.	Alta	Los archivos para el análisis de cada método son en formato (.txt).	Existe un directorio para almacenar los archivos que son cargados en el servidor.	Los archivos estén en formato correcto.
Ejecución del método ecuación del suelo	Alta	No existen herramientas que permitan realizar estos cálculos	Se implementa en el sitio web HYDROVLAB el método de ecuación del suelo	

5 Resumen del Producto

5.1 Perspectiva del Producto

Laboratorio virtual	Descripción
Correlación Ortogonal.	El laboratorio de análisis incluye el dibujo de series temporales, cronogramas, estaciones homogéneas y relleno de datos faltantes de los meses que no se ha registrado la medición.
Método de Témez.	Permite realizar la recalibración de los caudales observados y simulados, relleno de datos faltantes de los meses que no se ha registrado la medición.
Transporte de	Este laboratorio permite realizar los métodos de transportes de

sedimentos.	sedimentos: transportes de sedimentos en suspensión, transporte de sedimentos total y de fondo, Fourier, Khosla y Fleming.
Hidrogramas unitarios.	Este laboratorio permite realizar los Hidrógramas de máxima crecida, Hidrógramas de duración de la tormenta, Hidrógramas de efecto del uso del suelo y de precipitación de la tormenta.
Ecuación del suelo.	Este laboratorio permite realizar el análisis de la pérdida de suelos.
Web 2.0	Son módulos creados que implementa la web 2.0 (foros, Wiki).

5.2 Resumen de Capacidades

- Utilizan datos históricos de precipitaciones medidas en las estaciones meteorológicas para el análisis de correlación ortogonal.
- Utilizan datos históricos de precipitaciones, evapotranspiración y caudales medidos en las estaciones meteorológicas para el análisis del método de Témez.
- Implementación de los métodos de cálculo hidrológicos propuestos.
- Ver gráficas en los métodos de Témez, Hidrogramas unitarios y Correlación ortogonal.

ANEXO II

Especificación de Requerimientos de Software

1. Introducción

1.1 Descripción

Los requerimientos de software permiten determinar las funcionalidades que debe implementar un programa informático. La implementación del laboratorio virtual de hidrología está orientada al uso académico, los usuarios pueden realizar ejecuciones de los laboratorios existentes.

1.2 Problemas existentes

Aprendizaje: La falta de un sistema informático que agrupe e implemente diferentes métodos de cálculo hidrológicos, que pueden ser utilizados por cualquier usuario, limita la capacidad de realizar simulaciones modificando los parámetros de entrada de los laboratorios virtuales implementados.

2. Descripción General

La propuesta del sitio web está concebida para agrupar varios laboratorios virtuales, la agregación continua de nuevos métodos hidrológicos dependiendo de las necesidades que surjan y de los temas de tesis que sean propuestos en el área de hidrología.

2.1 Perspectiva del Software

Características del Producto

A continuación se describen las características principales que están implementadas en el laboratorio virtual:

Correlacion Ortogonal

Series temporales

- **Subida del archivo que contienen los datos a ser analizados**

Para el dibujo de las series temporales, el usuario tiene que seleccionar el archivo que contiene los datos: coordenada x, coordenada y, nombre de la estación, años, año inicial y año final. Subido el archivo de datos el usuario puede seleccionar la gráfica de cada estación donde el eje x (representa a los años), el eje y (representa al valor de la precipitación).

Cronograma

- **Análisis del cronograma**

Para realizar la gráfica de los datos de cada estación desde el año inicial hasta el año final en las que fueron medidas las precipitaciones.

Generación de gráficas de estaciones homogéneas

- **Forman parte del grupo.**

Se visualizan el gráfico de todas las estaciones existentes, cuando el usuario selecciona el nombre de la estación en la lista de estaciones pasa a ser parte del grupo y en la gráfica se dibuja el punto en las coordenadas de otro rojo.

- **No forman parte del grupo**

Se visualizan el gráfico de todas las estaciones existentes, cuando el usuario selecciona el nombre de la estación en la lista de estaciones que forman parte del grupo pasa a ser parte del no forman parte del grupo y en la gráfica se dibuja el punto en las coordenadas de otro azul.

LLUVIAS CORRENTIAS

EFFECTO DE LA DURACIÓN DE LA TORMENTA

- **Ingreso de parámetros necesarios para el método**

El ingreso de los parámetros que corresponden al área de la cuenca $a_c(\text{km})$, longitud del cauce principal $l(\text{km})$, Pendiente media del cauce $j(\text{m/m})$, Precipitación efectiva $p_e(\text{mm})$, Duración efectiva de (h)

- **Resultados de la ejecución del método**

Los datos obtenidos de la ejecución de este método son: Fórmulas utilizadas, Formula de kirpich, Formula californiana (del u.s.b.r), Formula de giandotti, Formula de témez, Tiempo de concentración definitivo $t_c(h)$, Tiempo de retraso $t_r(h)$, Tiempo pico $t_p(h)$, Tiempo base $t_b(h)$, Caudal pico $q_p(\text{m}^3/\text{s}/\text{mm})$.

- **Generación de gráficos del hidrogramas**

Los gráficos realizados al realizar la ejecución de este método son: hidrograma unitario triangular, hidrograma unitario a dimensional donde las gráficas corresponden a las precipitaciones ingresadas.

EFFECTO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA EN LA TORMENTA

- **Ingreso de parámetros necesarios para el método**

El ingreso de los parámetros que corresponden son: Área de la cuenca $a_c(\text{km})$, Longitud del cauce principal $l(\text{km})$, Pendiente media del cauce $j(\text{m/m})$, Duración efectiva de (h) , Precipitación efectiva $p_e(\text{mm})$

- **Resultados de la ejecución del método**

Los datos obtenidos de la ejecución de este método son: Formula de kirpich, Formula californiana (del u.s.b.r), Fórmula de giandotti, Fórmula de témez, Tiempo de concentración definitivo $t_c(h)$, Tiempo de retraso $t_r(h)$, Tiempo pico $t_p(h)$, Tiempo base $t_b(h)$, Caudal pico $q_p(\text{m}^3/\text{s})$

- **Generación del gráficas del hidrógrama**

Los gráficos realizados tras la ejecución de este método son: hidrógrama unitario triangular, hidrógrama unitario a dimensional donde las gráficas corresponden a las precipitaciones ingresadas.

EFFECTO DEL USO DEL SUELO

- **Ingreso de parámetros necesarios para el método**

El ingreso de los parámetros que corresponden son: Área de la cuenca $a_c(\text{km})$, Longitud del cauce principal $l(\text{km})$, Pendiente media del cauce $j(\text{m/m})$, .Precipitación total $p_t(\text{mm})$. Se debe de seleccionar el tipo de vegetación y los parámetros correspondientes para determinar la precipitación efectiva.

- **Resultados de la ejecución del método**

Los datos obtenidos de la ejecución de este método son: Fórmula de kirpich, Fórmula californiana (del u.s.b.r), Fórmula de giandotti, Fórmula de temez, T_c definitivo, Tiempo de retraso $t_r(h)$, Duración en exceso de (h) , Tiempo pico $t_p(h)$, Tiempo base $t_b(h)$, Caudal pico q_p .

SIMULACION CONTINUA

ECUACIÓN UNIVERSAL DE PÉRDIDA DEL SUELO

- **Ingreso de parámetros para el proceso de cálculo de la ecuación**

Ingreso de los parámetros correspondientes para realizar los cálculos, los datos son: pendientes (m), ángulo de inclinación de la pendiente (grados), número de tormentas erosivas, longitud de la pendiente (λm), limo (%), arena (%), arcilla (%), datos de materia orgánica mo (%), estos parámetros son los necesarios para realizar el correspondiente cálculo.

- **Ejecutar el cálculo de la ecuación**

Ingresados todos los parámetros, se presentan al usuario los resultados de la ecuación.

METODO DE TEMEZ

- **Subida de archivos de precipitaciones, caudales, evapotranspiración.**

Los datos de las mediciones de las estaciones meteorológicas deben de estar almacenados archivos con formatos de textos (.txt), subidos por los usuarios de forma remota para realizar el respectivo análisis.

- **Gráfica de re calibración del modelo**

El laboratorio debe permitir recalibrar los datos de los caudales observados, ingresar en el formulario los parámetros necesarios que permiten realizar la gráfica que simula la igualdad entre los puntos mensuales.

2.2 Características de los usuarios

Responsable de hidrología: Posee conocimientos en hidrología y plantea la realización de varios laboratorios virtuales.

Usuarios: Son los usuarios que ejecutaran los laboratorios virtuales existentes en el sitio web de acuerdo a sus necesidades.

2.3 Limitaciones

El servidor que almacena el sitio web posea una capacidad insuficiente de procesamiento para soportar varios usuarios a la vez.

3. Requerimientos Funcionales

REQ1. Ingreso de los parámetros de la ecuación de pérdida de suelo.

