



TESINA DE LICENCIATURA

Título: Herramienta para la Construcción de Escenarios 3D para la Gestión de Recursos Hídricos

Autores: Anabella Di Grazia, Eduardo Sebastián Nola

Directores: Lic. Javier F. Díaz, Lic. Laura A. Fava

Asesor profesional: Juan Pablo Zamora

Carrera: Licenciatura en Sistemas

Resumen

El presente trabajo tiene por objeto el diseño y desarrollo de una herramienta visual que facilite la simulación y la recreación de escenarios hídricos en un territorio virtual, para analizar las diferentes alternativas de asignación de recursos hídricos considerando la interacción de diversos sectores de la demanda (agrícola, urbano e industrial) que brinde soporte en el proceso de formación de capacidades técnicas hídricas y en la comunicación de conceptos a personas no especialistas. También, tiene como objetivo analizar el potencial de los motores gráficos 3D como herramientas para el desarrollo de soluciones prácticas. Para tal propósito se utilizó el motor gráfico Unity3D que sirvió como plataforma para el desarrollo de la herramienta. En esta tesina se describe el desarrollo de la herramienta, la investigación realizada sobre Unity3D, la investigación realizada sobre Recursos Hídricos, y se exploran las posibles líneas de trabajo futuro.

Palabras Claves

Maquetación, Modelado 3D, Recursos Hídricos, Escenarios de Gestión del agua, Motor de juego Unity3D.

Conclusiones

Después de la investigación de cuestiones vinculadas al área de gestión de recursos hídricos y sus problemáticas, se ha propuesto y desarrollado una herramienta para maquetación 3D para su gestión. Se ha investigado sobre diferentes motores de juegos y se ha decidido, por sus prestaciones, utilizar Unity3D para el desarrollo y se han desarrollado sofisticados mecanismos que extienden características del motor.

Trabajos Realizados

Investigación sobre recursos hídricos, su administración y factores climáticos.

Desarrollo de una herramienta para la maquetación 3D de escenarios de Gestión de Recursos Hídricos.

Elaboración de una Manual de Uso y de un Tutorial de la herramienta desarrollada.

Trabajos Futuros

Incorporación de componentes para el armado de escenarios. Mejoras en el cálculo del índice de calidad del agua. Incorporación de heightmaps externos para la edición de terrenos. Modelado de aguas de comportamiento matricial. Vinculación de la herramienta con herramientas de simulación matemática.

ÍNDICE

Capítulo 1	4
1.1 Introducción – Motivación	4
1.2 Objetivos	4
1.3 Estructura del Informe	5
Capítulo 2	6
2.1 Estado del Arte.....	6
2.1.1 international River Interface Cooperative (iRIC)	6
2.1.2 Sistema para Modelado Hidrológico (HEC-HMS)	14
2.1.3 HYDROMANAGER	17
2.1.4. MODFLOW	18
2.1.5 Herramientas de maquetación de escenarios para la Gestión de Recursos Hídricos 19	
Capítulo 3	20
3.1 Motores Gráficos – Unity3D	20
3.1.1 Arquitectura de un Motor Gráfico	22
3.1.2 Unity3D	23
Capítulo 4	29
4.1 Recursos Hídricos	29
4.1.1 Desarrollo Sustentable	30
4.1.2 Contaminación y Tratamiento de Aguas Residuales	31
4.1.3 Usos del Agua.....	34
4.1.4 Cuerpos de Agua	37
4.1.5 Comportamiento de los cuerpos de agua	38
4.2 Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH)	40
4.2.1 Cómo puede la herramienta ayudar a la GIRH.....	41
4.3 Indicadores e Índices	41
4.3.1 Nuestro Índice de Calidad del Agua	42
4.3.2 Índices e Indicadores Secundarios.....	43
4.3.3 Cálculo	43
Capítulo 5	45
5.1 Desarrollo - La Herramienta	45
5.1.1 Resumen de la herramienta	45
5.1.2 Arquitectura.....	46
5.1.3 Maquetación - Modelos 3D - Texturas.....	63

5.1.4	Simulación	66
5.1.5	Reportes	76
5.1.6	Guardar y Exportar.....	76
5.1.7	Plataforma.....	77
5.1.8	Ejemplo de Uso.....	78
Capítulo 6	81
6.1	Futuro de la herramienta	81
6.1.1	Componentes.....	81
6.1.2	Índices	81
6.1.3	Librería de Edición de Terreno	81
6.1.4	Comportamiento Matricial de las Aguas	82
6.1.5	Unión con Herramientas de Simulación Matemáticas.....	82
Capítulo 7	83
7.1	Validación con Especialistas en CONAGUA 2015.....	83
Capítulo 8	85
8.1	Conclusiones y líneas de trabajo futuras	85
8.1.1	Conclusiones	85
8.1.2	Líneas de Trabajo Futuras	86
Bibliografía	87
Anexo I. Ejemplo de Reporte Generado en PDF.....		89
Anexo II. Manual de Uso.....		91

CAPÍTULO 1.

1.1 INTRODUCCIÓN – MOTIVACIÓN

El agua es uno de los recursos más importantes que tenemos en nuestro planeta ya que la necesitamos para vivir y para llevar a cabo muchas de nuestras tareas cotidianas. Sin embargo, es uno de los recursos más comprometidos por factores tales como la contaminación, la sobreexplotación, el incremento de las poblaciones, la crisis energética y el cambio climático. Uno de los desafíos de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) en la actualidad está relacionado con la construcción de capacidades en diferentes espacios de trabajo y ámbitos de educación, tanto formal como no formal. En este contexto y después de varias reuniones con nuestro asesor profesional, quien es el responsable del Módulo de Gestión del Agua del Proyecto Específico PNAGUA 1133034 “Manejo Integral del Agua con Fines Múltiples” del INTA, se puso en evidencia la necesidad de contar con una herramienta informática que colabore con las actividades de formación que llevan a cabo.

Los especialistas en recursos hídricos del INTA realizan actividades tales como análisis, maquetación, modificación y creación de escenarios hídricos en distintas zonas, que comparten y discuten con productores agropecuarios y técnicos de terreno en talleres y reuniones que forman parte de los procesos de formación de capacidades técnicas hídricas[1][2]. Para todas estas actividades no cuentan con ninguna herramienta informática que los ayude, si no que todo lo deben armar a mano con el auxilio de maquetas físicas y afiches para la elaboración de mapas parlantes. Sin embargo, el uso de papel y modelos físicos estáticos a escala presentan sus limitaciones a la hora de representar escenarios hídricos de mayor complejidad en los que intervengan un mayor número de variables a analizar. Por eso es que se propone el desarrollo de una herramienta que les dé la posibilidad de maquetar de una manera más fácil y sencilla el escenario hídrico, además de darles la posibilidad de simular el funcionamiento del mismo y así poder explicar cómo se comportan cada una sus partes (componentes) y cómo las partes se afectan entre sí, pudiendo representar gráfica y dinámicamente las consecuencias de la toma de decisiones y la elección de alternativas de gestión sobre un escenario determinado.

Para el desarrollo de una herramienta que permita construir escenarios hídricos más aproximados a la vida real y simular su comportamiento, emplearemos un motor gráfico 3D para explorar su potencialidad como herramienta para el desarrollo de soluciones prácticas, observando que propuestas de este tipo son escasas en la actualidad.

1.2 OBJETIVOS

El objetivo de esta tesis es desarrollar una herramienta visual que permita la recreación de escenarios hídricos sobre un espacio geográfico virtual para facilitar el análisis de diferentes alternativas de asignación de recursos hídricos considerando la interacción de diferentes sectores de demanda (agrícola, doméstico e industrial). Esta herramienta será utilizada en el proceso de formación en capacidades técnicas hídricas dirigido a comunidades rurales e instituciones de desarrollo rural de los territorios en los que interviene organismos como el INTA. Asimismo, podría ser utilizada por otros especialistas durante su formación técnica, más específicamente durante la maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos[3] para completar ejercicios donde se requiera de la maquetación de escenarios hídricos y su posterior análisis.

1.3 ESTRUCTURA DEL INFORME

En el segundo capítulo de esta tesina se describirán herramientas que se utilizan actualmente para el estudio, simulación y modelación de recursos hídricos.

En el tercer capítulo se abordarán aspectos teóricos sobre motores gráficos en general y sobre Unity 3D que fue el motor gráfico seleccionado para desarrollar la herramienta de maquetación.

En el cuarto capítulo se presentarán los aspectos más generales sobre la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en base al análisis realizado.

En el quinto capítulo se detallará el funcionamiento y desarrollo de la herramienta.

En el sexto capítulo se discutirá sobre el futuro de la herramienta detallando potenciales funcionalidades que son de interés desarrollar.

En el séptimo capítulo se mostrarán los resultados obtenidos de las pruebas de usuario señalando opiniones y oportunidades de mejoras encontradas.

En el último capítulo de esta tesina, se expondrán las conclusiones obtenidas a partir del trabajo realizado y se presentarán posibles líneas de trabajo futuro.

CAPÍTULO 2

2.1 ESTADO DEL ARTE

En la actualidad existen algunas herramientas que permiten realizar simulaciones matemáticas sobre escenarios hídricos de una manera muy precisa pero que no realizan una visualización del escenario simulado con fines didácticos.

2.1.1 INTERNATIONAL RIVER INTERFACE COOPERATIVE (iRIC)

iRIC (International River Interface Cooperative)[4][5] es un software desarrollado con la finalidad de proporcionar un entorno completo de simulación del cauce del río, cuyos resultados pueden ser importados y ser utilizados por los usuarios con fines de análisis, mitigación y prevención de desastres, mediante la visualización de los resultados de la simulación del río.

iRIC utiliza una interfaz estándar, con una barra de menús y una barra de herramientas de fácil uso.

El software iRIC consta de tres funciones principales: preprocesador, post-procesador y el solucionador, así como se muestra en la Figura.

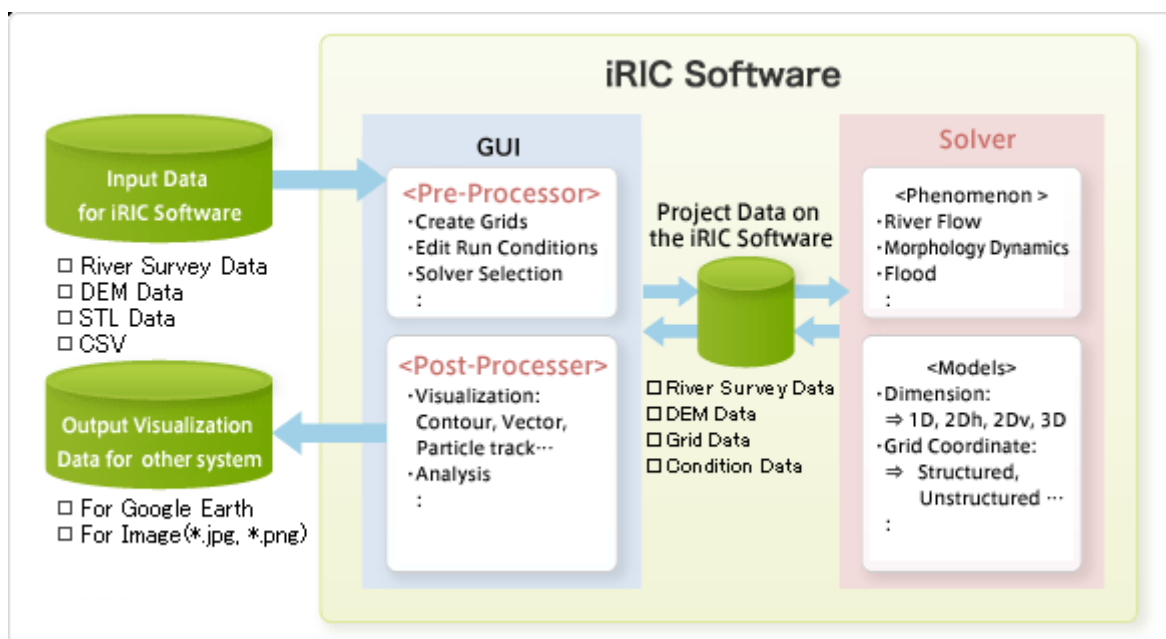


Figura 1. Arquitectura de IEIC

El software iRIC selecciona las funciones adecuadas para el solucionador y prepara el entorno de simulación óptimo de acuerdo a los requerimientos; para esto es necesario tener en claro cuál es nuestro objetivo principal, ya que iRIC cuenta con distintos “solvers” utilizados para casos específicos (como veremos más adelante). Las funciones del iRIC varían dependiendo del método del solucionador elegido.

Pre-procesador

Esta función sirve para crear grillas, introducir datos y el establecimiento de condiciones de cálculo (por ejemplo, las condiciones hidrológicas, métodos de cálculo). Estas grillas pueden crearse a partir de datos monitoreados, por ejemplo datos del monitoreo fluvial.

La introducción de datos, puede ser por medio de las siguientes actividades:

- Importación de datos geográficos
- Edición de datos geográficos
- Creación de una cuadrícula
- Edición de la red
- Ajuste de las condiciones de cálculo

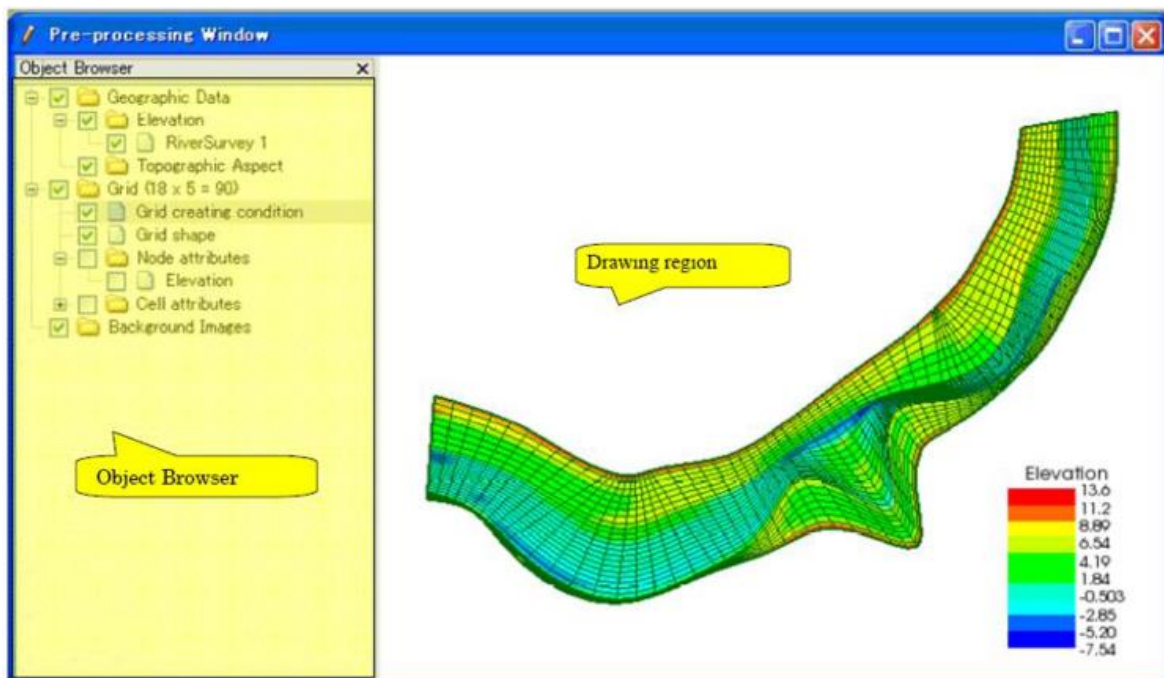


Figura 2. Zona de exploración y región de dibujo.

Post-procesador

Esta función es para la visualización y el análisis de resultados de cálculo que son utilizados para los siguientes propósitos:

- Creación de vector
- Creación de contorno
- Creación de diagramas, gráficos, entre otros

En las siguientes imágenes observamos tres tipos de visualización de los resultados de cálculo que iRIC puede proporcionar:

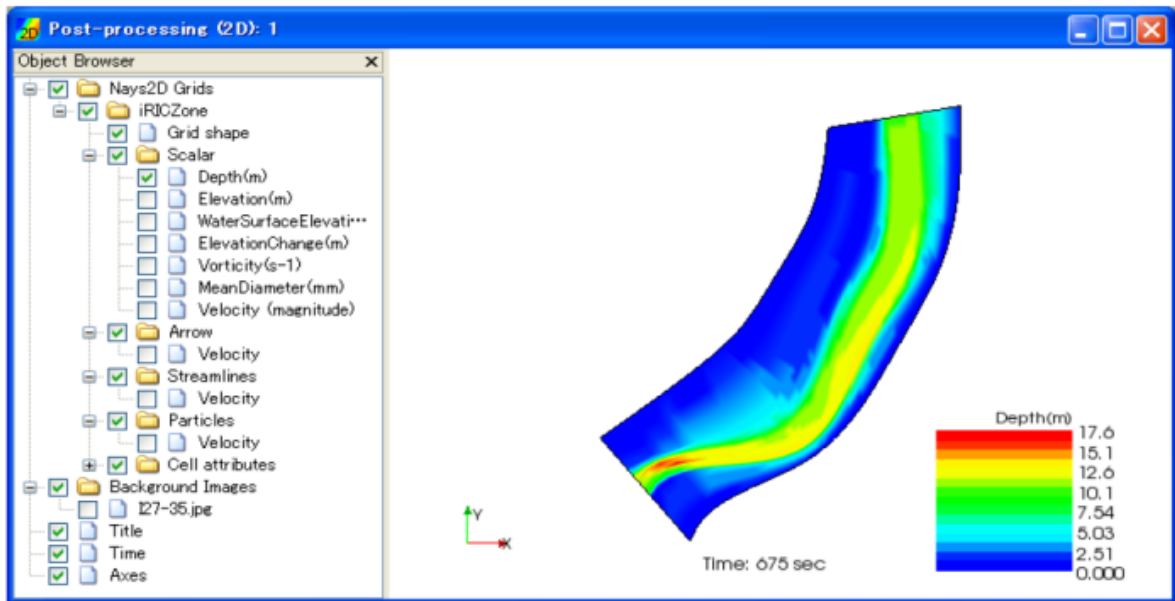


Figura 3. Visualización en 2D

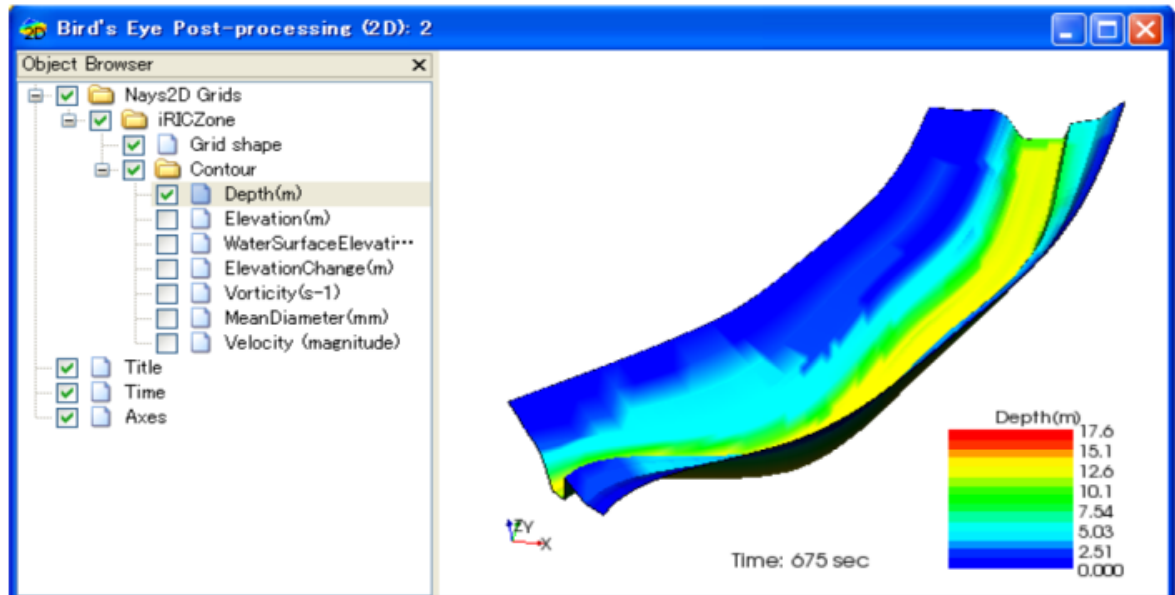


Figura 4. Visualización Bird's-Eye 2D

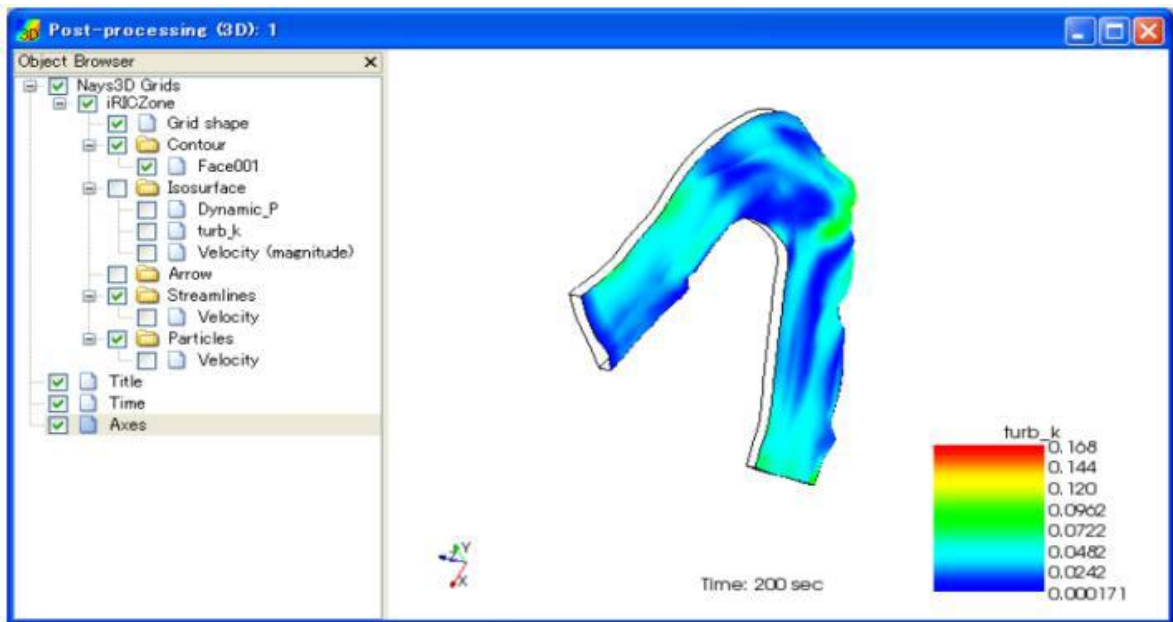


Figura 5. Visualización en 3D

Además, los resultados de visualización se pueden presentar en formatos gráficos como JPG, o enviar a la salida de GoogleEarth.

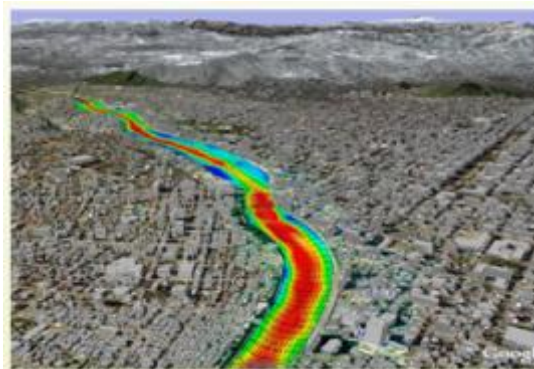


Figura 6. Visualización en Google Earth.

Solucionador

Un solucionador o “solver” es la función que escoge el usuario frente a un problema particular y que devuelve un determinado resultado. El sistema iRIC incluye cuatro modelos para el flujo de río (tres de los cuales incluyen transporte de sedimento y la evolución del lecho del río) y un modelo de evaluación de hábitat. Se los describe a continuación.

Nays

Desarrollado por el profesor Yasuyuki Shimizu de la Universidad de Hokkaido.

- Mediante “Nays”, podemos calcular el flujo del río en dos dimensiones, la variación del cauce y su relación con la erosión lateral.

- El sistema de coordenadas estándar que poseen las grillas, permite que no sólo se haga la evaluación a un solo río, sino también a las confluencias.

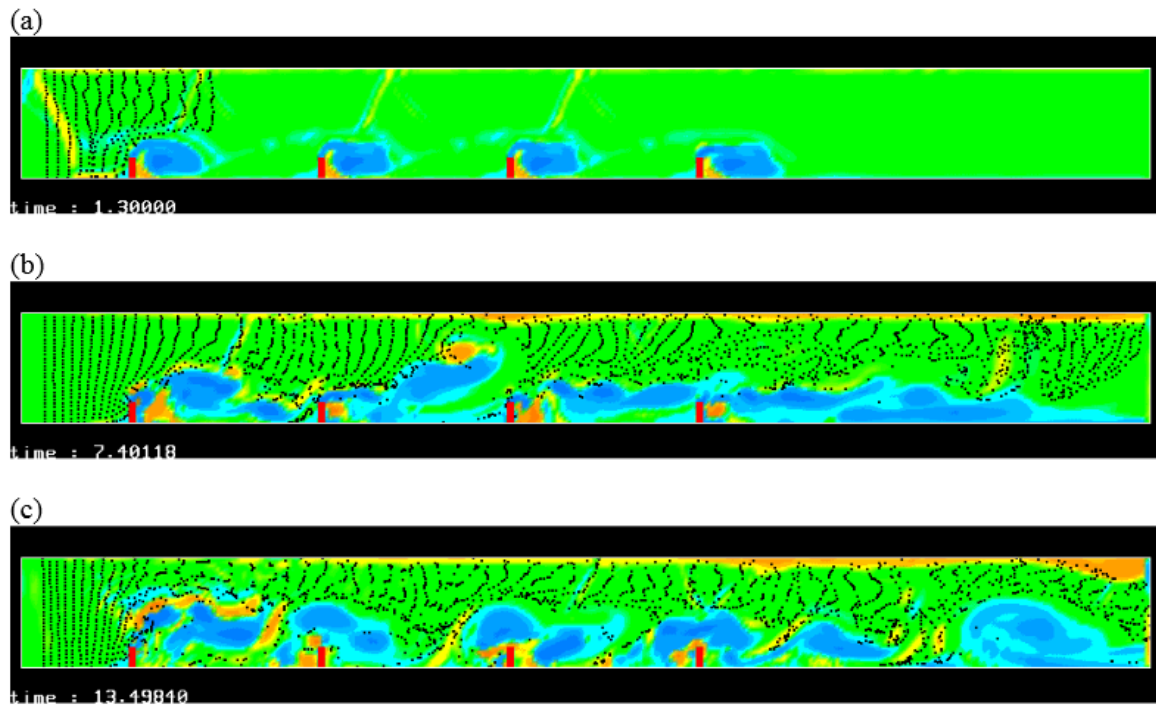


Figura 7. Movimiento de partículas y contornos de verticalidad para un cómputo de flujo NAYS por un canal simple con cuatro diques rectos. El flujo va de izquierda a derecha.

FaSTMECH

Desarrollado por el Dr. Jonathan Nelson, del Servicio Geológico de EE.UU.

- Analiza el flujo y transporte de sedimentos pero teniendo en cuenta la evolución morfológica de los canales.
- Emplea un sistema de coordenadas cilíndricas para su sistema de grillas.

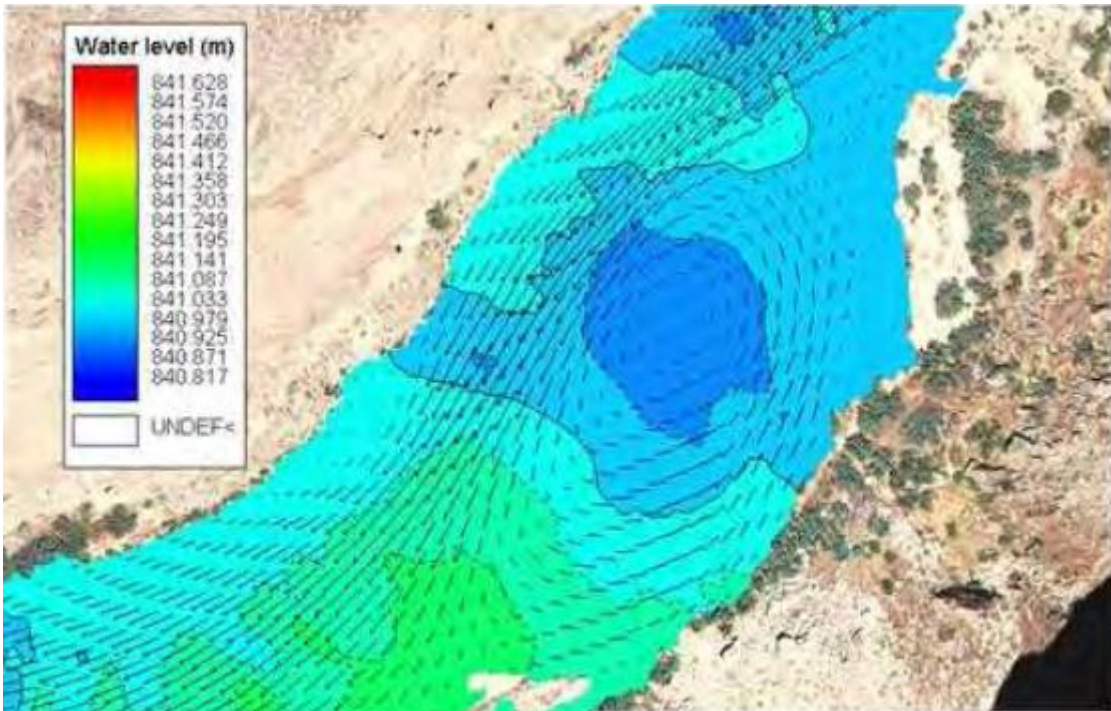


Figura 8. Curvas de elevación del nivel del agua y vectores de velocidad verticalmente promediados obtenidos de la solución de FaSTMECH.

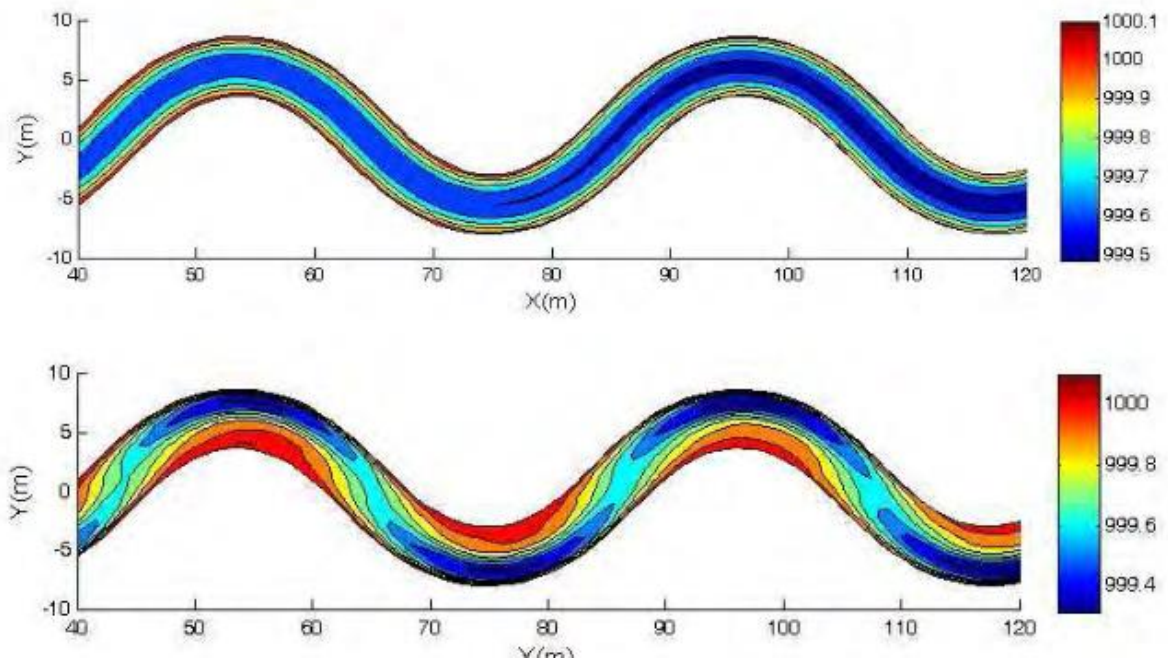


Figura 9. Topografía inicial (arriba) y final (abajo) para un canal simple descrito por una curva sinusoidal.

Morpho2D

Desarrollado por Profesor Hiroshi Takebayashi del Instituto de Investigación de la Prevención de Desastres Universidad de Kyoto.

- Flujos bidimensionales horizontales
- El análisis de los cauces de los ríos se pueden realizar a través de un sistema de coordenadas general.
- Factores tales como la filtración de flujo y la influencia de la vegetación pueden tenerse en cuenta en los cálculos de flujo.

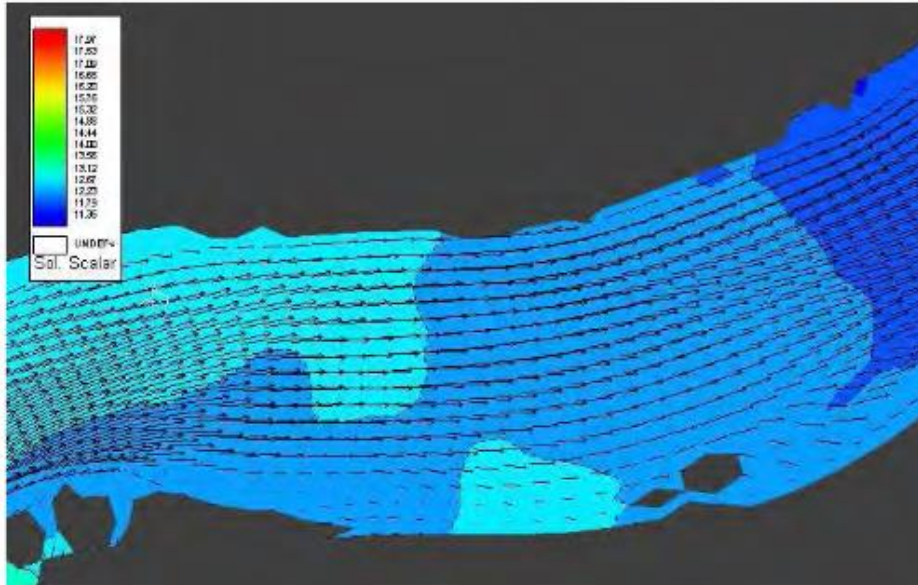


Figura 10. Curvas de elevación del nivel del agua y vectores de velocidad para el flujo sobre una barra de vegetación en el río Yoshino con el efecto de la vegetación incluido en MORPHO2D.

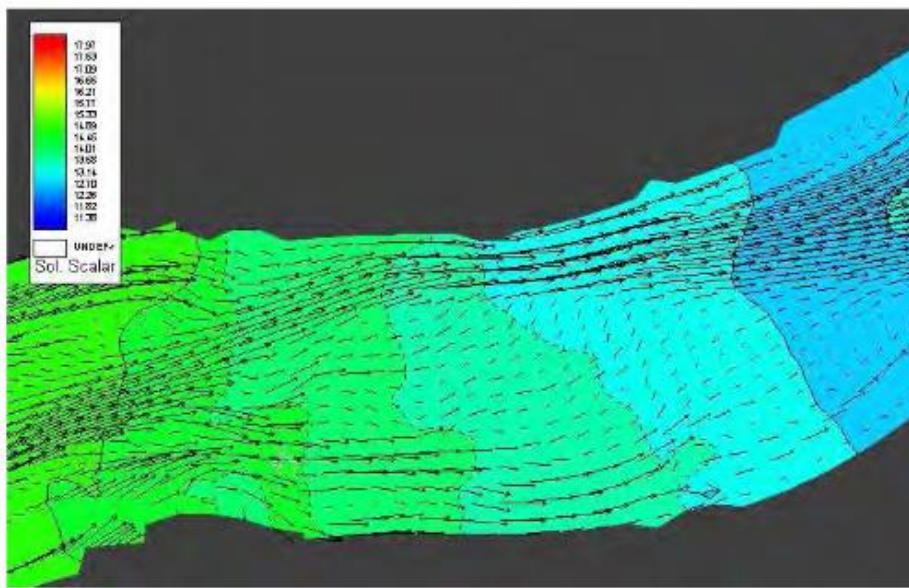


Figura 11. Curvas de elevación del nivel del agua y vectores de velocidad para el flujo sobre una barra de vegetación en el río Yoshino sin el efecto de la vegetación incluido en MORPHO2D.

SToRM

Desarrollado por el Servicio Geológico de EE.UU.

