

**HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DE BASE
DE DATOS HIDROLÓGICAS**

LUZ AMANDA RAMÍREZ OTÁLVARO
ANDREA VÁSQUEZ MONTOYA

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
ENVIGADO
2011

**HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DE BASE
DE DATOS HIDROLÓGICAS**

LUZ AMANDA RAMÍREZ OTÁLVARO
ANDREA VÁSQUEZ MONTOYA

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

ASESOR
ANGÉLICA MARÍA GÓMEZ
Ingeniera de Sistemas

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA DE ENVIGADO
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
ENVIGADO
2011

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del Jurado

Firma del Jurado

Firma del Jurado

DEDICATORIAS

A mis padres que siempre me han apoyado en mi carrera y dedican todos sus esfuerzos para hacer posibles todos mis sueños. A todo el grupo de docentes de la Institución Universitaria de Envigado por sus valiosos aportes para mi crecimiento académico y personal. A Juan Carlos por su amor, apoyo y cariño incondicional.

Luz Amanda Ramírez Otálvaro

A mis padres que son mi aliciente principal, que con su cariño, consejos y esfuerzos siempre me han dado el animo para continuar, a ellos que siempre han querido lo mejor para mi y que siempre han estado a mi lado.

Andrea Vásquez Montoya

AGRADECIMIENTOS

Las autoras expresan sus agradecimientos a:

Ingeniera, Angélica María Gómez., asesora de proyecto de grado, por su oportuno acompañamiento y aporte a nuestro aprendizaje.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	19
1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO	21
1.1 Planteamiento del problema	21
1.2 Objetivos	22
1.2.1 Objetivo General	22
1.2.2 Objetivos específicos	22
1.3 Justificación	22
1.4 Diseño Metodológico	23
1.5 Presupuesto global del trabajo de grado	23
1.6 Cronograma de Actividades	24
2. ASPECTOS GENERALES DEL CICLO HIDROLÓGICO	25
3. BASE DE DATOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA	29
3.1 Base de Datos Espaciales	30
3.1.1 Tipos de datos espaciales	31
3.1.2 Índices Espaciales	32
3.1.3 Consultas Espaciales	32
3.1.4 Sistemas de Referencias Espacial	33
3.1.5 Gestores de base de datos	34
3.2 Sistemas De Información Geográfica	35
4. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO	38
4.1 Especificación de requisitos	38
4.2 Formato para la adecuación del modelo de datos base	40
4.3 Diseño de los módulos operativos y construcción del prototipo	41
4.4 Pruebas al prototipo	41
5. REQUERIMIENTOS Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN	43
5.1 Requerimientos del usuario	43
5.2 Requisitos del sistema	44
5.2.1 Requisitos funcionales	44
5.2.2 Requisitos no funcionales	52

6. DISEÑO DE LA APLICACIÓN	53
6.1 Arquitectura general de la aplicación	53
6.2 Modelado de clases y de interacciones.....	58
6.3 Diseño de la base de datos de la aplicación	66
7. PRUEBAS DE LA APLICACIÓN	72
7.1 Reglas de Negocio	72
7.2 Pruebas de la aplicación	73
7. CONCLUSIONES	83
8. RECOMENDACIONES	84
BIBLIOGRAFÍA	85
ANEXOS	88

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Relación de los elementos del ciclo hidrológico y la organización de la información	20
Figura 2. Diagrama de casos de uso	47
Figura 3. Diagrama de actividades caso de uso 001	51
Figura 4. Diagrama de actividades caso de uso 002	52
Figura 5. Arquitectura General del Sistema	54
Figura 6. Diagrama de componentes de la aplicación	57
Figura 7. Interfaz principal de la aplicación	59
Figura 8. Interfaz sistemas de referencia espacial	60
Figura 9. Pantalla mensaje de confirmación	60
Figura 10. Pantalla selección de componentes de datos	61
Figura 11. Pantalla llenado de tabla principal.	62
Figura 12. Diagrama de clases de la aplicación.....	63
Figura 13: Diagrama de secuencias “crear modelo de datos”	65
Figura 14. Modelo Entidad Relación de la base de datos del sistema.....	66
Figura 15. Modelo Hidrológico base de la aplicación.....	126
Figura 16. Modelo Hidrológico base inicial	127
Figura 1. Pantalla de instalación del sistema	128
Figura 2. Pantalla de ejecución SQL Server	129
Figura 3. Pantalla de Instalación base de datos local	129
Figura 4. Pantalla instalación exitosa base de datos local.....	130
Figura 5. Pantalla de instalación HydroSystem.....	130
Figura 6. Pantalla ruta por defecto.....	131
Figura 7. Pantalla selección de ruta.....	131
Figura 8. Pantalla confirmación de instalación.....	132
Figura 9. Pantalla proceso de instalación	132
Figura 10. Pantalla Instalación completa	133
Figura 11. Pantalla principal HydroSystem	133
Figura 1. Pantalla conexión con SQL Server 2008	134
Figura 2. Pantalla string de conexión SQL Server 2008	135
Figura 3. Pantalla selección de base de datos	135
Figura 4. Pantalla conexión exitosa	136
Figura 5. Pantalla principal de ArcCatalog.....	136
Figura 6. Pantalla conexión con la base de datos.....	137
Figura 7. Pantalla creación nueva Geodatabase	137
Figura 8. Pantalla nombre nueva Geodatabase	138
Figura 9. Pantalla creación Geodatabase.....	138
Figura 10. Pantalla salvar conexión Geodatabase.....	139
Figura 11. Pantalla conexión nueva Geodatabase	139

Figura 12. Pantalla búsqueda cadena de conexión	140
Figura 13. Pantalla selección Sistema de Referencia Espacial	140
Figura 14. Pantalla conexión exitosa	141
Figura 15. Pantalla selección componente a agregar	141
Figura 16. Pantalla agregar componente de datos	142
Figura 17. Pantalla confirmación agregación de componentes	142
Figura 18: Pantalla componentes adicionados	143
Figura 19. Pantalla llenado tablas principales.....	143
Figura 20. Pantalla selección de registros	144
Figura 21. Pantalla adición de registros nuevos	144
Figura 22. Pantalla consulta de registros pre-seleccionados.....	145
Figura 23. Pantalla confirmación adición de componente.....	145
Figura 24. Pantalla Confirmación creación del modelo de datos	146
Figura 25. Pantalla conexión Geodatabase	146
Figura 26. Pantalla componentes creados desde HydroSystem.....	147
Figura 27. Pantalla versionar y registrar componentes.....	147
Figura 28. Pantalla confirmar versionado de registros.....	148
Figura 29. Pantalla agregar componentes en ArcMap.....	148
Figura 30. Pantalla ingresar datos al componente.....	149

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1: Presupuesto global del trabajo de grado.....	23
Tabla 2: Cronograma de Actividades.....	24
Tabla 3. Características de algunas variables del ciclo hidrológico	26
Tabla 4. Modelos de bases de datos	29
Tabla 5. Tipos de datos Especiales	31
Tabla 6: Sistemas de Referencia Espacial	34
Tabla 7. Gestores de Base de Datos	35
Tabla 9. Formato de descripción del diccionario de datos	40
Tabla 10. Formato de pruebas de la aplicación	42
Tabla 11. Simbología diagrama de actividades	43
Tabla 12: Categorías de información y componentes de datos de la aplicación ...	45
Tabla 13. Descripción general de los requisitos funcionales	46
Tabla 14. Descripción del caso de uso 001	47
Tabla 15. Descripción del caso de uso 002	49
Tabla 16. Simbología diagrama de secuencia	53
Tabla 17. Componentes que requieren otras tablas	55
Tabla 18. Descripción tablas que requieren de otras.....	56
Tabla 19. Descripción de la tabla FeatureDataset	67
Tabla 20. Descripción de la tabla Tabla	67
Tabla 21. Descripción de la tabla FormaCampo	67
Tabla 22. Descripción de la tabla Formato	68
Tabla 23. Descripción de la tabla Campo	68
Tabla 31. Descripción de la tabla Representacion.....	71
Tabla 32. Descripción de la tabla Llenado	71
Tabla 34. Descripción caso de prueba 001.....	73
Tabla 35. Descripción caso de prueba 002.....	74
Tabla 36. Descripción caso de prueba 003.....	74
Tabla 37. Descripción caso de prueba 004.....	75
Tabla 38. Descripción caso de prueba 005.....	76
Tabla 39. Descripción caso de prueba 006.....	76
Tabla 40. Descripción caso de prueba 007.....	77
Tabla 41. Descripción caso de prueba 008.....	78
Tabla 42. Descripción caso de prueba 009.....	78
Tabla 43. Descripción caso de prueba 010.....	79
Tabla 44. Descripción caso de prueba 011.....	80
Tabla 45. Descripción caso de prueba 012.....	80
Tabla 46. Descripción caso de prueba 013.....	81
Tabla 47. Descripción caso de prueba 014.....	82
Tabla 48. Notación de los elementos del modelo lógico	89
Tabla 49. Comparación de componentes en las categorías de Información	91

Tabla 50. Comparación de variables en la categoría Atmósfera	92
Tabla 51. Comparación de variables en la categoría Medio Superficial	93
Tabla 52. Comparación de variables en la categoría Medio Subterráneo	95
Tabla 53. Comparación de variables en la categoría Calidad y Origen del Agua ..	96
Tabla 54. Comparación de variables en la categoría Captura de Información	97
Tabla 55. Comparación de variables en la categoría Unidades Administrativas ...	98
Tabla 56. Descripción de la tabla Precipitación	99
Tabla 57. Descripción de la tabla TipoErrorPrec.....	100
Tabla 58. Descripción de la tabla TiempoMedicion.....	100
Tabla 59. Descripción de la tabla BrilloSolar	100
Tabla 60. Descripción de la tabla TipoErrorBrillo	101
Tabla 61. Descripción de la tabla TemperaturaAire	101
Tabla 62. Descripción de la tabla TipoErrorTemAire	102
Tabla 63. Descripción de la tabla Humedad	102
Tabla 64. Descripción de la tabla TipoErrorHumedad	102
Tabla 65. Descripción de la tabla Viento.....	103
Tabla 66. Descripción de la tabla TipoErrorViento.....	103
Tabla 67. Descripción de la tabla Evapotranspiración	103
Tabla 68. Descripción de la tabla MetodoMedicion.....	104
Tabla 69. Descripción de la tabla Radiación	104
Tabla 70. Descripción de la tabla TipoRadiacion	105
Tabla 71. Descripción de la tabla TipoErrorRadia.....	105
Tabla 72. Descripción de la tabla Caudal	106
Tabla 73. Descripción de la tabla TipoErrorCaudal.....	106
Tabla 74. Descripción de la tabla Suelo.....	107
Tabla 75. Descripción de la tabla TipoSuelo.....	107
Tabla 76. Descripción de la tabla TexturaSuelo.....	108
Tabla 77. Descripción de la tabla CoberturaTerrestre	108
Tabla 78. Descripción de la tabla Relieve	108
Tabla 79. Descripción de la tabla CurvaNivel	109
Tabla 80. Descripción de la tabla DEM.....	109
Tabla 81. Descripción de la tabla CuencaDrenaje	109
Tabla 82. Descripción de la tabla Drenaje	110
Tabla 83. Descripción de la tabla TipoDrenaje	110
Tabla 84. Descripción de la tabla D_Lineal.....	110
Tabla 85. Descripción de la tabla D_Ancho	111
Tabla 86. Descripción de la tabla CuerpoLentico.....	111
Tabla 87. Descripción de la tabla TipoLentico	111
Tabla 88. Descripción de la tabla Bifurcación	111
Tabla 89. Descripción de la tabla CuencaSuperficial.....	112
Tabla 90. Descripción de la tabla Acuífero.....	114
Tabla 91. Descripción de la tabla TipoAcuífero.....	115
Tabla 92. Descripción de la tabla CuencaSubterranea.....	115
Tabla 93. Descripción de la tabla Piezometria.....	115
Tabla 94. Descripción de la tabla EstacionPiezometriaca	116

Tabla 95. Descripción de la tabla TipoCaptacion.....	117
Tabla 96. Descripción de la tabla Geologia	117
Tabla 97. Descripción de la tabla Estación	117
Tabla 98. Descripción de la tabla TipoEstacion	118
Tabla 99. Descripción de la tabla HistoricoEstado.....	118
Tabla 100. Descripción de la tabla TipoEstado.....	119
Tabla 101. Descripción de la tabla Estadístico	119
Tabla 102. Descripción de la tabla Moda.....	120
Tabla 103. Descripción de la tabla Cantidad_diasLluvia.....	121
Tabla 104. Descripción de la tabla Hidrogeoquímica.....	121
Tabla 105. Descripción de la tabla Departamento	124
Tabla 106. Descripción de la tabla Municipio.....	124
Tabla 107. Descripción de la tabla Territorial.....	124
Tabla 108. Descripción de la tabla CAR	125

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. Base de datos base	88
ANEXO B. Manual de instalación	128
ANEXO C. Manual de Usuario.....	134
ANEXO D. Artículo del proyecto	150

GLOSARIO

CATEGORÍA DE INFORMACIÓN: Es una unidad que agrupa uno o más componentes de datos en la base de datos. Existen tres categorías principales: Medio físico, Unidades Administrativas y Unidades de Captura de Información. Los primeros corresponden con los elementos del ciclo hidrológico, los segundos a las unidades político administrativas que influyen o regulen la zona de estudio y los terceros corresponden con las estaciones o medios para la captura de la información.

COMPONENTE DE DATOS: Es una unidad perteneciente a una categoría de información que está compuesto por atributos, puede ser espacial o no espacial, debe tener como mínimo un atributo y un identificador del componente. Los componentes de datos se convierten en tablas en el modelo físico y sus atributos e identificadores en campos de la tabla. Ejemplos de componentes de datos son: suelos, coberturas vegetales, unidades acuíferas, geología, entre otros.