Entrada

Los datos correspondientes a la ecuación de pérdida de suelo se describen a continuación:

Parámetros

- **ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA PENDIENTE (grados).**- La inclinación de la pendiente del terreno en grados.
- **NÚMERO DE TORMENTAS EROSIVAS.**- Parámetro para calcular la energía total.
- **LONGITUD DE LA PENDIENTE (λm).**- La longitud de la pendiente del terreno en (m).
- **LIMO (%).**- Porcentaje de limo medido en el terreno.
- **ARENA (%).**- Porcentaje de arena medido en el terreno.
- **ARCILLA (%).**- Porcentaje de arcilla medido en el terreno.
- **DATOS DE MATERIA ORGÁNICA MO (%).**- Porcentaje de materia orgánica medido en el terreno.

Proceso

El usuario ingresa los parámetros de acuerdo a sus necesidades.

Salida

Parámetros mostrados

- **FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLUVIA (R) (MJ.MM.HA-1.H -1.AÑO-1)**
- **MATERIA ORGÁNICA**
- **FACTOR ERODABILIDAD DEL SUELO (K) (T.HA.H.MJ-1.HA-1.MM-1)**
- **FACTOR LONGITUD DE LA PENDIENTE (L) (ADIMENSIONAL)**
- **FACTOR GRADIENTE DE LA PENDIENTE (S) (ADIMENSIONAL)**

- FACTOR DE MANEJO DE CULTIVOS (C) (ADIMENSIONAL)
- FACTOR PRÁCTICA DE CONSERVACIÓN DE SUELOS (P) (ADIMENSIONAL)
- PÉRDIDA DE SUELO POR UNIDAD DE SUPERFICIE (A:) (T. HA-1.AÑO-1)

REQ2. Generación de gráfica de caudales observados vs caudales simulados datos mensuales (Método de Témez).

Entrada

Los parámetros que permiten visualizar la gráfica de los caudales del método de Témez se indican a continuación.

Parámetros

- Año hidrológico inicial.-Este parámetro corresponde al año hidrológico inicial.
- Año hidrológico final.- El parámetro corresponde al año hidrológico final.
- Superficie de la cuenca.- El parámetro del área de la cuenca.
- Número de días de lluvia por mes.- El parámetro del número de días de lluvia por mes medidos.

Archivos

- Precipitaciones.- Archivo que contienen los registros de las precipitaciones medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros (archivo.txt).
- Evapotranspiración.- Archivo que contienen los registros de la evapotranspiración medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros (archivo.txt).
- Caudales.- Archivo que contienen los registros de las caudales medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros (archivo.txt).

Proceso

Ejecutado el método se obtienen las siguientes gráficas.

Gráfica 1 Caudales simulados mensuales

Esta gráfica se realiza utilizando los datos de los archivos subidos por el usuario que son sometidos a procesos de cálculo respectivos.

Gráfica 2 Caudales observados mensuales

Esta gráfica se realiza utilizando los datos de los archivos subidos por el usuario que son sometidos a procesos de cálculo respectivos.

Salida

Se visualiza la correspondiente gráfica con sus datos en el eje x, eje y, cada línea representa el tipo de caudal, rojo (caudal observado mensual) y azul para (caudal simulado mensual).

REQ3. Gráfico de caudales observados vs caudales simulados datos anuales (Método de Témez).

Entrada

Los datos para esta gráfica de los caudales anuales observados corresponden a los datos ingresados del requerimiento anterior REQ2.

Proceso

Ejecutado el método se obtienen las siguientes gráficas.

Gráfica 1 Caudales simulados anuales

Esta gráfica se realiza utilizando los datos de los archivos subidos por el usuario que son sometidos a procesos de cálculo respectivos.

Gráfica 2 Caudales observados anuales

Esta gráfica se realiza utilizando los datos de los archivos subidos por el usuario que son sometidos a procesos de cálculo respectivos.

Salida

Se visualiza la correspondiente gráfica con sus datos en el eje x, eje y, cada línea representa el tipo de caudal, rojo (caudal observado anual) y azul para (caudal simulado anual).

REQ4. Ingreso de los parámetros para Transporte de sedimentos (total y de fondo)

Entrada

Los parámetros correspondientes para calcular el transporte total y de fondo se describen en la siguiente sección:

Parámetros

- SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUCE A (m).- Parámetro que corresponde a la sección del cauce del área.
- PERÍMETRO MOJADO DEL CAUCE P (m).- Parámetro que indica el cauce del río.
- VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO U (m/s).- Parámetro de la velocidad del flujo de los sedimentos.
- TEMPERATURA DEL AGUA t(C).- Parámetro que corresponde a la temperatura del agua.
- PENDIENTE DE LA PÉRDIDA DE CARGA S (%).- Parámetro que corresponde a la pendiente del río.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL P (Kgf/m).- Peso específico de material que es arrastrado por el río.

Se debe de seleccionar el tipo de transporte (total o de fondo) los datos ingresados dependiendo de la selección:

Transporte total

- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D16 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D35 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D50 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D84 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS ps (Kgf/m³).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.

Transporte de fondo

- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D40 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.

- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D50 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS D90 (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- DIÁMETRO MÁXIMO DE LAS PARTÍCULAS Dmax (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- PESO ESPECÍFICO DE LAS PARTÍCULAS ρ_s (Kgf/m³).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.

Proceso

Los datos ingresados son utilizados para realizar el posterior cálculo además se realiza el proceso de cálculo utilizando las correspondientes fórmulas para obtener el resultado.

Salida

Los parámetros mostrados son los siguientes:

Parámetros mostrados

- TRANSPORTE DE FONDO
- TRANSPORTE TOTAL
- CAUDAL LÍQUIDO (m³/s)
- VISCOSIDAD CINEMÁTICA DEL AGUA (m²/s)
- RADIO HIDRÁULICO DE LA SECCIÓN DEL CAUCE (m)
- ANCHO MEDIO DEL CAUCE (m)
- ESFUERZO CORTANTE QUE EL FLUJO EJERCE SOBRE EL FONDO (kgf/m²)
- ESFUERZO CORTANTE CRÍTICO EN EL FONDO (kgf/m²)
- VELOCIDAD DE CAÍDA DE LAS PARTÍCULAS (m/s)

REQ5. Ingreso de los parámetros para Transporte de sedimentos en suspensión

Entrada

Los parámetros correspondientes al transporte de sedimentos en suspensión son los siguientes:

Parámetros

- SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUCE A (m).- Parámetro que corresponde a la sección del cauce del área.
- PERÍMETRO MOJADO DEL CAUCE P (m).- Parámetro que indica el cauce del río.
- VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO U (m/s).- Parámetro de la velocidad del flujo de los sedimentos.
- TEMPERATURA DEL AGUA t(C).- Parámetro que corresponde a la temperatura del agua.
- PENDIENTE DE LA PÉRDIDA DE CARGA S (%).- Parámetro que corresponde a la pendiente del río.
- DIÁMETRO MEDIO DEL CONJUNTO DE PARTÍCULAS Dm (mm).- Parámetro que corresponde al diámetro de la partículas del sedimentos.
- PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL P (Kgf/m).- Peso específico de material que es arrastrado por el río.

Proceso

Los datos ingresados son utilizados para realizar el posterior cálculo, se realizan el proceso de cálculo utilizando las correspondientes fórmulas que permiten obtener el resultado.

Salida

Los parámetros mostrados son los siguientes:

Parámetros mostrados

- SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN gBS(ppm)
- CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN gBS(kgf/s)
- CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN Q(m/s)

REQ6. Ingreso de los parámetros Método de Témez

Entrada

Los parámetros de entrada para realizar la ejecución del método son los siguientes:

Parámetros

Calibración:

Año hidrológico inicial.- Este parámetro corresponde al año hidrológico inicial.

Año hidrológico final.- El parámetro corresponde al año hidrológico final.

Superficie de la cuenca.- El parámetro del área de la cuenca.

Número de días de lluvia por mes.- El parámetro del número de días de lluvia por mes medidos.

Archivos:

Precipitaciones.- Archivo que contienen los registros de las precipitaciones medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros.

Evapotranspiración.- Archivo que contienen los registros de la evapotranspiración medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros.

Caudales.- Archivo que contienen los registros de los caudales medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros.

Proceso

Se realiza el proceso de cálculo aplicando las diferentes fórmulas y flujos que implementa el método.