- Debido a que se emplean mallas no estructuradas en su sistema de grillas, puede proporcionar un análisis adecuado, incluso bajo condiciones de borde complejas.
- Este modelo es un modelo de flujo bidimensional que usa un Sistema de coordenadas completamente desestructurado descrito por una malla triangular.
- Entre sus ventajas se encuentran:
 - Es una grilla desestructurada, lo que permite fácilmente crear geometrías de canales muy complejas, incluyendo múltiples flujos entrantes y salientes.
 - Los métodos computacionales que fueron escogidos permiten el tratamiento de flujos de variación rápida, incluyendo flujos de roturas de presas en canales inicialmente secos, por ejemplo.

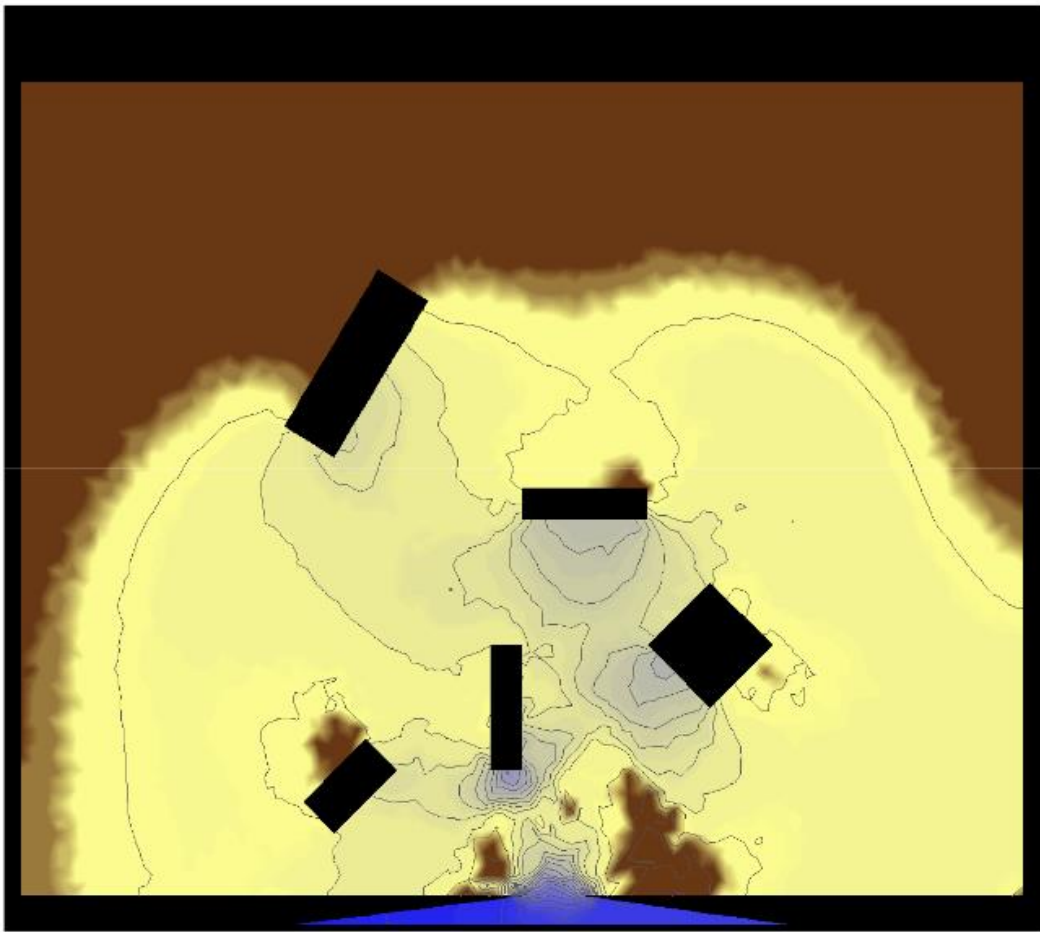


Figura 12. Mapa de contorno de la cota del nivel del agua producida por rotura de diques (abajo al centro) fluyendo hacia afuera a las áreas urbanas (estructuras negras). El azul corresponde a niveles de agua relativamente altos, amarillo a relativamente bajos, y marrón es no inundado.

HabitatCalculator

El calculador de hábitat es una aplicación para el cálculo de la distribución espacial de un índice de hábitat definido por el usuario mediante la combinación de los resultados hidráulicos obtenidos de los modelos bidimensionales de iRIC con las curvas de idoneidad del hábitat (HSC) apropiadas expresando la cualidad del hábitat para una especie dada.

2.1.2 SISTEMA PARA MODELADO HIDROLÓGICO (HEC-HMS)

El sistema para Modelado Hidrológico (HEC-HMS) [6] está diseñado para simular el proceso de precipitación-escorrentía en cuencas. Está diseñado para ser aplicado en un amplio rango de regiones geográficas para solucionar un rango general de problemas.

Puede ser utilizado en pequeñas cuencas urbanas, o en grandes cuencas sin intervención, los resultados se pueden aplicar para estudios de disponibilidad de agua, drenaje urbano, observación de flujo, impacto de intervenciones en cuencas, reducción del daño por inundaciones, operación de sistemas, etc.

Los componentes del modelo son utilizados para simular la respuesta hidrológica en una cuenca. Estos incluyen; modelos de cuencas, modelos meteorológicos, especificaciones de control y datos de entrada. En una simulación se calcula la respuesta de la cuenca dada a una precipitación, una vez definido el modelo meteorológico, las especificaciones de control definen el tiempo, y el intervalo de tiempo para el cual se realizará la simulación. Y los datos de entrada tales como series de tiempo, datos de grilla son requeridos muchas veces como parámetros o condiciones de borde en la cuenca y el modelo meteorológico

La interfaz de usuario consiste de una barra de menú, una barra de herramientas, y cuatro paneles importantes. Empezando desde la esquina izquierda superior en la Figura 13 y moviéndose en sentido de las agujas del reloj, estos paneles son conocidos como el explorador de cuenca, el editor de componentes, los mensajes de registro, y el escritorio.

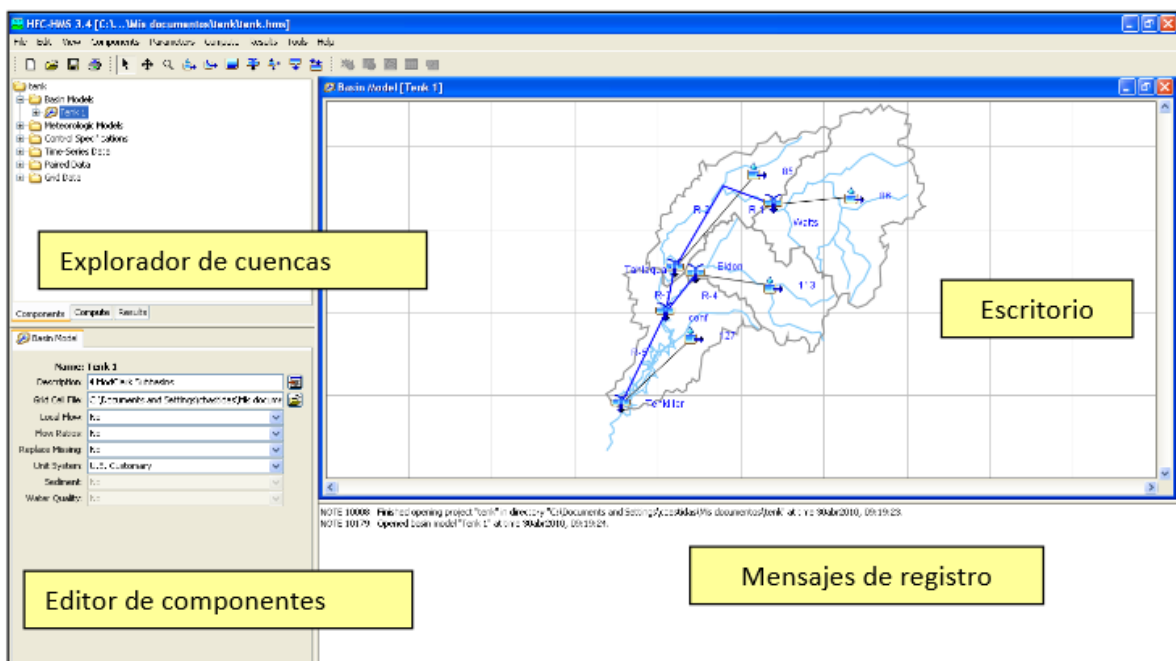


Figura 13. Interfaz de Usuario de HEC-HMS

El explorador de cuencas brinda un acceso rápido a todos los componentes en un proyecto del HEC-HMS. El usuario puede navegar fácilmente desde el

modelo de cuencas hasta una estación de precipitación y luego al modelo meteorológico sin utilizar las opciones de menú

Cuando un componente o sub-componente en el explorador de cuencas está activo (señalado con el mouse), se abre una ventana para editar este componente. Todos los datos pueden ser especificados por el editor de componentes.

Notas, advertencias y errores se muestran en el área de los mensajes de registro. Estos mensajes son de gran utilidad para identificar porque una simulación falla. O porque una acción no se ejecuta.

En el escritorio se mantiene una variedad de ventanas, incluyendo tablas de resúmenes, series de tiempo, gráficos, editores globales y el mapa del modelo de cuenca. Los resultados no están confinados al área del escritorio. Una opción de configuración permite que los resultados sean mostrados fuera de esta área. El mapa del modelo de cuenca está confinado al escritorio.

Los elementos son arrastrados desde la barra de herramientas y conectados para que representen físicamente la red de drenaje de la cuenca del área de estudio. Se pueden cargar mapas de fondo para ayudar a visualizar la forma de la cuenca.

Para observar los resultados de una simulación se puede presionar el botón resultados de la simulación o seleccionando **Results** → **Global summary table**. En la Figura 14 se observan los resultados de una corrida

Project: tenk Simulation Run: Run 1

Start of Run: 17ene1996, 01:00 Basin Model: Tenk 1
 End of Run: 22ene1996, 00:00 Meteorologic Model: Stage3-HRAP
 Compute Time: 26ago2010, 13:48:00 Control Specifications: Jan 96

Show Elements: All Elements Volume Units: IN AC-FT Sorting: Hydrologic

Hydrologic Element	Drainage Area (MI2)	Peak Discharge (CFS)	Time of Peak	Volume (IN)
85	324	553,7	19ene1996, 08:00	0,10
113	307	6560,3	19ene1996, 00:00	0,74
127	345	5842,4	18ene1996, 09:00	0,46
Watts	635	6306,2	19ene1996, 04:00	0,46
Eldon	307	6560,3	19ene1996, 00:00	0,74
Tahlequah	959	5519,2	20ene1996, 01:00	0,31
conf	1266	6726,4	19ene1996, 03:00	0,40
Tenkiller	1611	7558,9	19ene1996, 05:00	0,41
R-3	959	5418,0	20ene1996, 05:00	0,30
R-4	307	6181,2	19ene1996, 03:00	0,73
R-2	635	5257,2	20ene1996, 01:00	0,41
R-1	635	5692,6	19ene1996, 12:00	0,45
R-5	1266	6726,4	19ene1996, 05:00	0,40
86	635	6306,2	19ene1996, 04:00	0,46

Figura 14. Tabla con resumen de los resultados de una corrida

Seleccionando un elemento subcuenca desde el explorador de cuencas o el escritorio se pueden observar los gráficos y series de tiempo del mismo (Figuras 15 y 16).

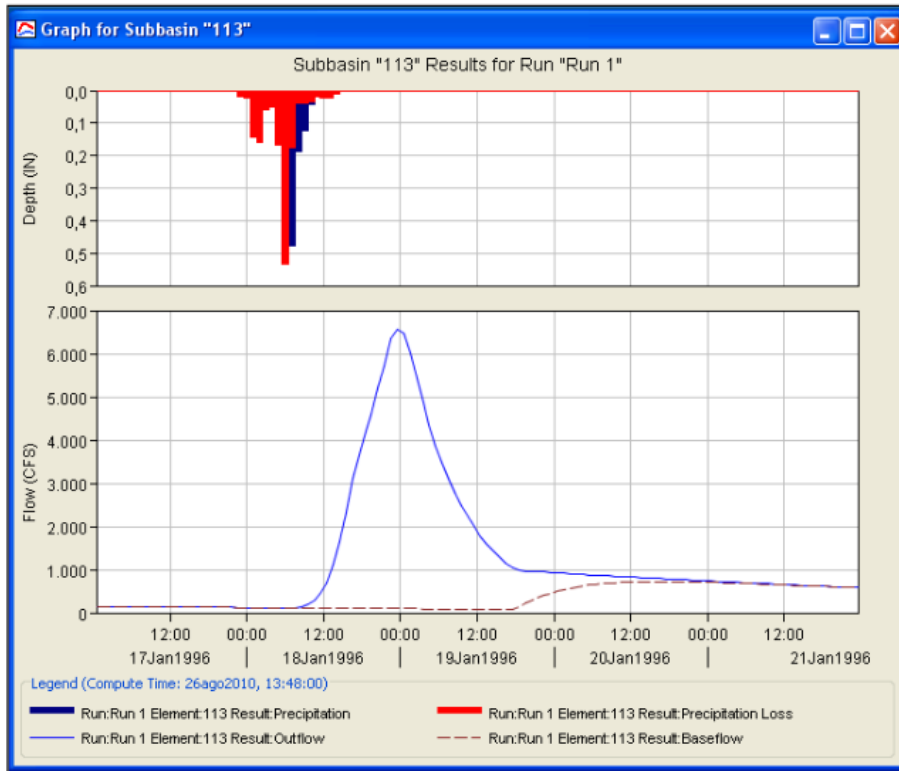


Figura 15. Gráficos del resultado de la corrida en una subcuenca.

Time-Series Results for Subbasin "113"

Project: tenk
Simulation Run: Run 1 Subbasin: 113

Start of Run: 17ene1996, 01:00 Basin Model: Tenk 1
End of Run: 22ene1996, 00:00 Meteorologic Model: Stage3-HRAP
Compute Time: 26ago2010, 13:48:00 Control Specifications: Jan 96

Date	Time	Precip (IN)	Loss (IN)	Excess (IN)	Direc... (CFS)	Base... (CFS)	Total... (CFS)
17ene1996	01:00				0,0	150,0	150,0
17ene1996	02:00	0,00	0,00	0,00	0,0	148,5	148,5
17ene1996	03:00	0,00	0,00	0,00	0,0	147,1	147,1
17ene1996	04:00	0,00	0,00	0,00	0,0	145,6	145,6
17ene1996	05:00	0,00	0,00	0,00	0,0	144,2	144,2
17ene1996	06:00	0,00	0,00	0,00	0,0	142,8	142,8
17ene1996	07:00	0,00	0,00	0,00	0,0	141,4	141,4
17ene1996	08:00	0,00	0,00	0,00	0,0	140,0	140,0
17ene1996	09:00	0,00	0,00	0,00	0,0	138,7	138,7
17ene1996	10:00	0,00	0,00	0,00	0,0	137,3	137,3
17ene1996	11:00	0,00	0,00	0,00	0,0	136,0	136,0
17ene1996	12:00	0,00	0,00	0,00	0,0	134,6	134,6
17ene1996	13:00	0,00	0,00	0,00	0,0	133,3	133,3
17ene1996	14:00	0,00	0,00	0,00	0,0	132,0	132,0
17ene1996	15:00	0,00	0,00	0,00	0,0	130,7	130,7
17ene1996	16:00	0,00	0,00	0,00	0,0	129,5	129,5
17ene1996	17:00	0,00	0,00	0,00	0,0	128,2	128,2
17ene1996	18:00	0,00	0,00	0,00	0,0	126,9	126,9
17ene1996	19:00	0,00	0,00	0,00	0,0	125,7	125,7
17ene1996	20:00	0,00	0,00	0,00	0,0	124,5	124,5
17ene1996	21:00	0,00	0,00	0,00	0,0	123,2	123,2
17ene1996	22:00	0,00	0,00	0,00	0,0	122,0	122,0
17ene1996	23:00	0,00	0,00	0,00	0,0	120,9	120,9
18ene1996	00:00	0,02	0,02	0,00	0,0	119,7	119,7
18ene1996	01:00	0,02	0,02	0,00	0,0	118,5	118,5
18ene1996	02:00	0,14	0,14	0,00	0,0	117,3	117,3
18ene1996	03:00	0,16	0,16	0,00	0,0	116,2	116,2
18ene1996	04:00	0,06	0,06	0,00	0,0	115,1	115,1
18ene1996	05:00	0,05	0,05	0,00	0,0	113,9	113,9
18ene1996	06:00	0,17	0,17	0,00	0,0	112,8	112,8

Figura 16. Serie de tiempo del resultado en una subcuenca.

2.1.3 HYDROMANAGER

Hydromanager es un sistema de desarrollo y gestión de datos de recursos hídricos basado en internet que distribuye acceso seguro y centralizado a los datos de producción y monitoreo de agua. A través de la combinación de bases de datos de agua superficial y subterránea mediante el uso de herramientas analíticas especializadas, sistema de soporte de decisiones y una interfaz web sencilla de emplear, Hydromanager provee a las agencias hídricas, gubernamentales, empresas mineras y petroleras de un sistema para el manejo eficiente de los recursos hídricos (Waterloo Hydrogeologic, 2015).

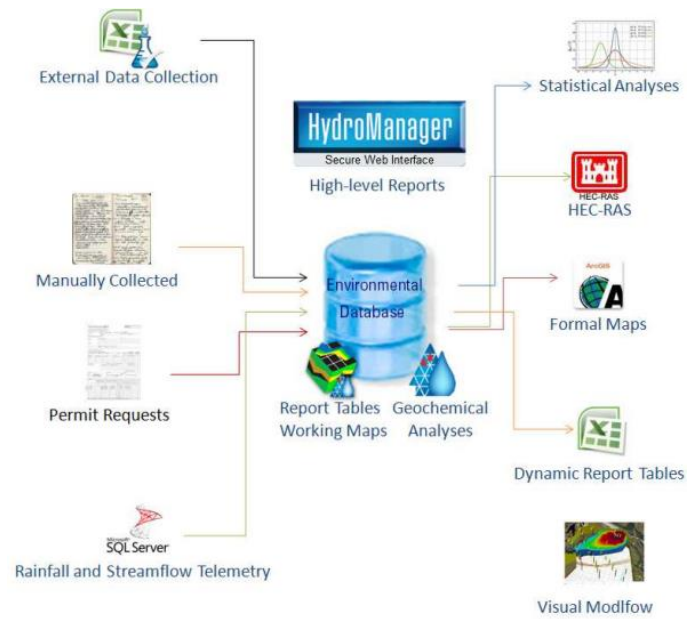


Figura 17. Ejemplo de las fuentes de datos que alimentan el sistema Hydromanager.

Este software permite la revisión y visualización de los datos de aguas superficiales y subterráneas en tiempo real, la navegación espacial y la confección de reportes a partir de mapas localizados en internet. [4]

2.1.4. MODFLOW

Este software constituye una herramienta para que los gestores hídricos puedan evaluar la calidad, el abastecimiento y la protección del agua subterránea, en una escala local y regional.

De carácter intuitivo, y con una interface sencilla de ser usada, MODFLOW permite una modelización conceptual en 3D que permite fácilmente interpretar y modelar datos crudos de GIS en 2D, 3D y visualizadores de corte transversal. Algunas de las aplicaciones de las últimas versiones de este software permiten delinear zonas de seguridad para pozos de abastecimiento de consumo doméstico, evaluar el riesgo de contaminación de las aguas subterráneas, modelizar sistemas de aguas subterráneas a escala de cuencas o regional y evaluar la capacidad de almacenamiento y recuperación del acuífero [5].

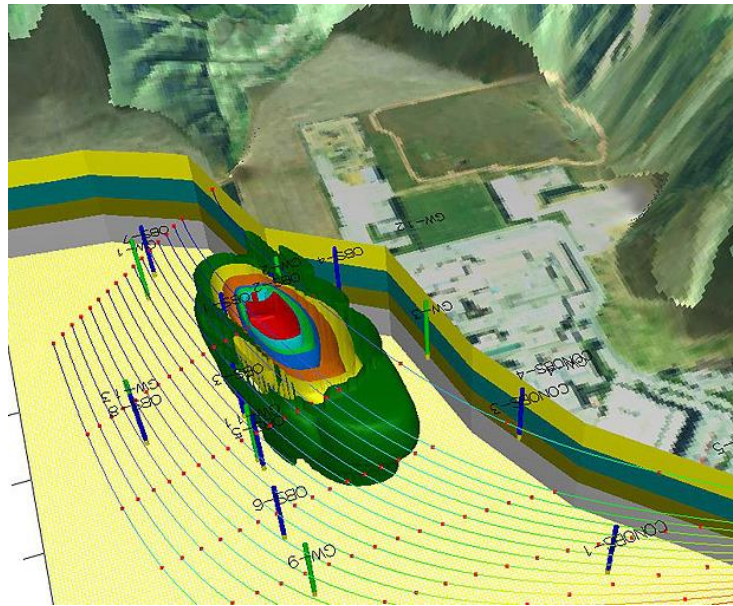


Figura 18. Modelización de plumas de contaminación con MODFLOW.

2.1.5 HERRAMIENTAS DE MAQUETACIÓN DE ESCENARIOS PARA LA GESTIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS

Actualmente no existen herramientas que permitan maquetar un escenario con recursos hídricos de una manera simple y rápida de manera que luego sea de utilidad en la explicación del comportamiento del escenario y de sus componentes a distintas personas con diferentes tipos de conocimiento sobre el dominio.

Para la representación de escenarios que permitan explicar conceptos sobre recursos hídricos y analizar la asignación de los recursos, nuestro asesor técnico utiliza papel, lápiz y maquetas físicas. Esto afecta la rapidez, sencillez y claridad con la que se lleva a cabo su tarea y tampoco permite que se visualice el comportamiento de los escenarios.

Nuestra herramienta podría cubrir la carencia actual de una herramienta que permita armar de manera rápida y fácil un escenario simple, útil en la comunicación de conceptos a personas no expertas, ya que las herramientas de simulación matemáticas existentes se caracterizan por su complejidad para ser utilizadas.

CAPÍTULO 3

3.1 MOTORES GRÁFICOS – UNITY3D

Un motor gráfico/de juego abstrae las tareas comunes del desarrollo de videojuegos, como el *rendering*, físicas e ingreso de datos para que los desarrolladores se puedan enfocar en los detalles que hacen a su juego único.

En términos generales, un motor de juego es un sistema de software encargado de gestionar y abstraer aspectos técnicos comunes al desarrollo de juegos. Cabe aclarar que existe una clara distinción entre lo que es el código del motor de juego, y el código del juego en sí, tal como describe Lewis y Jacobson[7] en su definición de motor de juego. Estos autores establecen que los motores de juego son una “colección de módulos de código de simulación, que no especifican directamente el comportamiento del juego (lógica del juego) ni el entorno del juego (información de niveles)”.

Los motores gráficos ofrecen componentes reusables que pueden ser manipulados para desarrollar un juego (o en nuestro caso una herramienta de maquetación 3D). El cargado, *displaying* y animado de modelos, los objetos que detectan colisiones, e incluso porciones de inteligencia artificial del juego pueden ser todos componentes que componen al motor. Por el contrario, el contenido del juego, modelos y texturas específicas, el significado detrás de los *object collisions*, y la manera en que los objetos interactúan con el mundo son los componentes que hacen al juego particular.

El motor gráfico es esencial en el desarrollo de videojuegos ya que facilita su programación y diseño sin necesidad de empezar desde cero con el lenguaje de programación utilizado.

Las características y conceptos más importantes de un motor gráfico son los siguientes:

- **Assets:** Los assets pueden ser traducidos como elementos que serán introducidos al videojuego. En la industria del desarrollo de videojuegos, es común la utilización del término “asset digital” o simplemente “asset”. Un asset digital es un ítem de texto o de algún otro medio, que ha sido formateado a una fuente binaria, y del cual se tienen los derechos para ser usado [8]. En los videojuegos o en las simulaciones podemos encontrar “assets” de distintos tipos como modelos 3D, personajes, texturas, materiales, animaciones, scripts, sonidos, y algunos elementos específicos de cada motor. Son los elementos que el código desplaza y hace funcionar.
- **Interfaz de Programación de Aplicaciones:** Más comúnmente conocida como API, es un conjunto de rutinas, protocolos, y herramientas para desarrollar programas de aplicación. Dos de las más importantes son DirectX y OpenGL.
 - **DirectX:** DirectX es una colección de APIs desarrolladas para facilitar las complejas tareas relacionadas con multimedia, especialmente programación de juegos y vídeo, en la plataforma Microsoft Windows.

- *OpenGL*: es una especificación estándar que define una API multilenguaje y multiplataforma para escribir aplicaciones que produzcan gráficos 2D y 3D. La interfaz consiste en más de 250 funciones diferentes que pueden usarse para dibujar escenas tridimensionales complejas a partir de primitivas geométricas simples, tales como puntos, líneas y triángulos.
- *Render o Renderización*: El render o renderización, es el proceso de computadora que genera en pantalla el aspecto visual de nuestro juego. El render se encarga de mostrar al jugador todo el poder gráfico que el desarrollador haya configurado en el motor. El render muestra el terreno o BSP, modelos, animaciones, texturas y materiales; construye todo el aspecto visual del juego.
- *Objetos 3D*: Los objetos 3D son objetos "secundarios", que se agregan al escenario del videojuego (Ej.: Baños, puertas, árboles, muebles, adornos, etc.). Los objetos o modelos 3D son clasificados por polígonos al igual que todo elemento que tenga una composición tridimensional.
- *Level of Detail*:
 - *Low-Poly*: Son modelos cuya composición de polígonos es baja por lo cual es probable que tenga muy pocos detalles y no se obtenga un resultado estéticamente óptimo. Estos modelos se usan para optimizar el rendimiento del videojuego. El "Low-Poly" es efectivo en modelos que no requieren mucho detalle.
 - *Mid-Poly*: Son modelos cuya composición de polígonos es media y logran dar mejor detalle que los "Low-Poly" aunque su velocidad de procesamiento es más lenta. Estos modelos son más usados para modelos que requieren un poco más de detalle.
 - *High-Poly*: Son modelos cuya composición de polígonos es alta y llegan a dar un detalle magnífico, pero su procesamiento es más complejo y tiende a ralentizar el ordenador, dependiendo de la potencia que el Hardware de la computadora o consola posea. Estos modelos son usados para escenarios que precisan de un buen grado de detalle.
- *Motor o Sistema de Físicas*: El motor de físicas mueve objetos sobre la superficie simulada. Toman características físicas de los objetos como masa, forma, material, trayectoria actual, etc. y luego calculan la nueva posición y estado para todos esos objetos.
- *BSP (Binary Space Partition)*: Es un método recursivo que consiste en la subdivisión del espacio en colecciones convexas de hiperplanos. Esta subdivisión se conoce como árbol BSP, ya que subdivide el espacio en forma de árbol binario. En resumidas cuentas, lo que éste sistema pretende es eliminar ángulos reflexivos con respecto al polígono original. En videojuegos se utiliza para determinar qué objetos del modelo están en la proyección y cuales no dada su localización.
- *Culling*: Codificado que logra que los objetos que no se ven en un determinado momento de la proyección, no sean procesados para que no tomen tiempo en el renderizado reduciendo la cantidad del trabajo del motor. Un método de culling son los árboles BSP.
- *Iluminación*: La iluminación es un proceso de renderización en el que el motor ilumina todo lo que sea 3D ya sea por pixel o por vértice. La iluminación varía dependiendo de la configuración del motor que haya establecido el usuario. La iluminación puede ser de lo más complejo al desarrollar un videojuego puesto que

una iluminación cercana a lo "perfecto" puede dar un aspecto visual espectacular. Por lo general la iluminación es influenciada por APIs, como DirectX y OpenGL. Por obvias razones, versiones más nuevas de estas APIs muestran mejores resultados de iluminación. El sombreado es otro factor sumamente importante y que reacciona mediante la luz, si el mundo obtiene buena iluminación también tendrá un buen sombreado.

- *Inteligencia Artificial (IA)*: Es la característica más importante que se le atribuye a un motor gráfico junto a la representación de modelos o render. Provee al juego de un importante estímulo. La IA de un juego puede llegar a ser muy compleja. Primero se define la línea de base de cada NPC (Non Player Characters) y su rol, es decir, lo que debe hacer. Después su visión del mundo y lo que hará si algo entra en su espacio de visión.
- *Polígonos*: Los objetos 3D están formados por vértices, que a su vez forman polígonos, que son figuras formadas por los segmentos que unen dichos vértices. Pueden ser triángulos, cuadrados, o figuras más complejas. A mayor número de polígonos, más complicado es el procesamiento posterior.
- *Textura*: Son imágenes que se ubican sobre los polígonos.
- *Sonido*: Uno de los aspectos más importantes del motor gráfico, es el sonido. Los motores gráficos ofrecen herramientas que nos permiten reflejar fielmente las leyes de la acústica, alcanzando sonidos de un gran realismo.
- *Lenguaje de Programación*: Los motores gráficos proveen lenguajes para el desarrollo. Muchos motores suelen soportar más de un único lenguaje de programación.

A la hora de elegir un motor gráfico los puntos más importantes que a nuestro parecer hay que tener en cuenta son el sistema de renderizado, el sistema de físicas, la inteligencia artificial, la facilidad para modelar y animar, el sistema de sonido, el editor, la cantidad de plataformas que soporta, su curva de aprendizaje, la comunidad y su precio.

Para este desarrollo, buscamos un motor gráfico con un motor de render potente, facilidad para manejar modelos, que posea un editor amigable que provea varias plataformas de ejecución, con una curva de aprendizaje corta, una gran comunidad de usuarios y que tenga licencia libre.

Elegimos Unity 3D, que cumple con lo mencionado previamente y tiene una versión gratuita.

3.1.1 ARQUITECTURA DE UN MOTOR GRÁFICO

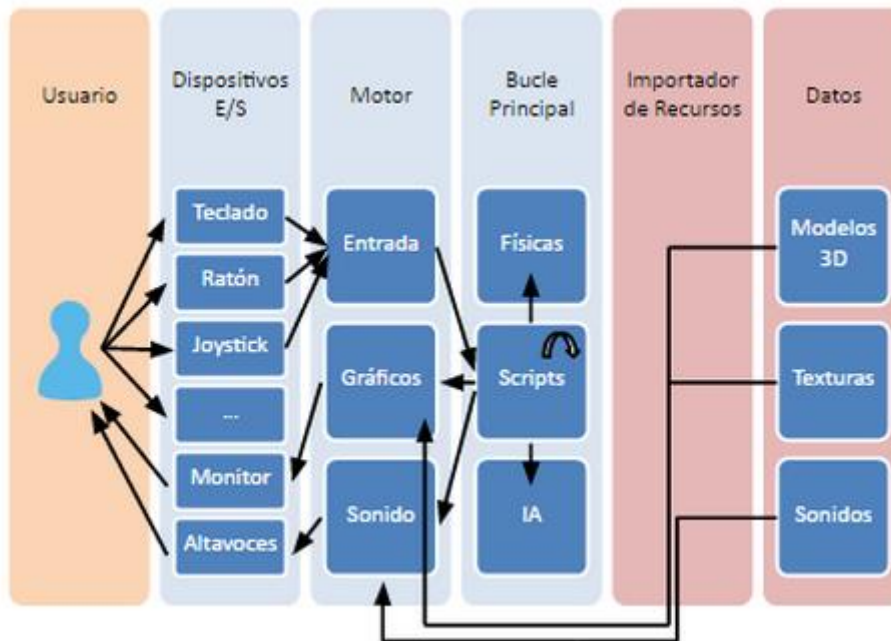


Figura 19. Arquitectura de un Motor Gráfico

Como se puede ver en la Figura 19 el usuario realiza acciones con distintos dispositivos de entrada que generan una determinada entrada en el motor. Estas entradas, en base a la lógica que se haya definido en la aplicación, realizan distintas actividades, teniendo que ejecutar o no físicas, IA o scripts. Una vez que se realizó todo el procesamiento de scripts empieza a trabajar el render que selecciona lo que se va a mostrar y cómo, y también se encarga de la ejecución de los sonidos. Por último, mediante un dispositivo de salida el motor muestra los resultados de la ejecución. A continuación, en la Figura 20, se diagrama el ciclo de ejecución.

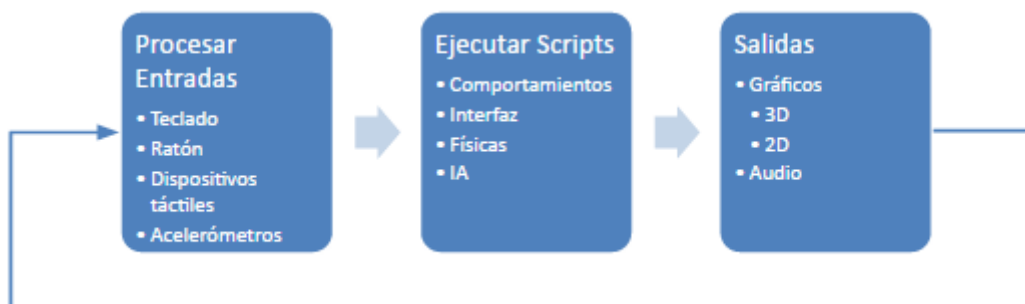


Figura 20. Ciclo de Ejecución.

3.1.2 UNITY3D

Unity es un motor de videojuego multiplataforma creado por Unity Technologies, el cual está disponible como una plataforma de desarrollo flexible y poderosa para crear juegos y experiencias interactivas 3D y 2D multiplataforma.

Según el manual de Unity, "Unity es un poderoso motor de videojuego que tiene una gran variedad de herramientas que puede utilizar para satisfacer las necesidades

específicas del usuario. El editor es intuitivo y personalizado, lo que permite tener mayor libertad de trabajo.” [9]

Las razones por la cuales se eligió Unity son:

- Es un motor gráfico de altas prestaciones con una versión gratuita muy completa y una versión paga económica.
- Cuenta con una gran comunidad de usuarios en español.
- Provee un IDE de altas prestaciones y es muy fácil de usar.
- Es Multi-plataforma.
- Posee un Asset Store (tienda propia de Unity donde se pueden adquirir assets)

Entre los lenguajes de programación que ofrece Unity se encuentran C#, UnityScript (también conocido como JavaScript para Unity) y Boo. Para este desarrollo se decidió utilizar C#.

3.1.2.1 *GAMEOBJECTS*

Los GameObjects son los objetos más importantes de Unity. Esto es porque cada objeto en el juego es un GameObject. No obstante, los GameObjects no hacen nada por sí solos. Necesitan la configuración de propiedades especiales antes de que puedan volverse un personaje, un ambiente, o un efecto especial.

Los GameObjects se diferencian uno del otro porque son contenedores. Son cajas vacías que pueden guardar diferentes piezas que hacen, por ejemplo, a una isla lightmapped, o a un carro impulsado por física. Entonces, para entender realmente a los GameObjects, se deben comprender estas piezas llamadas componentes. Dependiendo del objeto que se quiera crear, se deben agregar diferentes combinaciones de componentes al GameObject. Se puede pensar un GameObject como una olla vacía de cocina, y a los componentes como los diferentes ingredientes que se le pueden agregar. Los componentes son las tuercas y tornillos de los objetos y comportamientos de un juego. Son las piezas funcionales de cada GameObject [10].

3.1.2.1.1 **TransformComponent**

Es imposible crear un GameObject en Unity sin un TransformComponent. El TransformComponent es uno de los componentes más importantes ya que en el GameObject siempre se encuentran habilitadas todas las propiedades Transform. Este componente define la posición, rotación, y escala del GameObject en el Scene View¹ del juego. Si un GameObject no tuviera un TransformComponent, sería nada más que información en la memoria del computador. Efectivamente no existiría en el mundo creado[11].

3.1.2.1.2 **Otros Components**

¹ Espacio interactivo donde se va a seleccionar y posicionar ambientes, al jugador, la cámara, enemigos, y todos los demás GameObjects del juego.

Además del TransformComponent el GameObject puede tener otros componentes. La cantidad de componentes que provee Unity es muy amplia por lo que en esta sección se definen solo los componentes que más se utilizaron durante el desarrollo de esta herramienta[9].

Script Component

Un script es solo un tipo específico de componente. En términos técnicos, un script se compila como un componente, y es tratado como cualquier otro componente por el motor de Unity. Entonces, un script es un componente personalizado que puede crear el desarrollador. Se deben definir los elementos que van a ser expuestos en el Inspector², y este va a ejecutar cualquier función que se haya escrito.

Coroutines

Una coroutine (corrutina) es una función que tiene la habilidad de pausar su ejecución y retornar el control a Unity para luego continuar donde dejó en el siguiente frame.

Es esencialmente una función declarada con un tipo de retorno IEnumerator³ y con una instrucción de retorno yield (yield return) incluida en algún lugar de su cuerpo. La línea de retorno yield es el punto en el cual la ejecución se pausará y desde dónde se reanudará en el siguiente frame (cuadro).

Estas funciones se pueden usar en varias situaciones pero en esta tesina se utilizaron específicamente para cuando se realizan tareas que llevan un tiempo excesivo. Para no tildar el juego, cada una cierta cantidad de tiempo de detiene la ejecución para continuarla en el próximo frame.