COORDENADA: Las Coordenadas son grupos de números que describen una posición a lo largo de una línea, en una superficie o en el espacio. La latitud y longitud o la declinación y ascensión recta, son sistemas de coordenadas en la superficie de una esfera: en el globo de la Tierra o en el globo de los cielos.

DATUM: Un datum es el punto de intersección entre un modelo de Geoide y un elipsoide de referencia. Todos los datum se basan en un elipsoide y por lo tanto están definidos por el diámetro y el factor de achatamiento del elipsoide y un par coordenado.

DOMINIO: Define valores válidos para atributos como rangos o juegos de valores. Los dominios pueden ser usados para validar cualquier atributo en una base de datos.

EPSG: Norma European Petroleum Survey Group que es un conjunto de normas desarrolladas para cartografía, sondeos y almacenamiento de datos geodésicos.

ESTANDAR: Es una publicación que recoge el trabajo en común de los comités de fabricantes, usuarios, organizaciones, departamentos de gobierno y consumidores y que contiene las especificaciones técnicas y mejores prácticas en la experiencia profesional con el objeto de ser utilizada como regulación, guía o definición para las necesidades demandadas por la sociedad y tecnología.

FEATURE CLASS: Es una estructura que permite almacenar una colección de formas (objetos espaciales) del mismo tipo geométrico y asociarle atributos no espaciales en una Geodatabase.

FEATURE DATASET: Es una colección de FeatureClasses con el mismo sistema de referencia espacial. Los FeatureClasses en un FeatureDataSet son organizados dentro de redes o topologías en una Geodatabase.

GEODATABASE: Es un repositorio de datos espaciales dentro de un sistema manejador de bases de datos. Puede contener datos vectoriales, datos raster, tablas y otros objetos espaciales. El término Geodatabase es la abreviatura de base de datos geográfica, una base de datos que contiene información geográfica.

IDEAM: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales perteneciente al ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.

IDENTIFICADOR DE REFERENCIA ESPACIAL (SRID): Es un código que identifica un sistema de referencia espacial.

ITRF: International Terrestrial Reference Frame. Marco Internacional de Referencia Terrestre.

ITRS: International Terrestrial Reference System. Sistema Internacional de Referencia Terrestre.

MODELO DE DATOS BASE: Modelo de datos en que se basa la aplicación construida en el proyecto HydroSystem, que se describe en este documento.

OGC: Open Geospatial Consortium, Organización encargada de la definición de estándares para aplicaciones de código abierto e interoperables dentro de los Sistemas de Información Geográfica y de la World Wide Web.

OGP: Comité Surveying and Positioning Committee de Oil and Gas Producers propietario de la norma EPSG.

RELATIONSHIP CLASS: Es una asociación entre dos objetos. Una relación permite trabajar con Features y relacionar filas en tablas, así como relaciones entre filas en una Geodatabase.

SISTEMA DE REFERENCIA: Es un conjunto de coordenadas o elementos del espacio que se requieren para determinar la posición de un punto o un lugar.

SUBTYPE: Es un juego de valores para los miembros de FeatureClass en una Geodatabase.

RESUMEN

Los profesionales en el área de la hidrología se enfocan en el estudio del comportamiento, movimiento y transformación del agua, esto demanda el uso de herramientas capaces de gestionar la información que se produce o que es base para la realización del proyecto.

Este documento propone una herramienta que permita a los hidrólogos crear de una forma ágil y amigable modelos de bases de datos necesarios para la gestión de información en sus proyectos de hidrología y da a conocer los aspectos que guiaron el desarrollo de la aplicación, así como los resultados obtenidos. En él se consigna la descripción de las actividades que se han desarrollado para la elaboración del proyecto de grado en las fases de planeación, diseño, desarrollo y pruebas de la aplicación.

La aplicación construida permite almacenar información del medio atmósfera, del medio superficial y del medio subterráneo. Así como divisiones político administrativas y estaciones de muestreo y monitoreo. Se espera que el sistema propuesto se convierta en una herramienta de apoyo a los hidrólogos e hidrogeólogos para la generación de bases de datos hidrológicas y para la organización de la información.

Palabras claves: Base de datos espacial, ciclo hidrológico, hidrología, sistema de información geográfica.

ABSTRACT

Professionals in hydrology focus on studying water behavior, movement and transformation in a given area; this requires using tools capable of managing the information produced or what is a base to make the project.

This paper proposes a tool that allows hydrologists to create in an agile and friendly way the database models needed for water information management in their hydrological projects and discloses aspects that guided the development of the application, as well as the results. In it, the description of activities that have been developed making the degree project in the application planning, design, development and test stages.

The tool that had been developed allows to storage information of the Atmosphere, Superficial and Subterranean Field, such as administrative and political division and sampling and monitoring stations. The proposed system is expected to become a support tool for hydrologists and hydro-geologist to generate hydrological databases and to keep organized the information.

.

Key words:

Spatial Database, Hydrological Cycle, Hydrology, Geographic Information System.

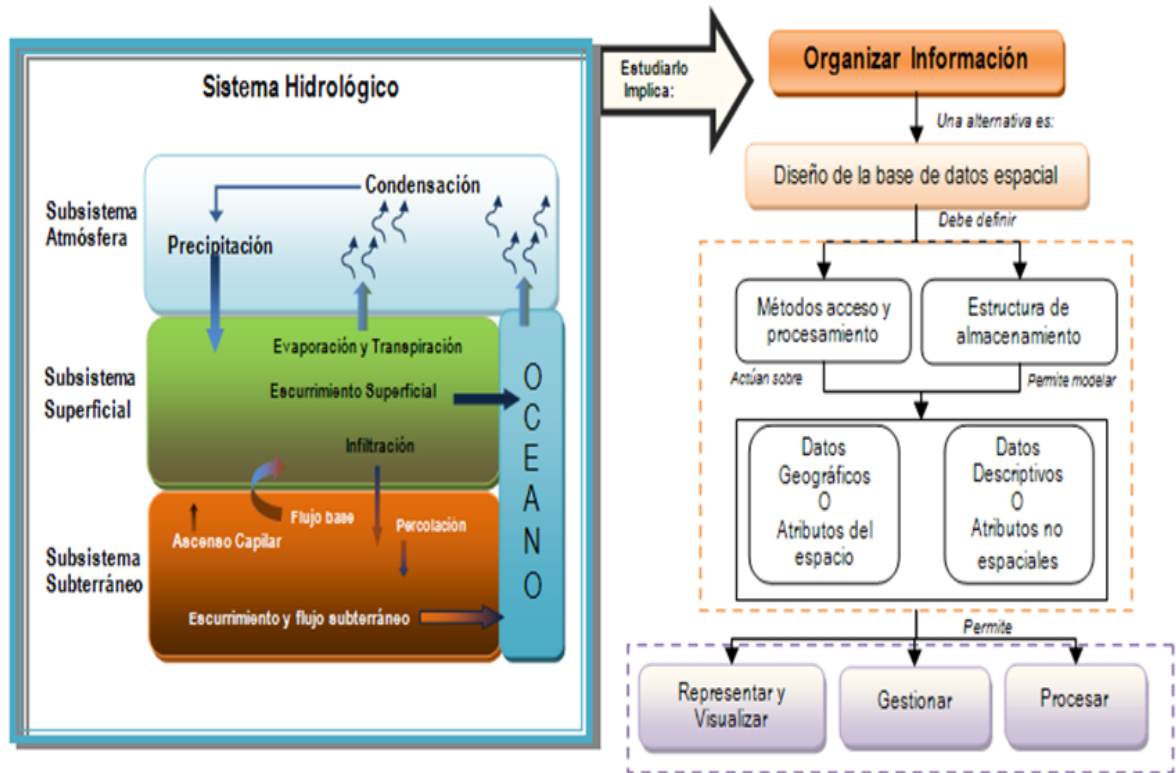
INTRODUCCIÓN

Una de las características principales de la gestión de información hidrológica es el gran volumen de datos que se procesan y la necesidad de almacenarlos de manera consistente y ordenada. El almacenamiento de la información en hojas de cálculo o archivos no estandarizados, hace que la información se des-actualice y sea más compleja la gestión de los datos.

La falta de herramientas que apoyen a los hidrólogos en el proceso de diseño de estructuras de almacenamiento de información, hace que se utilicen estructuras de archivos o sistemas de base de datos que almacenan la información pero no siempre conservan su integridad ni evitan su réplica innecesaria. Este panorama suscitó el interés por conocer las herramientas informáticas que en la actualidad permiten la gestión de información hidrológica. Con base en esto y en la idea de abordar conocimientos sobre las Bases de Datos Espaciales y los Sistemas de Información Geográfica, SIG, se propuso el desarrollo de una aplicación que permitiera a los hidrólogos diseñar sus propias estructuras de almacenamiento de información, mediante la creación de modelos de Geodatabases. Ésta herramienta está desarrollada en el lenguaje de programación Microsoft Visual C# 2010, utiliza una base de datos local implementada sobre el Sistema Gestor de Base de Datos, Microsoft SQL Server 2008 y requiere de la instalación previa del SIG ArcGIS Desktop 9.3 y del Framework para personal Geodatabases ArcSDE 9.3.

Para la realización de este proyecto se adquirieron conocimientos sobre el ciclo hidrológico, sus componentes básicos y sus propiedades; sobre las bases de datos espaciales; y sobre los sistemas de Información Geográfica. Con las relaciones establecidas entre estos conceptos y los antecedentes de este proyecto, se estructuró en un modelo de datos las características propias de algunos de los componentes del ciclo hidrológico, Figura 1.

Figura 1. Relación de los elementos del ciclo hidrológico y la organización de la información



En este documento se presenta la descripción de todo el proceso de desarrollo del proyecto: el estado del arte con los elementos relevantes de la investigación, la metodología implementada a lo largo de todo el proyecto, el levantamiento de los requerimientos y su análisis e interpretación con el cual se diseñó la aplicación, la fase de desarrollo, pruebas y ajustes, y finalmente las conclusiones del proyecto y anexos del mismo.

1. PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE GRADO

Para la realización de este proyecto es necesario describir el problema que se pretende resolver, así como justificar la importancia del mismo. Para ello se planteó una metodología dividida en tres etapas: la primera de conceptualización y revisión del ciclo hidrológico, la segunda de diseño de módulos operativos y por último la construcción del prototipo; donde se especificó un tiempo determinado, que permitiera el diseño de la estrategia a implementar, su desarrollo e implementación.

1.1 Planteamiento del problema

Los profesionales en el área de hidrología necesitan manipular y procesar grandes cantidades de información espacial, temporal y descriptiva de los fenómenos asociados al movimiento, almacenamiento y uso del agua, con el fin de realizar cálculos de demanda y oferta del recurso en una zona determinada. Las tareas de adecuación y organización de las variables involucradas en el estudio, consumen gran cantidad de tiempo y recursos dado que se debe, identificar, obtener, clasificar y verificar la calidad y la cantidad de los datos, así como el tipo y la forma adecuada de almacenarlos y consultarlos.

En buena parte de los estudios de sistemas hidrológicos, los datos se organizan en estructuras de archivos como hojas de cálculo o documentos de texto que dificultan y demoran aun más la revisión, depuración y actualización de los datos que describen la zona de estudio; o en bases de datos no estandarizadas o no documentadas, que aunque mejoran el proceso de almacenamiento, dificultan la consulta a medida que aumenta el volumen de información, debido entre otras cosas, a que, en algunas ocasiones, el proceso de diseño de estos sistemas carece de rigor. Actualmente existen varias herramientas que resuelven algunos de estos problemas (numeral 3.2). Sin embargo estas herramientas no permiten diseñar una estructura propia de base de datos por parte del usuario de acuerdo con sus necesidades.

Por ello al inicio de este proyecto surgió la pregunta: ¿De qué manera se puede mejorar la gestión de información en los estudios realizados en el área de hidrología? Responder a esta pregunta requirió, comprender el tipo de información asociada al estudio y la caracterización de sistemas hidrológicos; identificar los procesos de recolección, análisis y organización de las variables asociadas al sistema hidrológico; y finalmente proponer una herramienta de apoyo a la gestión de información.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar una herramienta computacional para el diseño de bases de datos hidrológicas.

1.2.2 Objetivos específicos

- Identificar los elementos involucrados en el ciclo hidrológico, así como los criterios de diseño e implementación de base de datos espaciales.
- Diseñar la estructura lógica y física de la aplicación.
- Diseñar los algoritmos necesarios para la generación de los modelos de datos.
- Desarrollar un prototipo de la aplicación que contenga la estructura y las reglas para la creación de modelos de datos hidrológicos según el diseño propuesto.

1.3 Justificación

El análisis de las variables, componentes y procesos del sistema hidrológico, permite generar resultados para comprender los fenómenos, tomar decisiones y obtener la oferta y demanda del agua en áreas determinadas, caracterizar el movimiento, origen, transformación y almacenamiento del agua, identificar los principales elementos del ciclo hidrológico que influyen en una región, entre otros. Éste análisis requiere la utilización de grandes cantidades de información temporal y espacial, su clasificación y la estimación de su calidad, por lo que se requieren métodos y herramientas para organizar los datos de forma que estos se procesen más ágilmente y se disminuya la complejidad de su gestión.