Salida

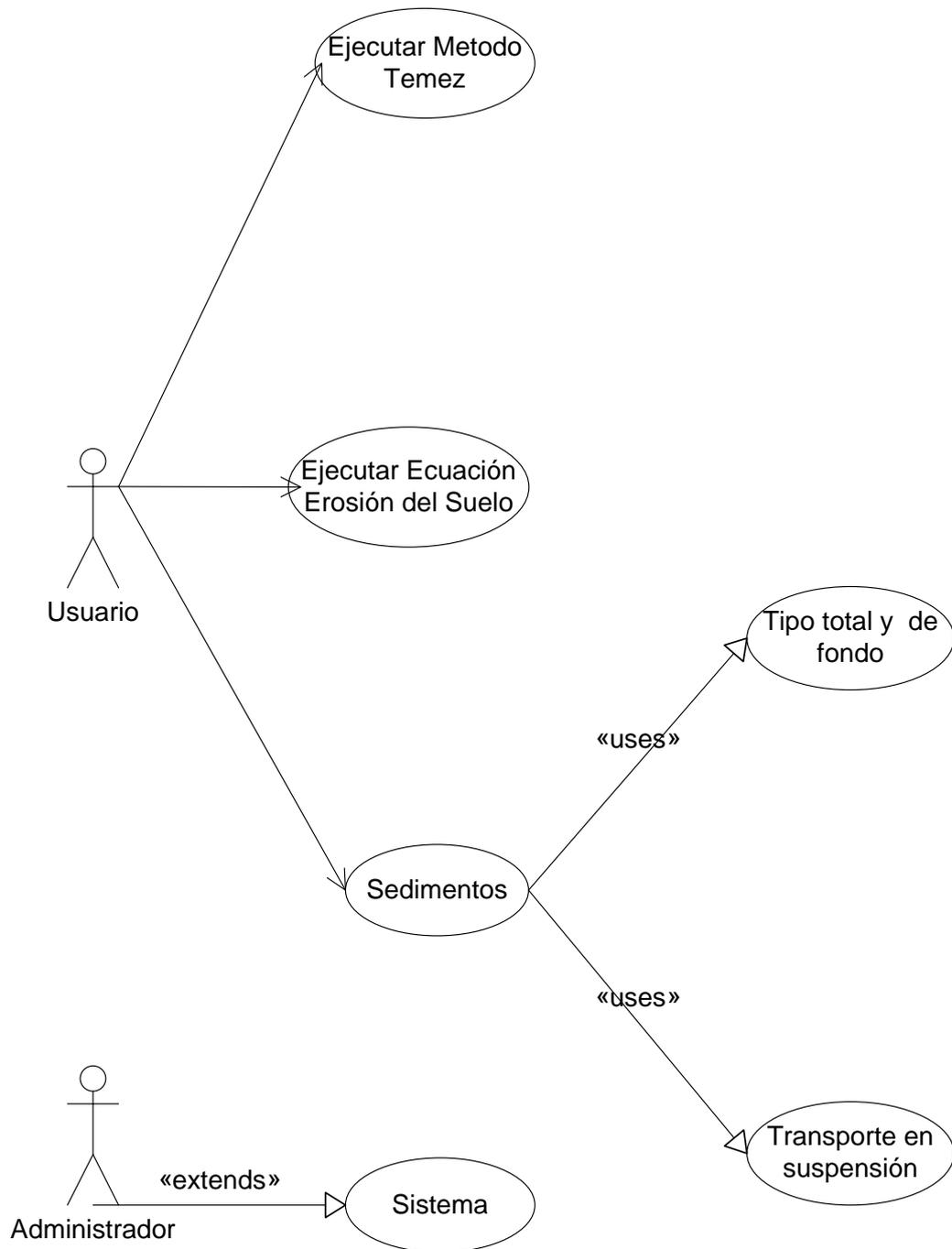
Visualización de las gráficas de los caudales observados y caudales simulados.

ANEXO III

Especificación de casos de
uso

1. Diagrama de casos de uso HYDROVLAB

Diagrama casos de uso(Hydrovlab)



2. Caso de uso ecuación universal de pérdida de suelos

Nombre:	Ecuación Universal de pérdida de suelos	
Actores:	Usuario	
Descripción:	Este caso describe como se realiza el proceso de análisis de la pérdida de suelos, donde se explica el flujo de datos y los parámetros de entrada correspondientes y la obtención del resultado del análisis realizado.	
Precondiciones:	Usuarios que ha iniciado un control de sesión en el sitio web.	
Poscondiciones:	Muestra los resultados en los correspondientes controles de visualización de los parámetros de salida.	
Flujo Normal:	Actor:	Sistema:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realiza la petición de la ejecución de la Ecuación Universal de Pérdida de suelos. 4. Elige una determinada opción del formulario web. 6. Puede elegir las siguientes opciones: <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar nuevamente el experimento, retornando al paso 2 del flujo normal. b. Paso7. 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Requiere el ingreso de los datos para el cálculo de la ecuación de pérdida de suelos (REQ 1). (SF1). 3. El formulario web posee las funcionalidades siguientes: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis. b. Cargar ejemplo. c. Limpiar formulario. 5. Recibe la petición del usuario: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis (RES 1) b. Cargar ejemplo (RES 3). c. Limpiar formulario (RES 2) 7. Terminación del caso de uso.

Sub Flujos	SF 1 Ecuación Universal de pérdida de suelos	
	Actor:	Sistema:
	<p>2. Ingreso de datos para el cálculo de la ecuación universal de pérdida de suelos.</p>	<p>1. Presenta el formulario web para el ingreso de datos que permiten realizar el respectivo análisis (REQ 1):</p> <p>3. Se realizan las siguientes opciones:</p> <p>a. Los datos ingresados están correctamente, sub flujo normal paso 4.</p> <p>b. Datos ingresados incorrectos FA 1.</p> <p>4. El formulario web muestra los resultados obtenidos tras realizar la ejecución del experimento.</p>
Flujo Alternativo:	<p>FA 1: Los datos ingresados incorrectos</p> <p>Datos no ingresados en los controles de entrada se visualiza el mensaje de error.</p>	
Requerimientos Especiales:	<p>RES 1 Ejecutar laboratorio virtual</p> <p>Permite ejecutar el laboratorio virtual.</p>	
	<p>RES 2 Limpiar formulario web</p> <p>Se recarga el formulario web.</p>	
	<p>RES 3 Cargar ejemplo ecuación del suelo</p> <p>El formulario web debe permite la cargar de ejemplo de prueba para que los usuarios puedan comprender los valores de los datos de entrada.</p>	
Excepciones:		
Prioridad:	Alta	
Referencias Cruzadas:		

Asunciones y Dependencias:	
----------------------------	--

3. Caso de uso Transporte de sedimentos (total y de fondo)

Nombre:	Transporte de sedimentos (total y de fondo)	
Actores:	Usuario	
Descripción:	Este caso describe como se realiza el proceso de análisis del transporte de sedimentos (total y de fondo), el ingreso de los correspondientes datos de entrada y la obtención del resultado.	
Precondiciones:	Usuarios que han iniciado un control de sesión en el sitio web.	
Poscondiciones:	Muestra los resultados en los correspondientes controles de visualización de los parámetros de salida.	
Flujo Normal:	Actor:	Sistema:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realiza la petición de la ejecución del método Transporte de sedimentos (total y de fondo). 4. Elige una determinada opción en el formulario web. 6. Puede elegir las siguientes opciones: <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar nuevamente el experimento, retornando 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Requiere el ingreso de los parámetros para el cálculo del transporte de sedimentos (total y fondo). (REQ 4) (SF1). 3. El formulario web posee las funcionalidades siguientes: <ol style="list-style-type: none"> a. Analizar el transporte de sedimentos (total y fondo). b. Cargar ejemplo. c. Limpiar formulario. 5. Recibe la petición del usuario: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis (RES 1) b. Cargar ejemplo (RES 3). c. Limpiar datos (RES 2)

	<p>al paso 2 del flujo normal.</p> <p>b. Paso 7.</p>	7. Terminación del caso de uso.
Sub Flujos	SF 1 Transporte de sedimentos (total y fondo)	
	Actor:	Sistema:
	<p>2. Ingreso de parámetros para el cálculo del transporte de sedimentos (total y de fondo).</p> <p>4. El usuario ingresa los parámetros del transporte de sedimentos total o de fondo.</p>	<p>1. Presenta el formulario web para el ingreso de los parámetros que permiten ejecutar el laboratorio virtual (REQ 4).</p> <p>3. Presenta la interfaz de selección del tipo de transporte (total y de fondo).</p> <p>5. Se realizan las siguientes opciones.</p> <p>a. Los datos ingresados están correctamente, sub flujo normal paso 6.</p> <p>b. Datos ingresados incorrectos FA 1.</p> <p>6. El formulario web muestra los resultados obtenidos tras realizar la ejecución del experimento.</p>
Flujo Alternativo:	<p>FA 1: Los datos ingresados incorrectos</p> <p>Datos no ingresados en los controles de entrada se visualiza el mensaje de error.</p>	
Requerimientos Especiales	<p>RES 1: Ejecutar análisis</p> <p>Se realiza la ejecución del laboratorio.</p>	
	<p>RES 2 Limpiar formulario web</p> <p>Se recarga el formulario web.</p>	

	<p>RES 3 Cargar ejemplo</p> <p>El formulario web debe de permitir cargar un ejemplo de prueba para que los usuarios puedan comprender los valores de los datos de entrada.</p>
Excepciones:	
Prioridad:	Alta
Referencias Cruzadas:	
Asunciones y Dependencias:	