Cámara

Una cámara es un objeto que define la vista de la escena. La posición del objeto define el punto de vista, mientras que los ejes forward(Z) y el upward (Y) del objeto definen la dirección de la vista y la parte superior de la pantalla, respectivamente. El componente cámara también define el tamaño y la forma de la región que está dentro de la vista. Con estos parámetros, en la pantalla se puede ver lo que la cámara percibe en ese momento.

Una cámara en el mundo real, o incluso un ojo humano, ve al mundo de una manera que hace que los objetos se vean más pequeños cuanto más lejos están de ellos. Este efecto de perspectiva es importante para la creación de una escena realista. Naturalmente Unity suporta este efecto para sus cámaras, pero para algunos propósitos, puede que desee prescindir de él. Una cámara que no disminuye el tamaño de los objetos con la distancia es una cámara ortográfica. Este tipo de cámara es soportada por el componente Cámara. Estos modos de vista son llamados proyecciones.

Light

Las Light son una parte esencial de cada escena. Mientras meshes y texturas definen la forma y la apariencia de una escena, las luces (light) definen el color y ánimo de su entorno en 3D.

² Clase de Unity que muestra información detallada sobre el GameObject actualmente seleccionado, incluyendo todo los Components adjuntos y sus propiedades.

³Tipo que admite una iteración simple a través de una colección no genérica.

Las Light son una parte fundamental de la representación gráfica ya que determinan el sombreado de un objeto y la sombra que éste proyecta. Para esto Unity necesita conocer la intensidad, dirección y color de la luz que cae sobre él.

El color y la intensidad de base se establecen de forma idéntica para todas las luces, pero la dirección depende de qué tipo de luz se está usando. Además, la luz puede disminuir a medida que se amplía la distancia con el origen. Hay cuatro tipos de luces disponibles: *pointlights*, *spot lights*, *directional lights* y *área lights*.

Para ésta tesina solo interesan las *directional lights*. Una *Directional Light* no tiene ningún punto de origen identificable y por lo tanto el componente luz puede ubicarse generalmente en cualquier lugar de la escena. Todos los objetos de la escena se iluminan como si la luz siempre viniera de la misma dirección. La distancia de la luz al objeto destino no está definida y por lo tanto la luz no disminuye. Estas luces representan fuentes de luz grandes y lejanas que vienen desde una posición fuera del rango del mundo del juego, como un sol por ejemplo.

Mesh

Los Mesh 3D o mallas 3D son los gráficos primitivos principales de Unity. Son una colección de vértices, bordes y lados que definen la forma de un objeto 3D y constituyen una gran parte de los mundos 3D a los que pertenecen. Unity es compatible con mallas poligonales, triangulares o cuadrangulares.

Mesh Filter

El Mesh filter tiene una referencia a un Mesh que será renderizado y se lo pasa al Mesh Renderer para renderizarlo en la pantalla.

Mesh Renderer

El Mesh Renderer toma el Mesh referenciado en el Mesh Filter y lo renderiza en la posición definida por el componente Transform del objeto.

Material

Los materiales se utilizan en combinación con el Mesh Renderer y otros componentes de renderizado utilizados en Unity. Estos tienen un papel esencial en la definición de cómo se visualiza el objeto.

Las propiedades de un material son determinadas por el Shader. Un shader es un tipo especializado de programa gráfico que determina cómo se combinan la textura y la iluminación para generar los píxeles del objeto renderizado en la pantalla.

Colliders

Los componentes Collider definen la forma de un objeto para los propósitos de colisiones físicas. Un collider, el cual es invisible, no necesita tener la figura exacta del mesh del objeto, de hecho, una aproximación cercana es más eficiente e indistinguible en el juego. Los colliders más simples (y con menos intensidad de procesamiento) son los llamados colliders primitivos. Cualquier número de colliders puede ser agregado a un solo objeto para crear compound colliders.

El sistema de scripting puede detectar cuando suceden las colisiones e instanciar acciones utilizando la función `OnCollisionEnter`. También se puede utilizar el motor de física simplemente para detectar cuando un collider entra al espacio de otro sin crear una colisión. Un collider configurado como Trigger (utilizando la propiedad `IsTrigger`) no se comporta como un objeto sólido y simplemente le permitirá a otros colliders pasar a través de él. Cuando un collider entra a su espacio, un trigger va a llamar a la función `OnTriggerEnter` en los scripts del trigger del objeto.

Canvas

El Canvas es un área dentro de la cual tienen que estar todos los elementos de Interfaz de Usuario. Un Canvas es un `GameObject` con un componente de Canvas en él, y todos los elementos de Interfaz de Usuario deben ser hijos de este Canvas.

Los elementos de Interfaz de Usuario en el Canvas son dibujados en el mismo orden que aparecen en la Jerarquía. El primer hijo es dibujado primero, el segundo después, y así continuando. Si dos elementos de Interfaz de Usuario se tapan, el que aparezca primero en la jerarquía va a aparecer debajo del segundo.

RectTransform

El componente `RectTransform` es la contraparte de diseño 2D del `TransformComponent`. Donde el `Transform` representa un único punto, el `RectTransform` representa un rectángulo dentro del cuál puede ser colocado un componente de Interfaz de Usuario.

Si el padre de un `RectTransform` es también un `RectTransform`, el hijo puede también especificar como debe ser posicionado y dimensionado en relación a su padre.

UI Components

Unity provee un conjunto de componentes para la Interfaz de usuario que facilitan el armado de la misma. Estos están separados en dos categorías, componentes visuales y componentes de interacción. Dentro de los componentes visuales encontramos componentes como *Text*, *Image*, *RawImage*, etc. mientras que entre los componentes de interacción encontramos componentes como *Input Field*, *Button*, *Toogle*, *Slider*, *ScrollBar*, etc.

Auto Layout

El `RectTransform` es lo suficientemente flexible como para manejar muchos tipos diferentes de diseño, permite colocar elementos de una forma totalmente libre. De todas maneras, algunas veces se necesita algo un poco más estructurado.

El sistema `Auto Layout`, provee maneras de colocar los elementos en grupos de diseño anidados como grupos horizontales, grupos verticales o grillas. También permite que los elementos sean dimensionados automáticamente de acuerdo a su contenido. Por ejemplo un botón puede ser dinámicamente dimensionado para que su texto encaje exactamente con un padding añadido.

El Sistema de `Auto Layout` es un sistema construido sobre la base del `RectTransform`. Puede ser usado opcionalmente sobre algunos o todos los elementos.

3.1.2.2 *PREFABS*

Un Prefab es un tipo de asset de Unity que permite almacenar un objeto GameObject completamente junto con sus componentes y propiedades y que actúa como una plantilla a partir de la cual se pueden crear nuevas instancias del objeto en la escena. Cualquier edición hecha a un asset prefab será inmediatamente reflejado en todas las instancias producidas por él, pero, también se pueden anular componentes y realizar ajustes para cada instancia individualmente[12].

CAPÍTULO 4

4.1 RECURSOS HÍDRICOS

En cualquier desarrollo de un sistema informático uno de los pasos más importantes es el estudio del dominio donde uno se va a desplegar, para que luego el sistema sea lo más preciso posible en sus capacidades de representación y simulación de los elementos reales y cumpla sus objetivos de una manera que sea realmente útil para el usuario del mismo.

Además de nuestra propia investigación contamos con el aporte de Juan Pablo Zamora, nuestro asesor técnico, y de distintos expertos, que desde distintas perspectivas nos ayudaron a entender más el dominio y a comprender qué es lo que se necesitaba que provea la herramienta. Entre algunas de las personas que nos ayudaron se encuentra la periodista Gabriela Zapacosta, quien trabaja en la Autoridad del Agua, perteneciente al Ministerio de Infraestructura de la provincia de Buenos Aires, la Lic. Cristina Marsero, de la Maestría en Ecohidrología de la UNLP, así como también profesionales expertos en recursos hídricos del Departamento de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

El agua cubre el 72% de la superficie del planeta Tierra y representa entre el 50% y el 90% de la composición de los seres vivos. Se puede encontrar agua en prácticamente cualquier lugar de la biosfera y en los tres estados de agregación de la materia: sólido, líquido y gaseoso.

Como puede observarse en la Figura 21, el 3% de su volumen es dulce, de ese 3%, el 79% se encuentra en casquetes de hielo, el 20% en aguas subterráneas y el otro 1% en aguas superficiales.

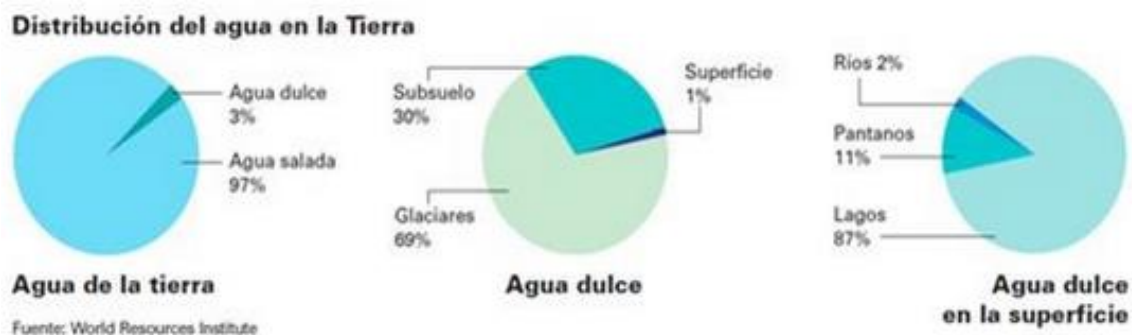


Figura 21. Distribución del agua en la Tierra

Cuando hablemos de cuerpos de agua o agua siempre nos vamos a referir a agua dulce, ya que es la que nos importa para el desarrollo de la herramienta porque esta es la que utilizamos para muchos procesos y es la que los seres vivos necesitamos para sobrevivir.

4.1.1 DESARROLLO SUSTENTABLE

La degradación del medio ambiente es uno de los problemas mundiales más graves que enfrenta la sociedad moderna. El deterioro ambiental, a pesar de no tener fronteras geográficas ni políticas, se presenta con diferentes matices según la realidad socioeconómica y las características ecológicas de los diferentes países y regiones. El desarrollo científico y tecnológico ha dado al hombre la capacidad de influir positiva y negativamente sobre la tierra.

Cuando se habla de desarrollo sustentable nos referimos al proceso de crecimiento de la humanidad con la mira puesta en el cuidado y la protección del medio ambiente. El desarrollo sustentable nos dice que el ser humano es lo suficientemente capaz como para crear nuevos métodos de subsistencia que no se basen en el daño del medio ambiente llevando a cabo estas prácticas conscientemente y responsables en pos del beneficio de la Humanidad, sin comprometer las capacidades de las generaciones futuras de suplir sus necesidades y requerimientos. Así, considera la protección ambiental y el desarrollo de modelos de producción y consumo que no degraden los recursos naturales de los que dependen.

4.1.1.1 *HUELLA HÍDRICA*

La huella hídrica de una persona, empresa, o país se define como el volumen total de agua dulce usada para producir los productos consumidos por dicha unidad de análisis. Es un indicador que define el volumen total de agua dulce usado para producir los bienes y servicios producidos por una empresa, o consumidos por un individuo o comunidad. Mide en el volumen de agua consumida, evaporada o contaminada a lo largo de la cadena de suministro, ya sea por unidad de tiempo para individuos y comunidades, o por unidad producida para una empresa. Se puede calcular para cualquier grupo definido de consumidores (por ejemplo, individuos, familias, pueblos, ciudades, departamentos o naciones) o productores (por ejemplo, organismos públicos, empresas privadas o el sector económico)[13].

El interés por la huella hídrica se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los sistemas hídricos, la escasez o contaminación del agua, pueden estar relacionados a nuestro consumo o a la producción de bienes y servicios.

Agua Virtual: Al agua necesaria para producir, empacar y transportar un producto se la llama “agua virtual”, se dice que es virtual porque no está presente en el producto final.

La huella hídrica de las personas, y en consecuencia de los países, va a depender mucho según sea el hábito alimenticio. Una dieta carnívora tiene una huella hídrica mayor que una vegetariana.

La huella hídrica se puede reducir a través de dos vías:

- Reduciendo la huella hídrica directa: disminuir el consumo de agua en el hogar.
- La reducción de la huella hídrica indirecta: sustitución de un producto de consumo que tiene una huella de agua grande por un tipo diferente de producto que tiene una huella de agua más pequeña.

La huella está formada por 3 componentes: la huella hídrica azul, la huella hídrica verde y la huella hídrica gris:

- Agua Azul: se define como el volumen de agua dulce consumida de los ecosistemas hídricos del planeta (superficial y subterránea) para ser usada como agua de riego para el crecimiento del cultivo.
- Agua verde: Es la precipitación que llega al suelo y que no se pierde por escorrentía, almacenándose temporalmente en la parte superior del suelo o la vegetación. Se define como el volumen de agua de lluvia consumida durante el proceso de producción.
- Agua Gris: Es un indicador del grado de contaminación del agua dulce en la elaboración de un determinado producto. Se define como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga contaminante, basados en las normas vigentes de calidad ambiental del agua, es decir, cuánta agua dulce necesito para “diluir” los contaminantes generados.

4.1.2 CONTAMINACIÓN Y TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La contaminación hídrica o contaminación del agua es una modificación de sus características y su calidad, generalmente provocada por el ser humano, que la vuelve impropia o peligrosa para el consumo humano, la industria, la agricultura, la pesca y las actividades recreativas, así como para los animales y la vida natural y cotidiana. El crecimiento de las ciudades con su consecuente incremento en el vertido de desechos domésticos, industriales y de toda clase de basura, provoca que el agua no pueda utilizarse sin un tratamiento previo.

En nuestro país diariamente se producen miles de toneladas de desechos industriales, de los cuales un gran porcentaje tiene un grave impacto en el medio ambiente.

4.1.2.1 TIPOS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA

Los contaminantes del agua pueden clasificarse de diferentes maneras, una forma comúnmente usada es agruparlos en las siguientes ocho categorías:

- *Microorganismos patógenos*: son los diferentes tipos de microorganismos (bacterias, virus, protozoos y otros organismos microscópicos) que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc.
- *Desechos orgánicos*: son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir, en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentra en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en esta agua peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la

contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto en agua, o la Demanda Biológica y Química de Oxígeno (DOB y DQO).

- *Sustancias químicas inorgánicas*: en este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.
- *Nutrientes vegetales inorgánicos*: Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.
- *Compuestos inorgánicos*: Muchas moléculas inorgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.
- *Sedimentos y materiales suspendidos*: Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, ríos y puertos.
- *Sustancias radiactivas*: Hay isótopos radiactivos solubles que pueden estar presentes en el agua y, a veces, se pueden ir acumulando a lo largo de las cadenas tróficas, alcanzando concentraciones considerablemente más altas en algunos tejidos vivos que las que tenían en el agua.
- *Contaminación térmica*: El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos.

La naturaleza tiene una habilidad asombrosa para “limpiar” pequeñas cantidades de agua de desecho y contaminación (por ejemplo, el poder auto depurativo de los cursos de agua). Las distintas instalaciones de tratamiento de aguas reducen la contaminación en las aguas de desecho a niveles más propicios que en los que pueden empezar a actuar los procesos auto depurativos naturales.

4.1.2.2 TRATAMIENTO DEL AGUA

El Tratamiento del agua es el conjunto de operaciones/métodos unitarios de tipo físico, químico o biológico cuya finalidad es la eliminación o reducción de la contaminación o las características no deseables de las aguas, bien sean naturales, de abastecimiento, de proceso o residuales. La finalidad de estas operaciones/métodos es obtener unas aguas con las características adecuadas al uso que se les vaya a dar, por lo que la combinación y naturaleza exacta de los procesos varía en función tanto de las propiedades de las aguas de partida como de su destino final.

Algunos de los métodos más conocidos para tratar el agua son:

- *Aeración*: La aeración puede lograrse agitando vigorosamente un recipiente con agua hasta la mitad o permitiendo al agua gotear a través de bandejas perforadas, elimina las sustancias volátiles tales como el sulfuro de hidrógeno, que afectan al olor y el sabor, y oxida el hierro y el manganeso a fin de que formen precipitados que puedan eliminarse mediante sedimentación o filtración.
- *Coagulación y Floculación*: Si el agua contiene sólidos en suspensión, la coagulación y la floculación pueden utilizarse para eliminar gran parte del material. En la coagulación, se agrega una sustancia al agua para cambiar el comportamiento de las partículas en suspensión. Hace que las partículas, que anteriormente tendían a repelerse unas de otras, sean atraídas las unas a las otras o hacia el material agregado. La coagulación ocurre durante una mezcla rápida o el proceso de agitación que inmediatamente sigue a la adición del coagulante. El proceso de floculación que sigue a la coagulación, consiste de ordinario en una agitación suave y lenta. Durante la floculación, las partículas entran más en contacto recíproco, se unen unas a otras para formar partículas mayores que pueden separarse por sedimentación o filtración.
- *Desalinización*: Las sales químicas excesivas en el agua le dan mal sabor. La desalinización mediante destilación produce agua sin sales químicas y pueden utilizarse varios métodos al nivel de familia, por ejemplo, para tratar el agua de mar. La desalinización también es eficaz para eliminar otros productos químicos tales como el fluoruro, el arsénico y el hierro.
- *Desinfección*: La desinfección consiste en la eliminación de los agentes biológicos, microorganismos contaminantes y patógenos, o su reducción a niveles inocuos. Hay 3 tipos: por ebullición, química y solar.
- *Filtración*: La filtración incluye el tamizado mecánico, la absorción y, en particular, en filtros de arena lentos, los procesos bioquímicos. Según el tamaño, el tipo y la profundidad del filtro, y la tasa de flujo y las características físicas del agua sin tratar, los filtros pueden extraer los sólidos en suspensión, los patógenos y ciertos productos químicos, sabores y olores. El tamizado y la sedimentación son métodos de tratamiento que preceden útilmente a la filtración para reducir la cantidad de sólidos en suspensión que entran en la fase de filtración. Esto aumenta el período en el cual el filtro puede operar antes de que necesite limpieza y sustitución.
- *Almacenamiento y Sedimentación*: Al almacenar el agua en condiciones no contaminantes por un día se puede conseguir la eliminación de más del 50% de la mayoría de las bacterias. Los períodos más largos de almacenamiento conducirán a reducciones aún mayores. Durante el almacenamiento, los sólidos en suspensión y algunos de los patógenos se depositarán en el fondo del recipiente. El agua sacada de la parte superior del recipiente será relativamente clara (a menos que los sólidos sean muy pequeños, tales como partículas de arcilla) y tendrá menos patógenos.
- *Tamizado*: Consiste en una filtración sobre soporte delgado, y sus objetivos son la eliminación de materia que por su tamaño pueda interferir en los tratamientos posteriores.

Hay otros métodos pero estos son los más conocidos y que utilizan las distintas plantas de tratamiento de agua.

Existen distintas plantas de tratamiento del agua que tienen distintos fines:

- *Planta Potabilizadora*: conjunto de estructuras en las que se trata el agua de manera que se vuelva apta para el consumo humano. Existen diferentes tecnologías para potabilizar el agua.
- *Planta de Tratamiento Cloacales*: Reciben aguas residuales que pueden provenir de actividades industriales o agrícolas y del uso doméstico. Los tratamientos de aguas industriales son muy variados, según el tipo de contaminación por lo que a veces se encuentran plantas exclusivas para las industrias.
- *Planta de Tratamiento Cloacales para Industrias*: Es similar a la descrita anteriormente pero esta apuntada a un conjunto de industrias donde la contaminación realizada es mucha para el tratamiento que ofrecen las mismas.
- *Planta de Efluente Industrial*: Cada industria puede proveer su propia planta de tratamiento ya sea porque desde la misma se vierte sobre un río, lago, etc. o porque la contaminación es mucha y debe ser tratada antes de pasar por los otros tipos de plantas.

Estas son las plantas básicas que se pueden encontrar en cualquier lugar y reflejan el comportamiento de todas las plantas. Cada una de estas puede utilizar varios métodos de los descritos arriba según su objetivo.

4.1.3 USOS DEL AGUA

La utilización del agua es el conjunto de los diferentes usos para los cuales se emplea y que la identifican como un recurso natural, es decir, un elemento apto para satisfacer las necesidades humanas. Para la economía de los países, es un factor determinante, siendo la relación entre la demanda y la disponibilidad de agua de importancia en la toma de decisiones.

Los usos del agua se clasifican en 2 grupos:

- *Consuntivos*: Son aquellos en los que la utilización produce pérdidas de la cantidad de agua, por ejemplo el abastecimiento de agua potable, el abastecimiento a la industria y la agricultura bajo riego.
- *No consuntivos*: Son los que no producen pérdidas cuantitativas, como la navegación y el transporte, la generación hidroeléctrica y las actividades recreativas.

Todos los usos, sin embargo son susceptibles de ocasionar efectos cualitativos en el agua, produciendo alteraciones físicas, químicas o ambientales.

En el territorio argentino, los principales usos consuntivos del agua son el uso agrícola, que incluye el desarrollo de la agricultura bajo riego y de la ganadería, con el 73% del total; el uso industrial que comprende también la minería, que se estima en el 18%; y el uso doméstico de abastecimiento de agua potable, con el 9%.

Otro aspecto importante de señalar antes de seguir desarrollando los tipos de uso es la procedencia de la contaminación. En esta se pueden distinguir dos tipos de procedencia: a) la contaminación procedente de fuentes localizadas la cual está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de agua receptoras, por ejemplo, mediante cañerías de descarga, en las que se pueden fácilmente cuantificar y controlar, y b) la contaminación procedente de fuentes no localizadas (o contaminación difusa), la cual es resultado de un amplio grupo de actividades humanas en las que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben, como la que provoca el uso agropecuario con el riego.

De acuerdo a su distribución espacial, las fuentes contaminantes se clasifican en difusas, puntuales y lineales [14]. Las difusas no generan plumas de contaminación claramente definidas, sino que normalmente impactan en un área mucho mayor del acuífero; las fuentes puntuales normalmente producen plumas claramente definidas y más concentradas, las cuales facilitan su identificación (y en algunos casos el control); las fuentes de contaminación lineal hacen referencia a corrientes de agua superficial y a sistemas de alcantarillado con fugas.

4.1.3.1 *USO DOMÉSTICO*

Los usos domésticos incluyen la bebida, preparado de alimentos, bañarse, lavar la ropa y los utensilios de cocina, cepillarse los dientes, regar el jardín, etc.

El agua generalmente llega a nuestros hogares a través de una de las dos maneras descritas a continuación:

- Departamentos gubernamentales o privados que extraen el agua de ríos, lagos, presas y pozos y la llevan hasta nuestros hogares, negocios y escuelas. Aquí actúan las plantas potabilizadoras.
- Nuestro propio suministro (generalmente agua de pozo).

Por otro lado la contaminación generada por el uso doméstico afectará al ambiente según si se cuenta o no con sistemas de conducción y depuración de efluentes, o si los mismos son volcados directamente a cursos de agua o al suelo. El sector de la ciudad que cuente con cloacas verterá sus efluentes a un cuerpo de agua receptor (ríos, arroyos, lagos, océanos, etc.) probablemente pasando primero por una planta de depuración. En caso de no contar con cloacas la contaminación va a ser más difusa ya que afectará una mayor superficie del terreno, afectando luego al acuífero libre (comúnmente denominado napa freática). Cuantas más cloacas haya en una ciudad, mejor será su situación ya que todos los efluentes podrán ser tratados y controlados.

4.1.3.2 *USO AGROPECUARIO*

La agricultura, ganadería y avicultura son las principales fuentes productoras de alimentos del mundo. La producción agrícola, ha ido siempre en aumento, paralelamente al crecimiento demográfico. Cerca del 70% de toda el agua dulce del mundo se destina al riego. Por ejemplo para producir una hectárea de algodón, se necesitan 7.600.000 litros de agua por año. La agricultura a gran escala no podría abastecer de alimentos a la gran población mundial si las cosechas no contarán con la irrigación necesaria proveniente de los ríos, lagos, represas y pozos. Muchas de las

cosechas crecen en áreas que no cuentan con suficiente agua de lluvia, por lo cual el agua usada en la irrigación es un recurso valioso y escaso.

La agricultura es en gran parte responsable del agotamiento del agua subterránea disponible y del 70% de su contaminación. La mayoría de las grandes plantaciones de cereales del mundo consumen agua subterránea a un ritmo insostenible.

Las actividades agropecuarias las podemos dividir en 2 grupos, una dedicada a la siembra y otra relacionada con la producción de ganado.

Sector Agrícola

Este sector se abastece de aguas superficiales y subterráneas para llevar a cabo la producción de alimentos, fibras y biocombustibles. La extracción de agua puede generar problemas para las actividades y poblaciones que se encuentren aguas abajo. Por otro lado, la actividad agrícola es generadora en muchos casos de contaminación difusa que afecta al acuífero freático. Además puede que haya una contaminación que se dirija a un río, arroyo, etc. y sea más localizada.

Las distintas actividades dentro de este sector son:

- Cultivo de granos y semillas oleaginosas.
- Cultivo de hortalizas.
- Cultivo de frutales y nueces.
- Cultivo en invernaderos y viveros, y floricultura.
- Otros cultivos agrícolas (destinados a fibra y biocombustibles).
- Actividades de apoyo a la agricultura.

Sector Pecuario

Este sector se dedica a la producción de ganado. Para lograr esto utilizan agua que puede provenir de fuentes superficiales o subterráneas. La contaminación que estas generan se debe a los desechos de los animales que mediante filtración llegan a las napas por lo que producirán una contaminación difusa.

Las distintas actividades dentro de este sector son:

- Explotación de bovinos.
- Explotación de porcinos.
- Explotación avícola.
- Explotación de ovinos y caprinos.
- Explotación de otros animales.

4.1.3.3 USO INDUSTRIAL

La utilización del agua en la industria, es tan variable como tipos de empresas y procesos industriales existen. El agua puede ser materia prima de productos de algunas empresas. Sin embargo, todas las industrias necesitan agua, aun cuando no la contengan los artículos que producen. En algunos casos, como en la industria de la energía, el agua se destina al enfriamiento del equipo que se usa. El agua usada para

este propósito, enfría el equipo, pero al mismo tiempo el equipo caliente aumenta la temperatura del agua fría. Esta agua muy caliente no puede ser regresada al ambiente, por lo tanto, antes de regresar el agua al ambiente, debe enfriarse. Otras industrias utilizan el agua para lavar productos y para retirar desechos industriales.

Las industrias, utilizan cantidades increíbles de agua, por ejemplo, una refinería de petróleo, necesita 38.000 litros de agua al día; para fabricar una tonelada de acero, se emplean 250 toneladas de agua, para un automóvil, se utilizan 57.000 litros de agua. Toda esta agua, se utiliza principalmente para lavado o enfriamiento.

En los países más desarrollados el uso industrial del agua supera al uso agrícola, por ejemplo en Alemania, llega al 59% del total del agua utilizada.

La clasificación de las industrias según su sector y sus principales sustancias contaminantes son:

- *Construcción*: Sólidos en suspensión, metales, pH.
- *Minería*: Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH, cianuros.
- *Energía*: El calor, hidrocarburos y productos químicos.
- *Textil y Piel*: Cromo, taninos, tensoactivos, sulfuros, colorantes, grasas, disolventes orgánicos, ácidos acético y fórmico, sólidos en suspensión.
- *Automoción*: Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales.
- *Siderurgia*: Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos.
- *Química Inorgánica*: Hg, P, fluoruros, cianuros, amoníaco, nitritos, ácido sulfhídrico, F, Mn, Mo, Pb, Ag, Se, Zn, etc. y los compuestos de todos ellos.
- *Química Orgánica*: Órgano halogenados, órgano silícicos, compuestos cancerígenos y otros que afectan al balance de oxígeno.
- *Fertilizantes*: Nitratos y fosfatos.
- *Pasta y Papel*: Sólidos en suspensión y otros que afectan al balance de oxígeno.
- *Plaguicidas*: Organo halogenados, organofosforados, compuestos cancerígenos, biocidas, etc.
- *Fibras Químicas*: Aceites minerales y otros que afectan al balance de oxígeno.
- *Pinturas, Barnices y Tintas*: Compuestos organoestámicos, compuestos de Zn, Cr, Se, Mo, Ti, Sn, Ba, Co, etc.

Como se puede ver la industria genera todo tipo de contaminación. Y la cantidad de agua que utilicen depende del proceso particular de cada una.

4.1.4 CUERPOS DE AGUA

Un cuerpo de agua es una masa o extensión de agua que cubre parte de la Tierra. Estos pueden contener agua dulce o salada, nosotros solo nos vamos a preocupar por las aguas dulces como dijimos anteriormente. Además estos cuerpos de agua pueden ser superficiales o subterráneos.

4.1.4.1 AGUAS SUPERFICIALES

Las Aguas superficiales son aquellas que se encuentran sobre la superficie del suelo. Esta se produce por la escorrentía generada a partir de las precipitaciones y deshielo

o por el afloramiento de aguas subterráneas. Estas pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, embalses, lagunas, humedales, estuarios [15].

De las aguas superficiales las que más nos interesan son:

- Arroyo: el arroyo tiene una corriente natural de agua que normalmente fluye con continuidad, pero que, a diferencia de un río, tiene escaso caudal, que puede desaparecer durante el estiaje.
- Río: una corriente natural de agua que fluye con continuidad. Posee un caudal determinado y desemboca en el mar, en un lago o en otro río.
- Lago o Laguna (para nuestro estudio son similares): cualquier extensión natural de agua estancada.

4.1.4.2 AGUAS SUBTERRÁNEAS

Las aguas subterráneas son las aguas que se encuentran en una formación o unidad geológica bajo la superficie de la tierra, bajo el cauce o lecho de un río, quebrada o arroyo, o bajo el fondo del mar, represa u otro cuerpo de agua, independientemente de cual fuere su origen o estado, o de la formación o unidad geológica en la cual se encuentren, fluyan, percolen o se muevan. En otras palabras, agua subterránea es agua bajo la tierra en una zona de saturación.

El agua subterránea, al igual que el agua en los ríos, quebradas, manantiales y lagos, tiene su origen en la lluvia. Una parte de la lluvia se infiltra a través de los poros del terreno atraída hacia el centro de la tierra por la fuerza de gravedad. Las rocas bajo la superficie contienen poros y fracturas que varían en tamaño y abundancia. Estas rocas, o formaciones se conocen como acuíferos[16].

Los acuíferos que se encuentran próximos a la superficie a menudo se encuentran íntimamente vinculados con los sistemas de aguas superficiales. Éstos se pueden recargar directamente por infiltración de la precipitación y algunas veces por la escorrentía superficial, y pueden descargar en cuerpos de agua como ríos y lagos. Cuando el nivel freático en dichos acuíferos baja debido al bombeo excesivo, se puede provocar una reducción en el caudal del río, que a su vez provocará escasez de agua apta para el consumo humano, agua para la agricultura, o agua para el ecosistema acuático. Los acuíferos más profundos pueden recargarse también indirectamente por el agua que lentamente se filtra hacia abajo desde los acuíferos menos profundos.

Pero no toda el agua subterránea es renovable. De hecho, en muchas regiones del mundo, la humanidad está utilizando aguas subterráneas a ritmos más acelerados que la velocidad con la que estos recursos pueden recargarse[17].

4.1.5 COMPORTAMIENTO DE LOS CUERPOS DE AGUA

Como dijimos anteriormente los cuerpos de agua pueden presentarse en forma correntosa, como en el caso de corrientes, ríos y arroyos, o quietas si se trata de lagos, reservorios, etc. Cuando hablamos del comportamiento del agua nos referimos a cómo el agua se mueve y arrastra consigo la contaminación. De esta noción surge

una nueva clasificación, la del comportamiento de cada uno de los cuerpos de agua, que puede ser lineal o matricial dependiendo de su extensión.

Sin importar si el agua se presenta en forma correntosa o estancada, el cuerpo de agua va a tener un tipo de comportamiento según su extensión y flujo de agua.

Para el alcance de esta tesis sólo se analizaron y utilizaron las aguas con comportamiento lineal ya que las aguas matriciales son demasiado complejas y se hubiera necesitado de la ayuda de uno o varios expertos de forma constante durante un extenso período de tiempo. No era el objetivo de esta tesis el desarrollo de una herramienta de esa complejidad. En el Capítulo 7, sobre el futuro de la herramienta, se explicará mejor esta decisión.

4.1.5.1 *COMPORTAMIENTO LINEAL*

Esta clasificación comprende lagunas, lagos y algunos ríos, como por ejemplo el Río de la Plata.

Nos referimos a un comportamiento lineal cuando el análisis sobre el cuerpo de agua se puede hacer de manera lineal debido a que el flujo del caudal fluye en una única dirección, es decir que para analizarlo podemos dividir al cuerpo de agua en secciones (vectorialmente) a lo largo de su extensión y así analizar cada sección independientemente de sus antecesoras y predecesoras. Cada sección tendrá sus propios datos los cuales dependen únicamente de la sección antecesora. Para cada sección podemos analizar su caudal, contaminación, afluente y efluentes y en base a esto generar una salida para la sección siguiente.

Para los cuerpos de agua que entren en esta clasificación asumimos que su ancho, aunque pueda variar durante la extensión del cuerpo de agua, es siempre angosto. Es angosto porque al verter agua (contaminada o no) sobre un costado va a afectar a todo el cauce del cuerpo de agua ya sea inmediatamente o en un lapso de tiempo corto como se puede ver en la Figura 22.



Figura 22. Cuerpo de agua con comportamiento lineal.

4.1.5.2 MATRICIAL

Dentro de esta clasificación entran lagunas, lagos, algunos ríos, como por ejemplo el Río de la Plata.

Nos referimos a un comportamiento matricial cuando el análisis sobre el cuerpo de agua no se puede hacer de manera lineal debido a que el flujo del caudal fluye en varias direcciones y varios flujos de caudal pueden terminar uniéndose en un único nuevo flujo. Por lo tanto para analizar un cuerpo de agua de este tipo es necesario dividir el cuerpo de agua en secciones de forma matricial a lo largo de su extensión y definir la relación con cada una de las secciones que la rodean a diferencia de las secciones lineales que solo son afectadas por sus antecesoras y solo afectan a sus predecesoras. Luego, cada sección analizará como la afectan las secciones que la rodean y generará una salida específica para cada sección que la rodea.

En la Figura 23 se puede ver un cuerpo de agua con un comportamiento matricial.

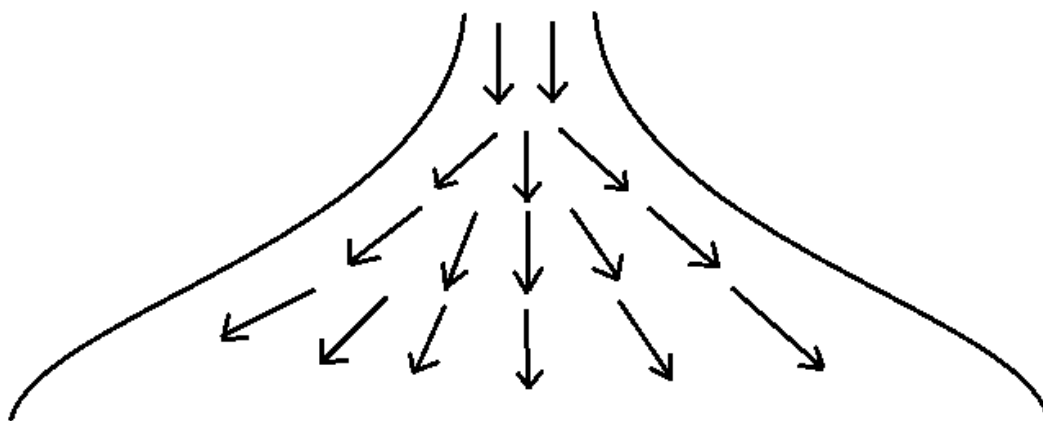


Figura 23. Cuerpo de agua con comportamiento matricial.

4.2 GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS (GIRH)

En pocas palabras, la gestión integrada de los recursos hídricos es un concepto lógico y atractivo. Se basa en que los diferentes usos de los recursos hídricos son interdependientes.

La GIRH es un proceso que promueve la gestión y el desarrollo coordinados del agua, la tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico resultante de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales [18].

Gestión integrada significa que todos los diferentes usos de los recursos hídricos se consideran en forma conjunta. Las decisiones acerca de la asignación y la gestión del agua se toman teniendo en cuenta el impacto de cada uso de los recursos sobre los demás. Se pueden considerar las metas sociales y económicas generales, incluyendo el logro del desarrollo sostenible. Esto también significa asegurar la creación de

políticas coherentes en relación con todos los sectores. Como se verá, el concepto básico de GIRH fue ampliado para incorporar la toma de decisiones participativa. Los diferentes grupos de usuarios (agricultores, comunidades, ambientalistas) pueden influir en las estrategias para el desarrollo y la gestión de los recursos hídricos. Esto brinda beneficios adicionales, ya que los usuarios informados aplican una autorregulación local en relación a cuestiones tales como la conservación del agua y la protección de la captación de una forma mucho más efectiva que lo que puede lograr una regulación y supervisión centrales.