Dentro de las alternativas de solución a la problemática planteada, se propuso el desarrollo de una herramienta capaz de generar modelos de datos para gestionar información cartográfica y temática de carácter espacio – temporal asociada al recurso hídrico. La herramienta está provista de una interfaz gráfica que permite a los hidrólogos construir sus propios modelos de datos con base en las variables que componen el ciclo del agua y de manera que ellos se ocupen del modelo hidrológico más no de los aspectos técnicos involucrados en la construcción de un modelo de base de datos espacial. Las ventajas de esta herramienta están asociadas con: 1) La disminución del tiempo invertido en el análisis de las estructuras de datos para la organización de la información, debido a que el hidrólogo crea un modelo de datos a partir de una interfaz gráfica en la que se

visualizan los componentes de datos necesarios que pueden adecuarse a las necesidades específicas. 2) El mejoramiento de la gestión y la interpretación de los datos, porque permite acceder a información relacionada entre sí en función de la semántica de los datos y de su contexto en el ciclo hidrológico. 3) La documentación de la base de datos que se construya a partir de la aplicación, que permitirá reconocer la estructura de la información y disminuir el tiempo invertido en comprender la estructura de datos creada y el significado de los datos.

1.4 Diseño Metodológico

El proyecto se enmarca dentro del tipo de proyecto de desarrollo tecnológico con un enfoque cuantitativo debido a que en él se recogen y analizan datos descriptivos sobre variables, componentes y procesos del ciclo hidrológico para la adecuación y el modelamiento de los datos. En él se adaptó la metodología de diseño de modelos de datos hidrológicos propuesta por Gómez en el 2010¹, para construir una herramienta de software. En el proyecto se analizaron algunos de los procesos y componentes del ciclo hidrológico en relación con la información necesaria para describirlos. Inicialmente se propusieron tres etapas para el desarrollo de la aplicación: conceptualización y revisión bibliográfica, diseño de módulos operativos y construcción de prototipos. Estas etapas se describen ampliamente en el capítulo 4.

1.5 Presupuesto global del trabajo de grado

Tabla 1: Presupuesto global del trabajo de grado

RUBROS	FUENTES			TOTAL
	Estudiante	Institución - IUE	Externa	
Personal	\$ 3'350.000	\$ 1'600.000		\$ 4'950.000
Material Y suministro	\$ 120.000			\$ 120.000
Salidas de campo	\$ 60.000			\$ 60.000
Bibliografía	\$ 500.000			\$ 500.000
Equipos	\$1'200.000			\$ 1'200.000
Otros				\$0
TOTAL	\$ 5'230.000	\$ 1.600.000		\$ 6'830.000

¹ Gómez A.M. Propuesta Metodológica para el diseño de base de datos espaciales en hidrológicas. 2010

1.6 Cronograma de Actividades

Tabla 2: Cronograma de Actividades

Id	Cronograma de Actividades HIDROSYS	mayo	junio	julio	agosto	septiembre	octubre	noviembre	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio
1	ET1: CONCEPTUALIZACIÓN Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA		[Barra azul sólida]												
2	Conceptualización del Ciclo Hidrológico		[Barra azul sólida]												
3	Revisión bibliográfica sobre bases de datos espaciales y sistemas de información geográfica		[Barra azul sólida]												
4	Actualización de antecedentes en torno a modelos de datos		[Barra azul sólida]												
5	Realización de Entrevistas con el experto para definir las variables del sistema hidrológico a considerar		[Barra azul sólida]												
6	Revisión de información hidrológica, hidrometeorológica, geológica y de suelos		[Barra azul sólida]												
7	Identificación de características de la información asociada al sistema hidrológico		[Barra azul sólida]												
8	Revisión en compañía del experto de las propiedades de los objetos geográficos, las alternativas de visualización de las variables del ciclo		[Barra azul sólida]												
9	ET2: DISEÑO DE MÓDULOS OPERATIVOS		[Barra azul sólida]												
10	Diseño de la interfaz de usuario necesaria para la construcción de la base de datos hidrológica		[Barra azul sólida]												
11	Diseño de todos los algoritmos y clases requeridas para seleccionar y adecuar las variables que pertenecerán al modelo de		[Barra azul sólida]												
12	Construcción del modelo de datos a partir de las variables seleccionadas en la actividad anterior		[Barra azul sólida]												
13	Elaboración de diagramas		[Barra azul sólida]												
14	ET3: CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO		[Barra azul sólida]												
15	Desarrollar los algoritmos para dar cumplimiento a los requerimientos del sistema		[Barra azul sólida]												
16	Construir y establecer los tipos de datos que serán almacenados en la base de datos		[Barra azul sólida]												
17	Construir y establecer los módulos operativos del sistema		[Barra azul sólida]												
18	Realizar entregas parciales de los módulos operativos		[Barra azul sólida]												
19	Corrección de errores de interpretación que se cometan al momento del levantamiento de los requerimientos o en la interpretación de los		[Barra azul sólida]												
20	ET4: DOCUMENTACIÓN		[Barra azul sólida]												

2. ASPECTOS GENERALES DEL CICLO HIDROLÓGICO

El agua permanece en constante movimiento en el planeta, se evapora hacia la atmósfera desde los océanos, ríos, lagos y a través de la transpiración de los seres vivos, allí se condensa y cae nuevamente a la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. Parte de esta agua fluye por corrientes superficiales, otra parte se infiltra en el suelo y escurre subsuperficialmente o percola a estratos más profundos por los que se mueve lentamente hacia los océanos a través de flujos subterráneos².

La hidrología estudia los componentes y los procesos del ciclo hidrológico. A partir de la comprensión de las relaciones existentes entre el flujo de agua y su almacenamiento en cada uno de los subsistemas o componentes, es posible estimar la disponibilidad y la demanda de agua. Según Zimmerman³, 1999, cerca del 96,5% del agua sobre la tierra se encuentra en los océanos y el 1.7% se encuentra en los hielos y glaciares, 1.7% en manantiales subterráneos, y 0.1% se encuentra en los sistemas de agua superficial y atmosférica.

La caracterización del sistema hidrológico se hace a través de la identificación de los componentes de almacenamiento y tránsito de agua, que se constituyen en subsistemas y de la descripción de los procesos de flujo. La cantidad de componentes y de flujos que se definan para un sistema particular, es función de la escala de análisis y de la información disponible. Las variables y procesos más significativos del ciclo hidrológico para un ambiente tropical y que fueron útiles para la descripción de los datos en este proyecto, se muestran en la tabla 3. Se aclara que se citan los instrumentos de medición convencionales.

Para la manipulación de la información que se genera a partir del estudio del ciclo hidrológico es conveniente tener herramientas que permitan la organización de los datos. Una forma adecuada de relacionar, almacenar, ordenar y consultar información es mediante la utilización de una base de datos.

² Pabón J.D Chaparro R. Colombia en Ambiente Global. UNA.2005. Pág. 22

³ Ziemmermann E. Ciclo Hidrológico en la Naturaleza. Balance hidrológico.1999. Pág. 1-2

Tabla 3. Características de algunas variables del ciclo hidrológico

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	MAGNITUD O UNIDADES
PRECIPITACIÓN	Agua que cae sobre la superficie de la Tierra. Las diferentes formas de precipitación incluyen llovizna, lluvia, nieve, granizo, agua nieve, y lluvia congelada.	Se mide por medio de un pluviómetro o un pluviógrafo. Se calcula midiendo el agua que cae sobre un metro cuadrado de superficie durante 24 horas.	[L]/[T] mm o in por unidad de tiempo.
EVAPORACIÓN	Proceso por el cual se transfiere agua desde una superficie a la atmósfera. Es cuando el agua pasa de la fase líquida a la gaseosa. Los índices de evaporación del agua dependen de varios factores tales como la radiación solar, la temperatura, la humedad y el viento. La mayor cantidad de agua evaporada se produce en los océanos, debido al área superficial.	Se emplea el tanque de evaporación. La medición consiste en agregar diariamente agua al tanque para reponer el agua que se pierde por evaporación, la cantidad de agua agregada es equivalente a la evaporación del día.	[L]/[T] mm o in por unidad de tiempo.
CAUDAL (ESCORRENTÍA SUPERFICIAL DIRECTA)	Corresponde al volumen de agua que pasa instantáneamente por la sección de aforos ⁴ de una corriente superficial.	Se puede usar un correntómetro para determinar el flujo en una determinada sección de aforo. El caudal en una corriente es función del área de la sección de aforos (A) y de la velocidad media del flujo (V) y se obtiene mediante el producto de estas dos variables: $Q= V*A$.	[L ³ /T], [V]/[T] (m ³ /s) o (l/s)

⁴ "Aforo es el procedimiento de medir un caudal, mediante el cual se puede determinar la cantidad de agua que está circulando en un punto determinado de canales, riachuelos, quebradas, entre otros".

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	MAGNITUD O
TEMPERATURA	La temperatura expresa el grado de calor de un cuerpo o del ambiente. Está relacionada con la energía interna de un cuerpo, que es liberada debido a la velocidad con que se mueven los átomos o moléculas.	La temperatura se mide con termómetros, los cuales pueden ser calibrados de acuerdo con una multitud de escalas que dan lugar a unidades de medición de la temperatura.	Celsius, Kelvin y Fahrenheit
BRILLO SOLAR	Representa el tiempo total durante el cual incide luz solar directa sobre alguna localidad entre el alba y el atardecer. El conocimiento adecuado del régimen de brillo solar permite, estimar características cuantitativas de la nubosidad y de la radiación solar de forma que se pueda tener una idea sobre la disponibilidad de luz del sol para el aprovechamiento de la energía.	El Heliofanógrafo es el instrumento que permite medir la duración del brillo solar, es una esfera de cristal que concentra los rayos solares y quema una faja subdividida en intervalos de tiempo, a medida que la inclinación del sol va variando, va quemando la faja, al disminuir la intensidad del brillo solar, ya sea por nubosidad u otras razones, la faja deja de quemarse.	[T] Horas
HUMEDAD RELATIVA	Es la cantidad de vapor de agua presente en el aire, definida como el porcentaje de vapor de agua presente en un m ³ de aire y a una temperatura dada.	El higrómetro es el instrumento utilizado para medir la humedad relativa y también la temperatura del aire. La escala de humedad relativa va de 0 a 100% (0 indica aire seco absoluto y 100 aire completamente saturado).	%
NIVEL PIEZOMÉTRICO	Nivel límite superior que alcanza la zona saturada (acuífero) de agua en el subsuelo. El nivel superior del acuífero cuya presión es equivalente a la presión atmosférica se conoce como nivel freático.	Se mide utilizando un tubo que penetra el agua subterránea dejando una abertura al fondo del tubo. El nivel del agua en el piezómetro puede estar al nivel freático, por encima de este nivel, o por debajo.	kg/m ³
HUMEDAD DEL SUELO	El contenido de humedad de un suelo es la	Se toma una porción del terreno y se pesa, y se seca a una temperatura de 100°C,	

VARIABLE	DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN	MAGNITUD O
	relación entre el peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.	pasadas 12 horas se pesa nuevamente y la diferencia del peso final con respecto al inicial será el factor de humedad contenido en el terreno.	ml/m ²

3. BASE DE DATOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

Un sistema administrador de base de datos, DBMS, es un producto de software que proporciona soporte al almacenamiento de la base de datos. Este pone en marcha las estructuras para mantener relaciones y restricciones y ofrece servicios de almacenamiento y recuperación a usuarios, más otras funciones como, el acceso simultáneo, la seguridad, el respaldo y la recuperación de datos⁵. Un sistema gestor de base de datos se compone de un lenguaje de definición de datos, un lenguaje de manipulación de datos y un lenguaje de consulta. En la Tabla 4, se presenta una síntesis de los modelos de bases de datos más conocidos.

Tabla 4. Modelos de bases de datos

MODELO	DESCRIPCIÓN	PROPUESTO POR
RED	El modelo consiste en una colección de registros, los cuales son un conjunto de campos (atributos), donde cada uno de ellos contiene solamente un único valor almacenado, el enlace es exclusivamente la asociación entre dos registros, siendo una relación estrictamente binaria ⁶ .	CODASYL 1960
JERÁRQUICO	Consiste en una colección de registros que se conectan entre sí por medio de enlaces. Cada registro es una colección de campos (atributos), que contienen un solo valor. Un enlace es una asociación o unión entre dos registros exclusivamente. Los datos se almacenan en la forma de registros, cada registro consta de un conjunto de campos, y un conjunto de registros con los mismos campos es llamado fichero ⁷ .	IBM 1966
RELACIONAL	Es un modelo donde todos los datos visibles al usuario están organizados estrictamente como tablas de valores, y en donde todas las operaciones de la base de datos operan sobre estas tablas. Estas bases de datos son una colección de relaciones normalizadas de diversos grados que varían con el tiempo ⁸ .	Edgar Frank Codd 1970
	El modelo orientado a objetos se basa en encapsular código y	

⁵ Johnson, James.L. Base de Datos. Modelos, Lenguajes, Diseño. 2000.

⁶ CODASYL. Database Task Group Report, April 1971

⁷ R.Long, M.Harrington, R.Hain. IBM. IMS Primer,chapter 11. 2000

⁸ E.Codd. A Relational Model of Data for Large Shared Databank. 1970.

ORIENTADO A OBJETOS	<p>datos en una única unidad, llamada objeto. Los valores de un dato en un objeto también son objetos, es posible representar su contenido, dando como resultado un objeto compuesto.</p> <p>Un objeto tiene asociado: Un conjunto de variables que contienen los datos del objeto. El valor de cada variable es un objeto. Un conjunto de mensajes a los que el objeto responde y que son implementados mediante métodos⁹.</p>	<p>Won Kim en el Microelectronics and Computer Technology Corporation 1988</p>
OBJETO-RELACIONAL	<p>Este modelo está diseñado para representar los datos como una serie de tablas con columnas y atributos, incorpora tecnologías orientadas a objetos y los principios de normalización del modelo relacional, permite construir tipos de objetos complejos, entendidos como:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Capacidad para definir objetos dentro de objetos. - Capacidad para encapsular o asociar métodos con dichos objetos¹⁰. 	<p>Michael Stonebraker 1990</p>

Los cinco modelos mencionados permiten el manejo y almacenamiento de tipos de datos. La utilización de estos depende de las necesidades y la representación o abstracción del mundo real que se pretenda; ahora bien para el manejo de información hidrológica por medio de un SIG es necesaria la utilización de bases de datos que admitan información geográfica.