4. Caso de uso transporte de sedimentos en suspensión

Nombre:	Transporte de sedimentos en suspensión	
Actores:	Usuario	
Descripción:	Este caso describe como se realiza el proceso de simulación de transportes de sedimentos en suspensión, donde se requieren los parámetros de entrada y la obtención del resultado de la simulación realizada.	
Precondiciones:	Usuarios que han iniciado un control de sesión en el sitio web.	
Poscondiciones:	Muestra los resultados en los correspondientes controles de salida para la visualización de los resultados.	
Flujo Normal:	Actor:	Sistema:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realiza la petición de la ejecución del método Transporte de sedimentos en suspensión. 4. Elige una determinada opción del formulario web. 6. Puede elegir las siguientes opciones: <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar nuevamente el experimento, retornando 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Requiere el ingreso de los parámetros para el cálculo del transporte de sedimentos en suspensión. (REQ 5). (SF1). 3. El formulario web posee las funcionalidades siguientes: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis. b. Cargar ejemplo. c. Limpiar cálculos. 5. Recibe la petición del usuario: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis (RES 1) b. Cargar ejemplo (RES 3). c. Limpiar datos (RES 2)

	<p>al paso 2 del flujo normal.</p> <p>b. Paso 7.</p>	7. Terminación caso de uso.
Sub Flujos	SF 1 Transporte de sedimentos en suspensión	
	Actor:	Sistema:
	<p>2. Ingreso de datos para el cálculo del transporte de sedimentos en suspensión.</p>	<p>1. Presenta el formulario web para el ingreso de datos que permiten realizar el respectivo análisis (REQ 5).</p> <p>3. Se realizan las siguientes opciones:</p> <p>a. Los datos ingresados están correctamente, sub flujo normal paso 4.</p> <p>b. Datos ingresados incorrectos Sub flujo 1.</p> <p>4. El formulario web muestra los resultados obtenidos tras realizar la ejecución del experimento.</p>
Flujo Alternativo:	<p>FA 1: Los datos ingresados incorrectos</p> <p>Datos no ingresados en los controles de entrada se visualiza el mensaje de error.</p>	
Requerimientos Especiales	<p>RES 1: Ejecutar análisis</p> <p>Se realiza la ejecución del laboratorio.</p>	
	<p>RES 2 Limpiar formulario web</p> <p>Se recarga el formulario web.</p>	
	<p>RES 3 Cargar ejemplo transporte de sedimentos en suspensión</p> <p>El formulario web debe de permitir cargar un ejemplo de prueba para que los usuarios puedan comprender los valores de los datos de entrada.</p>	
Excepciones:		

Prioridad:	Alta
Referencias Cruzadas:	
Asunciones y Dependencias:	

5. Caso de uso Método de Témez

Nombre:	Método de Témez	
Actores:	Usuario	
Descripción:	Este caso describe como se realiza el proceso de simulación del método de Témez, se requieren parámetros de entrada para la obtención de los resultados de la ejecución realizada.	
Precondiciones:	Usuarios que han iniciado un control de sesión en el sitio web.	
Poscondiciones:	Muestra los resultados en los correspondientes controles de salida.	
Flujo Normal:	Actor:	Sistema:
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Realiza petición de la ejecución del Método de Témez. 4. Elige una determinada opción del formulario web. 6. Puede elegir las siguientes opciones: <ol style="list-style-type: none"> a. Realizar nuevamente el experimento, retornando al paso 2 del flujo 	<ol style="list-style-type: none"> 2. Requiere el ingreso de los datos para el cálculo del transporte de sedimentos en suspensión. (REQ 6). (SF1). 3. El formulario web posee las funcionalidades siguientes: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis. b. Cargar ejemplo. c. Limpiar formulario. d. Re calibrar modelo. 5. Recibe la petición del usuario: <ol style="list-style-type: none"> a. Ejecutar análisis. (RES 1). b. Cargar ejemplo. (RES 4). c. Limpiar método. (RES 3). d. Re calibrar método. (REQ 2).

	normal. b. Paso 7.	7. Terminación caso de uso.
Sub Flujos	SF 1 Método de Témez	
	Actor:	Sistema:
	2. El usuario ingresa los datos para realizar el análisis del modelo de Témez.	<p>1. Presenta el formulario web para el ingreso de los parámetros que permiten realizar la ejecución del método (REQ 6):</p> <p>3. Se realizan las siguientes opciones:</p> <p>a. Los datos ingresados están correctamente, sub flujo normal paso 4.</p> <p>b. Datos ingresados incorrectos FA1.</p> <p>4. El sistema muestra gráficas de caudales simulados y observados, (REQ 2), (REQ 3).</p> <p>5. El sistema permite recalibrar el modelo variando los parámetros de entrada dependiendo de las necesidades del usuario.</p>
Flujo Alternativo:	<p>FA 1: Los datos ingresados incorrectos</p> <p>Los parámetros ingresados en los controles de entrada son erróneos.</p>	
Requerimientos Especiales	<p>RES 1: Ejecutar análisis</p> <p>Se realiza la ejecución del laboratorio.</p>	
	<p>RES 2: Recalibrar modelo</p> <p>Para realizar la re calibración del modelo se debe de ingresar los parámetros que permiten recalibrar el modelo.</p> <p>Gráfico de caudales simulados</p> <p>Línea 2: Esta gráfica corresponde a la re calibración del modelo de Témez, los datos de caudales, precipitaciones, evapotranspiración</p>	

medidos por las estaciones meteorológicas y los parámetros para la calibración que son ingresados por el usuario, Coeficiente c, Húmeda inicial, donde los puntos eje (y) corresponde a los datos aplicando este método y los puntos eje (x) corresponden a las mediciones mensuales representadas por los meses del año.

Ej. Archivo de caudales

En	Fe	Ma	Abr	Ma	Jun	Jul	Ag	Se	Oct	No	Dic
e	b	r		y			o	p		v	
12.	15	28	25	14	35	11	14	18	9	12	9

Ej. Archivo de precipitaciones

En	Fe	Ma	Abr	Ma	Jun	Jul	Ag	Se	Oct	No	Dic
e	b	r		y			o	p		v	
12.	15	28	25	14	35	11	14	18	9	12	9

Ej. Archivo de evapotranspiración

En	Fe	Ma	Abr	Ma	Jun	Jul	Ag	Se	Oct	No	Dic
e	b	r		y			o	p		v	
12.	15	28	25	14	35	11	14	18	9	12	9

RES 3 Limpiar Método de Témez

Se recarga el formulario web.

RES 4 Cargar ejemplo Método de Témez

El formulario web permite la cargar de ejemplo de prueba, para que los usuarios puedan comprender los valores de los parámetros de entrada.

Excepciones:

Prioridad:

Alta

Referencias

Cruzadas:

Asunciones

y

Dependencias:

Alta

ANEXO IV

Manual del programador

1. Creación de la base de datos

Para crear una base de datos en Sql Server 2005 que permitirá instalar el DotnetNuke se debe de realizar los siguientes pasos:

- a. En Object Explorer de Microsoft SQL Server Management Studio sobre la carpeta Databases con clip derecho seleccionamos New Database y nos presenta la pantalla para crear la base de datos en la figura 1:

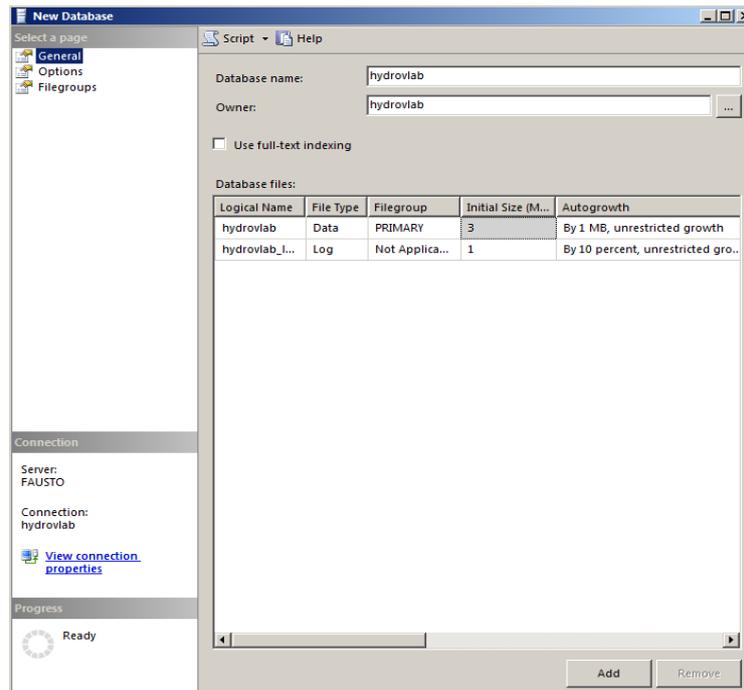


Figura 1. Nueva base de datos

Donde se especifica el nombre de la base de datos, el propietario y presiona el botón, Add y se crea la base de datos.