Gestión se utiliza en su sentido más amplio. Enfatiza que no sólo debemos centrarnos en el desarrollo de los recursos hídricos sino que debemos administrar de forma consciente el desarrollo hídrico de manera que garantice el uso sostenible a largo plazo para las generaciones futuras.

La gestión integrada de los recursos hídricos es por lo tanto un proceso sistemático para el desarrollo sostenible, la asignación y el control del uso de los recursos hídricos en el contexto de objetivos sociales, económicos y medioambientales. Contrasta con el enfoque sectorial que se aplica en muchos países.

Cuando la responsabilidad por el agua potable recae en una agencia, por el agua de riego en otra y por el medioambiente en otra diferente, la falta de vínculos entre los diferentes sectores lleva a la descoordinación de la gestión y el desarrollo de los recursos hidráulicos, lo que ocasiona conflicto, desechos y sistemas insostenibles.

4.2.1 CÓMO PUEDE LA HERRAMIENTA AYUDAR A LA GIRH

Con el desarrollo de esta aplicación nosotros queremos aportar una herramienta que promueva el desarrollo de uno de los pilares de la GIRH: los instrumentos de gestión. Confiamos en que nuestro trabajo aportará al área clave de cambio denominada “Instrumentos de cambio social, fomento de una sociedad civil con mayor concienciación respecto al agua”, proporcionando una herramienta de capacitación sobre la asignación, el control y el desarrollo sostenible de los recursos hídricos destinada a técnicos de terreno, docentes, agricultores y otros actores del sistema hidrosocial.

4.3 INDICADORES E ÍNDICES

Un indicador representa sintéticamente alguna característica mensurable o cuantificable que permite evaluar, comparar o diagnosticar situaciones pertenecientes a diversos campos del conocimiento. Un índice es una cifra adimensional que resulta de transformar uno o más indicadores mediante operaciones matemáticas sencillas. Así es posible combinar y comparar diversos indicadores representados por unidades de medidas muy diversas. Distintos índices se pueden combinar a su vez en niveles superiores para reflejar aspectos de complejidad creciente. La cifra que resulta de combinar varios índices es un índice agregado.

La simulación o recreación del comportamiento en la herramienta es realizada en base a índices e indicadores. Cada componente posee sus índices e indicadores, que luego de ejecutada la simulación se actualizan reflejando los resultados obtenidos.

Un ejemplo de índice de calidad de agua muy utilizado es el Índice de Calidad General (ICG) el cual es un valor adimensional obtenido a partir de 23 parámetros procesados mediante ecuaciones lineales, de los cuales 9 se utilizan siempre (básicos) y 14 según su influencia en la calidad (complementarios). Los 9 parámetros básicos son: coliformes totales, conductividad, DBO, DQO-Mn, fósforos totales, sólidos en suspensión, nitratos, oxígeno disuelto y pH[19].

El índice de calidad general se puede expresar como:

$$ICG = \sum [F_1 \cdot (K_i) \cdot F_2 \cdot (K_i)]$$

En donde:

- K_i : valor analítico de cada parámetro, siendo $i = 1, 2, 3, \dots, 23$
- F_1 : función que transforma el valor analítico de cada parámetro en un valor adimensional. Se obtiene de esta forma el nivel de calidad (Q_i).
- F_2 : función que pondera la influencia de cada parámetro en el global del índice. Se obtiene así el peso específico de cada parámetro (P_i):
- $P_i = [(1 / a_i) / \sum (1 / a_i)]$; siendo $a_i = 1$ (muy importante) hasta $a_i = 4$ (poco importante)

Por tanto, el ICG se puede expresar finalmente como:

$$ICG = \sum (Q_i \cdot P_i)$$

La clasificación de las aguas en función de su ICG se muestra en la siguiente tabla:

ICG	Calidad del agua
ICG = 100	Excelente
85 ≤ ICG < 100	Muy buena
75 ≤ ICG < 85	Buena
65 ≤ ICG < 75	Utilizable
50 ≤ ICG < 65	Mala (limitaciones en su uso)
ICG < 50	Pésima (graves limitaciones en su uso)

4.3.1 NUESTRO ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA

Nuestro índice de calidad del agua se basa en un único valor el cual va de 0 a 1, donde 0 es muy bueno y 1 es malo. Para determinar el índice de calidad de agua de un componente, se ejecuta la simulación y éste se combina, según las circunstancias, con el índice de calidad de agua de otros componentes y/o con otros índices secundarios.

Como se puede ver nuestro índice de calidad del agua es simple. En un futuro se buscará que vaya evolucionando para que sea un índice agregado de varios índices (parámetros) como se define en el ICG.

Si este índice agregado es desarrollado, los distintos componentes no van a definir más un índice de calidad genérico como lo hacen actualmente si no que van a definir los sub índices (parámetros) que se apliquen a ellos en base a su comportamiento. Por ejemplo la industria podrá definir el índice de sólidos en suspensión mientras que la agricultura no necesitará definirlo ya que no genera este tipo de contaminación.

4.3.2 ÍNDICES E INDICADORES SECUNDARIOS

Además del índice clave de toda la simulación, que es el índice de calidad del agua, para que el comportamiento del escenario y los componentes sea correcto se necesitan otros índices e indicadores propios de cada componente. Entre estos índices e indicadores tenemos:

- *Caudal del Agua*: Es un indicador de la cantidad de agua que atraviesa una determinada sección en un intervalo definido de tiempo Según el componente varía la unidad de medida/tiempo utilizada para medirlo. Algunos de los más comunes son m³/seg, m³/hora, litros/seg, etc.
- *Índice de calidad del servicio de las plantas de tratamiento*: índice que va de 0 a 1, donde 0 significa que la planta tiene un desempeño óptimo (el efluente obtenido presenta la mayor parte de sus contaminantes removidos) y 1 significa que la planta funciona muy por debajo de su capacidad óptima (*el prácticamente no se produce remoción de contaminantes de ningún tipo antes de su vuelco en algún cuerpo de agua*). El valor de 0 a 1 indica un porcentaje. Este factor se aplica sobre el índice de calidad del agua reduciéndolo en el porcentaje que este índice indique.

4.3.3 CÁLCULO

Cuando dos cuerpos de agua se juntan es necesario definir su nuevo caudal y su nuevo índice de calidad del agua. Su caudal es simple, es la suma de ambos. Para definir el nuevo índice de calidad del agua se utiliza la siguiente fórmula:

$$IC = (((ICA - ICI) * -1) * DCA) + ICA$$

Donde

- ICA: Es el índice de calidad actual.
- ICI: Es el índice de calidad ingresante.
- DCA: Es en qué medida afecta el índice de calidad ingresante en base al caudal.

Con este cálculo se obtendrá el índice de calidad del agua para la unión de dos aguas.

El cálculo de **DCA** se hace en base a los caudales (actual e ingresante):

$$DCA = CI / (CA + CI)$$

Dónde:

- CI: Es el caudal ingresante.
- CA: Es el caudal actual.

CAPÍTULO 5

5.1 DESARROLLO - LA HERRAMIENTA

Durante el desarrollo de la herramienta se buscó implementar, de la manera más realista posible, todo lo analizado y relevado sobre la temática de recursos hídricos. Algunos aspectos se fueron limitando durante la implementación, esto se debe a que, por un lado, recrear algunas situaciones lleva un tiempo de desarrollo considerable, y por otro, la intención era lograr una herramienta que en primera instancia fuera útil y simple de usar. Simplificando algunos aspectos de la herramienta, obtuvimos una primera versión de la herramienta que cumple con los objetivos buscados. Teniendo esto en cuenta al momento de desarrollarla, la herramienta fue diseñada para poder ser expandida en el futuro de manera de poder incorporar nuevas funcionalidades con facilidad. Por ejemplo, el índice de calidad del agua es una única magnitud simple pero en un futuro podría ser un índice compuesto. Al momento de implementarlo lo único que se deberá hacer es reemplazar el índice actual, que es un atributo simple, por una clase que represente el nuevo índice compuesto y luego agregar la fórmula que calcule los índices. Así, a los ojos del usuario se estaría agregando un cambio significativo pero a nivel de desarrollo no implicaría grandes modificaciones.

Para el desarrollo, el objetivo principal fue lograr una maquetación dinámica, ya que esto es lo que representa un mayor interés para nuestro asesor técnico, teniendo en cuenta su potencial aplicabilidad en cursos, talleres y ciclos de formación de productores agropecuarios y técnicos de terreno con diferentes niveles de conocimiento práctico y teórico de gestión del agua. La simulación, aunque es importante, es un complemento que sirve para visualizar comportamientos y asistir en la explicación de lo que se maqueta. Por lo tanto, el módulo de simulación se encuentra en un estado de desarrollo, faltando implementar algunas situaciones particulares.

5.1.1 RESUMEN DE LA HERRAMIENTA

La herramienta permite el armado dinámico de distintos escenarios de gestión hídrica. Mediante la utilización de componentes pre-definidos por la herramienta y el editor de terreno se facilita la construcción del escenario hídrico concebido por el usuario.

Cada uno de los componentes cuenta con su propia funcionalidad y configuración y podrán tener distintas relaciones con otros componentes (similares o no) con los que se afectarán mutuamente. La herramienta por lo tanto permite que el usuario realice el armado del escenario distribuyendo los componentes que él desee y como él desee, en un espacio geográfico virtual. De esta manera se podrá representar una situación particular y darle a cada componente que se encuentre en el escenario el comportamiento deseado, mediante opciones de configuración provistas por la herramienta.

Los componentes representan los distintos elementos que tienen participación en un escenario hídrico de la vida real, como puede ser: un arroyo, una industria, un distrito

agrícola, una ciudad, una sierra, una mina, etc. Estos componentes representarán un comportamiento real sobre los distintos escenarios hídricos y podrán ser configurados para que se comporten de diferente manera, de acuerdo a su “tipo”. Por ejemplo un componente “industria” se podría comportar como una industria papelera, metalúrgica, etc. Para que se comporte de una u otra manera, habrá que configurar su demanda de agua y su índice de contaminación de manera que refleje su comportamiento en la realidad. Habrá algunos componentes específicos que se van a encontrar pre-configurados para que funcionen como su tipo específico (por ejemplo industria metalúrgica).

Con el escenario terminado o no, se contará con la posibilidad de guardar el trabajo realizado para continuar en otro momento y exportarlo para compartirlo con otra persona.

5.1.2 ARQUITECTURA

En esta sección daremos un vistazo general a los diferentes sub-sistemas que forman el sistema total. Más adelante, en las siguientes secciones se profundizará cada uno de los diferentes sub-sistemas.

A continuación en la Figura 24 ilustra el modelo de la arquitectura global simplificado identificando con distintos colores los distintos subsistemas.

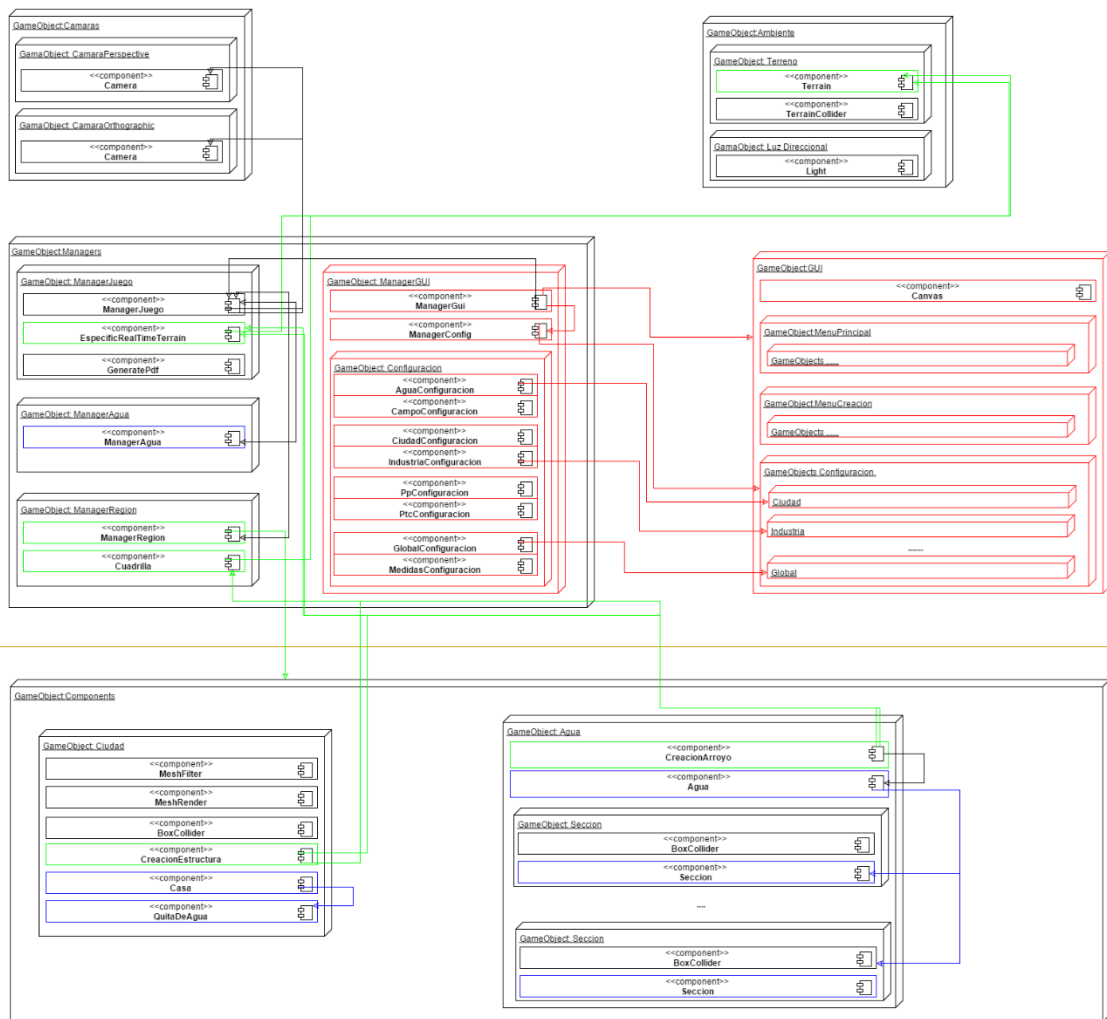


Figura 24. Modelo de la arquitectura global.

El color Azul indica el sub-sistema del comportamiento de los recursos hídricos, el color Verde indica el sub-sistema de todo lo referido al manejo, diseño y configuración del relieve, el color Rojo indica el sub-sistema de interfaz de usuario con sus controladores y las vistas correspondientes, y por último, el color Negro que podríamos llamar el sub-sistema general que se encarga de las tareas básicas del sistema y que suelen ser genéricas a todo aplicación desarrollada con un motor gráfico

El subsistema general está formado mayoritariamente por los componentes genéricos que provee Unity como son Camera, MeshFilter, MeshRender, Collider, etc. Estos van a proveer las funcionalidades básicas como son mostrar los modelos 3D, tener una cámara que muestre al usuario lo que hay en escena, detectar colisiones, etc. Además de los componentes genéricos contamos con componentes (Scripts) propios de la herramienta, por ejemplo el ManagerJuego, que es el encargado de manejar todas las características globales como pueden ser crear un nuevo escenario, guardar un escenario, cargar un escenario, agregar un componente, etc.

5.1.2.1 SUBSISTEMA DE RECURSOS HÍDRICOS

En esta sección explicaremos el modelo de clases utilizado en la aplicación para representar el comportamiento de los componentes que se pueden encontrar en un escenario hídrico. La Figura 25 describe el modelo de clases mencionado.

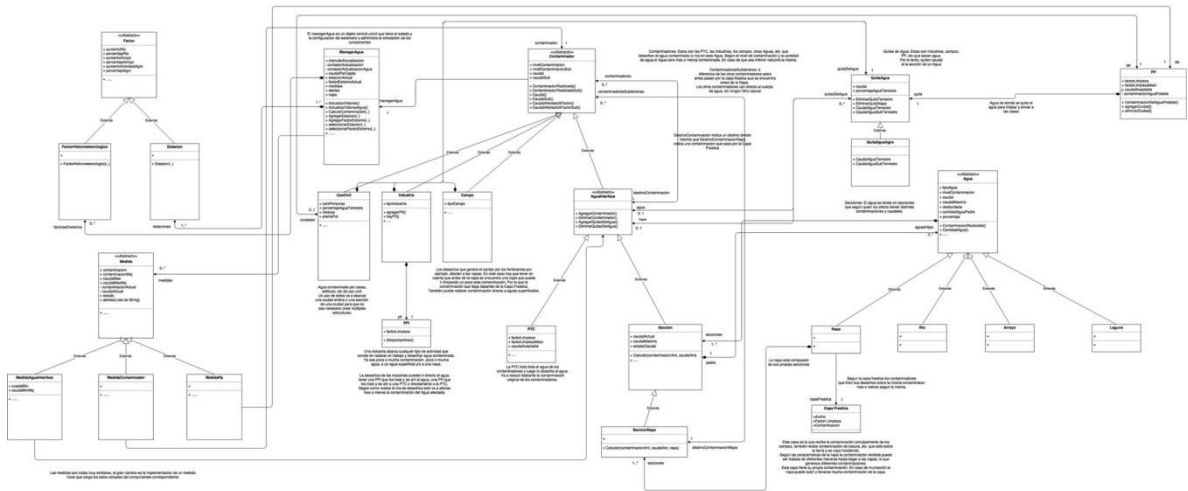


Figura 25. Modelo de Clases.

La clase **ManagerAgua** no representa ningún componente o situación particular que suceda en un escenario hídrico, si no que mantiene el estado global del escenario y es la encargada de administrar al escenario hídrico, como su nombre lo indica. Esta clase tiene varias tareas:

- Contiene configuraciones globales como la estación actual, el caudal per cápita, etc.
- Administra la creación de los distintos componentes y provee métodos de cálculo genéricos a todos los componentes.
- Maneja los tiempos de ejecución de la simulación.
- Administra las alertas y las medidas sobre los componentes.

Para representar las situaciones o factores que podrían afectar el escenario hídrico se utilizó un diseño parecido al del patrón state. En este caso el ManagerAgua tendrá 2 implementaciones del patrón state. Por un lado el referente a la **estación** y por otro el referente a los **factores extremos**. El ManagerAgua tendrá un pool de estados y en un momento dado sólo podrá tener un estado actual para la estación y un estado actual para el factor extremo. El ManagerAgua (escenario) variará su comportamiento en base a estos dos factores.

Para ambos factores sólo se indica si, ante un estado determinado, los caudales aumentan o disminuyen y en qué proporción. Luego, en base a estos valores un componente podrá consumir o recibir más o menos caudal del inicialmente configurado para él, lo que afectará al escenario global.

Luego están los componentes que representan diferentes situaciones. Uno de ellos es el **Contaminador** que va a representar genéricamente todas las maneras de contaminar al agua indicando caudal, nivel de contaminación y puntos de destino o vertido.

En base a la investigación realizada sobre los recursos hídricos, los 3 usos principales del agua son el uso civil o doméstico, el industrial y el agropecuario. También se puede mencionar el uso para el sostenimiento de los ecosistemas, pero este componente no es abordado en esta primera etapa de desarrollo de la herramienta.

Estos 3 usos principales son representados de manera directa extendiendo la clase Contaminador. Cada una de estas clases sobrescribe y agrega lo que necesita para representar más fielmente su comportamiento.

Todos los tipos de uso de agua, como su nombre lo indica, utilizan agua, por lo tanto, están compuestos por la clase **QuitaDeAgua** donde se indica el caudal, puntos de extracción y porcentaje de cada destino.

En el caso del **Uso Civil** se agrega, además de algunas propiedades, la posibilidad de tener una referencia a una planta potabilizadora según su configuración.

En el caso de la **Industria**, su adhesión más importante es la posibilidad de tener una Planta de Tratamiento de Efluentes Industriales, la cual realiza un proceso de acondicionamiento de los mismos respecto de la norma ambiental vigente antes de realizar el vertido en el cuerpo receptor.

En el caso del **Campo** lo único que modifica es que la **QuitaDeAgua** es reemplazada por **QuitaDeAguaAgro**. La **QuitaDeAguaAgro** a diferencia de su clase padre es afectada por los estados del **ManagerAgua**.

Volviendo a la clase **Contaminador**, su hijo más a la derecha es la clase **AguaiInterface**. Esta clase representa todos los componentes donde otro componente pueda desechar su contaminación. Además permite que otros componentes extraigan agua de él.

En base a la clase **AguaiInterface** representamos las **Plantas de Tratamiento de Efluentes Cloacales (PTC)**. Estas recibirán desechos de otros componentes, removerán parte de la carga contaminante y generará agua tratada que verterá en otro componente. Esta clase agrega sus propias propiedades que representan al comportamiento de la planta.

La otra clase que hereda de **AguaiInterface** es **Sección** la cual representa una sección de un cuerpo de agua. Esta clase a diferencia de **PTC** utilizará, además de los contaminadores, las extracciones de agua.

Heredando de **Sección** esta la **SeccionNapa** que representa una sección de un cuerpo de agua subterráneo donde se agrega la posibilidad de tener contaminadores subterráneos, es decir, que su contaminación pase por el nivel freático. En este caso se emplea la denominación de “napa freática” por su carácter más coloquial.

Las secciones por si solas no tienen comportamiento, para ello tienen que formar parte de un cuerpo de agua. Para esto tenemos la clase **Agua** que representa un cuerpo de agua “lineal”. Esta recrea el comportamiento del agua indicando su caudal y contaminación inicial y una composición de secciones. En base a esto podemos representar agua que va hacia una dirección transportando contaminación y el caudal que corresponda.

Como un cuerpo de agua puede nacer desde otro cuerpo de agua, la clase **agua** tiene la posibilidad de indicar su padre. El padre no es otro objeto **Agua** si no una **Sección**. Al mismo tiempo, la clase **Sección** cuenta con la posibilidad de tener muchas

aguasHijas, es decir que varios cuerpos de agua pueden nacer de ella. Las aguasHijas extraen agua para su propio caudal ya sea en un porcentaje o en una cantidad fija.

En el caso de las aguas subterráneas, entre ellas y el suelo se ubica la capa freática. Se las representa con la clase **AguaNapa** que tendrá una referencia a la clase **CapaFreatica** que representará el suelo intermedio. Para realizar los cálculos de contaminación, la clase AguaNapa necesita conocer el nivel de contaminación que afectó la Capa Freática y que por lo tanto afectará su índice de calidad. Esta información la obtiene consultando a la clase CapaFreática.

Se puede ver que en el modelo aparecen clases que heredan de Agua como son Arroyo, Río y Laguna. Estas no se encuentran desarrolladas actualmente pero el modelo tiene en cuenta que en un futuro pueden ser agregadas.

El componente que queda analizar es la **Planta Potabilizadora** que no hereda ningún comportamiento antes definido. En ésta indicamos propiedades muy parecidas a la PTC pero su funcionamiento es al revés, ya que extrae agua y luego le realiza un proceso de limpieza y depuración. Para calcular cuánta agua extraer consulta a las ciudades cuánta agua necesitan en base a su población.

Por último, tenemos la clase **Medida** que tiene los valores que se deben controlar e implementa controles sobre otros componentes. Las clases que heredan de ésta realizan sus controles de manera similar con la diferencia que controlan diferentes tipos de componentes, sobrescribiendo únicamente al método que consulta los datos actuales del componente controlado. Solo la medida **MedidaAguaInterface** sobrescribe además el método de control agregando una nueva propiedad de control.

Con el modelo de clases realizado se intentó representar lo mejor posible la realidad de los escenarios hídricos en base a la investigación realizada sobre los mismos.

5.1.2.2 *SUBSISTEMA DE TERRENO*

Unity provee un sistema de terreno el cual permite, por medio del editor de Unity, armar un terreno de una manera rápida y sencilla. Además de esto, en tiempo de ejecución, la representación del terreno está muy optimizada para su eficiencia. Este sistema de terreno usa Heightmaps y Alphamaps para nivelar y pintar el terreno respectivamente.

Los Heightmaps son mapas que funcionan con escalas de grises. Los heightmaps están codificados para deformar una superficie High-Poly mediante escala de grises y pixeles modificando su altura. El color negro representa una altura nula, es decir que no es modificada, y cuanto más blanco es el píxel representa más altura sobre la superficie.

Alphamapping es una técnica donde una imagen es asignada a un objeto 3D, y designa que ciertas áreas del objeto sean transparentes o translúcidas. La transparencia puede variar en fuerza, dependiendo de la textura de la imagen, la cual puede ser *greyscale*, o *alphachannel* o una textura de una imagen RGBA.

El problema de este sistema es que está desarrollado para armar el terreno antes de la compilación. Por lo tanto, utilizando directamente el terreno de Unity no se puede modificar dinámicamente.

Dado que la herramienta presenta la necesidad de tener un terreno que el usuario pueda modificar dinámicamente a su gusto para representar distintas geografías, se analizaron distintas alternativas para la modificación *Run Time* del terreno. Se eligió desarrollar una “librería” que permita modificar tanto la nivelación como las texturas del terreno. Al momento del desarrollo se encontraba disponible en el Store de Unity una librería muy simple que proveía parte de la funcionalidad necesaria, pero, dado que la misma era paga, se optó por desarrollar una librería propia.

La librería es un Script C# para Unity. Este script tiene una referencia al terreno de Unity que va a modificar, con el cual tiene una relación de dependencia ya que necesita de sus características para poder modificarlo. En base a esta referencia puede cargar automáticamente el conjunto de propiedades del script que hacen referencia al terreno de Unity.

La configuración del terreno de Unity, está compuesta por los siguientes parámetros:

- Ancho del terreno: Tamaño del terreno en el eje X (en unidades del mundo-Unity)
- Largo del terreno: Tamaño del objeto terreno en el eje Z (en unidades del mundo-Unity)
- Altura del terreno: Diferencia de cotas en la coordenada Y entre el valor de heightmap más bajo y el más alto (en unidades del mundo)
- Resolución de Heightmap: Resolución en pixeles del heightmap del terreno (debería ser una potencia de dos más uno, por ejemplo $513 = 512 + 1$)
- Resolución de detalle: Resolución del mapa que determina los diferentes sectores de detalle/pasto. Una resolución más alta resulta en sectores más chicos y más detallados.
- Resolución de detalles por sector: Altura/ancho de los sectores cuadrados renderizados con un solo *drawing call*
- Resolución de la Textura de Control: Resolución del alphasmap que controla la mezcla de diferentes texturas del terreno.
- Resolución de la Textura de Base: Resolución de la textura compuesta usada en el terreno cuando se lo ve desde una distancia mayor que la distancia del BaseMap⁴

La librería se encuentra desarrollada para que funcione con cualquier configuración, por lo que no se limita a una cantidad de pixeles, ni tamaño, etc. Es una librería que se pensó para que pueda ser utilizada también en otros desarrollos.

Para pintar texturas, es muy importante el orden en que fueron cargadas las mismas, ya que si se quiere pintar X textura, para referirse a ella se debe hacer uso de la posición en qué fue cargada. Por ejemplo cargamos la textura pasto, tierra y

⁴La distancia máxima hasta la cual las texturas del terreno se mostrarán con máxima resolución. Más allá de esta distancia, se mostrará una imagen de menor resolución por motivos de eficiencia.

pavimento en ese orden, si se desea pintar con la textura tierra debemos indicar la posición 1(ya que el índice comienza en 0). El editor gráfico que provee la herramienta se encarga de manejar esta característica automáticamente.

El editor de terreno utiliza la librería desarrollada para permitir al usuario modificar la superficie donde luego ubicará los componentes. Este editor posee una serie de parámetros de configuración que el usuario puede modificar para indicar cómo quiere personalizar el terreno. Por ejemplo, se podrá configurar la pendiente (más empinada o menos empinada) con la que se va a levantar el terreno. Los demás parámetros se especificarán en la próxima sección.

Además de esto, el editor contará con una paleta de texturas que permitirá pintar el terreno con las diferentes texturas que provee la herramienta.

5.1.2.2.1 Especificación de la Librería/Clase

En esta sección se van a especificar todas las propiedades y métodos de la librería para la edición de terreno.

Tabla 1. Propiedades Dependientes del Terreno de Unity

Visibilidad	Tipo	Nombre	Descripción
Public	string	tagTerrain	Indica el tag del Terrain para detectar colisiones de la cámara y marcar puntos.
Public	Terrain	Terrain	Referencia al terreno de Unity
Protected	TerrainData	terrainData	Referencia a la clase que contiene los datos del terreno de Unity.
Protected	int	xSize	Tamaño del eje X en unidades Unity.
Protected	int	ySize	Tamaño del eje Y en unidades Unity
Protected	int	zSize	Tamaño del eje Z en unidades Unity
Protected	int	xResolutionAlpha	Resolución del AlphaMap sobre el eje X
Protected	int	yResolutionAlpha	Resolución del AlphaMap sobre el eje Y
Protected	float[, ,]	Alphas	Contiene todo los datos del AlphaMap es un vector de dos dimensiones (X e Y) y para cada punto X,Y un vector con el valor (0 o 1) para cada textura
Protected	int	xResolutionHeight	Resolución del HeightMap sobre el eje X
Protected	int	yResolutionHeight	Resolución del HeightMap sobre el eje Y
Protected	float[, ,]	Heights	Contiene todo los datos del HeightMap. Es un vector de dos dimensiones (X e Y) donde en cada punto se indica un valor que va entre 0 y 1
Public	int	cantTexturas	Indica la cantidad de texturas que hay cargadas sobre el terreno de Unity

Tabla 2. Propiedades de Uso General

Visibilidad	Tipo	Nombre	Descripción
Protected	Int	x1, y1,x2,y2	Estas variables son utilizadas cuando se pinta una recta en base a dos puntos.
Public	Float	Ancho	Es la cantidad de superficie que se va a levantar.
Public	Float	Valor	Es el valor de elevación del punto medio del terreno a elevar, el cual será el punto máximo de elevación de la superficie seleccionada para levantar. Define como crece la altura.
Public	Float	disAlt	Es la brecha de diferencia que hay entre el punto medio y los que se encuentran más alejados de él. Cuanto más alejados estén los puntos del punto medio, menos se elevarán. Define la pendiente de la elevación.

Tabla 3. Propiedades del Editor

Visibilidad	Tipo	Nombre	Descripción
Public	Cámara	Cámara	Cámara actual que se está utilizando para que el editor arme el pincel.
Public	Bool	modificandoTerreno	Indica si el editor de terreno se encuentra activo. Si está activo el editor se pone en funcionamiento.
Public	Bool	Pintando	Indica si la operación activa es la de pintar o nivelar.
Public	Int	texturaActual	Indica la textura actual seleccionada para pintar el terreno.

Public	Textures2d[]	Imágenes	Imágenes utilizadas para armar las paletas
Protected	Paleta[]	Paletas	Contiene una estrategia por cada tipo de paleta.
Public	Int	paletaActual	Indica la paleta actual
Protected	Vector3	Punto	Punto medio donde se debe armar el pincel y desde donde se va a pintar o nivelar.

Tabla 4. Métodos de Uso General

Visibilidad	Tipo de Retorno	Nombre	Descripción
Protected	void	initialLoad	Realiza la configuración inicial.
Protected	void	loadPaletasStrategy	Carga todas las estrategias para las paletas de la librería.
Protected	bool	permitirEditar (Vector3 punto)	En base a un punto devolverá si puede o no editar el terreno.
Protected	bool	MyPhysicsRaycast_inputMouse	Indica si se colisiona contra un objeto que no sea de la UI.
Protected	Vector3	hitPointInputMouse_ExGui	Devuelve el punto de colisión contra el terreno. En caso de que no exista uno, devuelve un Vector3 en zero.

Tabla 5. Métodos Para Pintar

Visibilidad	Tipo de Retorno	Nombre	Descripción
Public	void	pintarPunto(int px, int pz, int textura)	Pinta un punto con la textura indicada en el punto X y Z (o Y). Los puntos indicados son en unidades AlphaMap

Public	void	despintarPunto(int px, int pz)	Pinta un punto con la textura por defecto en el punto X y Z (o Y). Los puntos indicados son en unidades AlphaMap
Public	void	reiniciarTexturas	Reinicia todo el AlphaMap a la textura por defecto.
Public	void	pintar(Vector3 punto, int anchoX, int anchoZ, int textura)	Pinta un cuadrado en base a un punto y a un ancho (para cada lado) en unidades Unity con la textura indicada.
Public	void	despintar(Vector3 punto, int anchoX, int anchoZ)	Pinta un cuadrado en base a un punto y a un ancho (para cada lado) en unidades Unity con la textura por defecto.
Public	void	pintarCirculo(Vector3 punto, int radio, int textura)	Pinta un circulo en base a un punto y a un radio en unidades Unity con la textura indicada
Public	void	pintarRecta(float pointX1, float pointY1, float pointX2, float pointY2, int ancho, int textura, int borde, int texturaBorde)	Pinta una recta entre 2 puntos en unidades Unity con un ancho y un borde en unidades AlphaMap. Pinta el interior de la recta con una textura y el borde con la textura del borde.
Protected	void	pintarBorde(int borde, bool brechaX, int texturaBorde)	Pinta el borde de una recta con la textura indicada y con el ancho correspondiente. Según la brecha recorre el EjeX o el EjeY.
Protected	void	pintarCrucesDeLineas(int ancho, bool brechaX, int textura)	En base a un conjunto de rectas pinta todos los cruces entre las mismas para que no queden puntos sin pintar
Protected	void	pintarLineaSegunX(int cruce, int textura)	Pinta una línea recorriendo el eje X calculando el valor para Y

Protected	void	pintarLineaSegunY(int cruce, int textura)	Pinta la línea recorriendo el eje Y calculando el valor para X
------------------	------	---	--

Tabla 6. Métodos Para Nivelar.

Visibilidad	Tipo de Retorno	Nombre	Descripción
Public	Void	reiniciar Altura	Reinicia todos los puntos del heightMap a la altura 0.
Public	Void	nivelarTerreno(Vector3 punto, bool elevar)	Eleva o disminuye el nivel del terreno en un punto en forma cuadrada en base a las propiedades ancho, valor y distAlt.
Public	Void	nivelarTerreno(Vector3 punto, bool elevar)	Eleva o disminuye el nivel del terreno en un punto de forma circular en base a las propiedades ancho, valor y distAlt.
Public	Void	nivelarPunto(int x, int z, int difX, int difZ, int ancho, bool elevar)	Eleva o disminuye el nivel del terreno en el punto X, Z (o Y). Los puntos indicados son en unidades HeightMap.
Public	Void	aplanarTerreno(Vector3 punto, int tamX, int tamZ)	Aplana una sección de terreno en base a un punto y al ancho indicado para cada eje.
Public	Int	calcularX(float punto)	En base a un punto sobre el eje X en unidades unity retorna el punto sobre el eje X en unidades alphaMap.
Public	Float	calcularRealXAlphamap(int puntoX)	Inverso del caso anterior
Public	Int	calcularZ(float punto)	En base a un punto sobre el eje Z en unidades Unity retorna el punto sobre el eje Z en unidades alphaMap.
Public	Float	calcularRealZAlphamap(int puntoX)	Inverso del caso anterior.
Public	Int	tamanoCuadrillaX(int tamanoX)	En base a una cantidad de pixeles en unidadesUnity, lo pasa a un tamaño en unidades AlphaMap sobre el eje X.
Public	Int	tamanoCuadrillaZ(inttamanoX)	En base a una cantidad en pixels en unidades Unity, lo pasa a un tamaño en unidades AlphaMap sobre

			el eje Z.
Public	Int	calcularXHeight(float puntoX)	En base a un punto sobre el eje X en unidades Unity retorna el punto sobre el eje X en unidades HeightMap.
Public	Float	calcularRealX(int puntoX)	Inverso del caso anterior.
Public	Int	calcularXHeight(float puntoZ)	En base a un punto sobre el eje X en unidades Unity retorna el punto sobre el eje Z en unidades HeightMap.
Public	Float	calcularRealZ(int puntoZ)	Inverso del caso anterior.
Public	Float	CalcularRealY(Vector3 punto)	En base a una posición Unity retorna el valor para Y en unidades Unity para ese punto.
Public	Int	tamanoCuadrillaXHeight(int tamanoX)	En base a una cantidaddepixelesen unidades de Unity lo pasa a un tamaño en unidades del HeightMap sobre el eje X
Public	Int	tamanoCuadrillaZHeight(int tamanoZ)	En base a una cantidad de pixeles en unidades Unity lo pasa a un tamaño en unidades del HeightMap sobre el eje Z

Por cada pincel que se pueda elegir se cuenta con una clase anidada que sabe cómo pintar y cómo nivelar llamando al método que corresponda de la clase contenedora. Estas clases heredan de una clase abstracta con los métodos:

Tabla 7. Clases Anidadas

Visibilidad	Tipo de Retorno	Nombre	Descripción	Operación
Public abstract	Void	pintar(Vector3 punto, bool pintar)	Llama al método pintar correspondiente al padre	Pintar
Public abstract	Void	nivelarTerreno(Vector3 punto, bool elevar)	Llama al método nivelar correspondiente al padre	Nivelar

5.1.2.2.2 Editor Gráfico

Es importante aclarar que la librería solo provee el comportamiento del editor pero no así la Interfaz Gráfica ya que esta es particular de cada aplicación. Por lo tanto, si se

desea utilizar la librería en un desarrollo, es necesario armar la GUI y conectarla con ella.