3.1 Base de Datos Espaciales

Una base de datos espacial se define como una estructura capaz de describir, almacenar y consultar, la semántica y las propiedades espaciales de un fenómeno o elemento del mundo real. Los sistemas de base de datos espaciales deben por tanto; soportar tipos de datos espaciales en su implementación; proveer algún mecanismo de indexación espacial así como algoritmos eficientes para la unión entre los datos y sus índices¹¹.

Para desarrollar e implementar una base de datos espacial, se requiere al igual que en cualquier tipo de base de datos de: 1) un diseño conceptual, que provee un nivel de abstracción en el que se identifican y describen las entidades básicas del mundo real que serán modeladas, se parte de las coordenadas a almacenar, del tipo de datos y de la proyección a utilizar; 2) un diseño lógico, que es donde se asocia la representación conceptual y se describe de forma detallada cada una de las entidades, el diseño de las tablas, con sus atributos, identificadores, relaciones y tipos de datos; y 3) el diseño físico que corresponde a la implementación de la

⁹ W.Kim. Microelectronics and Computer Technology Corporation. Integrating and Object Programming System with Database System. 1988.

¹⁰ M. Stonebraker. Object-Relational DBMS- The Next Wave.1990. [on line]

¹¹ Güting R. H. An Introduction to Spatial Database Systems.1994. The International Journal on Very Large Data Bases.

base de datos espacial en un sistema manejador de base de datos específico lo que implica definir, el sistema de consultas, las restricciones adicionales sobre los datos y las adecuaciones necesarias para que el modelo lógico se adapte al diseño físico¹².



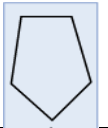
3.1.1 Tipos de datos espaciales

Existen dos tipos de datos espaciales que se clasifican según su forma de representación: el tipo Raster y el tipo Vectorial. El primero representa la información en una matriz y es útil para representar fenómenos que tienen un comportamiento continuo, el segundo se representa en tres tipos de geometrías básicas: punto, línea y polígono.




Hasta el momento, los motores de bases de datos espaciales definen en su estructura tipos de datos y procedimientos para relacionar datos vectoriales. Aquí se hace una descripción de los tipos de datos soportados por el motor de base de datos SQL Server 2008, que es el que se empleó en este proyecto. Los tipos de datos admitidos en SQL Server 2008 son Geometry y Geography. Estos soportan métodos y propiedades que permiten la creación, ubicación, representación espacial, comparación, análisis y recuperación de datos espaciales.

El tipo de dato Geometry permite representar objetos en un espacio euclidiano y mediante figuras geométricas (punto, línea, polígono), mientras que un dato Geography provee una estructura de almacenamiento de datos espaciales elipsoidales, es decir está definida por coordenadas de latitud y longitud. (Tabla 5).

Tabla 5. Tipos de datos Especiales

TIPO DE DATO	CLASE	DESCRIPCIÓN	REPRESENTACIÓN
GEOMETRY	POINT	Es un objeto no dimensional que representa una ubicación única y contiene valores Z (elevación) y M (medida).	
GEOMETRY	LINE	Sucesión continua de puntos.	
GEOMETRY	POLYGON	Superficie bidimensional almacenada como una secuencia de puntos que definen un anillo delimitador exterior y cero o más anillos interiores.	

¹² Gómez A.M. Propuesta metodológica para el diseño de bases de datos espaciales en hidrología 2010.

GEOGRAPHY	MULTIPOINT	Recopilación de cero o más puntos	
GEOGRAPHY	MUTILINESTRING	Es una recopilación de cero o más instancias Geometry o Geography de LineString.	
GEOGRAPHY	MULTIPOLYGON	Recopilación de cero o más instancias de Polygon.	

Para la manipulación de datos espaciales se hace necesario un mecanismo de indexación, que es provisto por los motores de bases de datos que soportan información espacial¹³.

3.1.2 Índices Espaciales

El índice de una base de datos es una estructura de datos que mejora la velocidad de las operaciones, permitiendo un rápido acceso a los registros de una tabla y optimizando tiempo de respuesta y recursos en la realización de consultas. Los métodos de indexación espacial organizan el espacio y los objetos de alguna manera para que sólo una parte del espacio y un subconjunto de los objetos sean considerados para responder a una consulta. Hay dos maneras de proporcionar índices espaciales: 1) Estructuras de bases de datos espaciales son agregadas al sistema, ofreciendo atributos espaciales por ejemplo, un árbol B de atributo estándar y 2) los objetos espaciales se asignan en un espacio unidimensional, para que puedan ser almacenados dentro de un índice unidimensional estándar, como un árbol B.

Aparte de la selección espacial, la indexación espacial apoya también otras operaciones como la unión espacial, la constatación del objeto más cercano a un valor de la consulta, entre otras.

3.1.3 Consultas Espaciales

Existen varios tipos de consultas espaciales y la utilización de ellas depende de los resultados que se deseen obtener, los rangos y las cantidades, además de la compatibilidad con el gestor de base de datos. Las bases de datos espaciales no tienen un conjunto de operadores que sirvan como elementos básicos para la

¹³ OGC. OpenGis Simple Feature Specification for SQL. Documento 99-049. Revisión 1.1. 1999

evaluación de consultas debido a que manejan un volumen extremadamente grande de objetos complejos no ordenados en una dimensión. Es por esto que existen algoritmos complejos para evaluar predicados espaciales.

En SQL Server 2008, las consultas son realizadas generalmente en SSQL (Spatial SQL), utiliza las cláusulas Select, From y Where para las tres operaciones en el álgebra relacional (proyección algebraica, producto cartesiano y selección). El otro tipo de consultas, para los datos obtenidos mediante rasterización, es llamado PSQL (Pictorial SQL) donde cada objeto espacial se extiende mediante un atributo *loc* (localización) el cual es referenciado en la cláusula Select para una salida gráfica y una cláusula específica para tratar relaciones espaciales.

Al igual que una base de datos convencional las bases de datos espaciales soportan estructuras de indexación, en este caso indexación y tipos de consultas espaciales para acceder a los datos, también se hace necesario establecer relaciones entre las diferentes características y los objetos del mundo real. Una descripción más amplia sobre bases de datos espaciales, índices espaciales, relaciones espaciales y consultas espaciales puede encontrarse en Gutting^{14 15}.

3.1.4 Sistemas de Referencias Espacial

Los sistemas de referencia espacial son utilizados para ubicar los objetos geográficos en un mapa, es un sistema compuesto por un sistema de coordenadas y, en caso de que los datos se encuentren proyectados en un plano, un sistema de proyecciones que puede ser local, regional o global. Los sistemas de coordenadas geográficas se miden en unidades de latitud y longitud en un modelo esférico de la superficie de la tierra. Los sistemas de coordenadas proyectadas o planas usan una conversión matemática para transformar las coordenadas de latitud y longitud a un sistema lineal de dos dimensiones. Existen sistemas de referencia espacial, algunos de ellos son estándares de referenciación geográfica (Tabla 6).

Una descripción más detallada de los sistemas de referencia espacial y los que son estándares de ESRI se puede consultar la documentación del Instituto Geográfico Agustín Codazzi¹⁶ o la página web de ESRI¹⁷.

¹⁴ Güting R. H. An Introduction to Spatial Database Systems.1994 The International Journal on Very Large Data Bases.

¹⁵ Güting R.H., Schneider M., Realm-Based Spatial Data Types: The ROSE Algebra.

¹⁶ Instituto Geográfico Agustín Codazzi.2004. Aspectos prácticos Marco Geocéntrico Nacional MAGNA-SIRGAS. [En línea.]

¹⁷ ESRI. The GIS Software Leader. 2010. [En línea.]

Tabla 6: Sistemas de Referencia Espacial¹⁸

SISTEMA DE REFERENCIA ESPACIAL	SIGLA	CARACTERISTICAS
World Geodesic System 1984	WGS84	Sistema de coordenadas cartográficas mundial que permite localizar cualquier punto de la Tierra. En este se basa el Sistema de Posicionamiento Global (GPS).
Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS Colombia	MAGNA-SIRGAS	Sistema de Referencia geodésico para Colombia, conformado por 70 estaciones GPS de cubrimiento nacional.
Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas.	SIRGAS	Sistema de Referencia Geocéntrico para las Américas basado en el Sistema Internacional de Referencia Terrestre ITRS y en Marco Internacional de Referencia Terrestre ITRF.
Geodetic Reference System 1980	GRS80	Sistema de referencia geodésico adoptado por la asociación internacional de geodesia en 1979.

3.1.5 Gestores de base de datos

En la actualidad existe una gama amplia de motores de base de datos, algunos de ellos tienen implementadas funciones y tipos espaciales. (Tabla 7). Los motores mencionados en la tabla incluyen la funcionalidad espacial a través de extensiones o módulos adicionales.

¹⁸ SPATIAL REFERENCE, Sistema de Referencia Espacial. 2010. [on line].

Tabla 7. Gestores de Base de Datos

MOTOR	AÑO	DESARROLLADOR	DESCRIPCIÓN
POSTGRE SQL	1986	Proyecto POSTGRES	Gestor Objeto – Relacional de bases de datos (ORDBMS). Integra la extensión PostGIS para dar soporte a los objetos geográficos de una base de datos objeto-relacional convirtiéndola en una base de datos espacial para su utilización en Sistema de Información Geográfica
ORACLE	1979	Oracle Corporation	Oracle es un motor relacional que a partir de la versión 11g se basa en el modelo Objeto – Relacional, e incorpora la extensión Spatial que soporta la funcionalidad espacial, respalda aplicaciones geoespaciales, servicios basados en localización y sistemas de información espacial.
MICROSOFT SQL SERVER	1989	Microsoft	Microsoft SQL Server es un motor de base de datos relacional que a partir la versión 2008 se basa en el modelo objeto-relacional e incorpora soporte para datos espaciales y manipulación de datos.

3.2 Sistemas De Información Geográfica

La información almacenada en las bases de datos espaciales es procesada por medio de herramientas como los SIG que se definen como “una tecnología integrada que une disciplinas con el objetivo de analizar crear, adquirir, almacenar, editar, transformar, visualizar y distribuir información geográfica¹⁹”.

Los SIG permiten el estudio de la distribución y el monitoreo de recursos, tanto naturales como humanos, así como la evaluación del impacto de las actividades del hombre sobre el medio ambiente. Cada conjunto de datos puede representar información topográfica, de suelos, de bosques, del clima, geológica, poblacional, etc. Ésta información se representa gráficamente mediante una arquitectura de capas. Así la información que puede proveer un SIG, depende de la información que poseen las bases de datos disponibles, la calidad de las base de datos y sus contenidos determinan la cantidad y calidad de los resultados obtenidos del SIG.

¹⁹ Goodchild M. New horizons for the social sciences: Geographic information system. 2000.

Se han construido herramientas computacionales con miras a la integración de los SIG con las bases de datos espaciales y al procesamiento y modelamiento de información en el campo de la hidrología. En los antecedentes consultados se encontró software que permite el procesamiento de datos, como ArcHydro²⁰, que admite la gestión de información sobre redes de drenaje natural y artificial y sobre sus interacciones; Hidrosig Java²¹, que es útil para la estimación del balance hídrico de largo plazo y de caudales extremos, posibilita la visualización de mapas en los formatos raster y vectorial, edición y conversión de un formato a otro y procesamiento y análisis de modelos digitales de terreno; Hydrologic Risk²² que permite determinar el riesgo hidrogeológico-hidráulico de una cuenca, proporciona un sistema de introducción de datos para importar una imagen raster, contiene un módulo de tratamiento estadístico, un módulo para la elaboración de datos pluviométricos y un módulo para el cálculo de caudales y coeficientes de escorrentía.

Por otro lado existen aplicaciones que almacenan y procesan información como el Sistema de información espacial para el almacenamiento de información hidrológica²³. Este proyecto contiene una aplicación para la gestión de información hidrológica en el SIG ArcGIS. Está compuesto de una base de datos espacial implementada sobre SQL Server 2005 y emplea ArcSDE para interpretar información geográfica, un módulo para importar y exportar información de la base de datos, un módulo para el cálculo de la variable evapotranspiración y un módulo para el tratamiento de estadísticos.

Por último se encontraron aplicaciones que permiten el modelamiento, procesamiento y almacenamiento información hidrológica como SPATSIM²⁴, que soporta una estructura de base de datos relacional, contiene un paquete de utilidades para visualizar, editar e importar datos, además provee varios modelos y procedimientos para el tratamiento de información como modelos de lluvia-escorrentía, interpolación espacial de registros observados de flujo, cálculo de propiedades morfológicas del drenaje, entre otros; GIS Hydro²⁵ es un software que trabaja sobre el SIG ArcView, Consta de una base de datos de capas con información hidrológica y tiene herramientas modeladoras que permiten personalizar el modelo. Algunas de sus características son: base de datos con información sobre el uso de la tierra y áreas de drenaje, así como cuencas y delineación de cauce y un módulo para el tratamiento de estadísticos Paralelamente el Sistema de modelación Hidrológica HEC-HMS²⁶, está diseñado

²⁰ GIS for water Resources.D.Maidment Arc Hydro.2004. [En línea]

²¹ HidroSIG.UNAL, Sistema de Información Geográfica de la Hidrología de Colombia.2003. [En línea]

²² GeoStru Software. Hydrologic Risk.2005. [En línea]

²³ Gómez A. M. Agudelo J. A. Diseño de una base de datos espacial para los componentes superficial y subterráneo de un sistema hidrológico.2009. Pág.2.

²⁴ RHODES University. SPATSIM, Apatial and Time Series Information Modelling Software. 2004. [En línea].

²⁵ Department of Civil and Environmental Engineering and the Maryland State GISHydro,. 2000. [En línea].