- b. Creación del usuario para la base de datos creada anteriormente en Object Explorer de Microsoft SQL Server Management Studio sobre la carpeta Security haciendo clip derecho sobre Logins se muestra la siguiente figura 2:

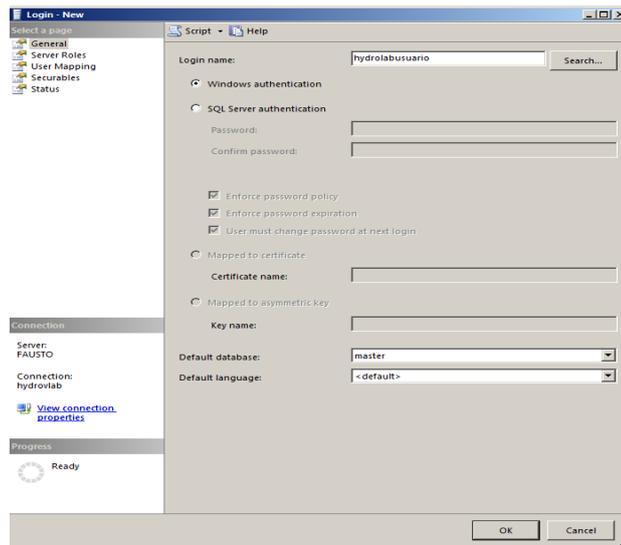


Figura 2. Roles base de datos

En el campo LoginName se especifica el nombre del usuario, en Server Roles se especifica los privilegios del usuario es recomendado activar los campos dbcreator, sysadmin y publicy presionando el botón OK se crea el usuario que tendrá acceso a la base de datos creada anteriormente.

2. Configuración de IIS

Para configurar en el IIS un nuevo sitio web, Inicio, Panel de Control, Herramientas Administrativas, Administrador de Internet Information Services. Con el botón secundario del ratón, seleccionaremos “Nuevo -> Directorio Virtual”, opción que lanzará un asistente figura 3:

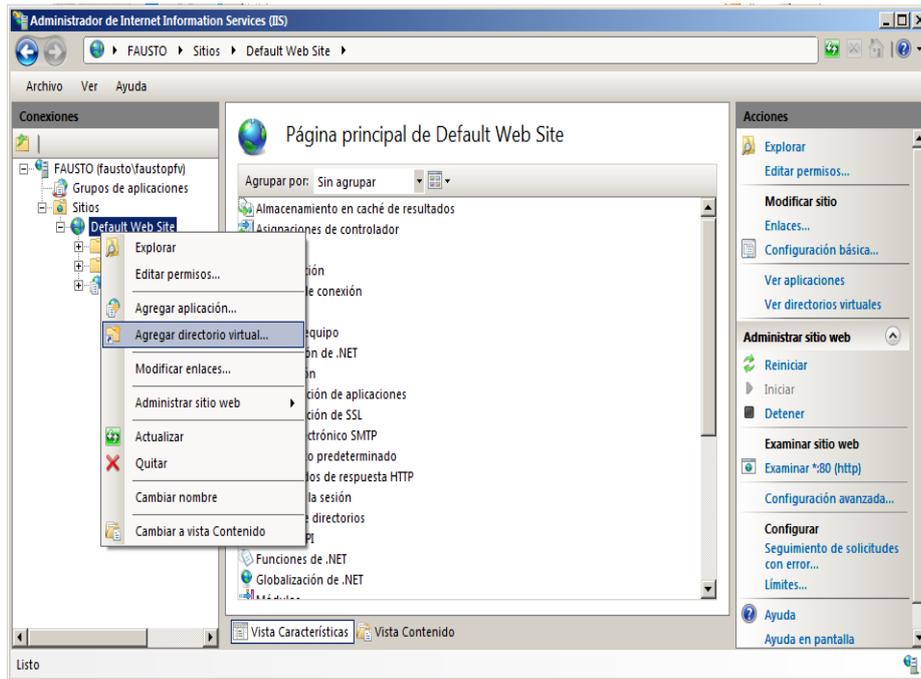


Figura 3. IIS

Acepta en Siguiete y pide el Alias que se debe utilizar para el sitio web. Se asignó el nombre “HYDROVLAB”. Pulsaremos “Siguiete” y le indicaremos la ruta donde se descomprimió el fichero .zip, es decir figura 4, “C:\inetpub\hydrovlab”.

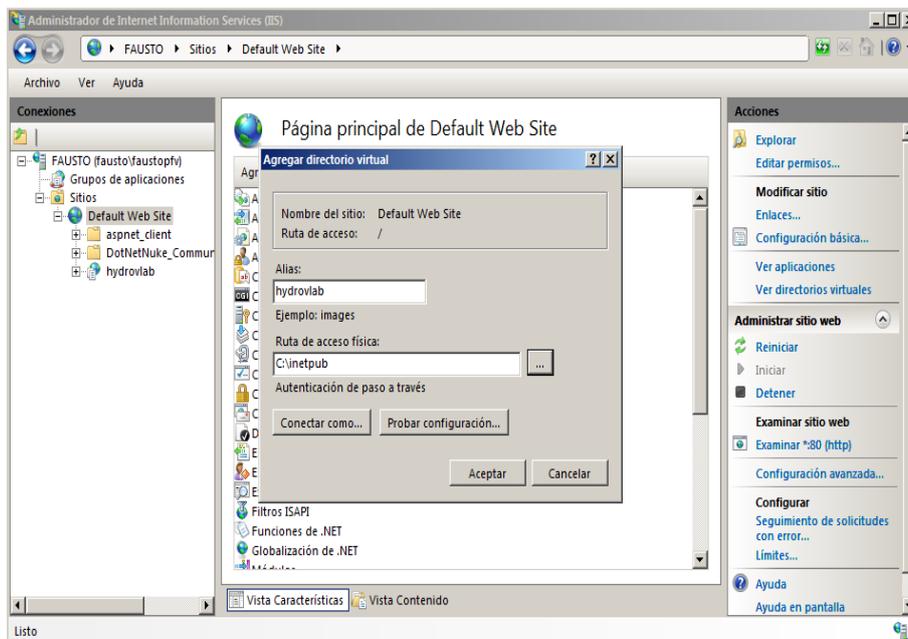


Figura 4. IIS directorio

3. Instalación de DotNetNuke

- a. Lo siguiente es acceder al Internet Explorer escribir <http://localhost/hydrovlab> y les aparece la siguiente pantalla figura 5:

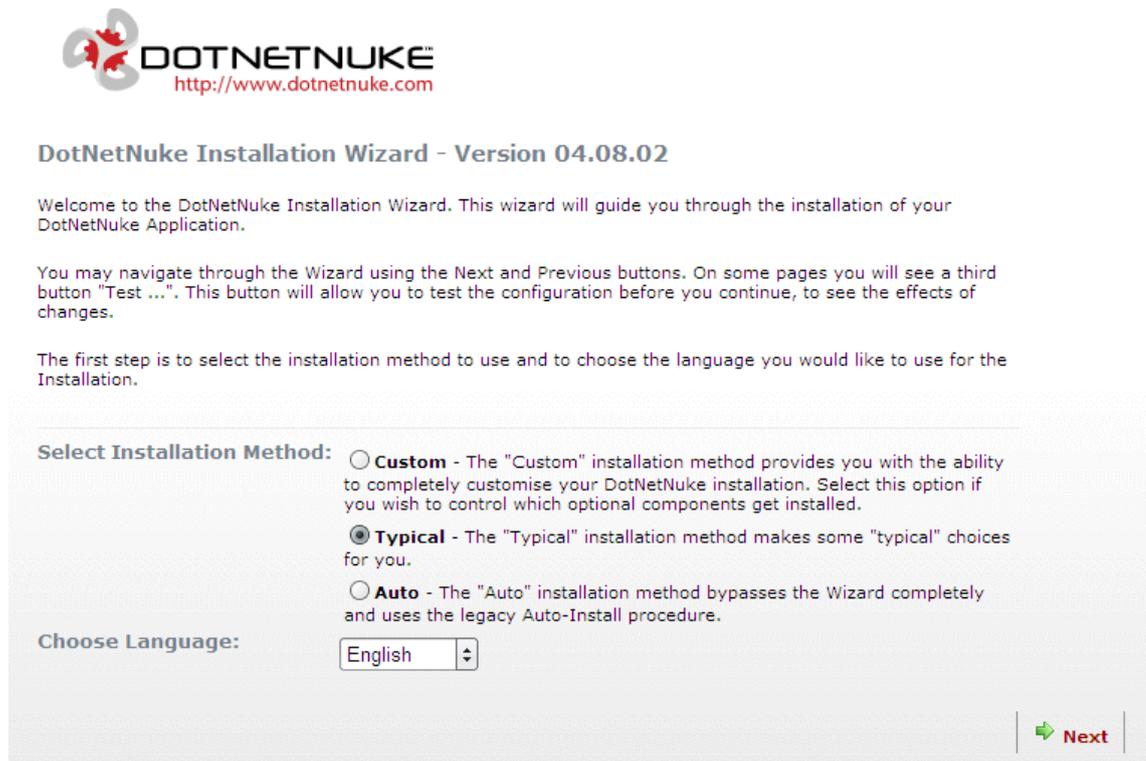


Figura 5. DotNetNuke

- b. Elegir la opción de idioma a Español, y continua con la instalación Típica, click en *siguiente*. En la siguiente pantalla permite comprobar si la carpeta del proyecto tiene los privilegios suficientes. Click en *Prueba de Permisos* figura 6, siguiente:



Verificación de permisos de ficheros

DotNetNuke tiene unas capacidades de carga de ficheros para contenedores, módulos y diseños, muy avanzadas. Estas funciones requieren unos parámetros de seguridad especiales para que la aplicación pueda crear y eliminar ficheros en su web.