La librería tiene un *flag* que indica que se activó la edición del terreno y en ese momento empieza a realizar dos actividades, por un lado empieza a reconocer los movimientos del usuario que son de su interés y por el otro, arma el 'píncel' según los valores de los parámetros configurados. Entonces por ejemplo, si el usuario hace click en un punto pintará o nivelará el terreno según lo que se encuentre activo en ese momento, sí acompañado del click va la tecla shift se seteará para la nivelación el valor original, el cual es 0 (sin altura)

Para cada píncel que contiene la librería hay una clase (estrategia) que sabe a qué método/s de la librería llamar para pintar o nivelar con la forma correspondiente. Por lo tanto, la librería va a tener un pool de "estrategias" y a la hora de editar va a llamar a los métodos que corresponda según el píncel actual.

5.1.2.2.3 La librería y la aplicación

La librería nos provee todas las características que necesitamos para modificar un terreno dinámicamente ya sea manualmente por el usuario o automáticamente por la aplicación cuando se agrega un componente y la aplicación pinta o nivela el terreno alrededor para acomodarlo.

Como se mencionó anteriormente, la librería fue desarrollada para ser usada en cualquier aplicación donde se necesite la edición de terreno dinámico. Es por eso que para que la librería se adapte correctamente a nuestra aplicación en particular fue necesario extenderla. Una de las nuevas componentes que se incorporaron fue la GUI como se muestra en la Figura 26.

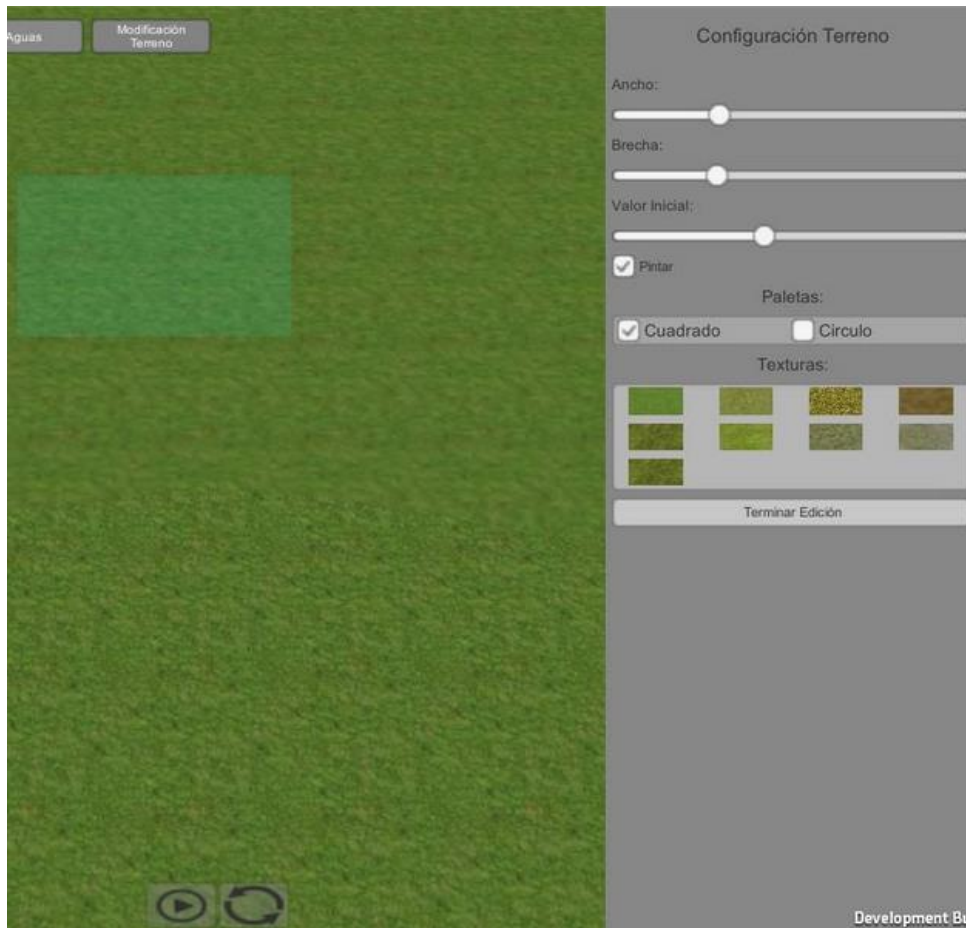


Figura 26: Panel de Control para Configuración de Terrenos

5.1.2.2.4 Sistema de Grilla

El sistema de grilla es el encargado de controlar las posiciones disponibles dentro del terreno. Este sistema provee una interfaz para que cualquier componente que quiera modificar el terreno o agregar/eliminar un componente en él pueda consultar, mediante los métodos disponibles, si determinada ubicación se encuentra vacía o no y ocupar o desocupar una ubicación.

Unity ofrece un espacio de puntos en el plano x,y. El sistema de grillas se ubica sobre este plano. El sistema de grillas puede tener una escala para el sistema x,y diferente a la escala del espacio Unity.

El sistema de grilla tiene la posibilidad de cargar sus valores iniciales a partir de la configuración del Terreno de Unity o de hacerlo manualmente. En base a estos valores iniciales se determinará el tamaño real en unidades Unity de la grilla y los factores de transformación de unidades (de la escala de Unity a la escala de la grilla, y viceversa). Normalmente se utilizan los datos del terreno para que la grilla se adapte a él, pero se puede desear que la grilla tenga una escala diferente a la del terreno lo cual hay que configurar. Si se utilizan los datos del terreno se arma la grilla en base a la configuración del alphamap.

5.1.2.2.5 Componentes, Sistema de Grilla y Editor de Terreno

Para que un componente se pueda agregar en la grilla en un lugar determinado, todas las posiciones que él necesite ocupar en base a su tamaño deben estar desocupadas, en caso de que no sea así no se le permite posicionarse en esa ubicación. Para que esto suceda los componentes tienen un script especial que, conectado con el sistema de grilla y el sistema de terreno, permite que al mover el componente a lo largo del terreno se vaya indicando si es posible o no ubicar el componente en ese lugar. El script va actualizando la posición actual del componente y cuando encuentra una posición disponible le permite ocupar la posición, pintar el terreno a su alrededor y ubicar el componente. Una vez que se decide instalar un componente se le consulta al sistema de terreno la posición en Y sobre la que debe ubicarse el componente, esto se debe a que dependiendo del mapa de alturas su posición en Y va a ser diferente.

Además este script permite eliminar y mover los componentes. Lo que implica desocupar y despintar las posiciones actuales y en caso de mover el componente, buscar una nueva ubicación.

Como se mencionó, para realizar todo esto el script va consultando al sistema de grilla y al sistema de terreno mediante sus interfaces. En caso de agregar un cuerpo de agua, el cual no es representado directamente con un modelo 3D estático, la manera de controlar y ocupar ubicaciones es distinta. En estos casos se cuenta con otro script que realiza la misma tarea, de diferente manera.

Para agregar un componente agua se van creando puntos que vayan indicando su recorrido en el mapa mientras un script verifica que no haya componentes entre cada par de puntos. Luego, una vez que se crearon todos los puntos exitosamente, es decir, sin obstáculos entre los puntos, se crea el componente. La creación del componente Agua implica la comunicación con el sistema de terreno (específico de la aplicación) para pintar el cuerpo de agua, y la comunicación entre el sistema de terreno y el sistema de grilla para ocupar las posiciones que correspondan. A veces, dependiendo de los cambios en el caudal de un cuerpo de agua, cambia el ancho de la superficie pintada que lo representa. Las aguas que dependen de él (aguas hijas) deben actualizarse también cuando esto pase. Para estos casos se implementó un patrón Observer.

El sistema de terreno además se comunica con el sistema de grilla para controlar que en una posición ocupada no se pueda pintar o nivelar el terreno mediante el editor gráfico.

La Figura 27 muestra de una manera simple la relación entre los diferentes sistemas que luego van a permitir realizar la maquetación en la aplicación, ya sea modificando el terreno mediante el editor o agregando/eliminando componentes.

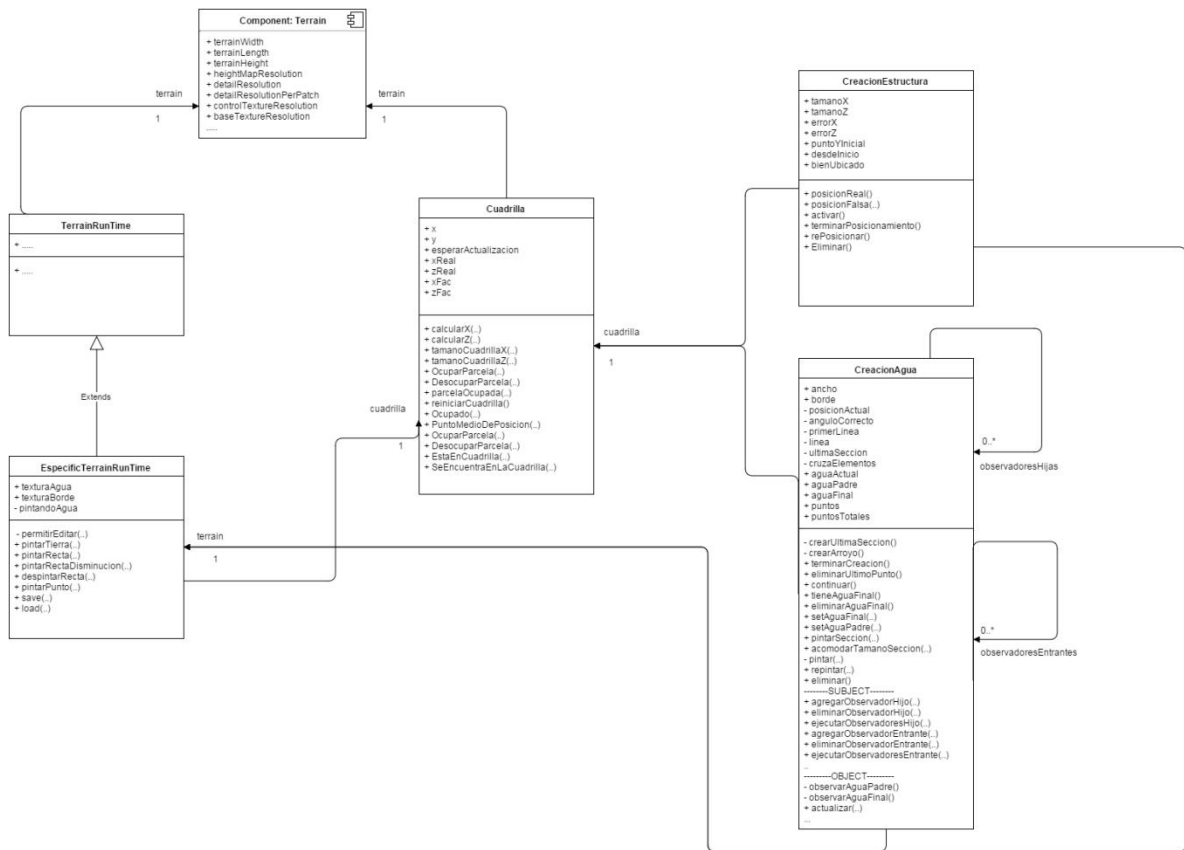


Figura 27. Relación entre los sistemas.

5.1.2.3 SUBSISTEMA DE INTERFAZ DE USUARIO

Este sistema es el encargado de permitir la interacción entre el usuario y la aplicación mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). Como toda aplicación que maneja una GUI nos pareció correcto utilizar el patrón MVC. Se realizaron dos implementaciones diferentes del patrón MVC según si el usuario interactúa con el sistema general (implementación 1) o con un componente del modelo de agua (implementación 2).

En la Figura 28 podemos ver el modelo combinado de ambas implementaciones del patrón MVC.

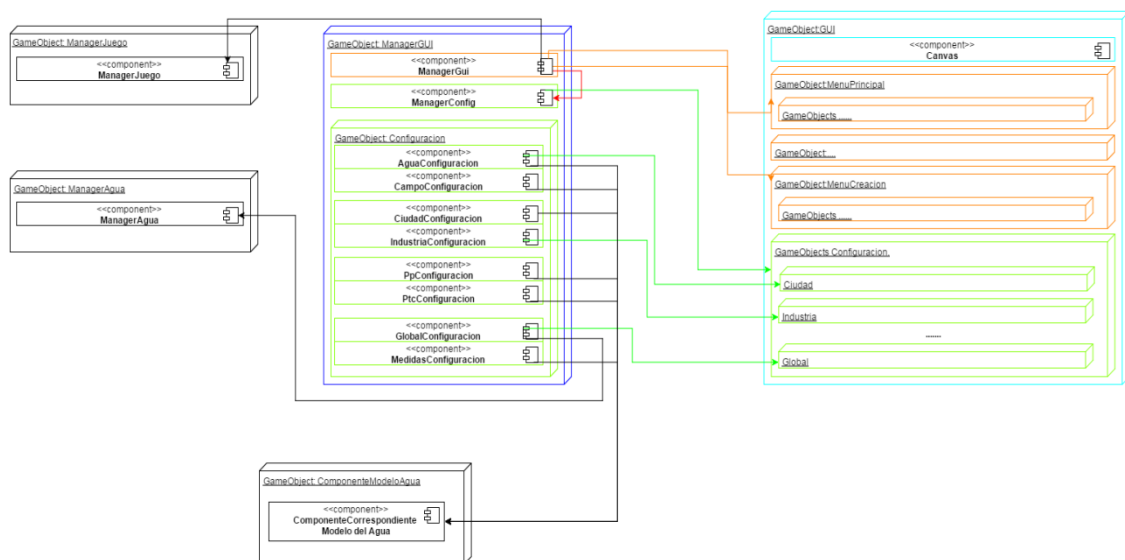


Figura 28. Modelo MVC

Con el color Negro identificamos a los componentes que forman parte del Modelo, como pueden ser el ManagerJuego, ManagerAgua, etc.

En celeste se identifica el GameObject que agrupa a todos los GameObjects que forman parte de la **Vista**. En azul se identifica el GameObject que agrupa a todos los componentes que forman parte del **Controlador**.

En naranja se identifica a componentes que pertenecen a la implementación 1 y en verde a los que pertenecen a la implementación 2.

Implementación 1 – Sistema en General

Para la interacción entre el usuario y el sistema general habrá distintas vistas para cada funcionalidad provista por la herramienta. Cuando el usuario interactúe con la interfaz generará distintos eventos los cuales serán manejados por el controlador llamando a uno o varios métodos del ManagerGui, el cual realizará la interacción con el modelo que corresponda y en base a su respuesta, el ManagerGui generará una respuesta visual para él.

Implementación 2 – Modelo del Agua

En esta implementación los componentes que forman parte del Modelo y de la Vista trabajan de la misma manera. La diferencia radica en el Controlador. Hay un controlador central que detecta las solicitudes sobre los componentes (modelo de agua) y que mediante una implementación del patrón Strategy va a asociar la estrategia correspondiente según el tipo de componente con el que el usuario este interactuando, ya que existe una estrategia por componente que va a saber la forma correcta de comunicarse con él. Todas las peticiones entran por el controlador principal que despacha la petición a la estrategia correspondiente. Tanto el controlador central como la estrategia actual interactúan con la vista mientras que solo la estrategia interactúa con el modelo.

5.1.3 MAQUETACIÓN - MODELOS 3D - TEXTURAS

Como se mencionó previamente, la aplicación permite el maquetado de un escenario hídrico geográfico virtual. Para lograr esto se proveen distintas herramientas como un editor de terreno para la modificación de la nivelación y la textura del terreno, y otras para agregar o eliminar componentes.

Para que se puedan representar diferentes situaciones gráficamente, se brindan varias opciones tanto en texturas para pintar el terreno como en variedad de modelos 3d (componentes). Para un mismo comportamiento se pueden tener varias representaciones con modelos 3D, por ejemplo, el comportamiento industria se puede graficar con un modelo 3D de industria papelera, o un modelo 3D de industria metalúrgica, etc. La distinción es solo visual y no de comportamiento y con ella el usuario puede lograr una maquetación visualmente más clara.

Las texturas disponibles son las siguientes:

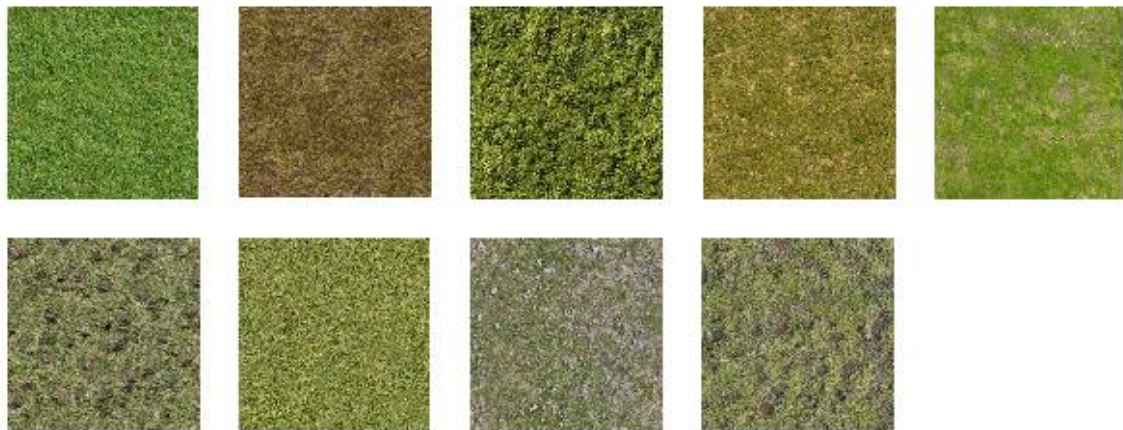


Figura 29. Texturas

Cada componente tiene un modelo 3D genérico y además en un futuro tendrá otros modelos 3D para representar sus subcategorías. Los modelos 3D vienen asociados a sus correspondientes texturas. Actualmente la herramienta provee los siguientes componentes modelados:



Figura 30. Uso Civil - Ciudad

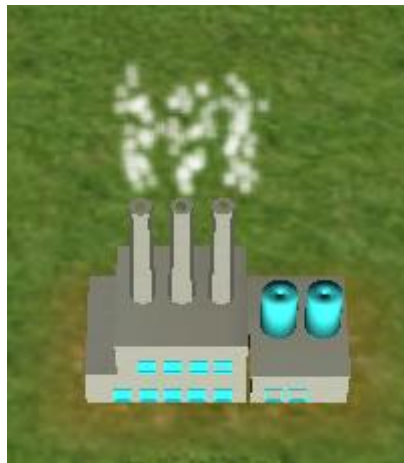


Figura 31. Industria - Genérico



Figura 32. Actividad Agropecuaria - Genérico

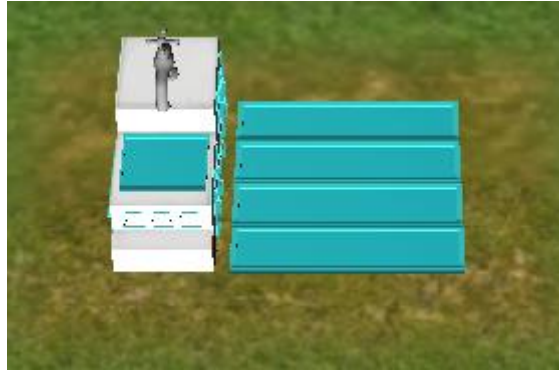


Figura 33. Planta Potabilizadora

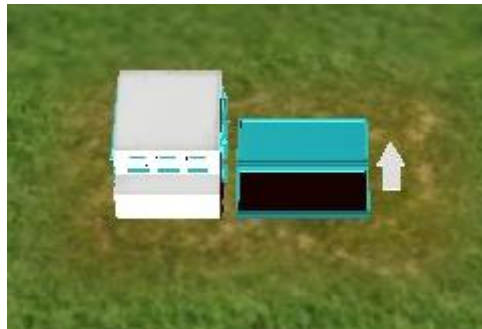


Figura 34. Planta de Tratamientos Cloacales

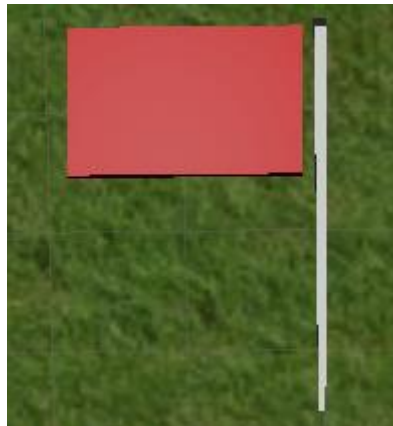


Figura 35. Medida

Para los cuerpos de agua superficiales, que también son componentes, no existe un modelo 3D estático, si no que se construye pintando un conjunto de puntos con distintas texturas. Actualmente solo implementamos cuerpos de agua lineales que se grafican como muestra la Figura 36.



Figura 36. Representación visual con textura de un cuerpo de agua superficial con comportamiento lineal

5.1.4 SIMULACIÓN

Cuando hablamos de simulación es importante entender que la simulación es del comportamiento de los componentes y de cómo se afectan entre sí y no es una simulación numérica exacta. El objetivo es que ésta vaya mejorando para que sea una simulación lo más fiel a la realidad posible lo cual simplificará la explicación del escenario y ayudará a mejorar la toma de decisiones. La herramienta permitirá entonces la recreación del comportamiento del escenario creado.

Durante la simulación, el comportamiento de los componentes va a ser representado por el índice de calidad del agua y el indicador de caudal (m³/seg). En cada componente activo pueden actualizarse cuando se ejecuta la simulación.

Es importante hacer referencia al Modelo de Clases del Agua que se explicó en la sección Arquitectura, ya que es ese modelo en donde se representan los estados y los comportamientos de cada componente, las relaciones con el resto de los componentes y es sobre el que se ejecuta (o implementa) la simulación.

Como se puede ver en el modelo de clases por un lado contamos con el ManagerAgua que tiene configuraciones globales que hacen al estado del escenario completo y por lo tanto afectan a todos los componentes por igual. Además contamos con los componentes que representan situaciones específicas que tienen sus propios estados. Luego de la interacción entre los componentes, dependiendo de los estados del escenario, se ejecuta la simulación y se actualizan los índices.

Luego de la simulación el ManagerAgua será el encargado de ejecutar la actualización de todas las medidas en el escenario para que luego estas puedan alertar sobre los problemas encontrados.

El ManagerAgua maneja los tiempos de la simulación y es el que permite o no a los componentes actualizarse. Se define un intervalo de actualización para que la simulación se ejecute cada una determinada cantidad de tiempo lo que resulta en la actualización periódica de los componentes.

Hay dos tipos de componentes, los componentes pasivos y los activos. Los componentes pasivos son aquellos que por sí solos no actualizan ningún estado y sus estados suelen ser fijos ya que no son afectados por ningún componente. Éstos afectan de diferentes formas a distintos componentes activos, que luego lo consultarán. Un componente pasivo es por ejemplo el de Uso Civil, en él solo se indica

cómo se utiliza el agua y por lo tanto no debe actualizar nada en cada corrida de la simulación. Pero, por ejemplo, una sección de un arroyo es un componente activo ya que para actualizar periódicamente su contaminación es necesario que realice consultas a los componentes que actualmente lo están afectando, como puede ser un componente de Uso Civil, una Industria, etc. Si un componente de Uso Civil cambia la cantidad de agua que extrae de una sección de un cuerpo de agua, entonces la sección, que es un componente activo, tiene que cambiar su caudal ya que se está viendo afectada por el cambio que hizo el componente pasivo.

En base a lo dicho los componentes activos que deban actualizar sus valores, deben esperar a que el ManagerAgua les dé permiso para hacerlo mediante un método que les dirá si es hora o no de que se ejecuten. El ManagerAgua provee dos métodos distintos según el tipo de componente para que no se ejecuten todos juntos en el mismo frame. Por un lado se ejecuta la simulación de los cuerpos de agua y por otro el resto de los componentes. La razón por la cual los diferentes tipos de componentes se ejecutan en diferentes frames es para que no haya problemas de performance, es decir mantener los FPS (frames per second) lo más alto posible

Solo hay dos clases de comportamientos que pueden afectar a un componte, el de contaminar y el de extraer agua, y un mismo componente puede tener estos dos comportamientos, uno o ninguno. Un componente activo consultará a cada componente que lo afecta para actualizar sus estados (índices e indicadores).

A continuación se explicará el rol que cumple cada componente en la simulación, su comportamiento específico y sus parámetros de configuración.

5.1.4.1 CONFIGURACIÓN GLOBAL - COMPONENTE ESCENARIO

En ésta sección se explicará la configuración global obligatoria. En esta se encuentran todas las configuraciones del escenario provistas por el ManagerAgua y además la de los componentes que se agregan automáticamente al escenario que son la Napa y el Nivel Freático.

Como se dijo anteriormente, el ManagerAgua cumple un rol muy importante en la simulación del escenario, ya que contiene la configuración o estado global. En base a estos estados se define el comportamiento del escenario y los componentes que formen parte de él se verán afectados.

Como este objeto representa el escenario y tanto la capa freática como la napa son partes implícitas de él, contiene una referencia para cada uno y estos también forman parte de la configuración global.

Los parámetros básicos que se configuran para representar el comportamiento del escenario son:

- Caudal per cápita (m^3/mes): Es el caudal promedio del uso de agua doméstico por persona.
- Napa (Referencia al objeto Napa):
 - Índice de calidad del agua.
 - Caudal Productivo (m^3/seg).
 - Caudal Productivo Máximo(m^3/seg)

- Capa Freática (Referencia al objeto Capa Freática):
 - Profundidad (metros).
 - Nivel Contaminación.
 - Factor de Protección: Es el factor que determina qué capacidad de limpieza tiene la capa. Indica la capacidad de absorción, adsorción y retención de contaminantes de la zona vadosa o no saturada del acuífero freático.

Luego se cuenta con parámetros más complejos como es el factor de las diferentes estaciones del año. Estos factores se aplicarán sobre la configuración base de los componentes modificando su comportamiento según la estación escogida. Se podrá ir seleccionando la estación que se desee para ver cómo responde el escenario armado ante cada una de ellas. De ésta manera se podrán estudiar los escenarios de acuerdo a la estación que afecta a los recursos hídricos.

Los parámetros que se configuran por estación son:

- Reducción o aumento del caudal de los ríos: Se indica si aumenta o se reduce el caudal de los ríos y en qué porcentaje.
- Reducción o aumento del caudal de los arroyos: Se indica si aumenta o se reduce el caudal de los arroyos y en qué porcentaje.
- Reducción o aumento del caudal de agua utilizada durante las actividades agropecuarias: Se indica si aumenta o se reduce el caudal para las actividades agropecuarias y en qué porcentaje.

Además del factor “estación” se contará con la posibilidad de configurar factores hidrometeorológicos extremos, como puede ser una lluvia torrencial, una sequía, etc. Estos factores se comportan de la misma manera que el factor “estación” y se podrán ir seleccionando aleatoriamente en cualquier momento causando alteraciones en todos los componentes y generando escenarios para el estudio de la gestión de contingencia.

Además de todos los datos referentes al comportamiento, el usuario podrá definir el intervalo de tiempo (en segundos) que habrá entre cada ejecución de la simulación y decidir detener la simulación para que no se actualicen valores.

5.1.4.2 USO CIVIL

Estos componentes representan el uso civil del agua. Para esto se utiliza un único componente que representa una aglomeración de casas, edificios, personas, etc. Este componente cumple un rol pasivo en la simulación.

Las propiedades de este componente son:

- Índice de Calidad del Agua.
- Cantidad de Personas: En base a la cantidad de personas indicadas y el uso de agua per cápita (propiedad global), este componente devolverá el caudal generado en m³/seg.
- Utilización de Planta Potabilizadora: Indica si la ciudad utiliza o no PP.
- Si utiliza PP:
 - Se indica la PP correspondiente.

- No utiliza PP:
 - División extracción: Indica en porcentaje cuanto se saca de fuentes de agua superficiales y cuanto de fuentes de agua subterráneas.
 - Punto de extracción: Si se saca un porcentaje de aguas superficiales se debe indicar el punto de extracción de agua.
- Utilización de cloacas: Indica si la ciudad cuenta con cloacas o no
- Si cuenta con cloacas:
 - División contaminación: Indica que contaminación es vertida en cuerpos superficiales y cuanto en cuerpos subterráneos de aguas.
 - Punto de vertido de efluentes: Se debe indicar el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la ciudad. Puede ser una PTC o una sección de un curso de agua directamente.
- No cuenta con cloacas:
 - Todo el vertido de efluentes es difuso y se dirige a la napa.

La cantidad de agua consumida por la ciudad está dada por la cantidad de personas que la habitan. En base a la cantidad de personas y el parámetro global de caudal per cápita se obtendrá el caudal de agua total consumida por la ciudad en m³/seg.

5.1.4.3 USO INDUSTRIAL

Estos componentes representan las industrias que por un lado utilizan agua para sus procesos de generación de productos y por el otro desechan toda su contaminación en el agua. Estos componentes se pueden comportar de diferente manera según la industria que se quiera representar. Tiene un rol pasivo en la simulación.

Las propiedades de este componente son:

- Índice de Calidad del Agua Superficial: Índice de calidad del agua que es vertido sobre cuerpos de agua superficiales.
- Índice de Calidad del Agua Subterránea: Índice de calidad del agua que es vertido sobre cuerpos de agua subterráneas.
- Caudal (m³/seg): Caudal de efluentes contaminantes que genera la industria que se vierten sobre aguas superficiales.
- Caudal Sub (m³/seg): Caudal de efluentes contaminantes que genera la industria que se vierten sobre aguas subterráneas.
- Punto de vertido de efluentes: Se debe indicar el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la industria. Puede ser una PTC o una sección perteneciente a un cuerpo de agua.
- Utilización de Planta de Efluentes Industriales: Indica si la industria tiene su propia planta de tratamiento o no.
- Si tiene PFI:
 - Índice de Calidad del Servicio.
- Caudal Extracción (m³/seg): Caudal de agua extraído por la industria para realizar sus actividades.
- División extracción: Indica con un porcentaje cuanto caudal se extrae de cuerpos de agua superficiales y cuanto de cuerpos de agua subterráneos.
- Punto de extracción: Si se saca un porcentaje de aguas superficiales se debe indicar el punto de extracción del agua.

5.1.4.4 USO AGROPECUARIO

Estos componentes representan las actividades agropecuarias que por un lado utilizan agua para sus procesos de generación de productos y por el otro generan un impacto principalmente en la calidad del agua subterránea. Estos componentes se pueden comportar de diferente manera según la actividad agropecuaria que se quiera representar. Tiene un rol pasivo en la simulación.

Las propiedades de este componente son:

- Índice de Calidad del Agua Superficial: Índice de calidad del agua que es vertido sobre cuerpos de agua superficiales.
- Índice de Calidad del Agua Subterránea: Índice de calidad del agua que es vertido sobre cuerpos de agua subterráneas.
- Caudal (m^3/seg): Caudal de efluentes contaminantes generados por la industria que se vierten sobre aguas superficiales.
- Caudal Sub (m^3/seg): Caudal de efluentes contaminantes que genera la industria que se vierten sobre aguas subterráneas.
- Punto de vertido de efluentes: Se debe indicar el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la industria. Puede ser una PTC o una sección de un cuerpo de agua.
- Caudal Extracción (m^3/seg): Caudal de agua extraído por la industria para realizar sus actividades.
- División extracción: Indica con un porcentaje cuanto caudal de agua es extraído de cuerpos de agua superficiales y cuanto caudal de agua es extraído de cuerpos de agua subterráneas.
- Punto de extracción: Si se saca un porcentaje de aguas superficiales se debe indicar el punto de extracción de agua.

Como se puede ver la configuración es similar a la de las industrias, ya que la forma de extraer y contaminar es igual. La diferencia está en el tipo de contaminación que genera cada uno y en que las industrias generalmente utilizan y contaminan aguas de las napas aunque también pueden extraer y contaminar agua de un cuerpo superficial.

La cantidad de agua que extraen los campos se verá condicionada por los distintos factores que están actualmente afectando al escenario.

5.1.4.5 PLANTA DE TRATAMIENTO CLOCALES

Estos componentes representan a las plantas de tratamiento cloacales que se encargan de recibir el agua contaminada por los componentes de Uso Civil e Industrial y que luego de un proceso de limpieza desechan el agua a un arroyo o río (cuerpo de agua superficial).

Las propiedades de este componente son:

- Índice de Calidad del Servicio.
- Capacidad de la Planta (m^3/seg): Es el caudal máximo que soportará la planta para desarrollar sus tareas de limpieza correctamente. Superado este máximo, el proceso de limpieza tendrá bajará su rendimiento.

- Índice de Calidad del Servicio Secundario: Factor de limpieza (o remoción de contaminantes) utilizado una vez superada la Capacidad de la Planta.
- Punto de vertido de efluentes: Se debe indicar el punto de vertido superficial de los efluentes tratados por la PTC. Generalmente se trata de un agua superficial pero puede ser también otra PTC.

Este componente tiene un rol activo en la simulación por lo que en base a los componentes que viertan sus desechos en esta PTC y la configuración de la misma, calculará los siguientes índices e indicadores:

- Índice de Calidad del Agua.
- Caudal (m^3/seg).

Estos valores determinarán cómo afectará la PTC al agua donde se encuentra vertiendo la contaminación.

5.1.4.6 *PLANTA POTABILIZADORA*

Estos componentes representan a las plantas potabilizadoras que se encargan de realizar un proceso de limpieza que potabiliza para el uso civil al agua extraída de cuerpos de agua o de acuíferos. Luego provee de agua potable a las ciudades.

Las propiedades de este componente son:

- Índice de Calidad del Servicio.
- Capacidad de la Planta (m^3/seg): Es el caudal máximo que soportará la planta para desarrollar sus tareas de limpieza correctamente. Superado este máximo, el proceso de limpieza tendrá bajará su rendimiento.
- Índice de Calidad del Servicio Secundario: Factor de limpieza (depuración o acondicionamiento de calidad del suministro) utilizado una vez superado la Capacidad de la Planta.
- División extracción: Indica con un porcentaje cuanto caudal de agua es extraído de cuerpos de agua superficiales y cuanto caudal de agua es extraído de cuerpos de agua subterráneos.
- Punto de extracción: Si se saca un porcentaje de aguas superficiales se debe indicar el punto de extracción de agua.

Este componente tiene un rol activo en la simulación por lo que en base a las ciudades a las que debe suministrar agua y a su configuración, calculará los siguientes índices e indicadores:

- Caudal (m^3/seg).

Este valor determina como la PP afecta al cuerpo de agua desde donde se realiza la extracción.

5.1.4.7 *PLANTA DE EFLUENTE INDUSTRIAL*

Estos componentes representan a las plantas de efluente industrial que podrán tener los componentes industria para limpiar su contaminación antes de desecharla.

5.1.4.8 *AGUA SUPERFICIAL*

Estos componentes representan cuerpos de agua como pueden ser arroyos y ríos. Se encuentran divididos en muchas secciones. Cada sección, en base a sus secciones anteriores y a los componentes que la afecten, va a tener un caudal y una contaminación determinada que condicionará a la sección siguiente.

Por un lado este componente tiene propiedades globales como son:

- Índice de Calidad Del Agua Inicial: Es el índice de calidad del agua con la cual comienza el agua en su recorrido virtual.
- Caudal Inicial (m^3/seg): Es el caudal con el cual inicia el agua su recorrido virtual.
- Caudal Máximo de Crecida: Por encima de este caudal máximo el cuerpo de agua está desbordado.

La propiedad Caudal Máximo de Crecida se replica para cada sección teniendo la posibilidad de cada sección sobrescribirla.

Cada sección tendrá el valor inicial de índice de calidad de agua y de caudal determinado por los valores que genere su sección antecesora, excepto la primer sección que por ser la primera utiliza los valores iniciales del cuerpo de agua.

En base a los componentes que la afecten y a la configuración inicial del agua, cada sección calculará los siguientes índices e indicadores:

- Índice de Calidad del Agua.
- Caudal (m^3/seg).

En base a esto resultados el usuario podrá ir visualizando como el caudal y el índice de calidad del agua van variando a lo largo de todo el cuerpo de agua.

Actualmente hay dos componentes de este tipo que son Arroyo y Río, los cuales funcionalmente son iguales pero visualmente sirven para distinguir en el escenario dos cuerpos de agua distintos.