²⁶ Hydrologic & Hydraulics Software. HEC-HMS Hydrologic Modelling System. 2000. [En línea]

para simular procesos de escurrimiento, y precipitación de los sistemas de cuencas dendríticas. Este es capaz de construir modelos de cuencas a partir de la separación del ciclo hidrológico y de la delimitación de la cuenca objeto de estudio, y permite además representar mediante un modelo matemático las masas o flujos de energía del ciclo hidrológico.

Dentro de la bibliografía consultada no se encontraron herramientas modeladoras de bases de datos hidrológicas a partir de las necesidades específicas del hidrólogo.

4. METODOLOGÍA APLICADA PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO

En este capítulo se describe la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto, el análisis de los requerimientos y la especificación de requisitos, la adecuación y diseño de modelos de datos, el diseño de la base de datos de la aplicación, el diseño de los módulos, así como su implementación y las pruebas del sistema.

Previo al proceso de especificación de requisitos se adquirieron conocimientos relacionados con el ciclo hidrológico para comprender el contexto del problema y la solución, así como sobre las herramientas necesarias en el proyecto. Las actividades relacionadas con este proceso fueron: 1) Conceptualización del ciclo hidrológico 2) Conceptualización sobre bases de datos espaciales y 3) Documentación sobre integración de tecnologías. La búsqueda de información continuó durante todo el proyecto.

El modelo del ciclo de vida de desarrollo de software en que se basa el proyecto es en el modelo concurrente. Se utilizó este modelo debido a que permite realizar cambios, el diseño inicia a partir de una línea base de requerimientos, y estos se pueden modificar a medida que se avanza en el análisis y diseño. En algunos casos se empieza a codificar antes de finalizar esta etapa.

4.1 Especificación de requisitos

A partir del planteamiento del problema (numeral 1.1) y de los objetivos planteados en el proyecto (numeral 1.2), se especificaron los requisitos funcionales de la aplicación a través de:

a) Revisión de documentación existente: el trabajo realizado entre la Institución Universitaria de Envigado y la Universidad de Antioquia (IUE-UdeA) en el 2010, produjo una base de datos hidrológica que sirvió de base para este proyecto. Esta, junto el proyecto realizado por Gómez, 2001, fueron revisadas y en compañía de la ingeniera Angélica María Gómez se establecieron cuáles serían las necesidades que más demandaría un usuario al momento de diseñar un modelo de datos hidrológico a la medida. Se estudió simultáneamente la documentación del motor de base de datos Microsoft SQL Server 2008 y la forma cómo este maneja datos espaciales, con base en dicho estudio se establecieron algunas restricciones de los datos a representar.

b) Preparación de formatos para el análisis de datos: la base de datos del proyecto IUE-UdeA, se eligió como punto de partida para la definición del modelo de datos

base del proyecto. Sobre este modelo se debían hacer adecuaciones por lo que se contactó a un experto en hidrología que contribuyera a la selección de información base y se preparó un formato con la descripción de cada tabla del modelo de datos (Tabla 8). El formato contiene las categorías de información con cada uno de sus componentes de datos, y estos a su vez con cada uno de sus atributos. Se indica si el componente es espacial o no y se asigna un campo para las observaciones del hidrólogo.

c) Entrevista con expertos: con el experto en hidrología se realizaron entrevistas, tres reuniones con un experto externo donde se tuvieron como objetivos, 1) la descripción del modelo de datos inicial, 2) la explicación del formato de revisión de los componentes del modelo y 3) la revisión y socialización de las observaciones y cambios realizados por el experto. Este sugirió analizar las variables hidrometeorológicas que maneja el Instituto de hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) para completar el modelo. En el numeral 4.2 se indica cómo se llegó al modelo de datos base.

d) Elaboración de diagramas: se elaboraron diagramas de casos de uso y de actividades para aclarar los requisitos de la aplicación. Para identificar restricciones adicionales, dependencias y requisitos no funcionales se estudió paralelamente las características del motor Microsoft SQL Server2008 y el framework ArcSDE de AcrGIS Desktop 9.3.

Tabla 8. Formato de observaciones para el modelo base

Nombre de la categoría de información		Nombre del componente de datos	
CATEGORÍA			
<i>categoría de información 1</i>			
COMPONENTE 1 (ESPACIAL/NO ESPACIAL)	OBSERVACIÓN	COMPONENTE 3 (ESPACIAL/NO ESPACIAL)	OBSERVACIÓN
CAMPO1		CAMPO1	
CAMPO2		CAMPO2	
CAMPO3		CAMPO3	
CAMPO4		CAMPO4	

4.2 Formato para la adecuación del modelo de datos base.

Para la adecuación del modelo de datos base se realizó una reunión cada semana durante 2 meses con la asesora del proyecto donde este se mejoró y se ajustó. Los cambios considerados involucraron variables hidrometeorológicas e hidrogeoquímicas que mejoran la descripción de algunos componentes de datos, así como la modificación y eliminación de componentes de datos.

Como producto de esta actividad se obtuvo el modelo de base de datos base de la aplicación que se describe completamente en el Anexo A. Para la descripción de los componentes de datos del modelo se empleó el formato de la Tabla 9.

Tabla 8. Formato de descripción del diccionario de datos²⁷

Tabla: Nombre de la tabla				
Descripción: Descripción de la tabla				
Nombre	Tipo de campo	Restricciones del campo	Dominio del campo	Descripción de los datos que contiene el campo
Campo1				
Campo2				
Campo3				
Campo4				
Campo5				

Posterior al diseño del modelo de datos base, se hizo un análisis de las funciones que debía realizar la aplicación y se estableció la necesidad de diseñar una base de datos alterna para almacenar la estructura de la base de datos base y que fuera parte de la aplicación. Esta última se diseñó bajo un paradigma de modelado relacional, teniendo en cuenta además las restricciones asociadas con el concepto de Geodatabase para incluir los aspectos del modelo físico.

El modelo de datos se implementó en el gestor de base de datos Microsoft SQL Server 2008.

²⁷ Tomado de: Gómez A.M 2010. Anexo 1. "Propuesta metodológica para el diseño de base de datos espaciales en Hidrología"

4.3 Diseño de los módulos operativos y construcción del prototipo

Para la elaboración de los módulos operativos se diseñó inicialmente una interfaz gráfica que fue modificada cuando se ajustaron los requerimientos del sistema, se probaron las conexiones con la Geodatabase, la base de datos de la aplicación y con el sistema de información geográfico ArcGIS.

Posteriormente se inició con el modelado del sistema, donde se establecieron las reglas del para la creación del modelo de datos hidrológico y la conexión a la base de datos. Con base en dichas reglas se realizó el modelo de clases y el modelo de interacciones de la aplicación.

Finalmente para iniciar la construcción del prototipo se tomó como metodología de programación, parte de la metodología XP (Extreme Programming), concretamente la que involucra el desarrollo y que es entendida como una “metodología de programación ligera basada en la adaptabilidad de cualquier cambio como medio para aumentar las posibilidades de éxito en un proyecto”²⁸.

Conforme con sus fases de planificación, diseño, desarrollo y pruebas se realizó la aplicación y se establecieron cronogramas de trabajo donde se priorizaron las tareas más críticas del proyecto, se establecieron responsables, tiempos de entregas y pruebas. La metodología fue elegida desde el momento en que se levantaron los requisitos de la aplicación.

La funcionalidad de la aplicación fue programada en un lenguaje de programación orientado a objetos. Para cumplir con las condiciones de implementación se eligió el motor de base de datos Microsoft SQL Server 2008, el lenguaje de programación Visual Studio C# 2010 y el Sistema de información Geográfica ArcGIS 9.3 Desktop y su extensión ArcSDE 9.3. Estas herramientas son estables, compatibles entre sí.

4.4 Pruebas al prototipo

Luego de codificar la aplicación, se estableció un formato (Tabla 10) y unos escenarios para realizar pruebas funcionales y no funcionales al sistema. Los escenarios se dividieron en 9 escenarios generales y 5 especiales.

Los escenarios de pruebas fueron realizados inicialmente por el equipo de trabajo y luego un experto en hidrología realizó las recomendaciones y correcciones, éstas fueron documentadas en los formatos de pruebas.

²⁸ Beck, Kent. Programación Extrema, una aplicación de la programación extrema. 2002.

Tabla 9. Formato de pruebas de la aplicación

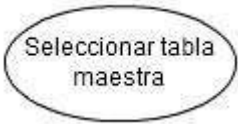


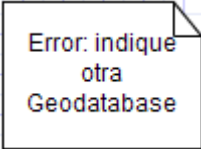
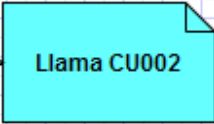

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	
FECHA (dd/mm/aaaa):	
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:			
ESCENARIO:			
OBJETIVO:			
RESULTADO ESPERADO:			
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:			
REALIZADO POR:			

5. REQUERIMIENTOS Y REQUISITOS DE LA APLICACIÓN

En este capítulo se definen los requerimientos del usuario obtenidos a partir de las entrevistas y los documentos existentes y se clasifican en requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Los requisitos se representan en un modelo de escenarios y de flujo de procesos (casos de uso y diagramas de actividades respectivamente). Las convenciones utilizadas en el diagrama de actividades se muestran en la Tabla 11.

Tabla 10. Simbología diagrama de actividades

Símbolo	Descripción
	Estado de acción.
	Transición.
	Nodo de decisión.
	Mensaje.
	Llama a otro diagrama de actividades.
	Inicio y Fin.

5.1 Requerimientos del usuario

El sistema debe permitir al usuario crear una base de datos hidrológica a partir de unas categorías de información y de los componentes de datos que integran cada categoría. El modelo deberá generarse con las variables que el usuario elija, con

las relaciones entre componentes y con las restricciones y dominios propios de los datos.

El usuario tendrá la posibilidad de elegir el sistema de referencia espacial con el que se creará la base de datos hidrológica, y deberá permitir al usuario llenar algunas tablas principales con los valores que el hidrólogo necesite.

Al finalizar el modelo de datos, éste debe quedar listo para que el hidrólogo ingrese toda la información requerida.

5.2 Requisitos del sistema

La herramienta de diseño para la generación de modelos de bases de datos hidrológicas HIDROSYSTEM, permitirá a los profesionales en hidrología diseñar un modelo de datos propio de acuerdo con necesidades específicas. La utilización de la herramienta será por medio de un equipo de cómputo donde esta estará instalada localmente, permitiendo al hidrólogo generar el diseño a partir de un modelo hidrológico base, este modelo se encontrará almacenado en una base de datos local. El sistema permitirá elegir entre cinco categorías de información, los componentes asociados a cada categoría y las estaciones de medición, por último elegir las variables que contendrá su modelo de base de datos.

El único usuario que tendrá el sistema será el Hidrólogo. Este podrá crear el modelo de datos y editarlo mientras lo construye. Luego de que el modelo de datos se encuentre almacenado en la Geodatabase no será posible su edición.

La aplicación permitirá crear la base de datos hidrológica a partir de un modelo de datos base, de modo que para el usuario sean transparentes los aspectos técnicos asociados con el diseño de bases de datos espaciales.

De acuerdo con los requerimientos del usuario expuestos en el subcapítulo anterior, se clasificaron en requisitos funcionales y no funcionales que debe tener la aplicación para dar cumplimiento a dichos requerimientos.

5.2.1 Requisitos funcionales

El sistema debe permitir al hidrólogo elegir las categorías de información y los componentes de datos necesarios para crear un modelo de datos. La aplicación muestra al usuario las variables que conforman el componente de datos y permite seleccionarlas, además para las variables tipo fecha debe dar la posibilidad de elegir entre varios formatos, y para los tipos decimal definir la precisión del decimal.

En la aplicación se deben incluir los componentes básicos del ciclo hidrológico del modelo de datos base para la construcción de cada modelo. Se aclara que por componentes básicos se entienden los elementos del medio físico que fueron definidos en el levantamiento de requerimientos a partir del modelo de datos base.
Tabla 12

Tabla 11: Categorías de información y componentes de datos de la aplicación

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	
ATMÓSFERA	Precipitacion Viento BrilloSolar Radiacion	TemperaturaAire Evapotranspiracion Humedad
MEDIO SUPERFICIAL	CuencaSuperficial Caudal Drenaje Suelo CoberturaTerrestre	Relieve CuerpoLentico Bifurcacion CuencaDrenaje
MEDIO SUBTERRANEO	Acuifero Geología CuencaSubterranea	Piezomeria EstacionPiezometrica
CAPTURA DE INFORMACION	Estadistico Estacion HistoricoEstado	Moda Cantidad-diasLluvia
UNIDADES ADMINISTRATIVAS	Municipio Departamento	CAR Territorial
CALIDAD Y ORIGEN DEL AGUA	Hidrogeoquimica	

El sistema consulta toda ésta información en una base de datos local, donde se encuentra almacenado el modelo base de la aplicación.

La herramienta realizará todas las restricciones correspondientes con la creación de una base de datos espacial:

- Restricciones de dominio
- Restricciones de chequeo
- Relaciones entre componentes
- Creación de tablas maestras
- Nulidad de campos

- Unicidad de campos
- Creación de llaves primarias
- Creación de llaves foráneas
- Cardinalidad de las relaciones

En la tabla 13 se desglosan los requisitos funcionales que debe tener la aplicación para cumplir satisfactoriamente con las necesidades del producto.