Esta página verifica los permisos de fichero actuales para asegurar que estas funciones se ejecutarán correctamente.

Sumario de permisos de fichero:

- Creación de carpeta
- Creación de fichero
- Eliminación de fichero
- Eliminación la carpeta

[📁 Prueba de permisos](#) | [⏪ Anterior](#) | [➡ Siguiente](#)

Figura 6. DotNetNuke permisos

- c. En la siguiente pantalla se refiere a la conexión de la base de datos donde almacena los datos de la instalación y el contenido que se le agrega a DotNetNuke figura 7, siguiente:



Configuración de la conexión a la base de datos

En esta página puede configurar los parámetros de la base de datos que utilizará DotNetNuke. Si está instalando DotNetNuke en un "proveedor de hosting", su proveedor debería haberle proporcionado esta información.

Hay dos opciones para SQL Server 2005. SQL Server 2005 soporta el uso de bases de datos de fichero. En la mayoría de los casos debería escoger la opción Base de datos, pero si está utilizando SQL Server 2005 Express tiene que seleccionar la opción Fichero.

Seleccionar la base de datos: Fichero SQL Server 2005/2008 (Express) Base de datos SQL Server 2005/2008

Servidor: Entre el nombre o dirección IP del servidor que contiene la base de datos (si utiliza Oracle entre el SID).

Base de datos: Entre el nombre de la base de datos

Seguridad integrada: Marque esta opción si está utilizando Seguridad Integrada de SQL Server, esto significa que utilizará su cuenta de Windows para acceder a SQL Server. Si está utilizando SQL Server Express lo más probable es que necesite marcar esta opción. Si le han proporcionado un Usuario/Contraseña para acceder a su base de datos, deje esta opción sin marcar, y entre la combinación de Usuario/Contraseña que tenga.

ID usuario: Entre el ID de usuario para la base de datos

Contraseña: Entre la contraseña para acceder a la base de datos

Acceso com "dbOwner": Marque esta opción si está accediendo a la base de datos com propietario (dbowner). Si lo deja sin marcar se utilizará la identificación del usuario especificado

Prefijo de objetos: Entre un prefijo opcional para utilizar para todos los objetos de base de datos. Esto ayuda a garantizar qu eno haya colisiones de nombres de objetos.

Figura 7. DotNetNuke conexión

Se selecciona la base de datos creada, el nombre de la base de datos, el usuario y la clave y se presiona el botón siguiente.

d. Finalmente se termina de instalar el DotNetNuke.

4. Diccionario de clases

Nombre	Descripción	Métodos y Funciones
Ecuación del suelo	Clase que permite manejar el experimento virtual de "Ecuación Universal de pérdida de	Capa Vista verificarDatosEntrada() verificarParametrosNumericos() cargarEjemplo()

	suelos”	limpiarMetodo() ejecutarMetodo() Capa lógica de negocios codigoEstructuraSuelo() codigoPermeabilidad() codigoPracticaConservacio() coeficienteM()
Método de Témez	Clase que permite manejar el experimento virtual de “Método de Témez”	Capa Vista subirDatos() dibujoQSimulados() dibujoQObservados() ejecutarQObservados() ejecutarQSimulados() cargarEjemplo() limpiarMetodo() Capa lógica de negocios calcularObservados() calcularSimulados() mesDiaT()
Transporte de sedimentos en suspensión	Clase que permite manejar el experimento virtual de “Transporte de sedimentos en suspensión”	Capa Vista ejecutarMetodo() cargarEjemplo() limpiarMetodo()
Transporte de sedimentos total y fondo	Clase que permite manejar el experimento virtual de “Transporte de sedimentos en suspensión”	Capa Vista cargarEjemplo() limpiarMetodo() ejecutarMetodo() crearTabla() imagenFondo() imagenTotal()

		Capa lógica de negocios promediargBTotal() promediargBFondo()
Clase usuario	Clase implementada para obtener el usuario logeado	Capa lógica de negocios getUsuario()

5. Descripción de los atributos

Clase	Atributo	Descripción
ecuacionSuelo	ángulo	Angulo de inclinación de la pendiente grados.
	pendiente	Longitud de la pendiente.
	fila	Numero de tormentas erosivas.
	y	Limo (%).
	ls	Arena (%).
	m	Arcilla (%).
	a	Datos de materia orgánica (%).

mTemez	precipitacionMensuales	Variable que almacena los cálculos de la precipitaciones mensuales
	caudalesMensuales	Variable que almacena los cálculos de la caudales mensuales
	evapotranspiracionMensuales	Variable que almacena los cálculos de la evapotranspiración mensuales
	precipitacionObservados	Variable que almacena los valores de precipitaciones ingresados por el usuario
	caudalesObservados	Variable que almacena los valores de caudales ingresados por el usuario
	evapotranspiracionObservados	Variable que almacena los valores de evapotranspiración ingresados por el usuario
	precipitacionObservados	Archivo que contienen los registros de las precipitaciones medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros
	archivoPrecipitaciones	Archivo que contienen los registros de las precipitaciones medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros
	archivoEvapotranspiración	Archivo que contienen los registros de la evapotranspiración medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros
	archivoCaudales	Archivo que contienen los registros de las caudales medidas en las cuencas (anuales o mensuales) en milímetros
claseTemez	mesDias	El número de días que se inicia el mes hidrológico
	QiSimulados	Para almacenar los caudales simulados mensuales o anuales
	EPi	La precipitación potencial en un determinado mes
	QiTotal	El caudal total mensual que se obtiene al realizar los análisis respectivos sobre los datos de entrada
	Ti	Excedente calculado mensualmente
	Hi	Balance del agua en el suelo
	ERi	La evapotranspiración potencial en un determinado mes
	Asubi	Aportación superficial
	Asupi	Aportación subterránea
	ATotal	Aportación total
	Qi	El resultado de la realización de las interacciones respectivas. Que son

		retornados a la interfaz.
transporedims upencion	secTrancauce	Sección transversal del cauce
	perMojadoCauce	Perímetro mojado del cauce
	velocidaMedia	Velocidad media del flujo
	temperatuAgua	Temperatura del agua
	pendienteCarga	Pendiente de la pérdida de carga
	diametroParticulas	Diámetro medio del conjunto de partículas
	granulomtria	Granulometría
	pesoMaterial	Peso específico del material
transporteSedi mentTotalFondo	D16	Diámetro medio del conjunto de partículas
	D35	Diámetro medio del conjunto de partículas
	D40	Diámetro medio del conjunto de partículas
	imagenesTotal	Almacena las imágenes del transporte total de los autores correspondientes
	imagenesFondo	Almacena las imágenes del transporte fondo de los autores correspondientes
	gBT1	Transporte unitario total de sedimentos del fondo
	gBT2	Transporte unitario total de sedimentos del fondo
	gBT3	Transporte unitario total de sedimentos del fondo
	datosTotal	Para almacenar los resultados del método total
	datosFondo	Para almacenar los resultados del método de fondo

ANEXO V

Manual del Usuario

Laboratorio Virtual de Hidrología (HYDROVLAB)

Permite realizar la ejecución de distintos métodos hidrológicos en una solución web.

1. Acceso al sitio web.

Para acceder al sitio web del laboratorio virtual de hidrología se realizan los siguientes pasos

- Ingresar en el navegador la dirección <http://www.hydrovlab.utpl.edu.ec/>



Figura 1. Página del sitio web laboratorio de hidrología.

- Ingresar usuario (ejemplo)
Nombre usuario: jafierro (1)
Clave : XXXXXX (2)
- Presionar botón Login (3)



Figura 2. Página laboratorio virtual de hidrología usuario registrado

- Para realizar las simulaciones de los laboratorios se pulsa el ítem del menú principal simulación. (1)

2. Menú de las diversas categorías de los laboratorios.



Figura 3. Página para realizar las simulaciones del laboratorio de hidrología

Se muestran las categorías de los diversos tipos de laboratorios de hidrología (1).