5.1.4.9 AGUA SUBTERRÁNEA

Este componente viene por defecto en el escenario hídrico y solo puede haber un único cuerpo de agua subterráneo a la vez. Es configurado durante la Configuración Global. El comportamiento es similar al componente de tipo Agua Superficial pero solo con una única sección. Eventualmente se profundizarán las diferencias con el componente de agua superficial de manera de acercar un poco más su simulación a la realidad, para lo cual será necesaria la implementación de aguas matriciales.

5.1.4.10 MEDIDAS DE CALIDAD

Estos componentes permitirán realizar medidas de control sobre los diferentes componentes mencionados anteriormente de una manera automática generando alertas. Para cada medida se indicará el valor máximo y/o mínimo de la propiedad a controlar. Estas son administradas por el ManagerAgua y sus estados serán actualizados luego de cada simulación.

Actualmente existen tres medidas de control correspondientes que se pueden aplicar según el tipo de componente que se quiera controlar. Según el tipo de componente se

deberán definir distintos parámetros. Las medidas de control disponibles son las siguientes:

Contaminadores

Estas medidas podrán controlar el índice de calidad y el caudal del agua que se está vertiendo sobre los diferentes cuerpos de agua. Los componentes que puede controlar son: Uso Civil, Uso Industrial, Uso Agropecuario y Planta de Tratamientos Cloacales.

Plantas Potabilizadoras

Estas medidas podrán controlar el índice de calidad del agua potabilizada generada por las plantas potabilizadoras así como también el caudal de agua extraído para el suministro a las diferentes ciudades.

Cuerpos de Agua

Estas medidas podrán controlar las diferentes secciones de un cuerpo de agua. Controlarán el índice de calidad del agua y el caudal mínimo y máximo de cada sección luego de cada actualización.

5.1.4.11 CICLO DE EJECUCIÓN

En esta sección se analizará el ciclo de ejecución a través de dos diagramas de secuencia. Se utilizan dos diagramas de flujo porque la actualización del estado de los cuerpos de agua que se muestra la Figura 38 y la actualización del estado de los demás componentes de la Figura 38Figura 37 se realiza en distintos frames.

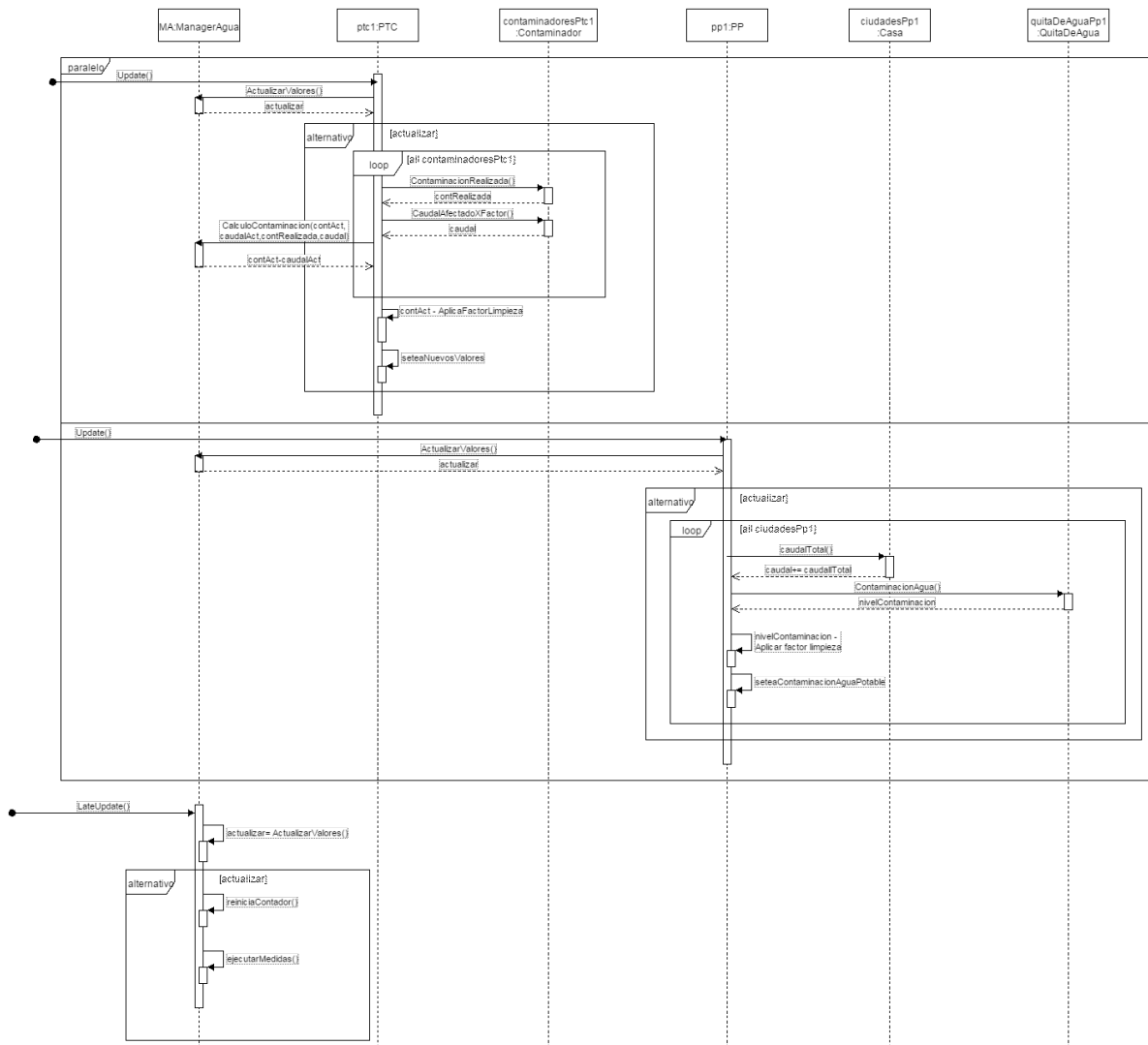


Figura 37. Diagrama de Flujo de la actualización de estados de los componentes generales.

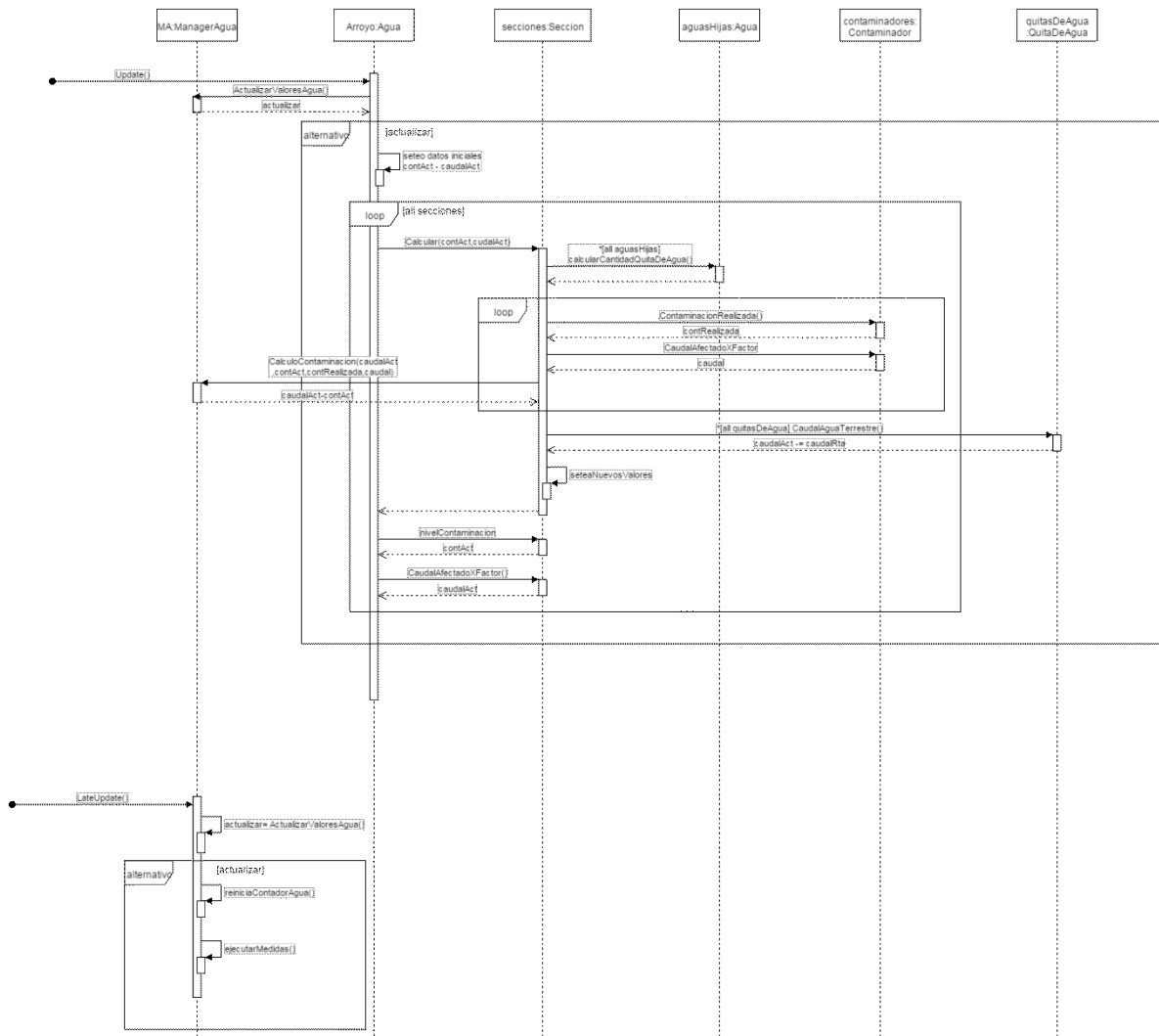


Figura 38. Diagrama de Flujo de la actualización de estados de los cuerpos de agua.

En cada frame, los componentes ejecutan el método Update(). Para saber si deben ejecutar la actualización de su estado en ese frame, los componentes deben pedirle permiso al ManagerAgua mediante el método actualizarValoresAgua() en el caso de los cuerpos de agua, y mediante el método actualizarValores() en el caso de los demás componentes. Para que puedan ejecutarse deberán cumplirse dos condiciones, que se haya cumplido el período de intervalo entre simulaciones (indicado por un contador en el ManagerAgua) y que sea del tipo de componente que se actualiza en ese frame.

Luego de que todos terminaron su actualización el managerAgua resetea su contador y ejecuta la actualización de las medidas.

Visto que ambos diagramas son parecidos, analizaremos a modo de ejemplo el diagrama 1. El diagrama ilustra un escenario con una PTC y una PP que trabajan en paralelo. Una vez que el ManagerAgua les da permiso de actualizarse, la PTC recorrerá todos sus contaminadores solicitándoles índice de calidad del agua y volumen de caudal que le envían. Con esos datos y con el caudal de agua e índice de calidad actual que tiene la PTC llama al método del ManagerAgua que calcula su nuevo índice de calidad del agua y su nuevo caudal de agua. Una vez que recorrió

todos los contaminadores aplica el factor de limpieza sobre el agua y setea el nuevo caudal e índice de calidad de agua obtenido. Por otro lado, la PP recorrerá todas las ciudades a las que debe proveer para conocer el caudal que necesita extraer y lo seteará en el objeto *quitaDeAgua* (que será el encargado de la extracción) y luego solicitará el nivel de contaminación del agua que está extrayendo. Teniendo el caudal y el índice de calidad del agua, la PP aplicará el factor de limpieza y seteará el caudal e índice de calidad del agua potable generado.

5.1.5 REPORTE

Si el usuario necesita una representación numérica del escenario que armó, tendrá la posibilidad de exportar un archivo PDF con esta información. Deberá configurar una serie de parámetros que le darán el formato deseado al PDF a exportar.

Para completar esta funcionalidad se incluyó una librería externa, *iTextSharp*. La manera en que se arma el PDF a exportar es recorriendo todos los componentes existentes en el escenario y se agregándolos al archivo según corresponda al formato definido anteriormente por el usuario.

Como la generación de PDF es una tarea que puede llevar un tiempo considerable, fue necesaria la utilización de *coroutines*.

5.1.6 GUARDAR Y EXPORTAR

Este es uno de los módulos principales de la herramienta. Permite guardar todo el escenario con su configuración y estado actual en un archivo XML ya sea para continuarlo en otro momento, crear una plantilla y/o compartirlo con otras personas.

La cantidad de información que se debe almacenar es grande ya que se debe guardar toda la información del *alphamp*, del *heightmap*, configuraciones globales y toda la información de los componentes (desde datos de posicionamiento hasta datos de la lógica). Los datos que más lugar ocupan son los de *alphamapy* de *heightmap*.

La Figura 39 ilustra un diagrama de flujo que representa como es creado el archivo XML.

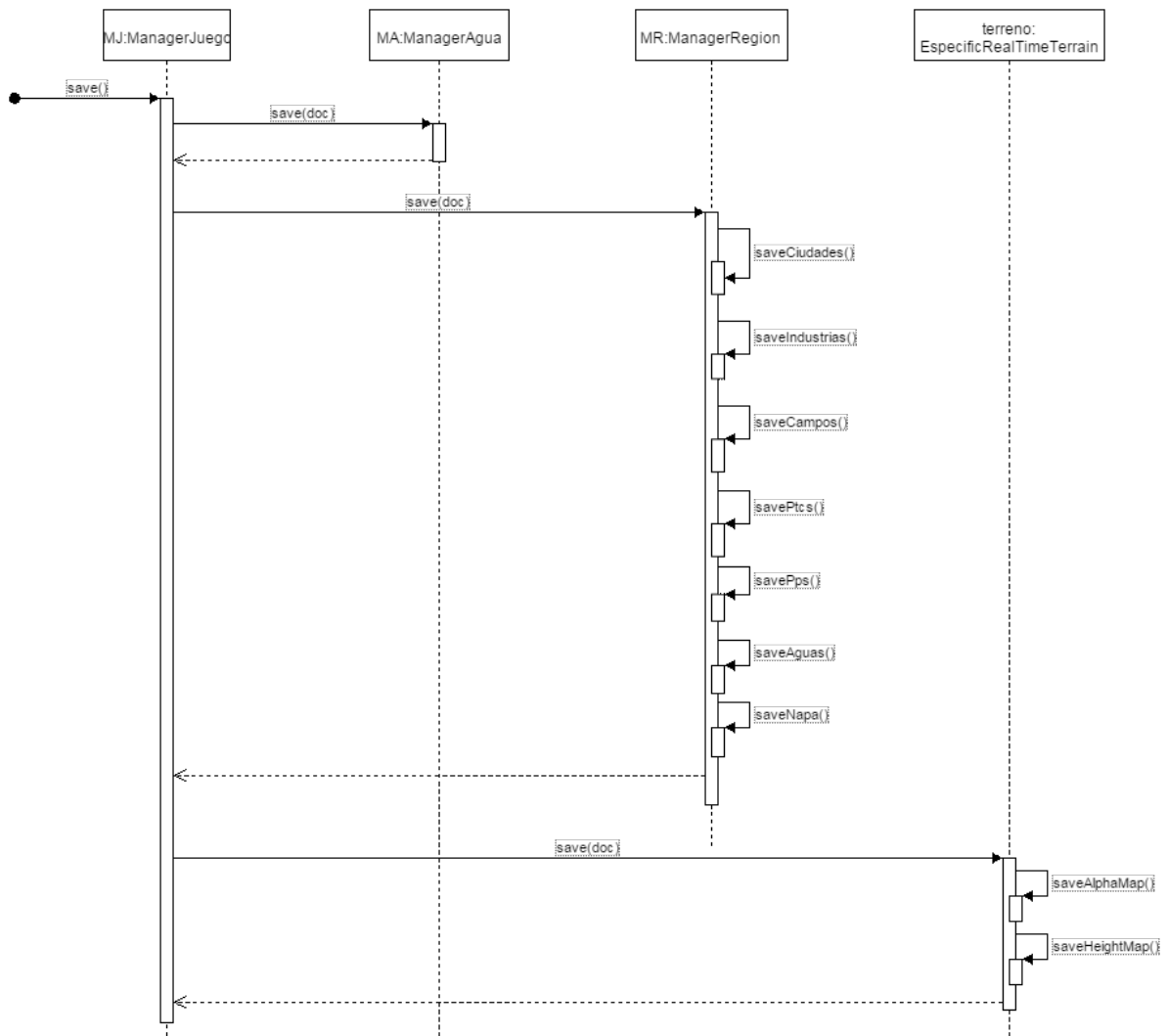


Figura 39. Diagrama de flujo sobre la generación de un archivo XML.

Como podemos ver, el flujo es muy sencillo, el **ManagerJuego** recibe la orden de guardar y empieza a delegar trabajo a los distintos managers que existen en la herramienta y al Terreno. Primero le solicita al **ManagerAgua** que guarde todas las configuraciones globales sobre la simulación. Una vez que el ManagerAgua termina de guardar, el ManagerJuego le solicita al **ManagerRegion** que guarde todos los componentes que se encuentran en el mapa. El ManagerRegion ira llamando a los métodos que guardan a los distintos tipos de componentes. Por último, llama al **Terreno** para que guarde el alphaMap y el heightMap.

Para finalizar, el ManagerJuego guarda el archivo XML generado en la carpeta *reportes* dentro de la carpeta de instalación de la herramienta.

El flujo para cargar un escenario es similar al flujo de generación de reporte.

5.1.7 PLATAFORMA

Actualmente la aplicación se encuentra disponible en una versión de escritorio para sistemas Windows y Linux y también cuenta con una versión Web. La versión Web no posee las características de guardar y exportar escenarios y generar PDFs.

5.1.8 EJEMPLO DE USO

En esta sección se maquetará un escenario como ejemplo en base a la siguiente situación hipotética:

Existe un cordón montañoso, que da origen a un curso de agua. Aguas abajo se ubica un núcleo urbano de pequeña a mediana extensión, con características que podemos definir (un determinado caudal de extracción de agua del río, vertido de líquidos cloacales con o sin tratamiento, dependiendo de la existencia o no de una planta depuradora, presencia de industria). Aguas abajo del núcleo poblacional, se ubican campos de cultivo, que también tendrán un porcentaje de asignación de uso del caudal del río, como así también del uso de caudal del cuerpo subterráneo. En este caso, la contaminación puede ser difusa (por el uso extendido de agroquímicos que afectan la capa freática), o también puede haber un vuelco puntual de contaminantes. Esto se manifestará en una disminución del índice de calidad de agua. Todo esto se muestra maquetado en la Figura 40.



Figura 40. Ejemplo de Uso Parte 1

Aguas abajo de los campos de cultivo se ubica un sector industrial con un conjunto de industrias que utilizan agua del caudal del río para sus procesos y según la actividad a la que se dediquen devuelven distinto porcentaje de caudal extraído y con distintos niveles de contaminación. Este conjunto de industrias contarán con su propia planta de tratamiento que se encargará de sus desechos, y cada una puede contar con su propia planta de efluentes ubicada antes de llegar a la planta de tratamiento. La planta se encarga de verter el agua tratada en el río, lo que a disminuirá su calidad partir de este punto, por lo que las ciudades que se encuentren aguas abajo se verán afectadas. Estas características completan el escenario maquetado como lo muestra la Figura 41.



Figura 41. Ejemplo de Uso Parte 2.

Para poder apreciar el escenario completo como lo muestra la Figura 42, se puede cambiar la cámara, lo que permite tener una mirada más amplia. Para inspeccionar las distintas secciones del arroyo, se hace clic sobre una de ellas y se podrá visualizar el caudal que posee y su contaminación.

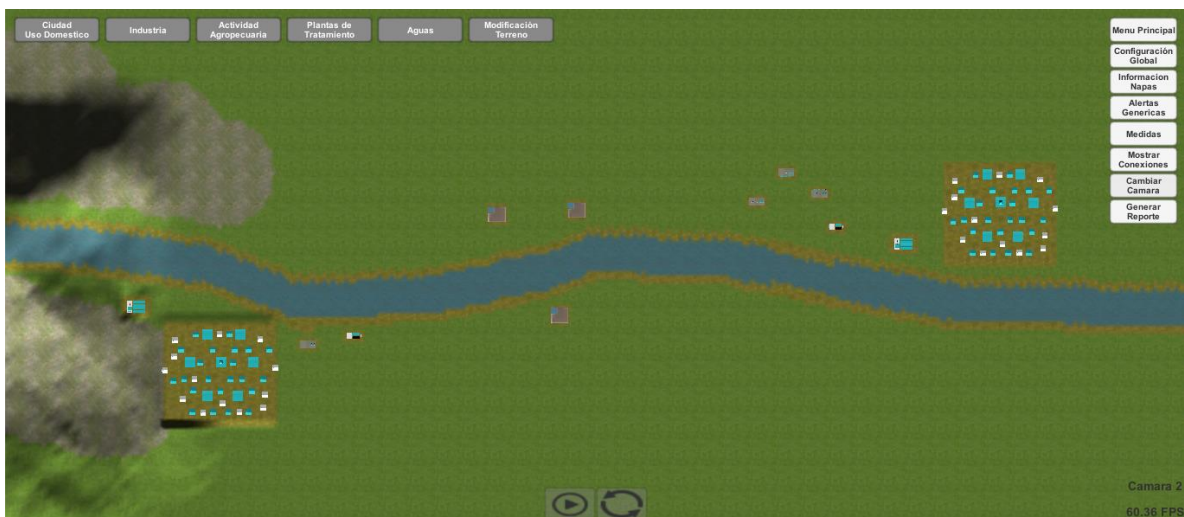


Figura 42. Ejemplo de Uso Parte 3.

Se pueden ver todas las conexiones entre los componentes como lo muestra la Figura 43. Las líneas azules indican extracción de agua y las rojas indican vertido de agua contaminada.



Figura 43. Ejemplo de Uso Parte 4.

El reporte generado en base a la simulación de este escenario se encuentra en el Anexo I que acompaña este informe. En este reporte se puede observar de forma numérica cómo las distintas secciones del rio van siendo modificadas a lo largo de su recorrido.

CAPÍTULO 6

6.1 FUTURO DE LA HERRAMIENTA

6.1.1 COMPONENTES

Se irán agregando componentes específicos en base a los genéricos existentes de acuerdo a las necesidades que expresen los usuarios, ya que la idea de la herramienta es que vaya creciendo en base a las demandas de cambios y sugerencias.

Para agregar estos componentes se necesitan modelos 3D para que representen la situación deseada. Una vez que se tienen los modelos 3D, se crea un GameObject, se le asocian otros componentes (incluidos scripts del modelo), se configuran parámetros de tamaño y valores por defecto según la situación particular y ya está listo para usar.

Esto es así de sencillo porque el sistema se desarrolló para que el comportamiento de un componente sea completamente determinado por la configuración de sus propiedades. Si una industria se comporta como una industria papelera o una metalúrgica dependerá de la configuración de sus propiedades y no de su aspecto visual. El usuario no necesita que se agregue un componente para cubrir una funcionalidad, porque puede configurarlo para que así se comporte. Algo que si puede necesitar es una identificación visual clara dentro de la maqueta de esa funcionalidad, para lo cual se agrega un componente 'pre configurado' con un modelo 3D que lo identifica asociado.

6.1.2 ÍNDICES

A medida que la herramienta vaya evolucionando, mediante pruebas se decidirá si se quiere adoptar el ICG (u otra similar) o si se quiere definir un nuevo índice que se adapte más a nuestra región.

6.1.3 LIBRERÍA DE EDICIÓN DE TERRENO

Unity en su editor permite la incorporación de un heightmap externo, por lo que no siempre es necesario hacer toda la nivelación de manera manual. Por lo tanto, en un futuro según la necesidad de los usuarios se va a intentar desarrollar una funcionalidad que permita en tiempo de ejecución cargar un heightmap externo mediante la librería.

Esto será muy útil ya que se podrán usar heightmaps ya existentes (de terrenos reales o no) o crearlos con herramientas muchos más potentes y luego importarlos directamente. Sería de mucha importancia contar con modelos de elevación digital de cuencas ya conocidas o pre configuradas.

Además de la funcionalidad ya mencionada, se buscará ir agregando y mejorando las funciones de pintado y nivelación para que cada vez se permitan realizar tareas más complejas.

6.1.4 COMPORTAMIENTO MATRICIAL DE LAS AGUAS

Como se pudo ver a lo largo del capítulo sobre el desarrollo de la herramienta, solo se implementaron aguas con comportamiento lineal. En un futuro va a ser necesario que se implementen las aguas con comportamiento matricial ya que estas nos permitirán maquetar el resto de los cuerpos de agua que nos faltan, como pueden ser lagos, lagunas, etc.

El comportamiento matricial es mucho más complejo que el comportamiento lineal por lo que para su análisis e implementación necesitaremos del apoyo de especialistas en el tema.

6.1.5 UNIÓN CON HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN MATEMÁTICAS

La herramienta solo realiza una simulación que sirve para representar diferentes situaciones relacionadas a la Gestión Integrada de Recursos Hídricos pero no realiza cálculos reales, por lo tanto, en un futuro se podría unir esta herramienta con una herramienta de simulación matemática para que nuestra herramienta maquete sus resultados y provea la interface de configuración. Esto permitirá armar escenarios hídricos muy rápidamente evitando las interfaces de las herramientas de simulación que son muy complejas.

CAPÍTULO 7

7.1 VALIDACIÓN CON ESPECIALISTAS EN CONAGUA 2015

En junio del 2015 se realizó en la ciudad de Paraná, Entre Ríos, el XXV Congreso Nacional del Agua dónde se presentó la herramienta desarrollada para esta tesina. Entre el público presente se encontraban especialistas en Gestión de Recursos Hídricos siendo varios de ellos profesores y alumnos de la maestría en Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Durante la presentación se realizó una demostración en vivo de la herramienta durante la cual se reprodujo el ejemplo de uso previamente descrito en el Capítulo 5.

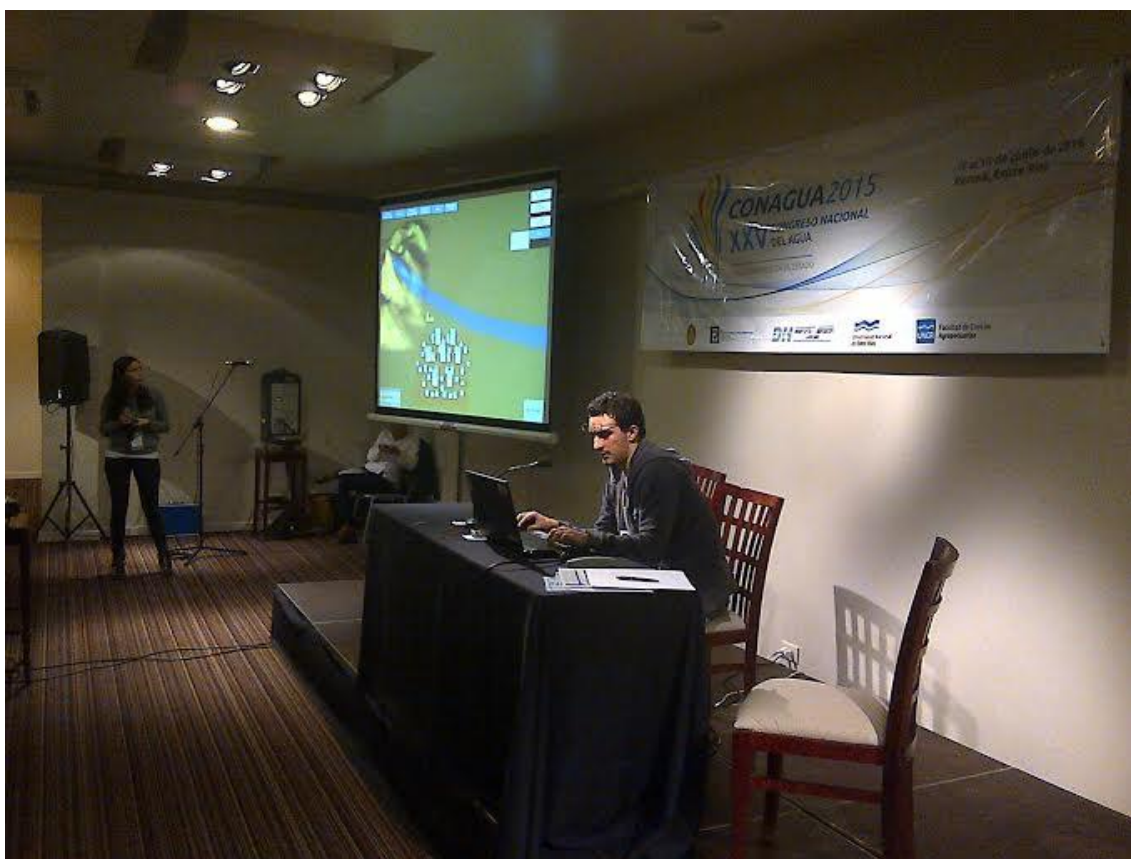


Figura 44. Presentación de la herramienta en CONAGUA 2015

Los especialistas presentes expresaron una alta aceptación de la herramienta, resaltando su facilidad de uso, la rapidez con la que se pueden construir escenarios y su potencial como herramienta para la comunicación visual de conceptos a personas no especialistas, como por ejemplo políticos. Expresaron que no existían al momento herramientas que tuvieran la suficiente simpleza visual para estos propósitos de comunicación por lo que le veían una real utilidad. Sugirió como mejora, su vinculación

con herramientas de simulación matemática existentes para que la maquetación y simulación se realice en base a datos más precisos y reales.

CAPÍTULO 8

8.1 CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

8.1.1 CONCLUSIONES

En este informe se han descrito las actividades llevadas a cabo para la producción de una herramienta para la construcción de escenarios de gestión de recursos hídricos.

Como parte de este trabajo, se analizaron las necesidades de diferentes profesionales vinculados al área de gestión de recursos hídricos, se han descrito las herramientas actuales y sus limitaciones y se ha investigado el motor de juegos Unity3D y su aplicación en un entorno de simulación profesional y educativo.

Para la realización de esta herramienta se ha profundizado el estudio de recursos hídricos y se han analizado las necesidades del área. También se ha investigado sobre motores de juegos o motores gráficos, más precisamente Unity3D y en base a la investigación se ha incursionado en el modelado de entidades. Asimismo, se ha implementado el comportamiento de los diferentes subsistemas que representan la “realidad” de los recursos hídricos, el modelado y la implementación del sistema completo con sus subsistemas y sus interrelaciones y la unión de todos los subsistemas.

La principal dificultad encontrada durante el desarrollo de la herramienta se presentó en la necesidad de extender la funcionalidad del terreno de Unity3D para permitir que éste pueda ser modificado en *Run Time*. Otro de los puntos complejos que presentó el desarrollo de la herramienta fue la implementación de las funcionalidades de pintado y nivelado del terreno de diferentes formas dependiendo de la circunstancia, por ejemplo, en la creación de un arroyo y río se pinta la corriente de agua y sus bordes que se tendrán que ir adaptando al estado del caudal.

En cuanto al producto logrado, se ha podido observar que tiene gran aceptación entre los especialistas en recursos hídricos, Los profesionales consultados, han coincidido en que no existe una herramienta similar y que la ven como una herramienta novedosa y con una gran capacidad de crecimiento a futuro, tanto en lo que respecta a la maquetación como a la simulación.

Por otro lado pudimos comprobar la utilidad de un motor gráfico para el desarrollo de videojuegos en una herramienta cuyo fin no es lúdico y pudimos ver que estos tienen un potencial importante para el desarrollo de herramientas de utilidad práctica.

Finalmente es importante destacar que pudimos exponer el artículo "Herramienta Pedagógica para la Simulación 3D de Escenarios de Gestión de Recursos Hídricos" en el Congreso Nacional del Agua CONAGUA 2015. Se realizó una demostración de la herramienta frente a una audiencia de expertos en recursos hídricos la cual obtuvo una amplia aceptación de los presentes que destacaron su facilidad de uso, rapidez en el armado de los escenarios, gran utilidad como medio para la explicación de conceptos a terceros y sugirieron la integración de la herramienta con alguna de las otras herramientas de simulación matemática disponibles para que la maquetación visual se nutra de datos más precisos y cercanos a la realidad.

8.1.2 LÍNEAS DE TRABAJO FUTURAS

El trabajo en esta etapa se enfocó en la creación de una herramienta que permite maquetar de manera interactiva, simple y rápida escenarios de gestión de recursos hídricos de manera de poder comunicar conceptos a personas no expertas.

Una rama de trabajo futura será el trabajo con los usuarios para determinar que nuevos componentes se deben agregar a la herramienta para la generación de escenarios más versátiles y para determinar una mejora del cálculo del índice de calidad de las aguas. Se evaluará la posibilidad de cargar heightmaps externos que permitan modelar el terreno automáticamente a partir de información externa.

Otra rama de trabajo futuro será la incorporación de aguas de comportamiento matricial para la representación de lagos y lagunas.

Por último, se analizarán las herramientas de simulación matemáticas disponibles para vincularlas con la herramienta actual.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] L. Bilbao, J. García y J. P. Zamora, «Primer Proceso de formación en capacidades técnicas hídricas de la Provincia de Catamarca Primer Proceso de formación en capacidades técnicas hídricas de la Provincia de Catamarca,» Editorial Copiar.
- [2] D. Setta, «e lanzó el Proceso de Formación en Capacidades Técnicas Hídricas Comunitarias en la puna jujeña,» [En línea]. Available: <http://inta.gob.ar/noticias/se-lanzo-el-proceso-de-formacion-en-capacidades-tecnicas-hidricas-comunitarias-en-la-puna-jujena/>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [3] UNL Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas, «Maestría en Gestión Integrada de los Recursos Hídricos,» [En línea]. Available: <http://fich.unl.edu.ar/carrera.php?id=25>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [4] J. M. Nelson, Y. Shimizu, H. Takebayashi y R. R. McDonald, «THE INTERNATIONAL RIVER INTERFACE COOPERATIVE: PUBLIC DOMAIN,» de *2nd Joint Federal Interagency Conference*, Las Vegas, NV, 2010.
- [5] Gidahatari, «Modelamiento de ríos mediante el software iRIC v2,» [En línea]. Available: <http://gidahatari.com/ih-es/modelamiento-de-rios-mediante-el-software-iric-v2>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [6] Departamento Ingeniería Hidrometeorológica. Fac.Ingeniería – UCV, Manual para el uso del modelo hidrológico HEC-HMS.
- [7] M. Lewis y J. Jacobson, «Game Engines in Scientific Reserch,» *Communication of the ACM*, vol. 45, nº 1, pp. 27-31, 2002.
- [8] A. Van Niekerk, «The Strategic Management of Media Assets; A Methodological Approach,» de *New Orleans Congress*, 2006.
- [9] Unity Technologies, «Unity Documentation,» [En línea]. Available: <http://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityOverview.html>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [10] Unity Technologies, «GameObjects,» [En línea]. Available: <http://docs.unity3d.com/es/current/Manual/GameObjects.html>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [11] Unity Technology, «Transform Components, Unity Documentation,» [En línea]. Available: <http://docs.unity3d.com/Manual/class-Transform.html>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [12] Unity Technologies, «Prefabs,» [En línea]. Available:

- <http://docs.unity3d.com/es/current/Manual/Prefabs.html>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [13] K. Feijoo, «¿Qué es la Huella Hídrica?,» [En línea]. Available: <http://www.aclimatecolombia.org/huella-hidrica/>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [14] J. I. Gaviria S y T. Betancur V., «Una caracterización de carga contaminante a los acuíferos libres del Bajo Cauca Antioqueño,» *Revista Gestión y Ambiente*, vol. 8, n° 2, 2005.
- [15] Wikipedia, «Agua Superficial,» [En línea]. Available: https://es.wikipedia.org/wiki/Agua_superficial. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [16] Departamento de Agricultura de Puerto Rico, «¿Qué son las aguas subterráneas?,» 2008.
- [17] Koshland Science Museum, «Agua Subterránea,» [En línea]. Available: <https://www.koshland-science-museum.org/water/html/es/Sources/Renewable-or-Non-renewable-Groundwater.html>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [18] Technical Advisory Committee (TAC), «Integrated Water Resources Management,» de *GWP (Global Water Partnership)*, 2000.
- [19] Miliarium, Ingeniería Civil y Medio Ambiente, «Índices Globales de Calidad de las Aguas,» [En línea]. Available: <http://www.miliarium.com/prontuario/Indices/IndicesCalidadAgua.htm>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [20] Y. Shimizu y N. Jon, «iRIC Project,» [En línea]. Available: <http://i-ric.org/en/introduction>. [Último acceso: Septiembre 2015].
- [21] U.S. Army Corps of Engineers, «Hydrologic Engineering Center,» [En línea]. Available: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>. [Último acceso: Septiembre 2015].