Tabla 12. Descripción general de los requisitos funcionales

REQUISITO FUNCIONAL	DESCRIPCIÓN	IMPLICA QUE:
RF001: CREAR MODELO DE DATOS HIDROLÓGICO.	El sistema deberá permitir al usuario crear un modelo de datos, eligiendo los componentes del ciclo hidrológico que necesite para hacer su propio modelo de datos de acuerdo con los componentes almacenados en la base de datos del sistema.	El usuario pueda elegir Categorías de Información.
		El usuario pueda elegir componentes de datos.
		El sistema pueda crear relaciones entre componentes.
		El sistema pueda crear Tablas Maestras.
		El sistema establezca restricciones y dominios.
		El sistema pueda consultar toda la información correspondiente al ciclo hidrológico en la base de datos del sistema donde se encuentra almacenado el modelo base de la aplicación.
RF002: GUARDAR MODELO HIDROLÓGICO EN UNA GEODATABASE.	El sistema deberá permitir almacenar el modelo de datos hidrológico en una Geodatabase previamente creada por el usuario a través de ArcCatalog.	El sistema pueda crear una conexión con una Geodatabase preexistente.
		El sistema pueda comprobar si la Geodatabase está vacía.
		El usuario pueda establecer el sistema de referencia espacial con el que se crearán los objetos de la Geodatabase.
RF003: EDITAR EL MODELO DE DATOS HIDROLÓGICO.	El sistema brindará las funcionalidades necesarias para que el usuario pueda editar los campos tipo FECHA y tipo DECIMAL, mientras va creando su modelo de datos.	El usuario pueda editar los campos tipo FECHA en los componentes de datos que la contengan.
		El usuario pueda definir la precisión para los campos tipo DECIMAL en los componentes de datos que lo contengan.
RF004: LLENAR TABLAS MAESTRAS	El sistema deberá permitir al usuario llenar las tablas que almacenan tipos: TexturaSuelo,	El usuario pueda seleccionar los registros a ingresar desde una lista existente.

TipoAcuifero, TipoSuelo, TipoLentico, TipoRadiacion con los registros que este necesite para su modelo de datos	Ingresar registros cuando no se encuentren en la lista existente.
---	---

Para facilitar la comprensión de cada uno de los componentes de la aplicación, se elaboró el diagrama de casos de uso (Figura 2), que se especifica en las Tablas 14 y 15, además se realizó un diagrama de actividades para cada caso de uso.

Figura 2. Diagrama de casos de uso

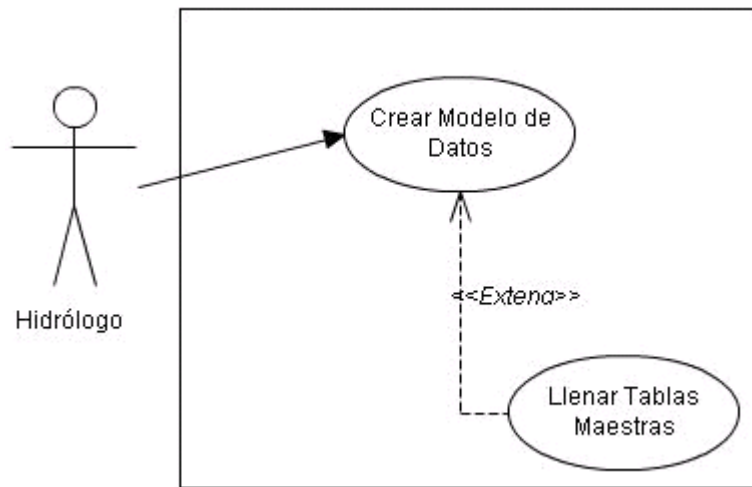


Tabla 13. Descripción del caso de uso 001

CU-001	CREAR MODELO DE DATOS	
Descripción	El sistema permite al usuario seleccionar las categorías, sub-categorías, componentes y variables que se requieran, y a partir de ellas generar el modelo de datos.	
Precondición	El usuario ha ingresado a la pantalla principal del programa y ha creado una Geodatabase y su conexión en ArcCatalog.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El usuario selecciona la cadena de conexión de la Geodatabase en la que va a crear el modelo.
	2	El usuario selecciona el sistema de referencia espacial a utilizar.

	3	El sistema se conecta al espacio de trabajo y busca la Geodatabase.		
	3a	Si el sistema no puede establecer la conexión con la Geodatabase, mostrará un mensaje de error al usuario indicando que se debe verificar la cadena de conexión.		
	4	El sistema se habilita para la selección de los componentes del modelo de datos.		
	5	El usuario selecciona el componente de datos necesario para almacenar información en el modelo.		
	5a	Si el usuario selecciona un componente que depende de una estación de medición y la estación no se ha creado, el sistema mostrará un mensaje indicando que se debe crear primero la estación de medición.		
	5b	Si el usuario selecciona un componente que depende de otro que aún no se ha creado, el sistema mostrará un mensaje indicando que se debe crear primero el otro componente..		
	6	El sistema muestra al usuario las variables que contiene el componente de datos.		
	7	El usuario selecciona las variables, el tipo de dato, el formato y agrega el componente.		
	7a	Si el usuario selecciona un campo que puede tener varios tipos de valores, el sistema crea automáticamente la tabla maestra correspondiente.		
		7ab	Si la tabla maestra es alguna de estas: (Texturasuelo, TipoAcuífero, TipoSuelo, TipoLentico, TipoRadiacion, TipoDrenaje), el sistema llama al caso de uso CU002.	
	8	El sistema crea el componente agregado con las variables que fueron seleccionadas en la Geodatabase.		
	9	El usuario repite los pasos del 5 al 7 hasta finalizar el modelo.		
	10	El caso de uso finaliza.		
Postcondición	El modelo de datos ha sido creado en la Geodatabase.			
Excepciones	Paso	Acción		
	3	Si el sistema no establece la conexión, se mostrará un mensaje indicando al usuario que la conexión no se pudo realizar y permitirá reintentar.		
	3	Si la Geodatabase que el usuario especificó no se encuentra vacía, el sistema mostrará un mensaje de error indicando que se debe especificar una Geodatabase diferente.		
	5	Si el usuario selecciona varias veces el mismo componente de datos el sistema solo lo adicionará una vez y mostrará un mensaje donde se indica que el componente ya está creado.		

Observaciones	Para el sistema será transparente si el usuario primero elige el sistema de referencia espacial y luego la cadena de conexión o viceversa.
----------------------	--

Tabla 14. Descripción del caso de uso 002

CU-002	LLENAR TABLAS MAESTRAS	
Descripción	Permite al usuario llenar las tablas principales Texturasuelo, TipoAcuifero, TipoSuelo, TipoLentico, TipoRadiacion, TipoDrenaje si necesita utilizarlas en su modelo de datos.	
Precondición	El usuario debe haber iniciado el caso de uso "Crear Modelo de datos" y haber seleccionado un campo que implique la creación de una de las tablas maestras que debe ser llenada por el usuario.	
Secuencia Normal	Paso	Acción
	1	El sistema muestra la tabla a llenar.
	2	El sistema muestra las opciones que podrán añadirse a la tabla.
	3	El usuario elige desde una lista de opciones los registros a ingresar en la tabla.
	3a	Si el usuario no encuentra en la lista la opción que necesita ingresar, podrá digitarla en un cuadro de texto.
	4	El usuario añade el nuevo registro.
	5	El sistema añade el registro.
	6	El usuario repite los pasos 3 y 4 para cada tipo.
	7	El sistema almacena la información.
	8	El sistema muestra un mensaje indicando que los registros se guardaron correctamente.
	9	El caso de uso finaliza.
Postcondición	La información queda almacenada en al menos una de las tablas que almacenan tipos.	

Excepciones	Paso	Acción
	3	Si el usuario selecciona varias veces el mismo el campo, el sistema solo lo adicionará una vez y mostrará un mensaje donde se indica que el campo ya está creado.
	3a	Si el usuario no digita nada en el cuadro de texto, el sistema permanecerá en espera hasta que se ingrese un registro.
	4	Si el usuario no ingresa caracteres en el cuadro de texto y oprime el botón "Agregar" el sistema mostrará un mensaje de error donde se indica que debe digitar un registro en el cuadro de texto.
Comentarios		

Los casos de uso descritos anteriormente fueron desglosados en actividades donde se muestran las posibles rutas del sistema y se ordenan lógicamente según su ejecución de inicio a fin. En las figuras 3 y 4 se muestran los diagramas de actividades de la aplicación donde se describen actividades y sus posibles rutas.

Figura 3. Diagrama de actividades caso de uso 001

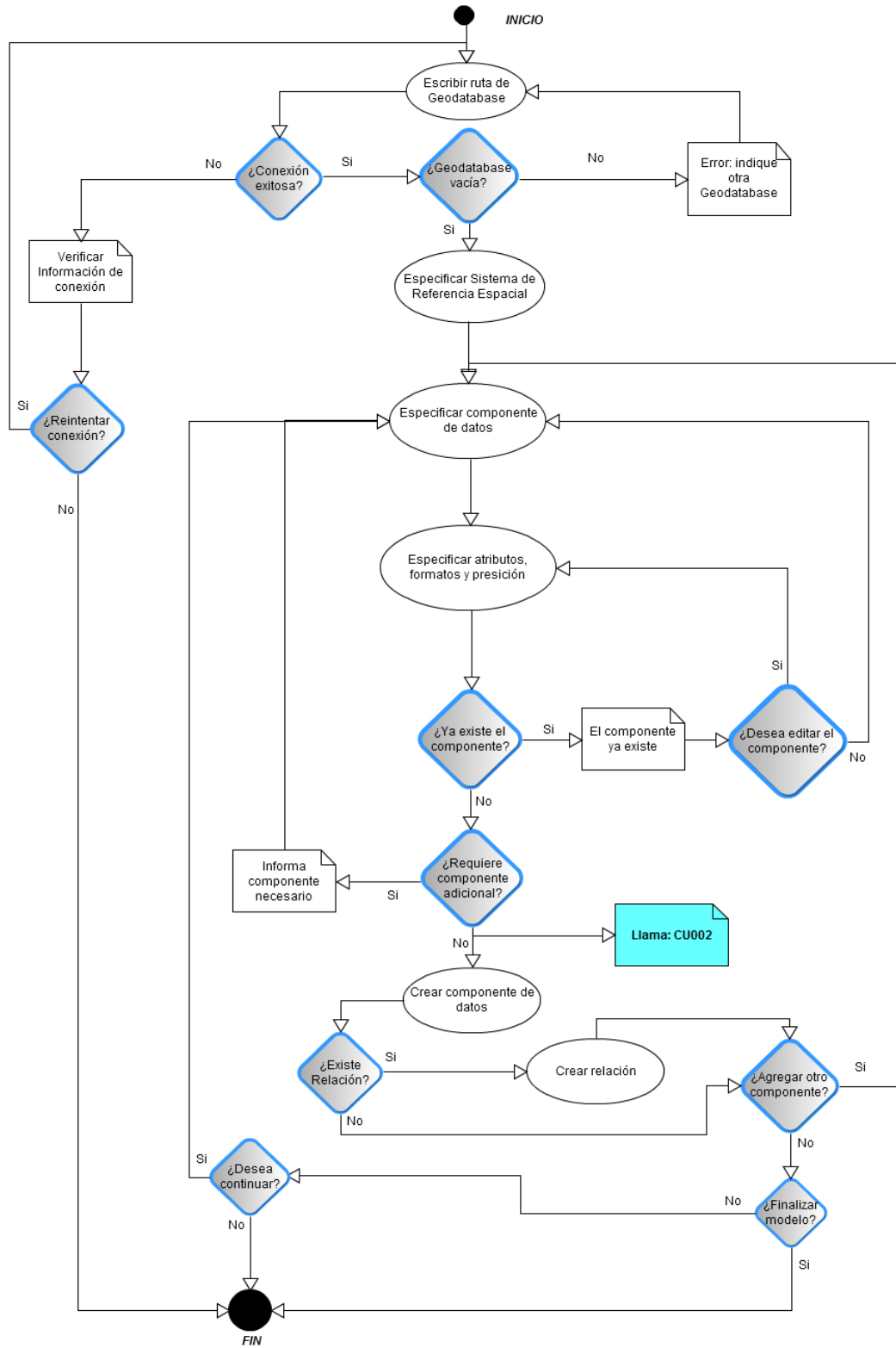
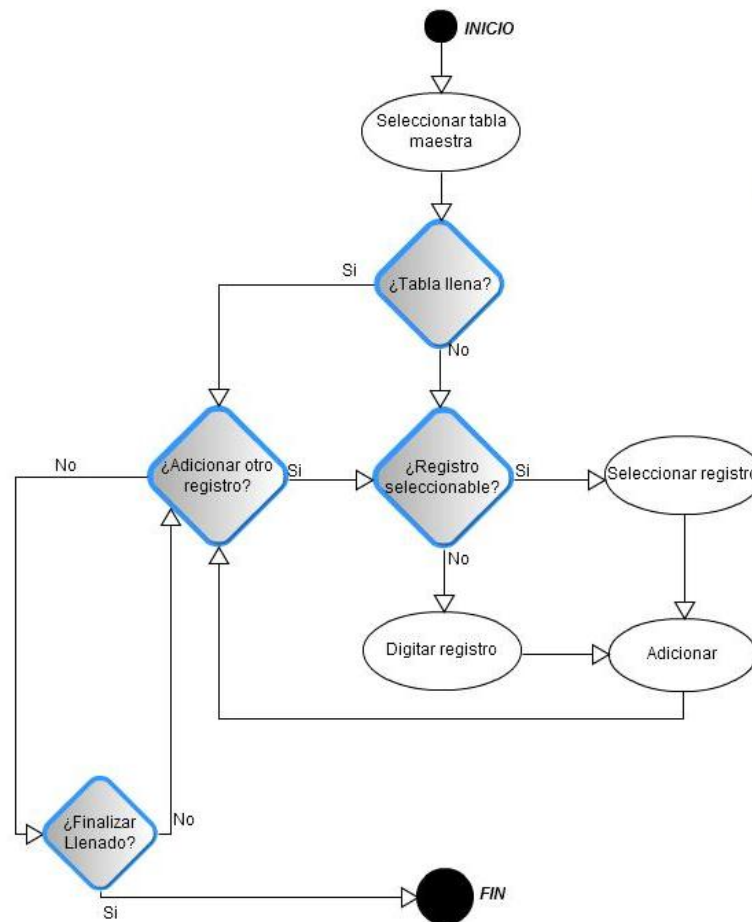


Figura 4. Diagrama de actividades caso de uso 002



5.2.2 Requisitos no funcionales


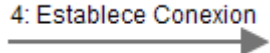

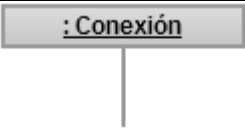

La aplicación además contará con las siguientes características no funcionales.