- Balance Hídrico
- Evapotranspiración
- Hidráulica de Pozos
- Lluvia escorrentía
- Modelo de Lluvia Escorrentía
- Producción de sedimentos
- Simulación continua
- Tránsito de Avenidas
- Transporte de sedimentos

3. Producción de sedimentos

www.hydrovlab.utpl.edu.ec/SIMULACIÓN/pProducciónsedimentos/tabid/66/language/es-ES/Default.aspx

UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA La Universidad Católica de Loja

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

ceodia

Laboratorio Virtual de Hidrología
Proyecto financiado por CEDIA

HydroVLab

Bienvenidos Simulación Análisis Diseño Foros Wiki Equipo

Estás aquí: SIMULACIÓN > pProducciónsedimentos

karl | Salir

Aplicación	Descripción
Ecuación universal de pérdida de suelos	La ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) es un modelo de erosión diseñado para predecir el porcentaje anual de pérdida de suelo (A) en función de la precipitación de la zona, de la topografía del terreno, características del suelo, de la cobertura vegetal y del manejo del suelo. Foro
Método de Fleming	Permite calcular la producción de sedimentos en una cuenca hidrográfica en base a las características de su cobertura y al caudal medio que ésta presenta. Foro
Método de Fournier	Calcula la producción de sedimentos en una cuenca hidrográfica en base a la precipitación y el relieve. Foro

Figura 4. Página para seleccionar las distintas aplicaciones de la categoría producción de sedimentos.

- Se pulsa el enlace producción de sedimentos (1).
- Se muestra las diversas aplicaciones que se puede realizar en dicho laboratorio.
 - Ecuación universal de pérdida de suelos. (2)
 - Método de Fleming. (3)
 - Método de Fournier. (4)

4. Ecuación universal de pérdida de suelos

Se pulsa el enlace ecuación universal de pérdida de suelos.(2)

The screenshot shows a web-based simulation tool for soil loss. The interface is divided into several sections:

- Input Parameters:**
 - ÁNGULO DE INCLINACIÓN DE LA PENDIENTE (grados): 2
 - NUMERO DE TORRENTAS EROSIVAS: 1
 - LONGITUD DE LA PENDIENTE (m): 150
 - LIMO (%): 44
 - ARENA (%): 22.5
 - ARCILLA (%): 33.5
 - DATOS DE MATERIA ORGÁNICA (NO (%): 0.3
- SELECCIONE FACTORES:**
 - Factor de prácticas de conservación (P): Cultivo en contorno
 - Permeabilidad (p): Muy lenta (d/0.12 cm/h)
 - Estructura del suelo (s): Muy fina granular
- INGRESO DE DATOS DE LAS TORRENTAS:**

Num	I30	I Total
1	5	15
- TIPO Y ALTURA:**
 - COBERTURA: 25 (selected), 50, 75
 - TIPO: o (selected), w
 - En caso de apreciable: [dropdown menu]
 - PORCENTAJE: 0, 20, 40, 60, 80, 100
- Buttons:** EJECUTAR METODO (2), CARGAR EJEMPLO (3), LIMPIAR (4)
- RESULTADOS:** FACTOR EROSIVIDAD DE LA LLLUVIA (R) (SU.MIL.MA-1.H-1.AND-1): 2.7003 (5)

Figura 5. Página para realizar la simulación de la aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos

- Ingresar parámetros para realizar la simulación (1) o pulsar el botón cargar ejemplo para cargar parámetros por defecto. (3)
- Pulsar el botón ejecutar método para generar la simulación. (2)
- Se muestra los resultados de la simulación. (5)

- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado. (4)

5. Método de Fleming

Se pulsa el enlace método de fleming. (3)

Figura 6. Página para realizar la simulación de la aplicación
Método de Fleming

- Ingresar parámetros para realizar la simulación (1) o pulsar el botón cargar ejemplo para cargar parámetros por defecto. (3)
- Pulsar el botón ejecutar método para generar la simulación. (2)
- Se muestra los resultados de la simulación. (5)
- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado. (4)

6. Método de Fournier

Se pulsa el enlace método de fournier. (3)



Fig7. Página para realizar la simulación de la aplicación Método de Fournier.

- Ingresar parámetros para realizar la simulación (1) o pulsar el botón cargar ejemplo para cargar parámetros por defecto. (3)
- Pulsar el botón ejecutar método para generar la simulación. (2)
- Se muestra los resultados de la simulación. (5)
- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado.(4)

7. Transporte de sedimentos

The screenshot shows the website interface for HydroVlab. At the top, there are logos for Universidad Técnica Particular de Loja, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, and Universidad Nacional de Chimborazo. The main banner features a water droplet and the text 'Laboratorio Virtual de Hidrología'. Below the banner, there are navigation tabs: Bienvenidos, Simulación, Análisis, Diseño, Foros, Wiki, and Equipo. The breadcrumb trail indicates the current location: 'Estás aquí: SIMULACIÓN > pTransportesedimentos'. On the left, a 'Categorías' sidebar lists various topics, with 'Transporte de sedimentos' highlighted and circled with a '1'. The main content area, 'Aplicaciones existentes', contains a table with two entries, each circled with a number: '2' for 'Transporte de sedimentos (Total y de Fondo)' and '3' for 'Transporte de sedimentos en suspensión'.

Aplicación	Descripción
Transporte de sedimentos en suspensión	Permite calcular el material transportado por la corriente, tanto dentro de la capa de fondo como en suspensión. Se pueden aplicar los métodos de Colby, Engelund-Hung, Yang, Ackers-White, Brownlie, Karim-Kennedy y Griggs. Foro
Transporte de sedimentos (Total y de Fondo)	Permite calcular el material que es arrastrado por la corriente en la capa de fondo que tiene un espesor igual al diámetro de la partícula considerada. Están disponibles los métodos de Dubois-Straub, Schoklits, Shields, Meyer-Peter-Müller, Levi, Einstein, Einstein-Brown, Sato-Kikkawa-Akiyoshi, Frijlink, Yalin, Pernecker-Vollmer, Inlis-Lacey, Bogardus, etc. Foro

Figura 8. Página para seleccionar las distintas aplicaciones de la categoría transporte de sedimentos.

Se pulsa el enlace transporte de sedimentos. (1)

Se muestra las diversas aplicaciones que se puede realizar en dicho laboratorio.

- Transporte de sedimentos (Total y de fondo). (2)
- Transporte de sedimentos en suspensión. (3)

8. Transporte de sedimentos (Total y de fondo)

Se pulsa el enlace transporte de sedimentos (total y de fondo). (2)

Figura 9. Página para realizar la simulación de transporte de sedimentos (Total y de fondo).

- Ingresar parámetros para realizar la simulación (1) o pulsar el botón cargar ejemplo para cargar parámetros por defecto. (3)
- Se selecciona la pestaña transporte total (6) y se selecciona el nombre de dos autores.
- Se pulsa el botón promediar para calcular el resultado del transporte total. (8)
- Se selecciona la pestaña transporte de fondo (7) y se selecciona el nombre de dos autores.
- Se pulsa el botón promediar para calcular el resultado del transporte de fondo. (8)
- Pulsar el botón ejecutar método para generar la simulación. (2)
- Se muestra los resultados de la simulación. (5)

- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado. (4)

9. Transporte de sedimentos en suspensión

Se pulsa el enlace transporte de sedimentos en suspensión. (3)

www.hydrovlab.utpl.edu.ec/hydrov/experimentos/simulación/tSedimentos/transedimensp.aspx?idioma=es-ES

La Universidad Católica de Loja

Laboratorio Virtual de Hidrología
Proyecto financiado por CEDIA

HydroVlab

TRANSPORTE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN

DATOS DE ENTRADA

SECCIÓN TRANSVERSAL DEL CAUCE (MPS) (1)

PERÍMETRO MOJADO DEL CAUCE (PIPI)

VELOCIDAD MEDIA DEL FLUJO (M/RS)

TEMPERATURA DEL AGUA (°C)

PENDIENTE DE LA PERDIDA DE CARGA (‰)

GRANULOMETRÍA

DIÁMETRO MEDIO CONJUNTO DE PARTÍCULAS (mm) (3)

PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL

Subcuenca del Río Campana

(2) (4)

RESULTADOS

CONCENTRACIÓN DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN (µB/gpm) **17900.6**

CANTIDAD DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN (µB/gts) **1342.54**

CANTIDAD DE DE SEDIMENTOS EN SUSPENSIÓN (hrs) (5)

Figura10. Página para realizar la simulación de transporte de sedimentos en suspensión.