ANEXO I. EJEMPLO DE REPORTE GENERADO EN PDF

Reporte General

Cuerpo de Agua Subterraneos

Napa		
Componente	Caudal (m3/seg)	Contaminacion
Datos Iniciales		
	100	0.1
Contaminadores Directos		
Contaminadores Subterraneos		
ciudad3	0.10413	0.3
actividad agropecuaria9	2	0.6
actividad agropecuaria10	1	0.5
actividad agropecuaria11	1	0.5
ciudad17	0.31239	0.3
Extracciones de Agua		
industria4	0	----
pp6	0	----
actividad agropecuaria9	1.44	----
actividad agropecuaria10	0	----
actividad agropecuaria11	0	----
industria12	0	----
industria13	0	----
industria14	0	----
pp18	0	----
Datos Finales		
	102.9765	0.1035322

Cuerpos de Agua Superficiales - Rios

rio2

Seccion 1		
Componente	Caudal (m3/seg)	Contaminacion
Contaminadores Directos		
Extracciones de Agua		
Datos Finales		
	35	0.2

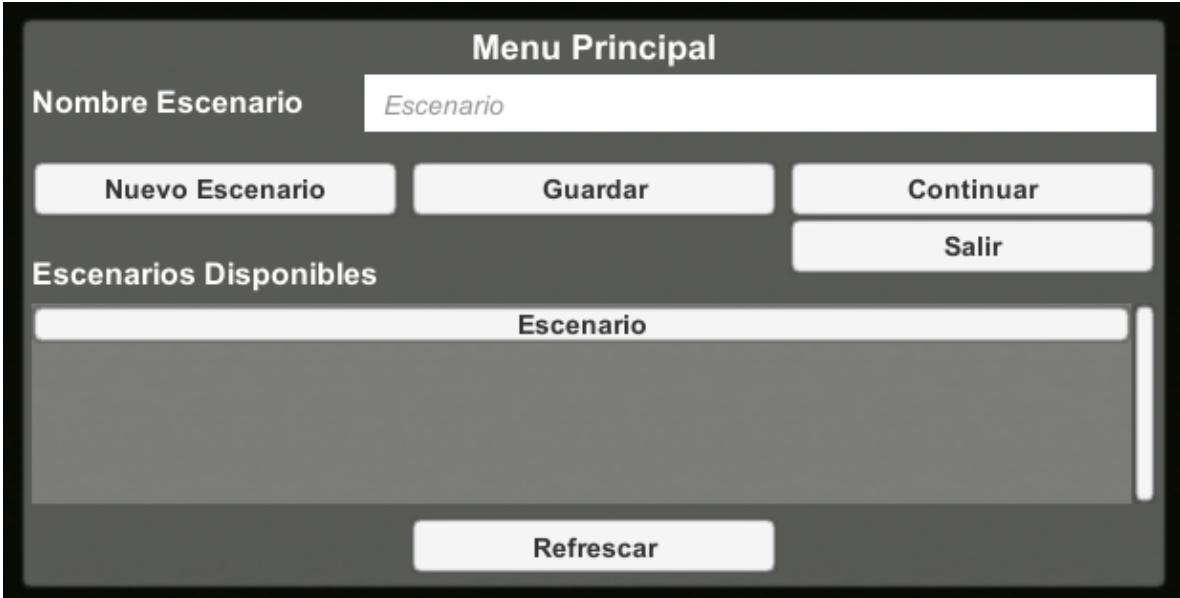
Seccion 2		
Componente	Caudal (m3/seg)	Contaminacion
Contaminadores Directos		

Extracciones de Agua		
Datos Finales		
	35	0.2

Seccion 3		
Componente	Caudal (m3/seg)	Contaminacion
Contaminadores Directos		
Extracciones de Agua		
Datos Finales		
	35	0.2

ANEXO II. MANUAL DE USO

1. Menú principal



The screenshot shows a software interface titled "Menu Principal". At the top, there is a text input field labeled "Nombre Escenario" containing the placeholder text "Escenario". Below this field are four buttons: "Nuevo Escenario", "Guardar", "Continuar", and "Salir". Underneath the buttons is a section titled "Escenarios Disponibles" which contains a list area with a header "Escenario" and a vertical scrollbar on the right. At the bottom of the interface is a "Refrescar" button.

Nuevo escenario

Crearé un nuevo escenario con el nombre indicado en el campo *Nombre Escenario*. Si hay una maqueta en desarrollo la descartará y creará una nueva.

Guardar

Guarda el escenario actual. Si no hay ninguno en desarrollo esta opción estará deshabilitada. Los escenarios se guardan en <carpeta de instalación>\Simulacion_Data\Escenarios

Continuar

Continúa con el desarrollo del escenario actual. Si se ingresa un nombre nuevo en el campo *Nombre Escenario*, se actualiza. Si no hay ninguno en desarrollo esta opción estará deshabilitada.

Salir

Cierra la herramienta sin guardar cambios. Solicita una confirmación del usuario.

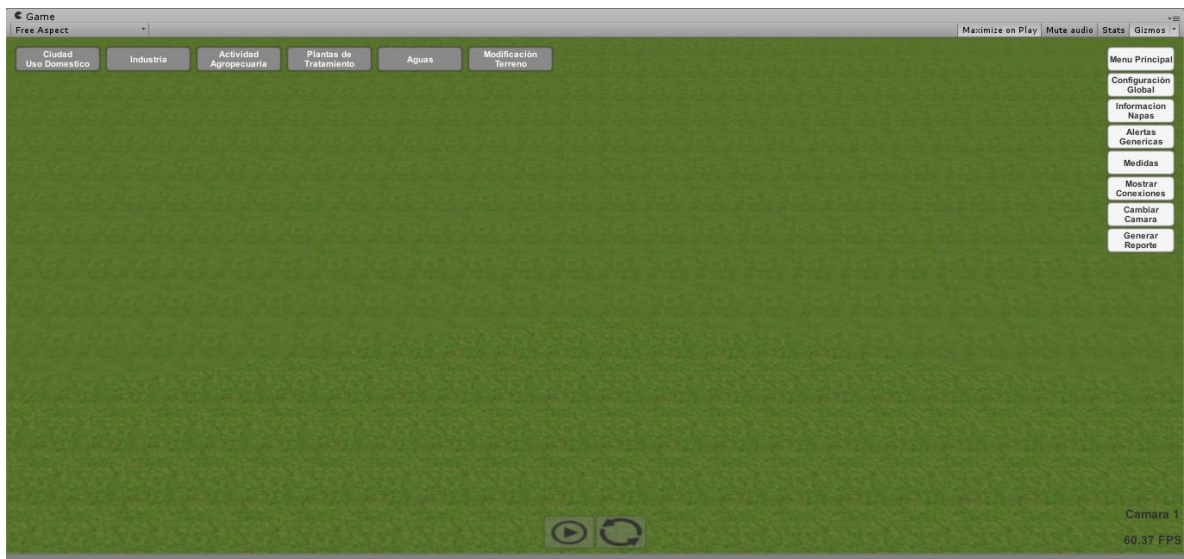
Cargar escenario existente

Carga el escenario seleccionado de la lista de escenarios disponibles.

Refrescar

Refresca la lista de escenarios disponibles. La lista de escenarios se obtiene de los escenarios guardados en <carpeta de instalación>\Simulacion_Data\Escenarios

2. Maquetación y Simulación



Durante la Maquetación y Simulación se dispone de tres menús: **Paleta de Diseño** en la parte superior de la pantalla, **Menú General** a la derecha de la pantalla y una **Barra de Control** en la parte inferior de la pantalla. Además cada componente cuenta con su panel de configuración.

2.1 Paleta de diseño



2.1.1 Modificación de Terreno

The image shows a software interface titled "Configuración Terreno". It contains three horizontal sliders for "Ancho", "Brecha", and "Valor Inicial". Below these is a checked checkbox labeled "Pintar". The "Paletas" section has two buttons: "Cuadrado" (checked) and "Circulo" (unchecked). The "Texturas" section shows a grid of 11 texture samples. At the bottom is a button labeled "Terminar Edición".

Ancho de Pincel

Define la cantidad de superficie que se va a levantar.

Brecha (Diferencia de cota)

Diferencia de cota máxima y mínima que determina el grado de la pendiente en el elemento topográfico (montaña, sierra, lomada, etc).

Valor Inicial

Define el valor de elevación del punto medio del terreno a elevar, el cual será el punto máximo de elevación de la superficie seleccionada para levantar. Define como crece la altura.

Pintar

Si está seleccionado Indica que la operación activa es la de pintar. Si está deseleccionado indica que la operación activa es la de nivelar.

Paletas

Define la forma de pincel: cuadrado o círculo.

Textura

Define la textura con la que se pintará el terreno.

Terminar Edición

Cierra el panel de Modificación de Terreno

Clic sobre el Terreno

Genera una sobreelevación del terreno dependiendo de la operación activada

Clic + shift sobre el terreno

Disminuye la sobreelevación del terreno si la operación activa es nivelar

2.1.2 Ciudad - Uso Doméstico del Agua

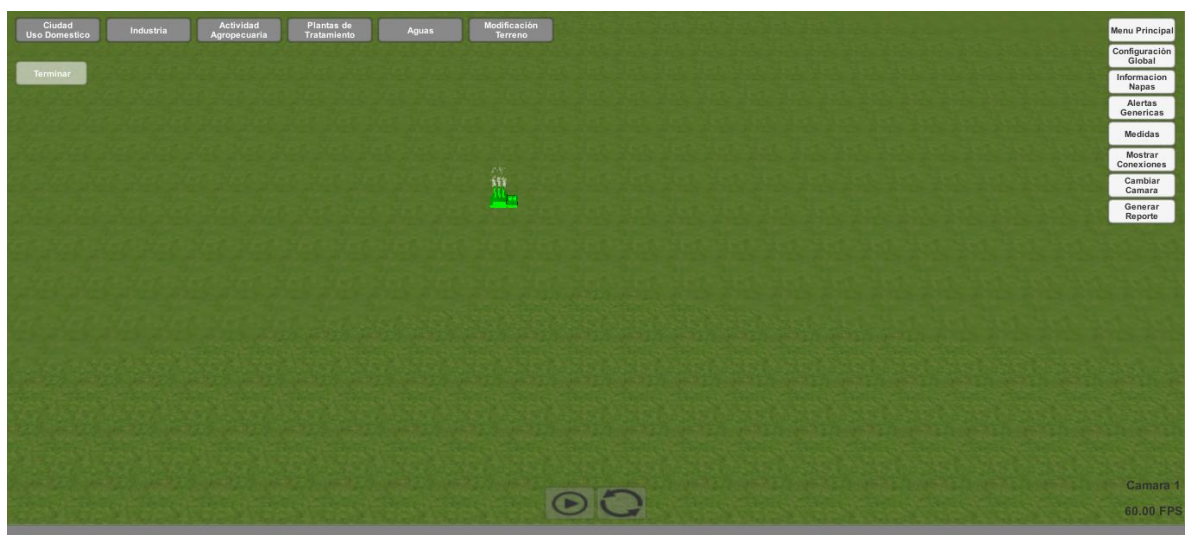


Crea un componente Ciudad y permite ubicarlo sobre el terreno.

Terminar

Fija la posición del componente.

2.1.3 Industria

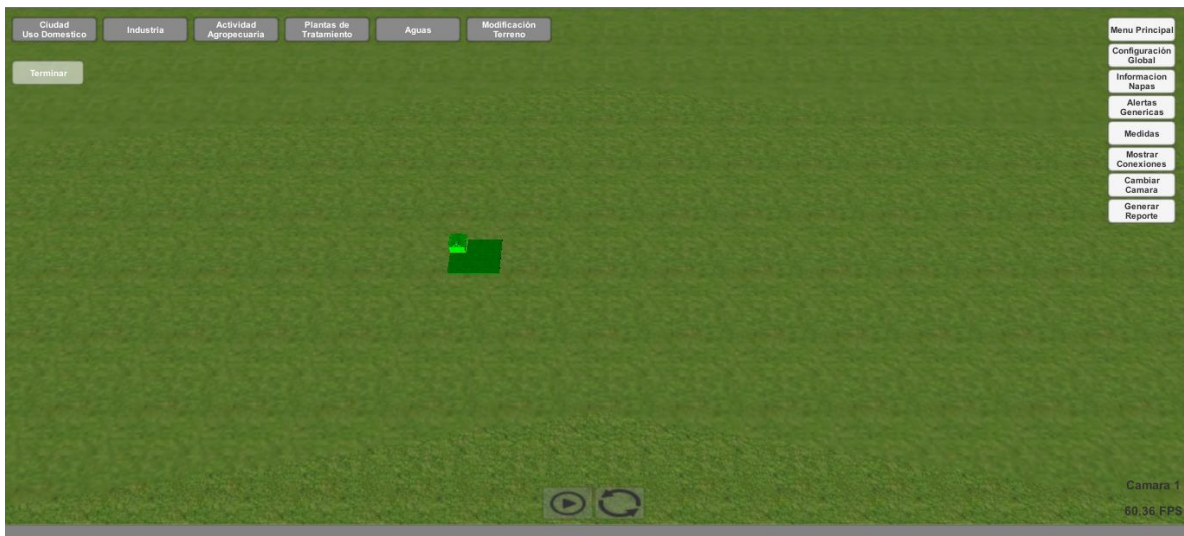


Crea un componente Industria y permite ubicarlo sobre el terreno.

Terminar

Fija la posición del componente.

2.1.4 Actividad Agropecuaria



Crea un componente Actividad Agropecuaria y permite ubicarlo sobre el terreno.

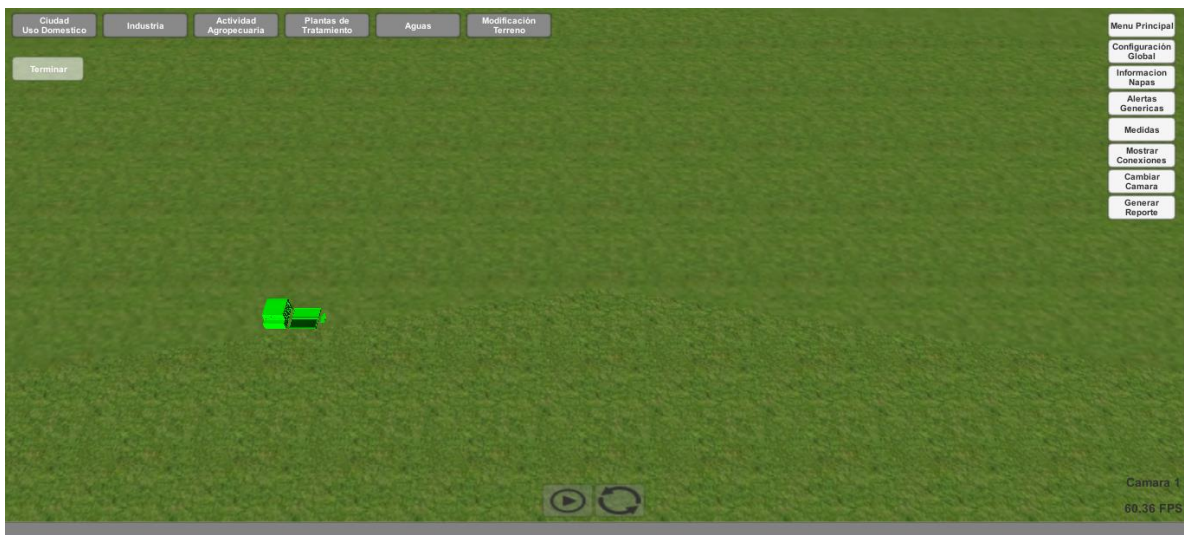
Terminar

Fija la posición del componente.

2.1.5 Plantas de Tratamiento



2.1.5.1 Planta de tratamientos de líquidos cloacales (PTC)

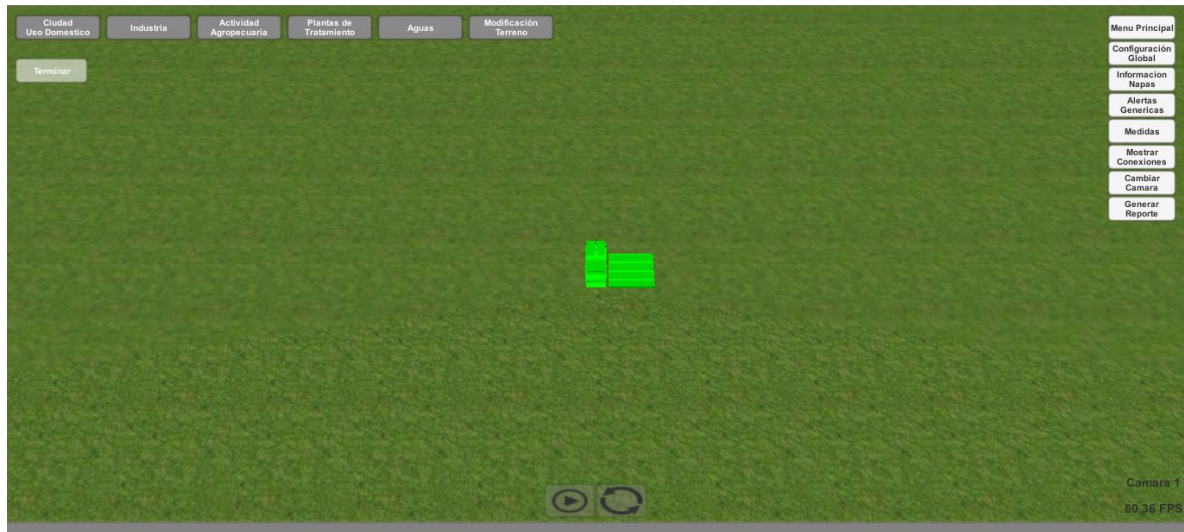


Crea un componente PTC y permite ubicarlo sobre el terreno.

Terminar

Fija la posición del componente.

2.1.5.2 Planta Potabilizadora (PP)



Crea un componente PP y permite ubicarlo sobre el terreno.

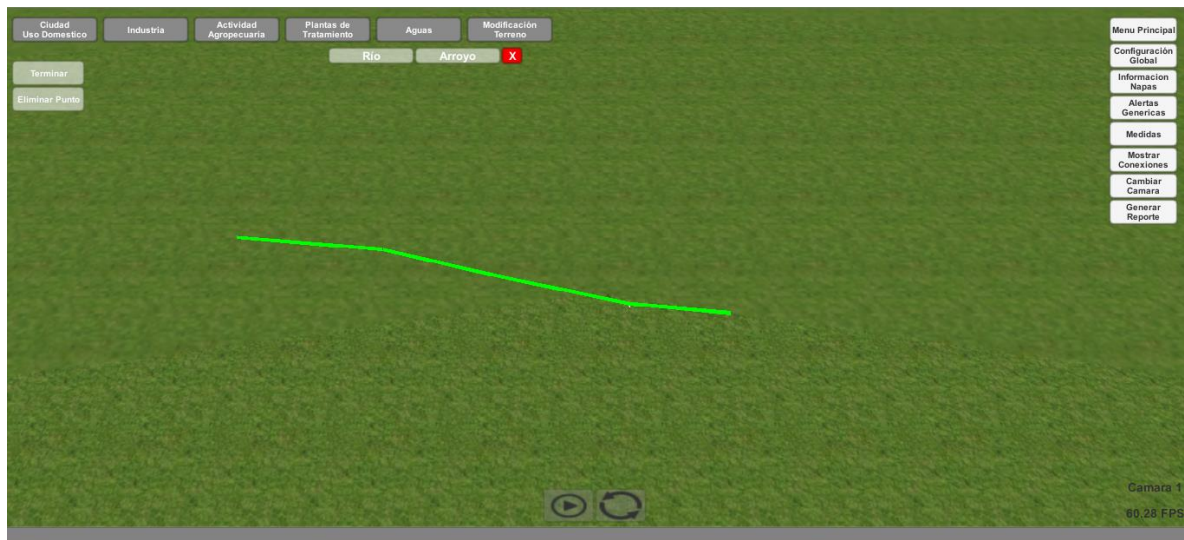
Terminar

Fija la posición del componente.

2.1.6 Cuerpos de Agua



2.1.6.1 Río y arroyo



Permite dibujar un curso de agua mediante la indicación de puntos sobre el terreno.

Tanto el primer como el último punto pueden ser vinculados a otros cursos de agua definiendo así el nacimiento y la desembocadura y la creación de tributarios

Terminar

Crea el cuerpo de agua en base a los puntos indicados. Si no se indicaron puntos se cancela la creación del componente.

Eliminar último punto

Si hay puntos marcados, elimina el último.

2.2 Menú General

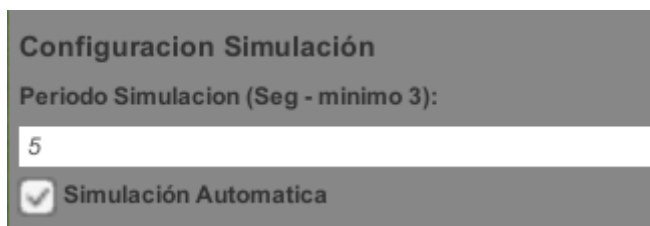


2.2.1 Menú Principal

Abre el menú principal

2.2.2 Configuración Global

2.2.2.1 Configuración Simulación

A screenshot of the 'Configuración Simulación' form. It has a title 'Configuración Simulación', a label 'Periodo Simulacion (Seg - minimo 3):', a text input field containing '5', and a checked checkbox labeled 'Simulación Automatica'.

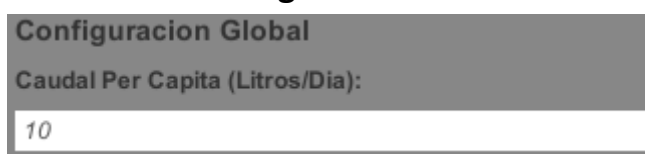
Período Simulación

Indica el intervalo de tiempo en segundos que transcurre entre cada acción de actualización de la simulación.

Simulación Automática

Indica si la simulación se ejecuta automática o manualmente

2.2.2.2 Configuración Global

A screenshot of the 'Configuración Global' form. It has a title 'Configuración Global', a label 'Caudal Per Capita (Litros/Dia):', and a text input field containing '10'.

Caudal Per Cápita (consumo en Litros / habitante / día)

Indica el caudal consumido por persona en una ciudad en litros por día.

2.2.2.3 Configuración Nivel Freático

Configuración Nivel Freático
Caudal Productivo(m3/seg):
<input type="text" value="100"/>
Caudal Productivo Maximo (m3/seg):
<input type="text" value="150"/>
Nivel Contaminación:
<input type="text" value="0.1"/>

Caudal Productivo

Indica el caudal productivo de la napa en metros cúbicos por segundo.

Nivel Contaminación

Indica el índice de calidad del agua de la napa.

2.2.2.4 Configuración Capa Freática

Configuración Capa Freática
Profundidad (mt):
<input type="text" value="5"/>
Factor de Protección:
<input type="text" value="0.5"/>
Nivel Contaminación:
<input type="text" value="0.03"/>

Profundidad

No se encuentra implementado

Factor de Protección

Indica el nivel de protección del nivel freático por acción de la zona no saturada (que permite la retención, absorción y adsorción de contaminantes).

Nivel de Contaminación

No se encuentra implementado.

2.2.2.5 Estaciones

Estación Actual			
<input checked="" type="checkbox"/>	Ninguna	<input type="checkbox"/>	Otoño
<input type="checkbox"/>	Verano	<input type="checkbox"/>	Primavera
<input type="checkbox"/>	Invierno	<input type="checkbox"/>	

Estaciones			
Verano			
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Río	%	10
<input type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	11
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	12
Otoño			
<input type="checkbox"/>	Aumento Río	%	20
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	21
<input type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	22
Invierno			
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Río	%	30
<input type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	31
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	32
Primavera			
<input type="checkbox"/>	Aumento Río	%	40
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	41
<input type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	42

Estación Actual

Selecciona la estación con la que se quiere simular.

2.2.2.5.1 Estación

Aumento Río

Indica si aumenta o se reduce el caudal de los ríos y en qué porcentaje (en relación con el caudal promedio o base de estiaje).

Aumento Arroyo

Indica si aumenta o se reduce el caudal de los arroyos y en qué porcentaje. (En relación con el caudal de base).

Aumento Act. Agro.

Indica si aumenta o se reduce el caudal (la extracción destinada a) para las actividades agropecuarias y en qué porcentaje (respecto de un valor promedio).

2.2.2.6 Factores Extremos

Factor Extremo Actual			
<input type="checkbox"/>	Lluvias	<input checked="" type="checkbox"/>	Ninguna
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Sequia
Factores Extremos			
Lluvias			
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Rio	%	30
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	30
<input type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	10
Sequia			
<input type="checkbox"/>	Aumento Rio	%	50
<input type="checkbox"/>	Aumento Arroyo	%	50
<input checked="" type="checkbox"/>	Aumento Act. Agro.	%	5

Factor Extremo Actual

Selecciona el factor extremo con la que se quiere simular.

2.2.2.6.1 **Factor Extremo**

Aumento Río

Indica si aumenta o se reduce el caudal de los ríos y en qué porcentaje (en relación con el caudal promedio o base de estiaje).

Aumento Arroyo

Indica si aumenta o se reduce el caudal de los arroyos y en qué porcentaje. (en relación con el caudal de base).

Aumento Act. Agro.

Indica si aumenta o se reduce el caudal (la extracción destinada a) para las actividades agropecuarias y en qué porcentaje (respecto de un valor promedio).

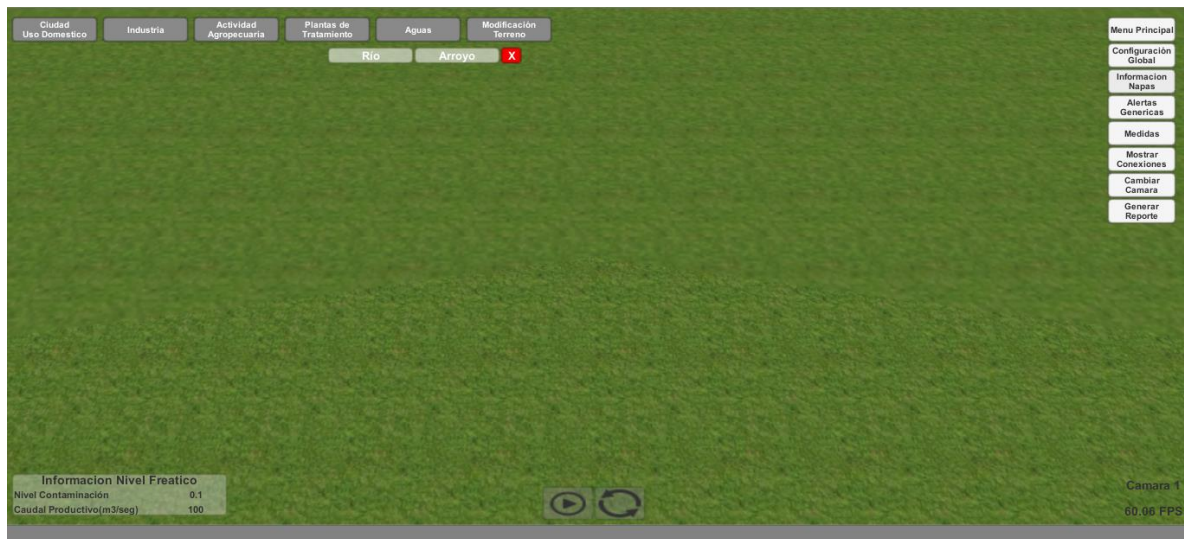
2.2.2.7 **Guardar**

Guarda los cambios realizados sobre la configuración global

2.2.2.8 **Cancelar**

Cierra el panel de configuración global sin guardar los cambios

2.2.3 Información Napas



Muestra o esconde el panel de Información sobre el Nivel Freático.

2.2.4 Alertas Genéricas

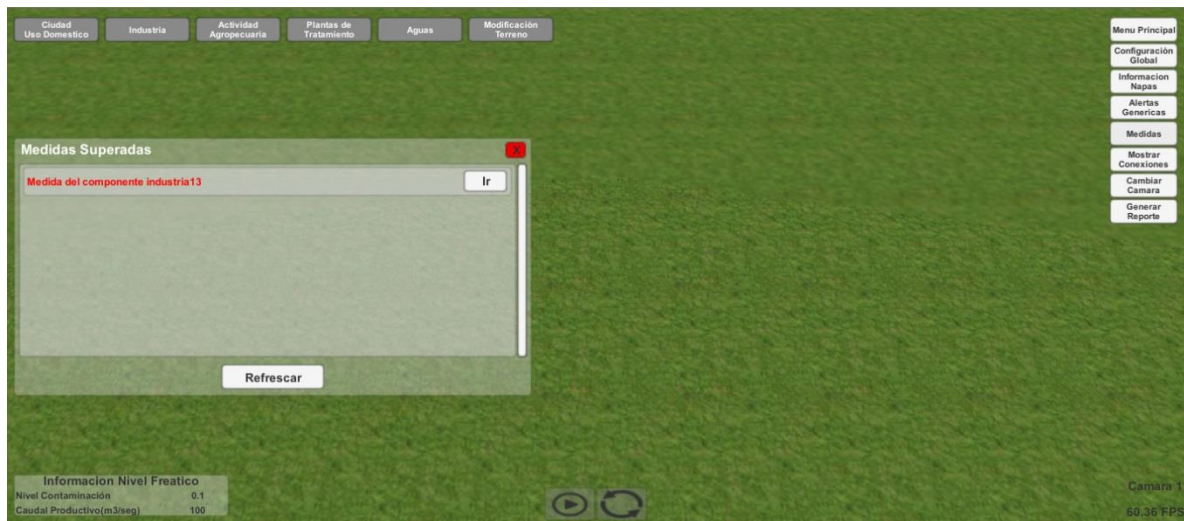


Abre un panel con las alertas genéricas de la simulación.

Refrescar

Refresca la lista de alertas genéricas

2.2.5 Medidas



Abre un panel con las medidas superadas de la simulación.

Refrescar

Refresca la lista de medidas superadas

Ir

Posiciona la cámara sobre la medida seleccionada.

2.2.6 Mostrar/Ocultar Conexiones

Muestra u oculta las conexiones entre los componentes. Una conexión azul indica extracción de efluentes y una conexión roja indica vertido de efluentes.

2.2.7 Cambiar Cámara (escala y perspectiva de visualización del escenario).

Intercala entre la cámara 1 (perspectiva oblicua) y la cámara 2 (ortográfica)

2.2.8 Generar Reporte

Genera un reporte en un archivo PDF de la simulación actual. Los reportes se guardan en <carpeta de instalación>\Simulacion_Data\Reportes

2.3 Barra de Control



2.3.1 Play

Realiza una ejecución de la simulación

2.3.2 Actualizar Cuerpos de Agua Superficiales

En base a los estados de las secciones de los cuerpos de agua repinta el caudal del río con el ancho que le corresponde.

2.4 Configuración de Componentes

Se accede al panel de configuración de cada componente haciendo un clic sobre él.

2.4.1 Ciudad – Uso urbano y doméstico

Configuración - Uso Civil

Nombre Componente:
ciudad14

Nivel Contaminación:
0.2

Nivel Contaminación Sub:
0.2

Cantidad Personas:
10000

Caudal Generado(m3/seg) - Sup/Sub:
0 0.001157

Cloacas

Punto de Vertido

Sub Sup

Planta Potabilizadora

Punto de Extraccion

Sub Sup

Agregar Medida

Re-Posicionar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Nivel Contaminación

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un curso de agua superficial.

Nivel Contaminación Sub

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un acuífero.

Cantidad de Personas

Indica la cantidad de personas que habitan la ciudad

Caudal Generado Sup/Sub

En base a la cantidad de personas indicadas y el uso de agua per cápita (propiedad global), indicará el caudal generado en m3/seg. Solo lectura.

Cloacas

Indica si la ciudad cuenta con cloacas o no

Punto de vertido de efluentes

Indica el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la ciudad. Puede ser una PTC o el volcado de efluentes crudos en un tramo del curso superficial de agua, directamente. De no contar con cloacas esta opción se deshabilita.

Proporción de vertido en aguas superficiales y subterráneas

Indica cuánta contaminación es vertida en cuerpos superficiales y cuánta en cuerpos subterráneos de aguas. De no contar con cloacas esta opción se deshabilita.

Planta Potabilizadora

Indica si la ciudad utiliza o no PP.

Punto de Extracción

Si utiliza PP, se indica la PP correspondiente, si no utiliza PP se debe indicar el punto de extracción de agua.

División de Extracción

Si se utiliza PP esta opción se deshabilita. Indica en porcentaje cuánta agua se saca de cursos de agua superficiales y cuánta de acuíferos subterráneos.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Re-Posicionar

Permite reposicionar el componente

Guardar

Guarda los cambios efectuados

Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

Eliminar

Elimina el componente

2.4.2 Industria

Configuración - Uso Industrial

Nombre Componente:
industria15

Nivel Contaminación:
0.5

Caudal(m3/seg):
4

Nivel Contaminación Sub:
0

Caudal Sub(m3/seg):
0

Punto de vertido de los efluentes

Factor de Demanda(m3/seg):
5

Sub Sup

Punto de Extracción

PFI

Ind. de Calidad del Servicio:
0.5

Agregar Medida

Re-Posicionar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Nivel Contaminación

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un componente superficial.

Caudal

Indica el caudal de efluentes contaminantes que genera la industria que se vierten sobre aguas superficiales. Puede ser una PTC.

Nivel Contaminación Sub

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un acuífero.

Caudal Sub

Indica el caudal de efluentes contaminantes que genera la industria que se vierten sobre aguas subterráneas.

Punto de vertido de efluentes

Indica el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la industria. Puede ser una PTC o el volcado de efluentes crudos en un tramo del curso superficial de agua, directamente.

Factor de Demanda

Indica el caudal de agua extraído por la industria para realizar sus actividades.

División de Extracción

Indica en porcentaje cuánta agua se saca de cuerpos de agua superficiales y cuánta de subterráneos.

Punto de Extracción

Indica el punto de extracción de agua superficial.

PFI

Indica si cuenta o no con su propia Plata de Efluentes Industriales.

Índice de Calidad de Servicio

Indica el factor de limpieza de la PFI.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Re-Posicionar

Permite reposicionar el componente

Guardar

Guarda los cambios efectuados

Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

Eliminar

Elimina el componente

2.4.5 Actividad Agropecuaria

Configuración - Uso Agropecuario

Nombre Componente:

Nivel Contaminación:

Caudal(m3/seg):

Nivel Contaminación Sub:

Caudal Sub(m3/seg):

Factor de Demanda(m3/seg):

Uso Agua - Caudal Real:
3
Sub Sup

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Nivel Contaminación

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un componente superficial.

Caudal

Indica el caudal de efluentes contaminantes que genera la actividad agropecuaria que se vierten sobre aguas superficiales. Puede ser una PTC.

Nivel Contaminación Sub

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un acuífero.

Caudal Sub

Indica el caudal de efluentes contaminantes que genera la actividad agropecuaria que se vierten sobre aguas subterráneas.

Punto de vertido de efluentes

Indica el punto de vertido superficial de los efluentes generados por la actividad agropecuaria. Puede ser una PTC o el volcado de efluentes crudos en un tramo del curso superficial de agua, directamente.

Factor de Demanda

Indica el caudal de agua extraído por la actividad agropecuaria para realizar sus actividades.

División de Extracción

Indica en porcentaje cuánta agua se saca de cuerpos de agua superficiales y cuánta de subterráneos.

Punto de Extracción

Indica el punto de extracción de agua superficial.

Uso de Agua – Caudal Real

Indica el factor de demanda real de la actividad agropecuaria ya que puede ser afectado por la estación actual y los factores extremos. Solo lectura.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Re-Posicionar

Permite reposicionar el componente

Guardar

Guarda los cambios efectuados

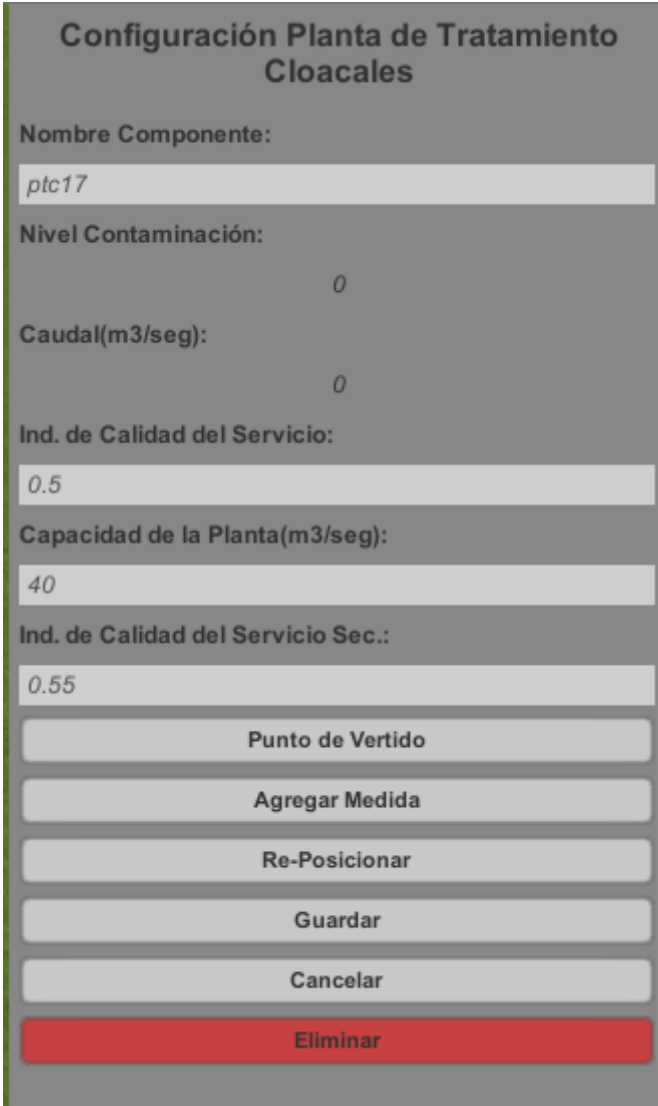
Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

Eliminar

Elimina el componente

2.4.6 Planta de Tratamientos de líquidos Cloacales



Configuración Planta de Tratamiento Cloacales

Nombre Componente:
ptc17

Nivel Contaminación:
0

Caudal(m3/seg):
0

Ind. de Calidad del Servicio:
0.5

Capacidad de la Planta(m3/seg):
40

Ind. de Calidad del Servicio Sec.:

Punto de Vertido

Agregar Medida

Re-Posicionar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Nivel Contaminación

Indica el Índice de Calidad del Agua vertida sobre un componente superficial. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Caudal

Indica el caudal de efluentes contaminantes que genera la PTC que se vierten sobre aguas superficiales. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Índice de Calidad del Servicio

Indica el factor de limpieza de la PTC.