- La aplicación debe ser stand-alone.
- La aplicación requiere que esté instalado el Software ArcGIS 9.3 y la extensión ArcSDE de la misma versión.
- El sistema debe ser compatible con los sistemas operativos XP, Windows Vista y Windows siete.
- El idioma de la aplicación debe ser en español.
- Las funcionalidades deben estar agrupadas en barras de herramientas.
- Las barras de herramientas deben contener menús desplegables.
- La aplicación tendrá un manual de usuario donde se describe el funcionamiento del sistema.

6. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

Con base en los requerimientos y requisitos recopilados y documentados en el capítulo anterior, se propuso una arquitectura general de la aplicación y a partir de esta se diseñó una base de datos local, para almacenar la estructura de los datos; así como el modelo de clases y de interacción necesarios para codificar el sistema. La representación de los modelos se hizo a través de un diagrama de clases y de un diagrama de secuencias. Las convenciones utilizadas en el diagrama de secuencias se muestran en la Tabla 16 y están basadas en la versión UML 1.5.

Tabla 15. Simbología diagrama de secuencia

Símbolo	Descripción
	Usuario
	Mensaje
	Activación
	En el rectángulo aparece el objeto Línea de vida del objeto
	Iteración

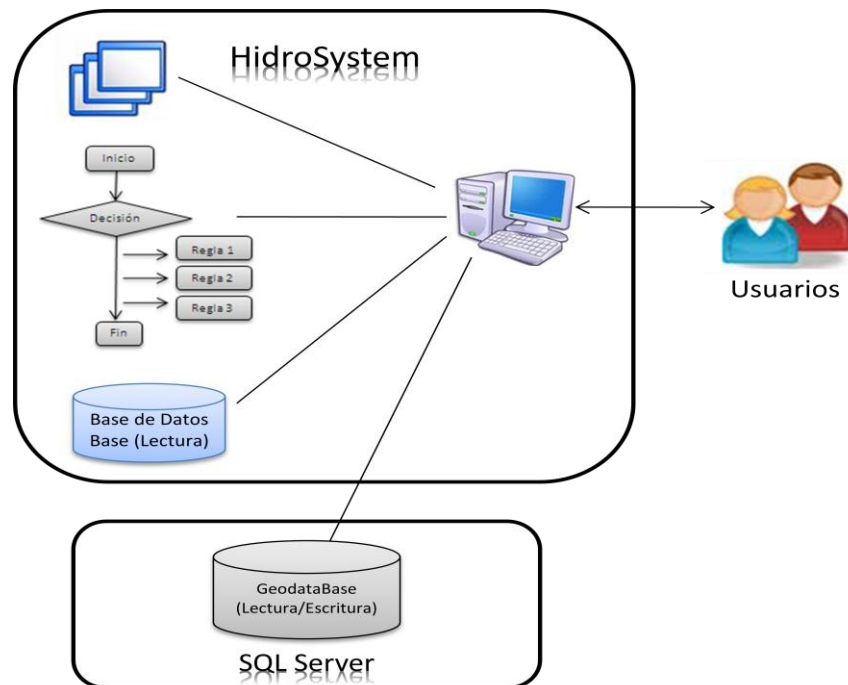
6.1 Arquitectura general de la aplicación

HidroSystem es una aplicación local, mono-usuario, requiere del uso de la herramienta ArcSDE 9.3 de ArcGIS Desktop 9.3 y del motor de base de datos SQL Server 2008, para crear la base de datos espacial (Geodatabase) en la cual se almacenará la base de datos hidrológica diseñada a través de la aplicación. Para mayor información sobre las características de una Geodatabase consulte la documentación existente en la página de ESRI²⁹.

²⁹ ESRI. Understanding Our World. Geodatabase, spatial data and information management. 2010. [En línea].

El usuario debe ingresar a HidroSystem y digitar la cadena de conexión que le permitirá conectarse a una Geodatabase, creada anteriormente por medio de ArcCatalog, HidroSystem valida la existencia de la Geodatabase y establece la cadena de conexión que permite acceder a la Geodatabase elegida. Cuando el usuario selecciona la información necesaria para construir su modelo de datos, el sistema realiza una conexión con la base de datos interna para mostrar la información, validarla y enviarla a la Geodatabase. Cuando el usuario finaliza el modelo de datos, la Geodatabase y la base de datos del sistema se cierran y el usuario sólo puede iniciar un nuevo modelo de datos en otra Geodatabase preexistente y vacía (Figura 5).

Figura 5. Arquitectura General del Sistema



El modelo de datos hidrológico se crea siguiendo las siguientes reglas de negocio:

- a) Tablas que requieren tablas maestras y subtypes

Si el usuario elige cualquiera de las tablas que se muestran a continuación, tiene que crearse su tabla maestra o los subtypes correspondientes. Tabla 17.

Las tablas pueden requerir tablas maestras o subtypes y estas se pueden crear obligatoriamente o no si dependen de un campo seleccionado en la tabla principal o, si por el contrario, se crea de forma automática. Un ejemplo de esto son las

tablas que miden errores, si el usuario selecciona un campo *error* se crea la tabla *TipoError* de esa tabla, pero si el usuario no decide medir los errores y no selecciona el campo, la tabla no se creará.

Tabla 16. Componentes que requieren otras tablas

Tabla	Tabla Requerida	Tipo Tabla		Se crea obligatoriamente	
		Tabla Maestra	Subtype	Si	No
Estacion	TipoEstacion		X	X	
HistoricoEstado	TipoEstado	X		X	
Acuifero	TipoAcuifero		X	X	
EstacionPiezometrica	TipoCapatacion	X		X	
Suelo	TipoSuelo		X	X	
	TexturaSuelo	X			X
Caudal	TipoErrorCaudal	X			X
	TiempoMedicion	X			X
CuerpoLentico	TipoLentico		X	X	
Viento	TipoErrorViento	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Precipitación	TipoErrorPrec	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Radiacion	TipoErrorradia	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
	TipoRaciacion	X		X	
TamperaturaAire	TipoErrorTemAire	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Evapotranspiración	MetodoMedicion	X		X	
	TiempoMedicion	X		X	
BrilloSolar	TiempoMedicion	X		X	
	TipoErrorBrillo	X			X
Humedad	TiempoMedicion	X		X	
	TipoErrorHumedad	X			X
Estadistico	Moda	X			X
Drenaje	TipoDrenaje				

La tabla drenaje es un caso especial debido a que puede heredar la tabla *D_Lineal* o *D_Ancho*. Si el usuario selecciona solo un campo de cualquiera de éstas tablas (campos contenidos inicialmente en *Drenaje*), la tabla Drenaje será un

FeatureClass y absorberá dichos campos, pero si el usuario elije más de un campo correspondiente a la tabla *D_Linea* o *D_Ancho*, Drenaje continuará siendo tabla y *D_Lineal* o *D_ancho* pasará a ser Subtype.

Casos similares son *Estacion*, pues si el usuario selecciona el campo *EstaciónPiezométrica* contenido en estación, se absorbe toda la tabla *EstacionPiezometrica* y sus campos quedan como campos de *Estacion*.

En *Relieve* si se selecciona el campo *DEM*, *Relieve* se convertirá en FeatureClass y conservará el campo *DEM* con tipo *Raster*, lo mismo pasará con solo un campo, perteneciente *CurvaLineal*; pero si el usuario elije los dos campos de *CurvaNivel: Geometia* y *Cota*, *Relieve* continuará siendo tabla y se creará *CuervaNivel* con sus dos campos y como subtype.

Tener en cuenta que de las anteriores tablas además de crearse la maestra se debe iniciar el caso de uso CU002 “llenar tablas maestras” para las siguientes:

- TipoSuelo
- TexturaSuelo
- TipoAcuifero
- TipoLentico
- TipoRadiación
- TipoDrenaje

b) Tablas que requieren de otra tabla para su creación

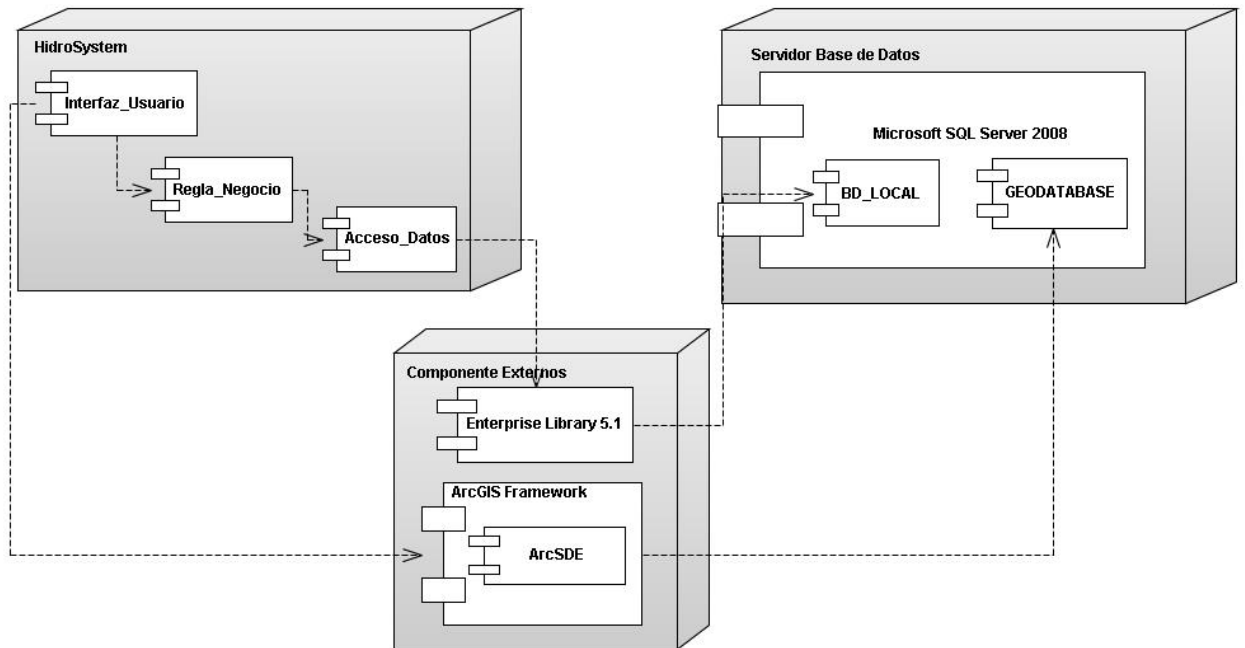
Tabla 17. Descripción tablas que requieren de otras

Tabla	Tabla Requerida
Hidrogeoquimica	Estacion
Precipitacion	
Viento	
Radiacion	
TemperaturaAire	
BrilloSolar	
Humedad	
Caudal	
CuencaSuperficial	
EstacionPiezometrica	
Bifurcacion	CuencaSuperficial
CAR	Territorial
EstacionPiezometrica	Piezometria

Otra regla presente para este modelo de datos es que si se crean dos tablas espaciales en las categorías de información: Medio Superficial, Medio Subterráneo o Unidades Administrativas, se creará un FeatureDataset con el nombre de la categoría de información. Finalmente se validan las posibles relaciones entre subsistemas y se crean.

Con base en la arquitectura general de la aplicación y las reglas de negocio definidas se elaboró el diagrama de componentes, en él se contempla la arquitectura de HidroSystem compuesta por tres capas (presentación, regla de negocio y acceso a datos) la aplicación necesita del componente externo Enterprise Library 5.1 para establecer conexión con la base de datos local del sistema alojada en el gestor de base de datos SQL Server 2008, además requiere del ArcGIS Framework ArcSDE 9.3 para conectarse con una Personal Geodatabase que se crea a través de ArcCatalog y se almacena en el mismo motor. En la Figura 6 se muestran los componentes que conforman la aplicación y la interacción entre ellos.

Figura 6. Diagrama de componentes de la aplicación



6.2 Modelado de clases y de interacciones

El modelo de clases propuesto está compuesto por tres paquetes que representan: 1) Regla de Negocio, 2) Acceso a datos, y 3) un paquete de entidades donde se describen los objetos que se mueven a través de todo el proyecto, en cada uno de los paquetes se agruparon las clases correspondientes a cada capa con sus métodos y se establecieron las relaciones entre ellos.

El diagrama de clases de la aplicación que se muestra en la Figura 12, se describe a continuación.

Capa de presentación: La interacción del usuario con el software es por medio de Windows Forms. La interfaz de usuario está compuesta por botones, cuadros de texto y una barra de herramientas (Figuras 7 y 8), los errores se muestran al usuario por medio de cuadros de mensajes, así como la confirmación de creación de objetos o conexiones. Figura 9. En la interfaz, el usuario selecciona el componente de datos a adicionar y agrega los atributos y los tipos de datos (Figura 10). Para el llenado de las tablas maestras y Subtypes se emplea la interfaz de la Figura 11.

Capa de Negocio: En ésta capa se encuentran las clases que modelan las reglas necesarias en la aplicación. Está compuesta por 5 clases, 3 de ellas Singleton: ComponenteRegla, RelacionRegla y subtypeRegla. La clase componenteRegla contiene los métodos que se encargan de crear, insertar, buscar y validar todos los componentes de información al momento de crear el modelo de datos hidrológico. La clase RelacionRegla busca las relaciones posibles entre los diferentes componentes de información y crea dichas relaciones. La clase SubtypeRegla controla la creación de los subtypes asociados a los FeatureClass.