- Ingresar parámetros para realizar la simulación (1) o pulsar el botón cargar ejemplo para cargar parámetros por defecto. (3)
- Pulsar el botón ejecutar método para generar la simulación. (2)
- Se muestra los resultados de la simulación. (5)
- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado. (4)

10. Simulación continua



The screenshot shows the website interface for the Virtual Hydrology Laboratory. At the top, there are logos for Universidad Técnica Particular de Loja, Pontificia Universidad Católica del Ecuador, and Universidad Nacional de Chimborazo. The main header features the 'Laboratorio Virtual de Hidrología' logo and the text 'Proyecto financiado por CEDIA'. Below the header is a navigation menu with links: Bienvenidos, Simulación, Análisis, Diseño, Foros, Wiki, and Equipo. A breadcrumb trail indicates the current location: 'Estás aquí: SIMULACIÓN > pSimulacióncontinua'. On the left, a 'Categorías' sidebar lists various simulation topics, with 'Simulación continua' highlighted by a black circle with the number '1'. The main content area, titled 'Aplicaciones existentes', contains a table with two columns: 'Aplicación' and 'Descripción'. The table lists 'Modelo de Témez' with a detailed description of its calibration and validation process. A black circle with the number '2' is placed over the description text.

Aplicación	Descripción
Modelo de Témez	Calibración y validación del Modelo de Simulación Hidrológica Integral propuesto por TÉMEZ. Se requiere: las series históricas mensuales de precipitación, evapotranspiración potencial y caudales. Se calibra el coeficiente ETP, la humedad máxima, la infiltración máxima, coeficiente de descarga al acuífero, caudal inicial y la humedad inicial. Foro

Figura 11. Página para seleccionar las distintas aplicaciones de simulación continua.

Se pulsa el enlace simulación continua. (1)

Se muestra las diversas aplicaciones que se puede realizar en dicho laboratorio.

- Método de Témez. (2)

11. Método de Témez

Se pulsa el enlace método de Témez. (2)

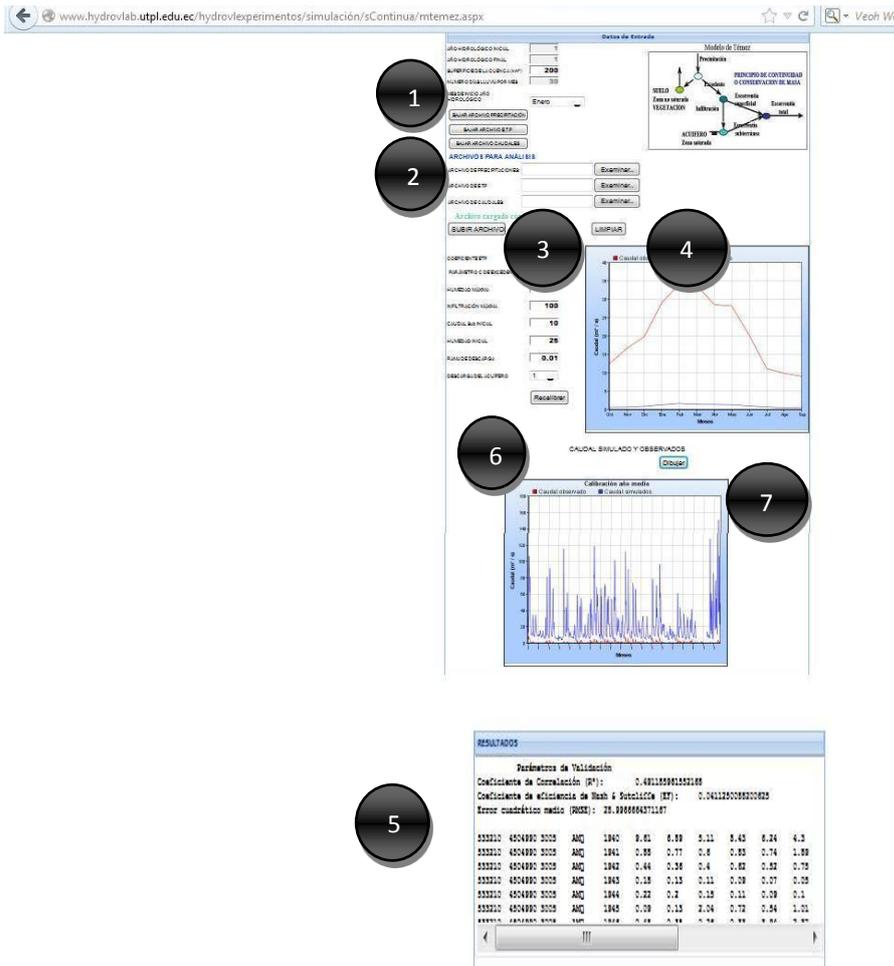


Figura 12. Página para realizar la simulación del método de Témez

- Ingresar parámetro de superficie de la cuenca. (1)
- Pulsar los botones bajar archivo de precipitación, bajar archivo E.T.P y bajar archivo de caudales para descargar los archivos. (2)
- Pulsar el botón subir archivos para cargar los archivos. (3)
- Muestra los parámetros de la simulación y la gráfica de calibración del caudal observado y simulado.
- Se modifica los parámetros establecidos y se pulsa el botón recalibrar para graficar de nuevo el caudal observado y simulado. (6)
- Se pulsa el botón dibujar para graficar el caudal observado y simulado final. (7)
- Se muestra los resultados de la simulación del método de Témez. (5)

- Pulsar el botón limpiar para resetear los parámetros de la simulación y resultado generado. (4)

ANEXO VI

Plan de Pruebas

1. Introducción

La realización del plan de pruebas es para verificar que cada laboratorio virtual realizado funcione correctamente de acuerdo a los requerimientos, se plantean los casos de pruebas y se determinan las salidas esperadas para determinar el cumplimiento del caso de prueba que se ejecutan. Los objetivos esperados son los siguientes:

- Crear casos de prueba en base a los requerimientos obtenidos.
- Verificar el cumplimiento de los casos de pruebas.
- Encontrar errores que se pueden generar al ejecutar un caso de prueba.

2. Alcance

Los laboratorios virtuales que son sometidos a pruebas son los siguientes:

- Ecuación universal de pérdida de suelos.
- Método de Témez.
- Transporte de sedimentos en suspensión.
- Transporte de sedimentos total y fondo.

Los tipos de pruebas que serán realizadas son las siguientes:

- Pruebas unitarias.

Las personas involucradas en realizar las pruebas a los laboratorios virtuales implementados son:

- Desarrollador.

3. Referencias

Los documentos utilizados como referencias para realizar los casos de pruebas son:

- Documento de Visión.
- Casos de Uso.
- Especificación de Requerimientos de Software

4. Identificación de los laboratorios sometidos a pruebas

Los laboratorios virtuales que se realizan ejecuciones de casos de prueba son:

- **Ecuación universal de pérdida de suelos**
La ejecución del experimento realiza el cálculo de la ecuación de pérdida de suelo donde se necesita el ingreso de los parámetros correspondientes y se realiza el cálculo respectivo, visualizados los resultados en la interfaz de usuario.
- **Método de Témez**
Para ejecutar este método de simulación se debe ingresar los archivos correspondientes de caudales, evapotranspiración y precipitaciones, se realizan los respectivos cálculos que permiten obtener las graficas de salida. Grafica caudales simulados mensuales, grafica caudales observados mensuales.
- **Transporte de sedimentos en suspensión**
Este experimento permite realizar el cálculo del transporte de sedimentos en suspensión se necesitan el ingreso de los parámetros correspondientes y se realiza el cálculo respectivo mostrando los resultados en la interfaz de usuario.
- **Transporte de sedimentos total y fondo**
La ejecución del experimento transporte de sedimentos total y de fondo permite determinar la cantidad de sedimentos transportados en un rio aplicando las formulas correspondientes, se ingresan los parámetros correspondientes y se realiza el proceso, visualizando los resultados en la interfaz de usuario.

5. Estrategia de pruebas

Determinar los casos de prueba. Los formatos de entradas son parámetros numéricos y archivos de datos.

6. Tipos de pruebas

Pruebas de funcionamiento

Permiten verificar que los parámetros ingresados generen las respuestas correctas.

Objetivo de la prueba	Verificar salida correcta
Proceso	<ul style="list-style-type: none">▪ Determinar el caso de prueba.▪ Ingresar los parámetros requeridos.▪ Ejecutar el caso de prueba.▪ Verificar los parámetros de salida.
Criterio de verificación	Los resultados sean los correctos.

7. Herramientas

Para realizar la verificación de la ejecución de los casos de prueba se utilizan las siguientes herramientas:

Herramientas
Sediment v.1.0
Chac
Excel
Laboratorios virtuales

8. Recursos tecnológicos

Los recursos tecnológicos utilizados para realizar la ejecución de los casos de pruebas son:

Recursos tecnológicos	
Recurso	Nombre/Tipo
Red	172.16.5.41
Laptop	FAUSTOPFV-HP
Recurso	Nombre/Tipo
Servidor	WEB
Red/SubNet	172.16.5.27
Nombre de Servidor	TSTVLEE