Capacidad de la Planta

Indica el caudal máximo que soportará la planta para desarrollar sus tareas de limpieza correctamente. Superado este máximo, el proceso de limpieza bajará su rendimiento.

Índice de Calidad del Servicio Secundario

Indica el factor de limpieza de la PTC una vez superada la Capacidad de la Planta.

Punto de vertido de efluentes

Indica el punto de vertido superficial de los efluentes tratados por la PTC. Puede ser una PTC o el volcado de efluentes crudos en un tramo del curso superficial de agua, directamente.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Re-Posicionar

Permite repositonar el componente

Guardar

Guarda los cambios efectuados

Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

Eliminar

Elimina el componente

2.4.7 Planta Potabilizadora

Configuración - Planta Potabilizadora

Nombre Componente:
pp18

Contaminacion Agua Potable
0

Caudal(m3/seg):
0

Ind. de Calidad del Servicio:
0.5

Capacidad de la Planta(m3/seg):
50

Ind. de Calidad del Servicio Sec.:
0.55

Sub Sup

Punto de Extracción

Agregar Medida

Re-Posicionar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Contaminación Agua Potable (Grado de impureza del Agua Potable)

Indica la contaminación del agua luego de realizado el tratamiento de potabilización. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Caudal

Indica el caudal de agua tratada por la planta. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Índice de Calidad del Servicio

Indica el factor de limpieza de la PP.

Capacidad de la Planta

Indica el caudal máximo que soportará la planta para desarrollar sus tareas de limpieza correctamente. Superado este máximo, el proceso de limpieza bajará su rendimiento.

Índice de Calidad del Servicio Secundario

Indica el factor de limpieza de la PP una vez superada la Capacidad de la Planta.

División de Extracción

Indica en porcentaje cuánta agua se saca de cuerpos de agua superficiales y cuánta de subterráneos.

Punto de Extracción

Indica el punto de extracción de agua superficial.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Re-Posicionar

Permite reposicionar el componente

Guardar

Guarda los cambios efectuados

Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

Eliminar

Elimina el componente

2.4.8 Cuerpo de Agua

Configuración Agua

Nombre Componente:
rio20

Nivel Contaminación en las Nacientes:
0.2

Caudal de las Nacientes(m3/seg):
30

Caudal Maximo de Crecida(m3/seg):
70

Tramo

Nivel Contaminacion:
0.2

Caudal(m3/seg):
30

Caudal Maximo de Crecida de Tramo(m3/seg):
50

Agua Padre - Extracción

En Porcentaje

Caudal(m3/seg) o Porcentaje:
30

Agregar Medida

Continuar

Repintar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Nombre Componente

Indica el nombre que identifica al componente

Nivel de Contaminación en las Nacientes

Indica el índice de calidad de agua con el cual comienza el cuerpo de agua. Si el cuerpo de agua tiene un padre, este campo es de solo lectura porque lo determina el padre.

Caudal de las Nacientes

Indica el caudal de agua con el que comienza el cuerpo de agua. Si el cuerpo de agua tiene un padre, este campo es de solo lectura porque lo determina el padre.

Caudal Máximo de Crecida

Por encima de este caudal máximo el cuerpo de agua está desbordado.

2.4.8.1 Tramo

Nivel Contaminación

Indica el índice de calidad del agua en la sección seleccionada. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Caudal

Indica el caudal de agua en la sección seleccionada. Solo lectura. Se calcula en base a la simulación.

Caudal Máximo de Crecida de Tramo

Por encima de este caudal máximo la sección seleccionada del cuerpo de agua está desbordada.

2.4.8.2 Agua Padre – Extracción

En Porcentaje

Indica si se extrae un porcentaje o un número fijo de caudal de agua del padre.

Caudal o Porcentaje

Indica el porcentaje o número fijo de extracción de caudal de agua del padre.

Agregar Medida

Agrega una medida de control en el componente. Si ya existe una, abre su configuración.

Continuar

Permite extender el cuerpo de agua.

Repintar

Vuelve a pintar el caudal de agua.

Guardar

Guarda los cambios efectuados

Cancelar

Cierra el panel de configuración sin guardar los cambios.

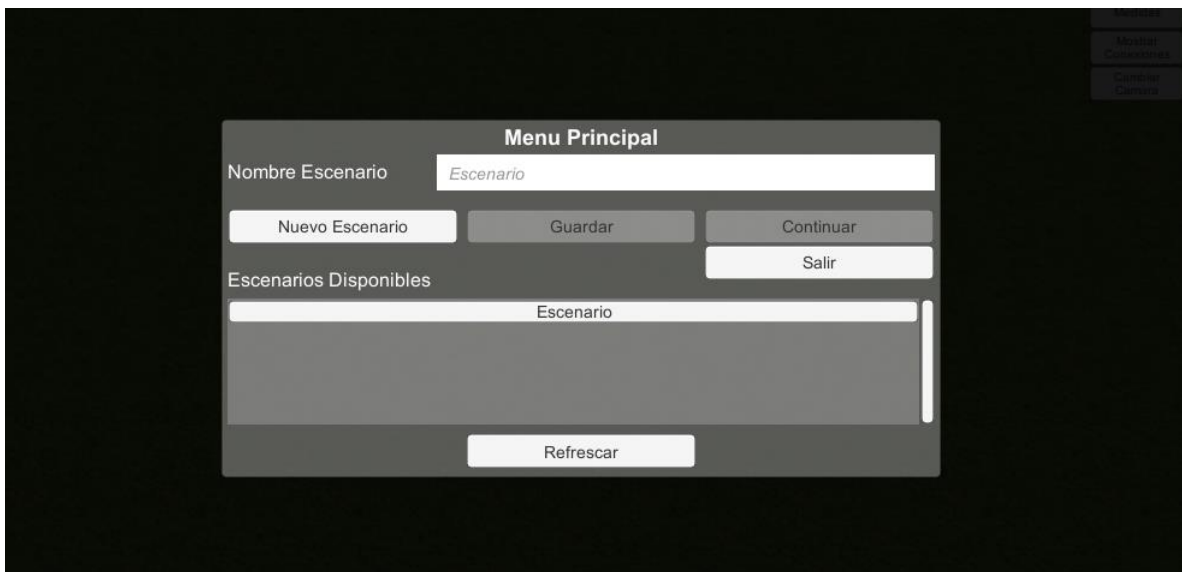
Eliminar

Elimina el componente

3. Ejemplo Paso a Paso

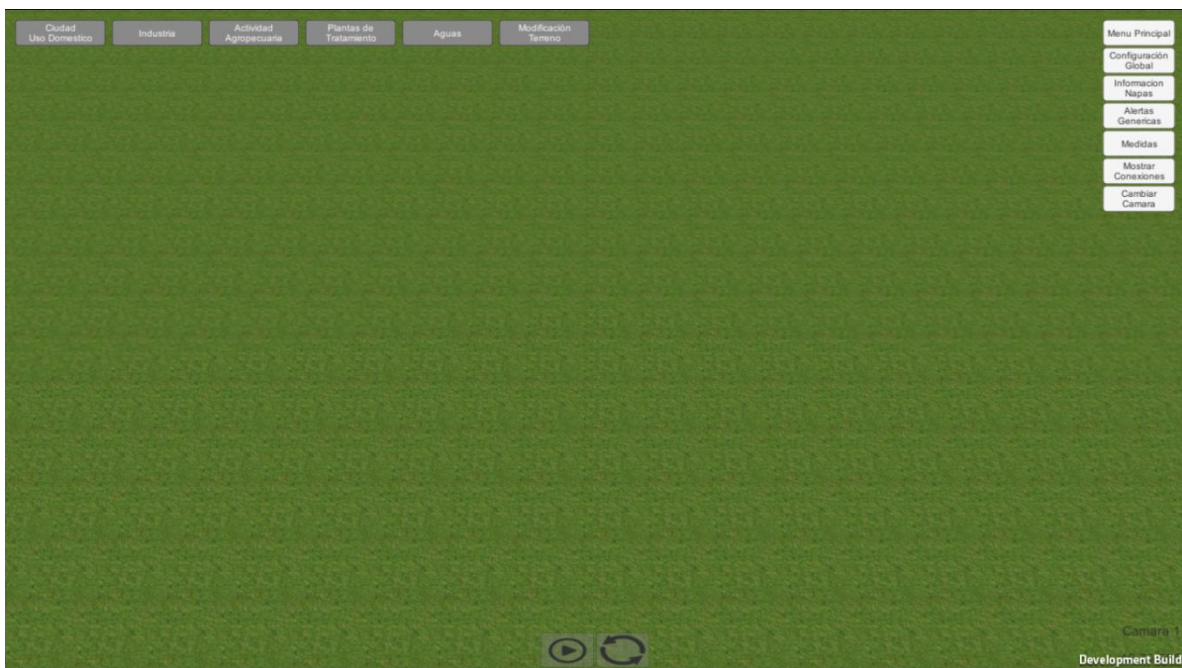
A continuación se presenta una guía paso a paso para comenzar a utilizar la herramienta. Los pasos de maquetación, configuración de componentes y simulación son intercalables, pueden realizarse en cualquier momento durante el uso de la herramienta.

Paso 1: Crear un Escenario

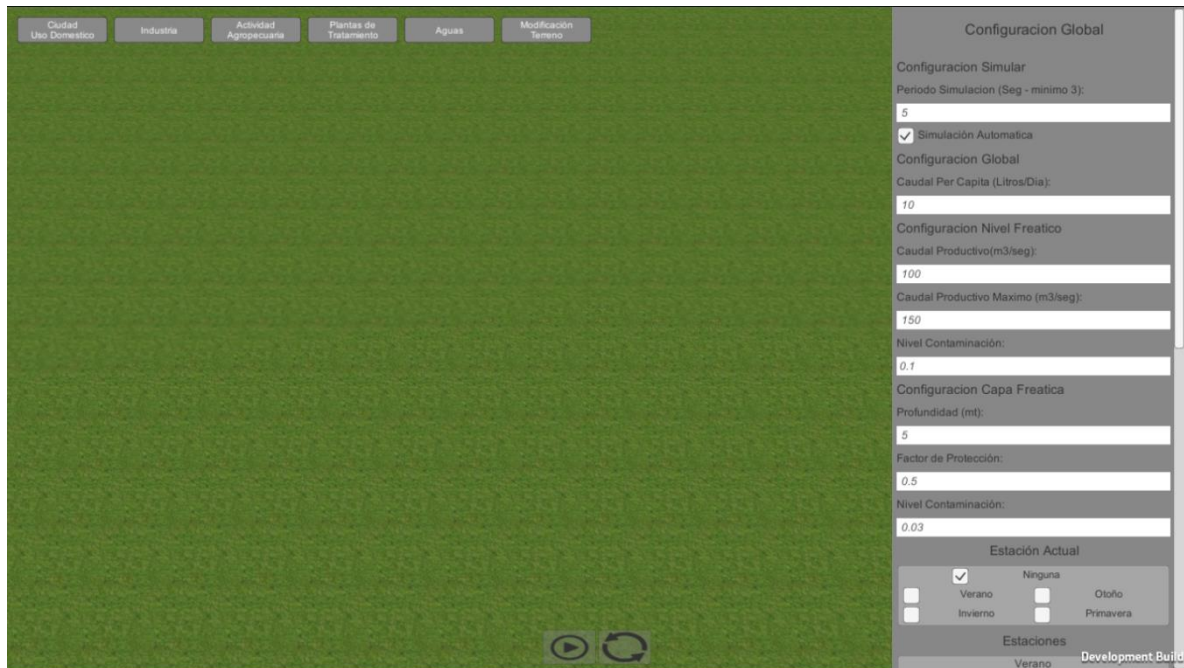


1. Ejecutar la Herramienta.
2. Ingresar un nombre para el nuevo escenario.
3. Click sobre *Nuevo Escenario*.

Paso 2: Configurar el Escenario



1. A la derecha de la pantalla, en el Menú General, hacer click sobre el botón Configuración Global

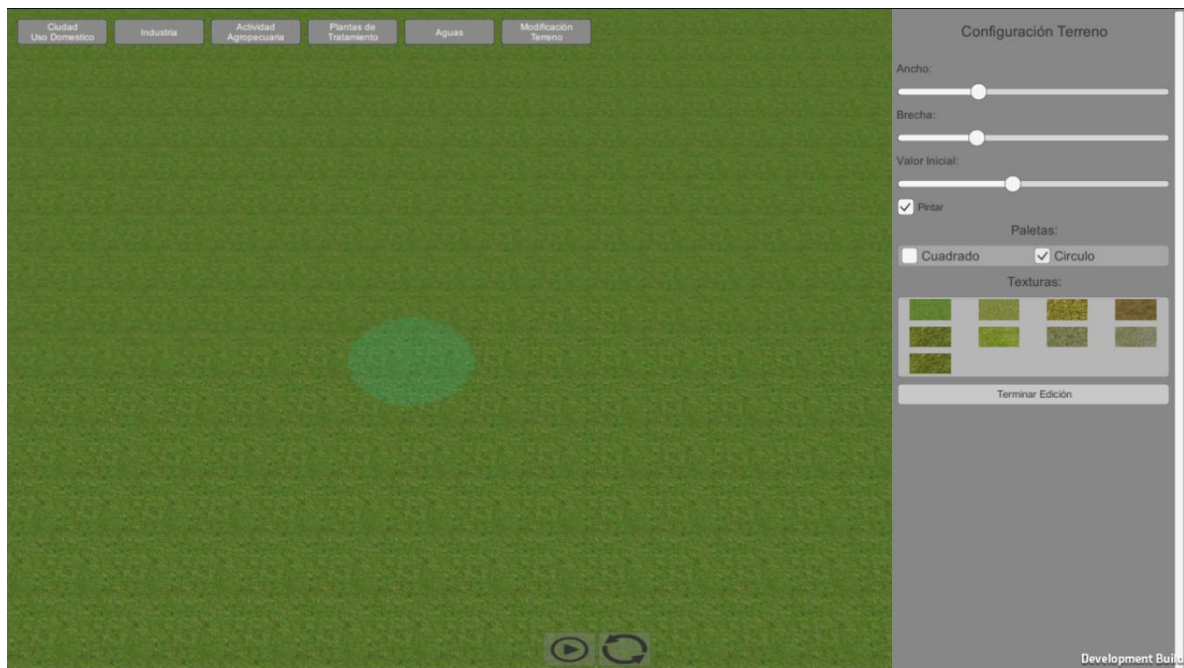


2. Ingresar un caudal per cápita(Litros/día) para las ciudades
3. Ingresar un caudal productivo (m3/seg) para la napa
4. Ingresar un caudal productivo máximo (m3/seg) para la napa
5. Ingresar el índice de calidad del agua en la napa
6. Elegir y configurar la Estación Actual
7. Elegir y configurar el Factor Extremo que afectará al escenario
8. Click en *Guardar*.

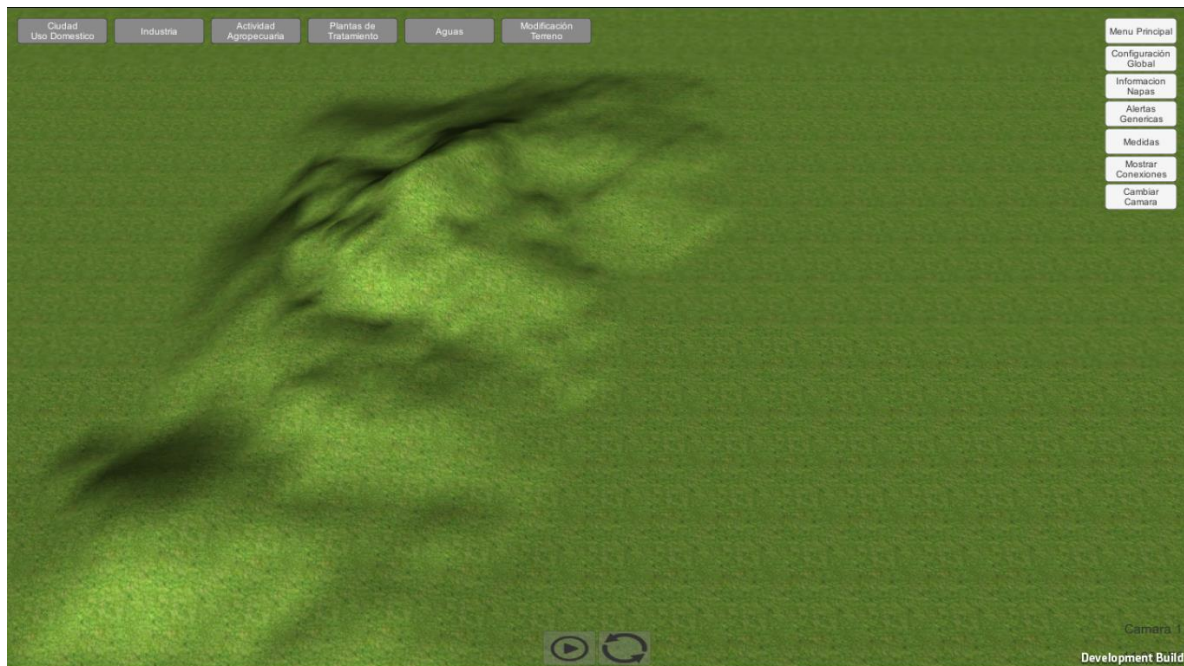
Paso 3: Maquetar

Paso 3.1: Editar el Terreno

1. En la parte superior de la pantalla, en la Paleta de Diseño, seleccionar *Modificación de Terreno*.



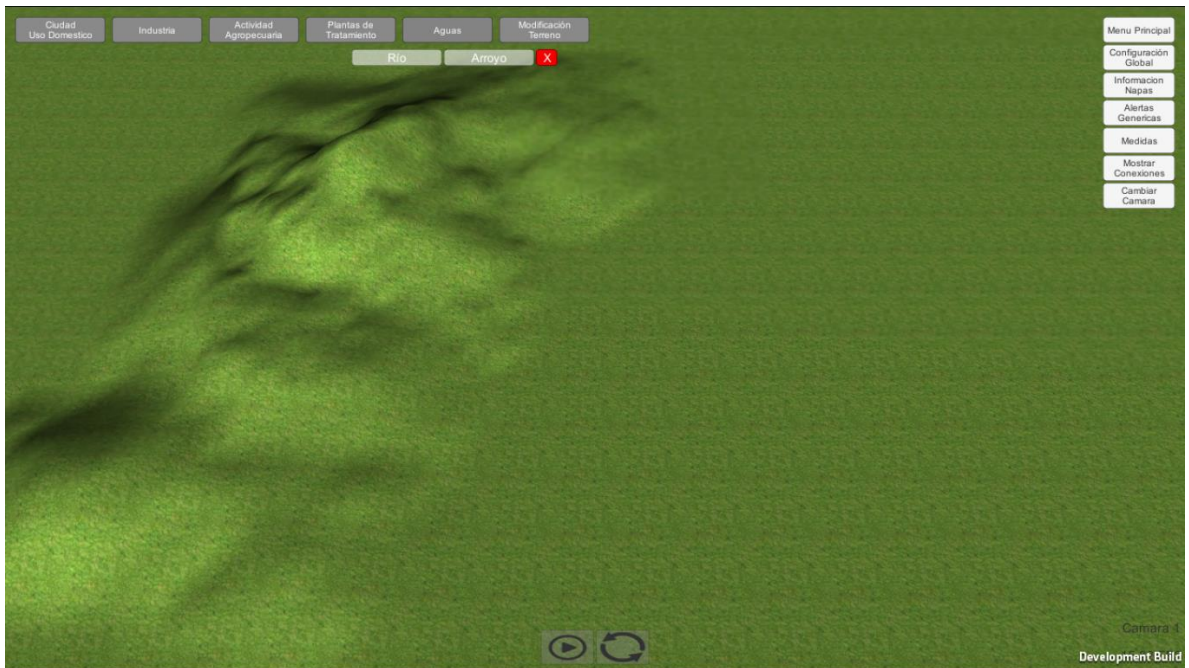
2. Configurar el ancho del pincel
3. Configurar la brecha
4. Configurar el valor inicial
5. Deseleccionar Pintar
6. Dibujar un cordón montañoso haciendo clicks sobre el terreno.



7. Click sobre *Terminar Edición*.

Paso 3.2: Ubicar Componentes

1. En la Paleta de Diseño, seleccionar el componente Agua



2. Seleccionar el componente Río
3. Hacer clicks en diferentes puntos para trazar el cauce del rio



4. Hacer click en *Terminar*



5. Seleccionar el componente *Ciudad-Usa Doméstico*



6. Arrastrar la ciudad para ubicarla y oprimir *Terminar*.
7. Repetir los pasos 5 y 6 con los componentes Industria, Actividad Agropecuaria, Plantas de Tratamiento Cloacales y Plantas Potabilizadoras.

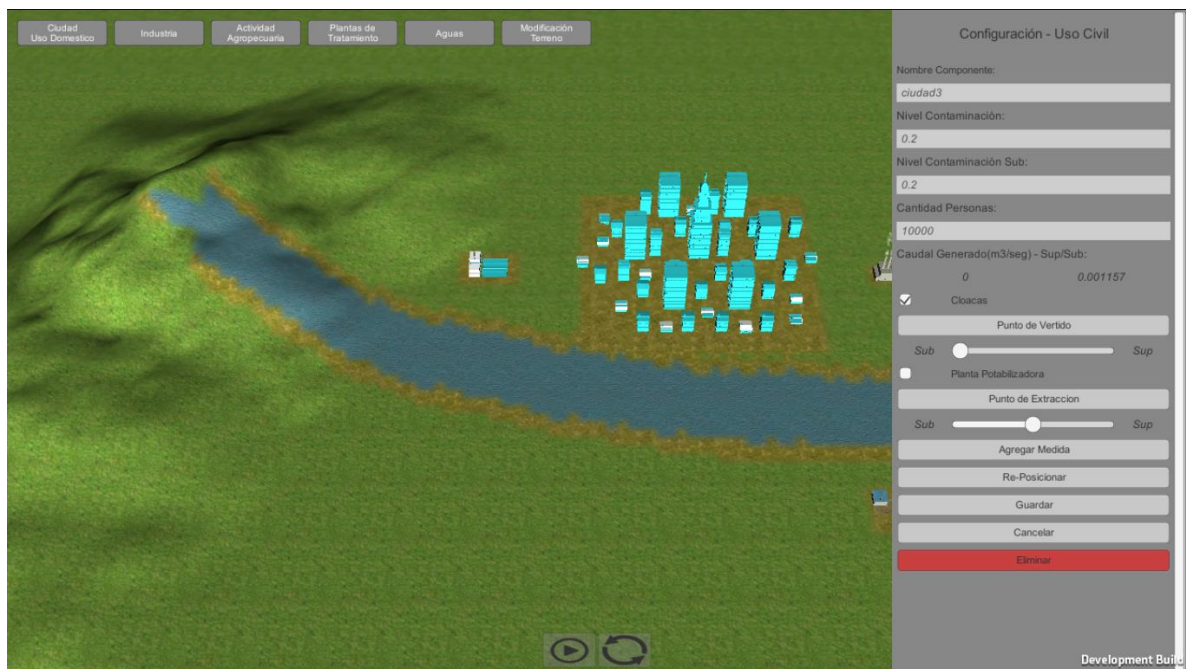
A continuación una imagen que muestra una posible distribución de los restantes componentes.



Paso 4: Configurar los Componentes

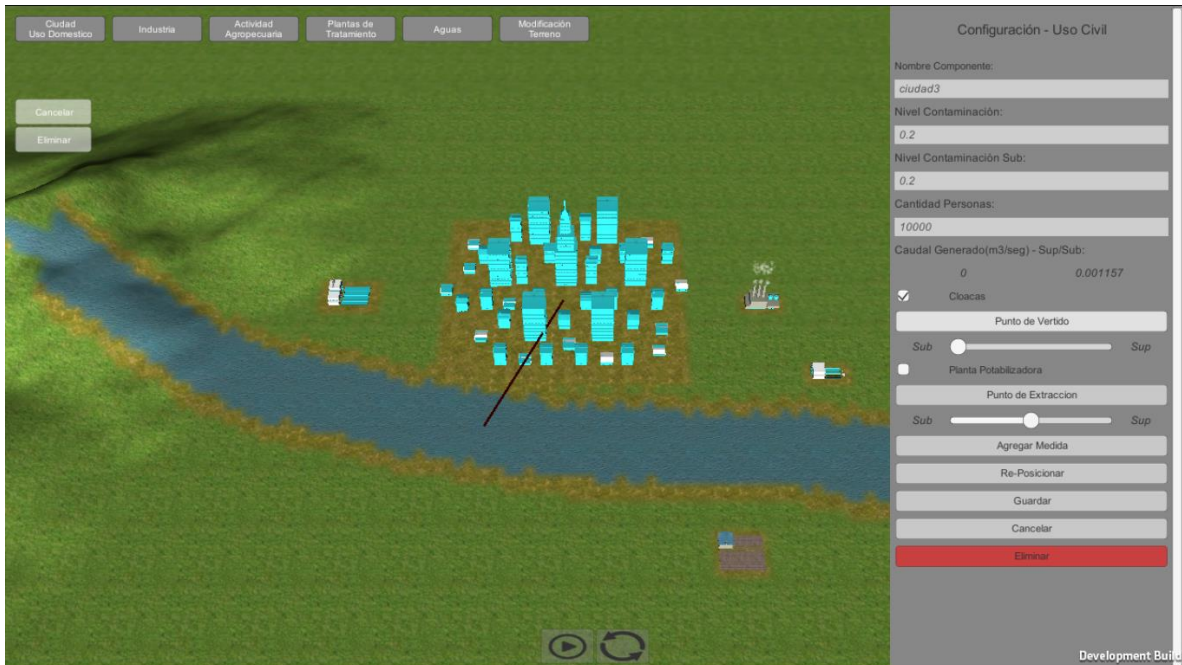
A modo de ejemplo se va a configurar al componente Ciudad.

1. Hacer click sobre el componente ciudad ubicado en el escenario

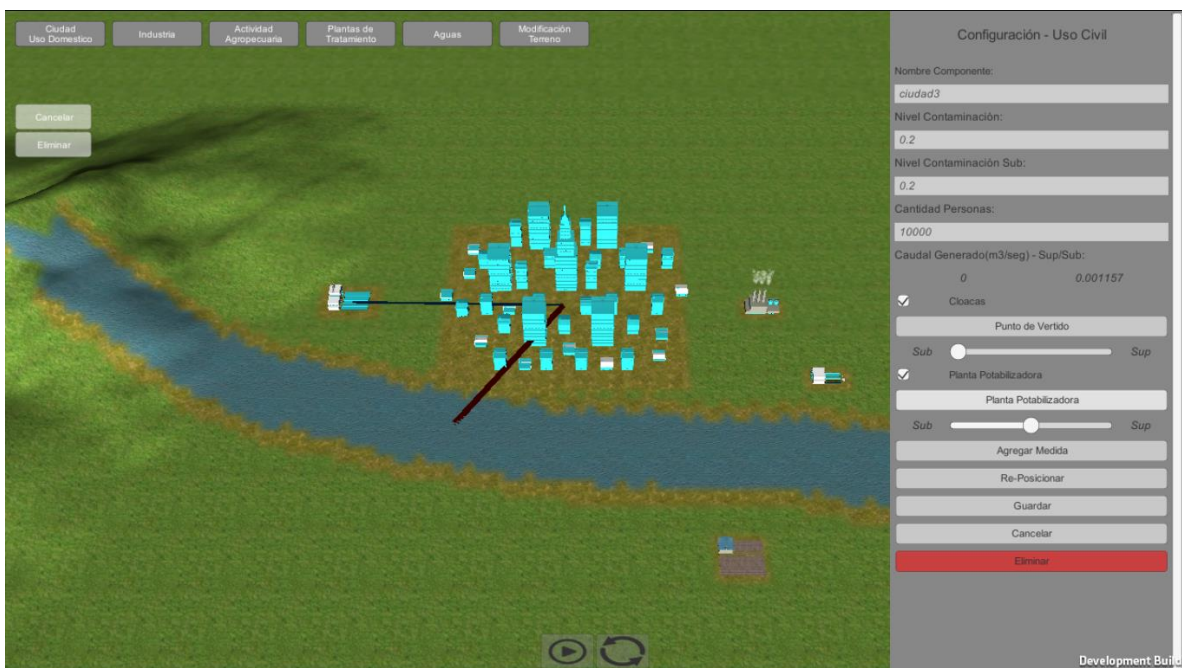


2. Ingresar un Nombre para el Componente
3. Ingresar un índice de calidad tanto para el caudal que se vierte de manera directa como para el que se vierte de manera difusa
4. Ingresar la Cantidad de Personas que habitan la ciudad que definirá el caudal total usado por la ciudad

- Indicar que la ciudad tiene cloacas y que vierte mayor parte de sus desechos hacia un cuerpo de agua superficial. El caudal restante lo vierte en la napa de manera difusa.
- Hacer click sobre Punto de Vertido.



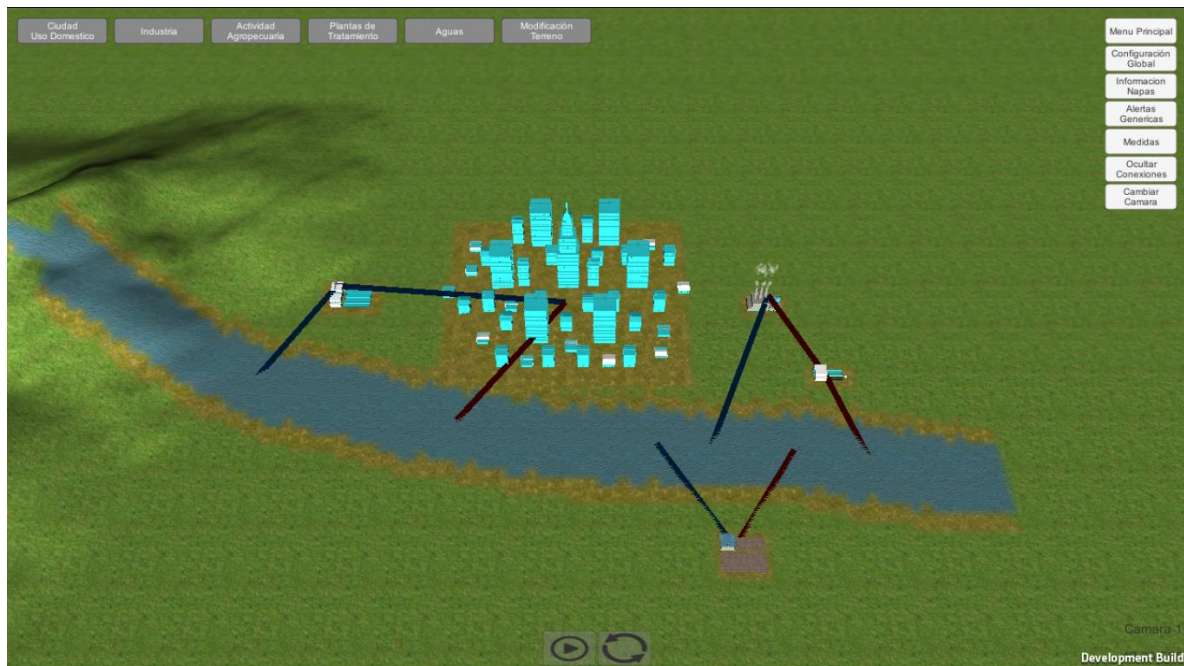
- Indicar como Punto de Vertido al Río
- Indicar que la ciudad va a tener una PP.
- Hacer click sobre Planta Potabilizadora.
- Indicar como Planta Potabilizadora una PP creada anteriormente.



- Click sobre guardar.

12. Realizar la configuración de los componentes restantes.

A continuación un ejemplo de cómo podrían quedar conectados los componentes.



Paso 5: Simular

Mientras se van agregando y configurando distintos componentes la herramienta va actualizando sus estados automáticamente cada un intervalo de tiempo configurado en la configuración global. Los estados de los componentes se observan haciendo click sobre ellos. Si se quiere que la simulación se ejecute inmediatamente sin esperar a que se cumpla el intervalo de tiempo entre simulaciones, se puede ejecutar manualmente seleccionando el botón *Play* en la *Barra de Control* en la parte inferior de la pantalla.



Se puede recorrer las diferentes secciones del Río haciendo click sobre ellas para ver como el caudal y el índice de calidad va cambiando a lo largo del cauce según sus relaciones con el resto de los componentes.

A continuación una imagen de la última sección del Río una vez que ya todos los componentes afectaron el cauce del Río.

Ciudad
Uso Domestico

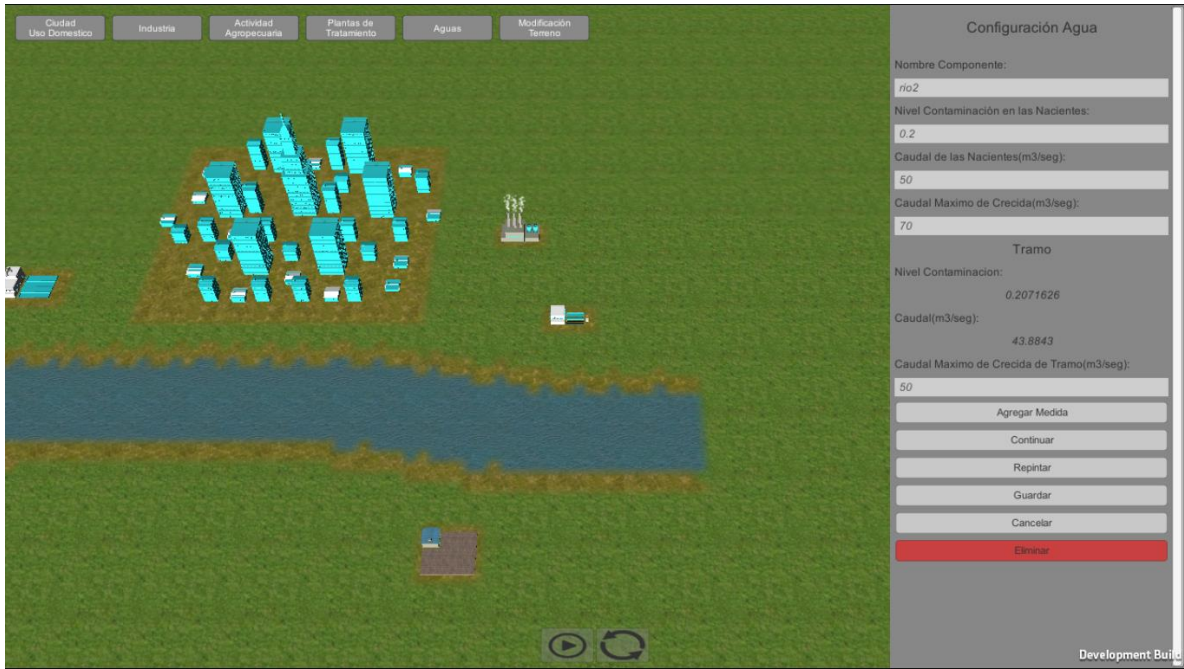
Industria

Actividad
Agropecuaria

Plantas de
Tratamiento

Aguas

Modificación
Terreno



Configuración Agua

Nombre Componente:
no2

Nivel Contaminación en las Nacientes:
0.2

Caudal de las Nacientes(m3/seg):
50

Caudal Maximo de Crecida(m3/seg):
70

Tramo

Nivel Contaminación:
0.2071626

Caudal(m3/seg):
43.8843

Caudal Maximo de Crecida de Tramo(m3/seg):
50

Agregar Medida

Continuar

Replantar

Guardar

Cancelar

Eliminar

Development Build