A parte de las clases singleton se tiene una clase variableRegla para la creación, búsqueda e inserción de los campos que puede contener un componente de información. Finalmente la capa de negocio contiene la clase conexionRegla. Esta capa además contiene los objetos que se mueven a través de todo el proyecto y que permiten transportar datos entre la regla de negocio y del acceso a datos. Los objetos necesarios para el desarrollo de la aplicación son: Componente, Variable, Relación, Subtype y Conexión. Estos contienen todos los atributos y métodos necesarios para su construcción, y se relacionan entre sí. Las relaciones definidas son: 1) Los componentes contienen variables, 2) las variables pueden contener relaciones y 3) algunos componentes pueden tener asociados subtypes. Las Clases definidas en este paquete se relacionan directamente con las Clases de la capa de negocio que son las que realizan todas las operaciones posibles sobre los objetos de las Clases del paquete entidades. Los métodos de todos los objetos son públicos así como algunos de sus atributos.

donde se crea la conexión con la Geodatabase. En la capa de negocio todos los atributos son privados y tienen métodos públicos de acceso a los atributos.

Capa de acceso a datos: Para la implementación del proyecto se tiene acceso a los datos de la base de datos del sistema y a la Geodatabase por medio de esta capa, los datos residentes en la base de datos del sistema y en la Geodatabase están alojados en el motor SQL server 2008.

Esta capa está compuesta por 6 clases, con métodos públicos. La clase `conexionGDB` contiene la cadena de conexión de la Geodatabase donde se almacena el modelo de datos hidrológico creado por HidroSystem, y establece la conexión con la base de datos del sistema y con la Geodatabase. En el resto de las clases pertenecientes a este paquete (`componenteGDB`, `variableGDB`, `relacionGDB`, `subtypeGDB` y `categoriaGDB`) se manejan las sentencias propias de creación de los objetos del modelo de datos que será almacenado a la Geodatabase.

Figura 7. Interfaz principal de la aplicación

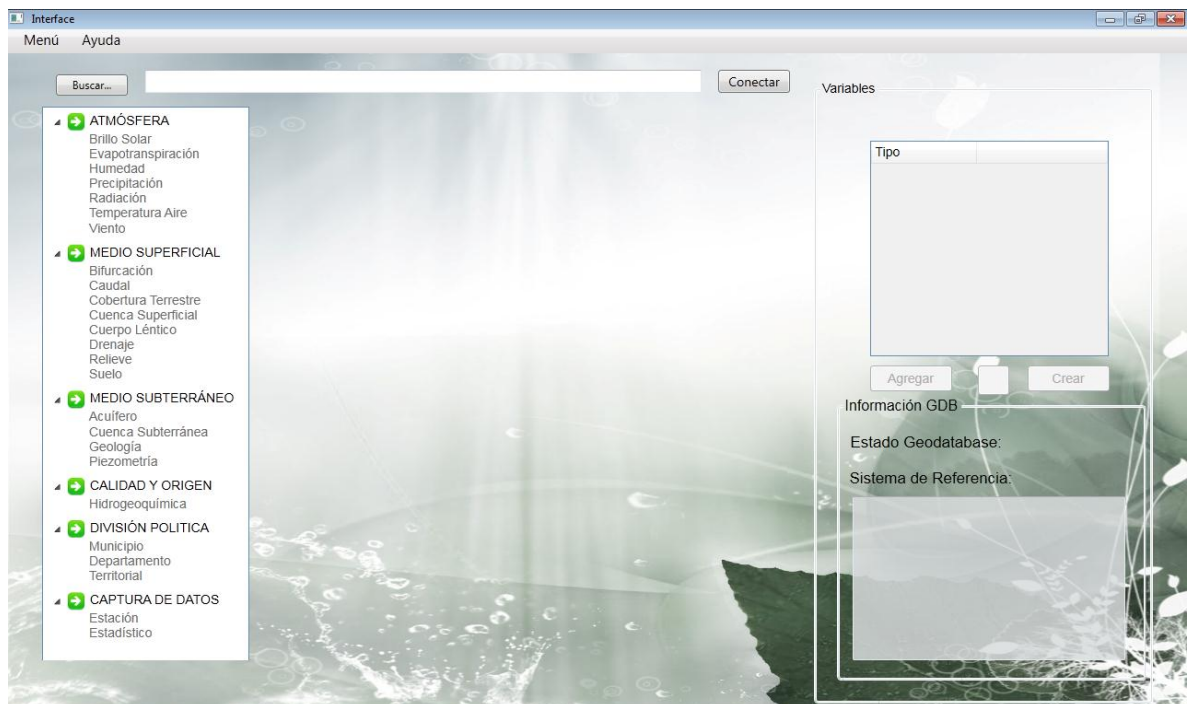


Figura 8. Interfaz sistemas de referencia espacial

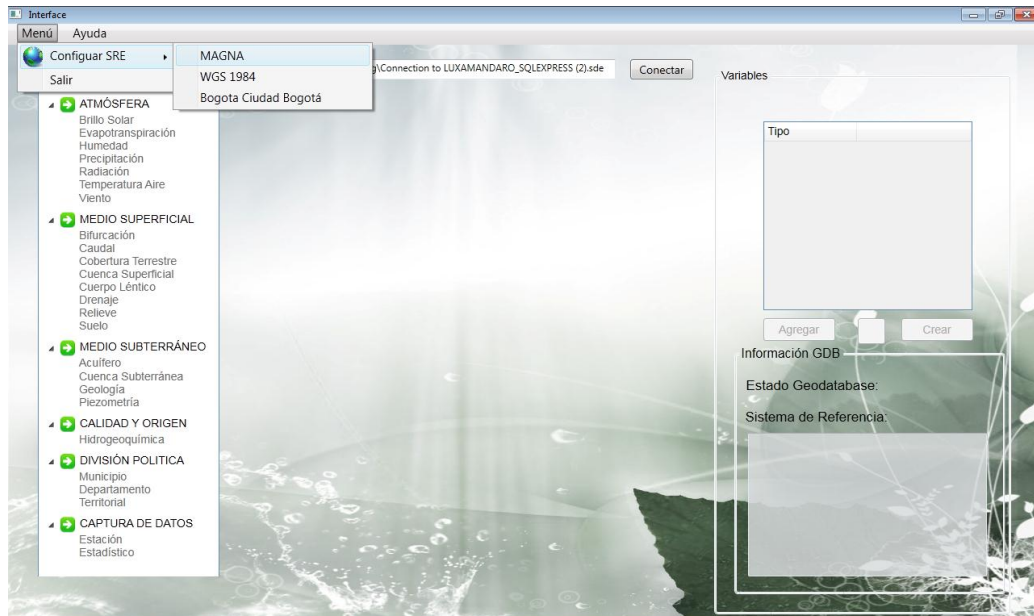
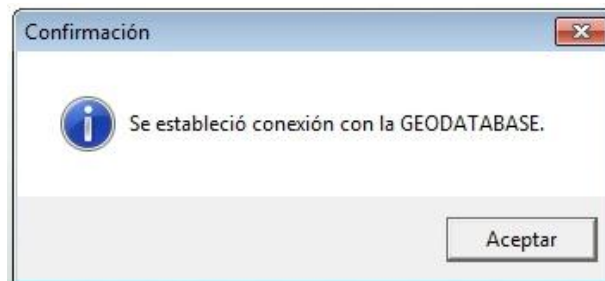


Figura 9. Pantalla mensaje de confirmación



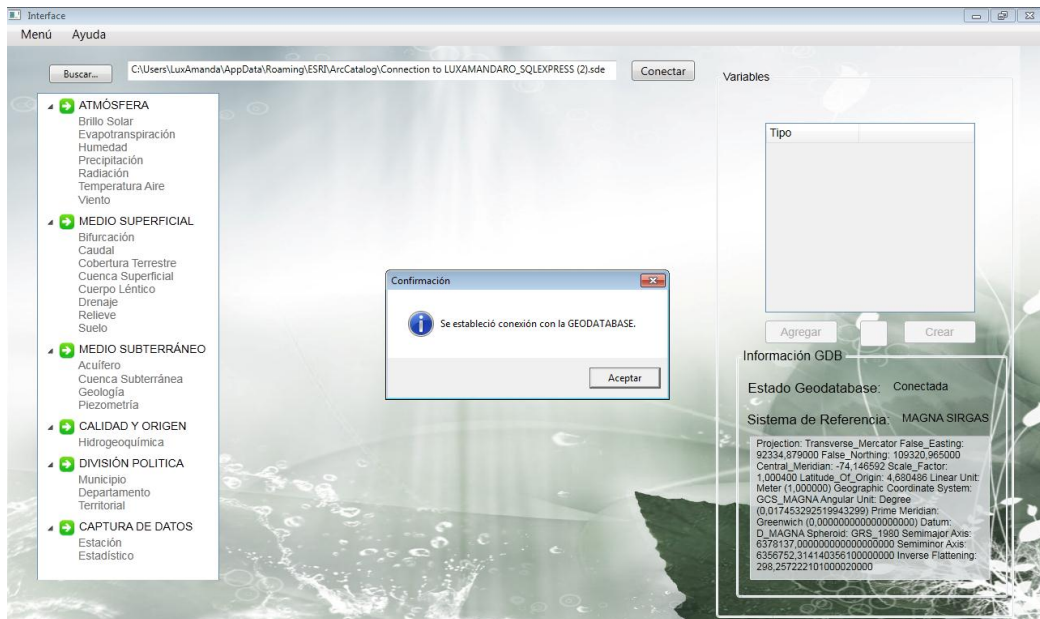


Figura 10. Pantalla selección de componentes de datos

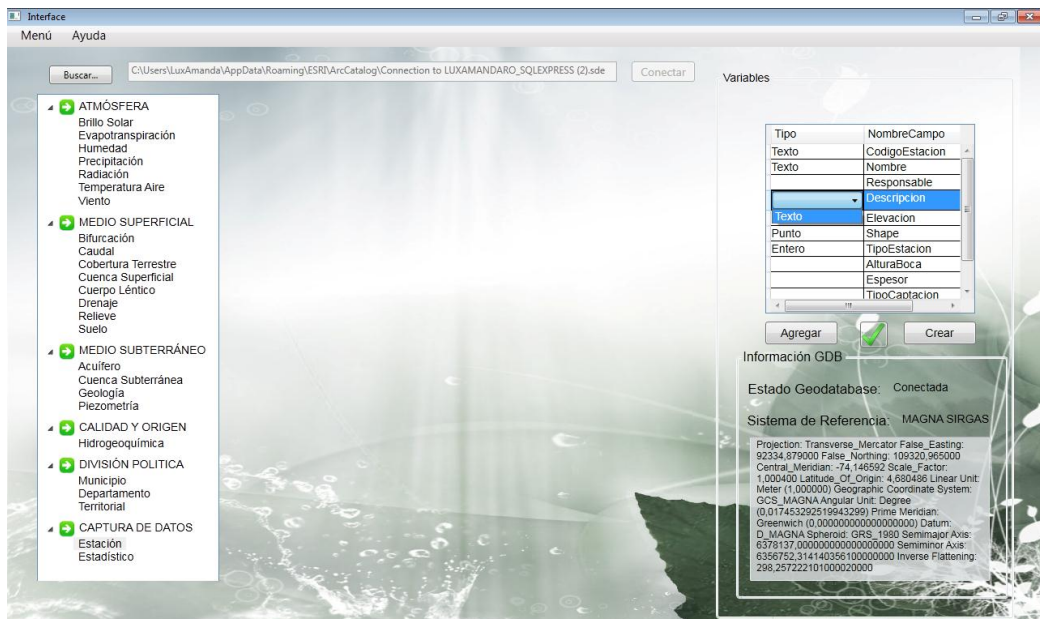


Figura 11. Pantalla llenado de tabla principal.

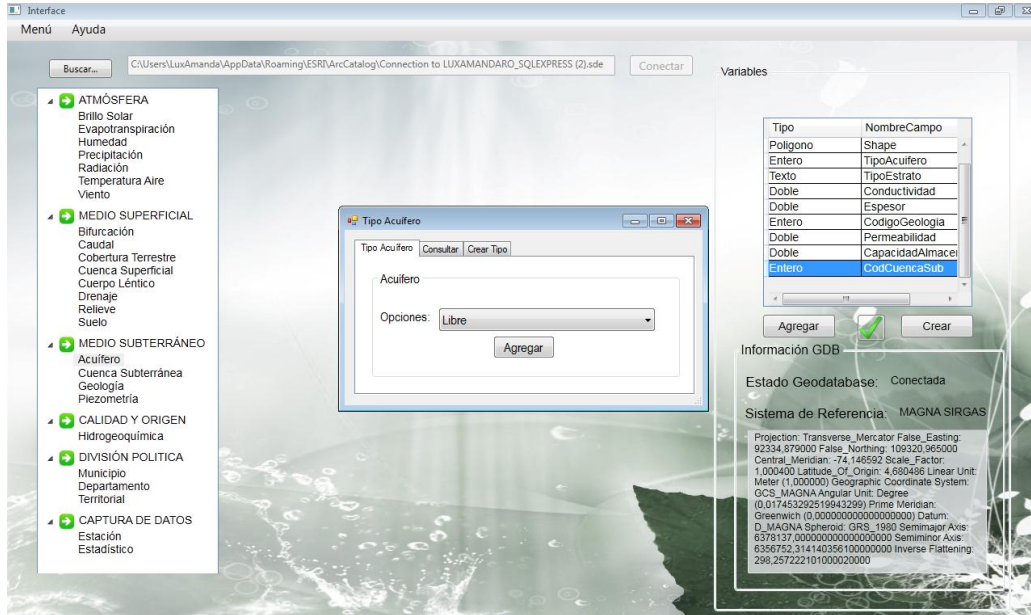
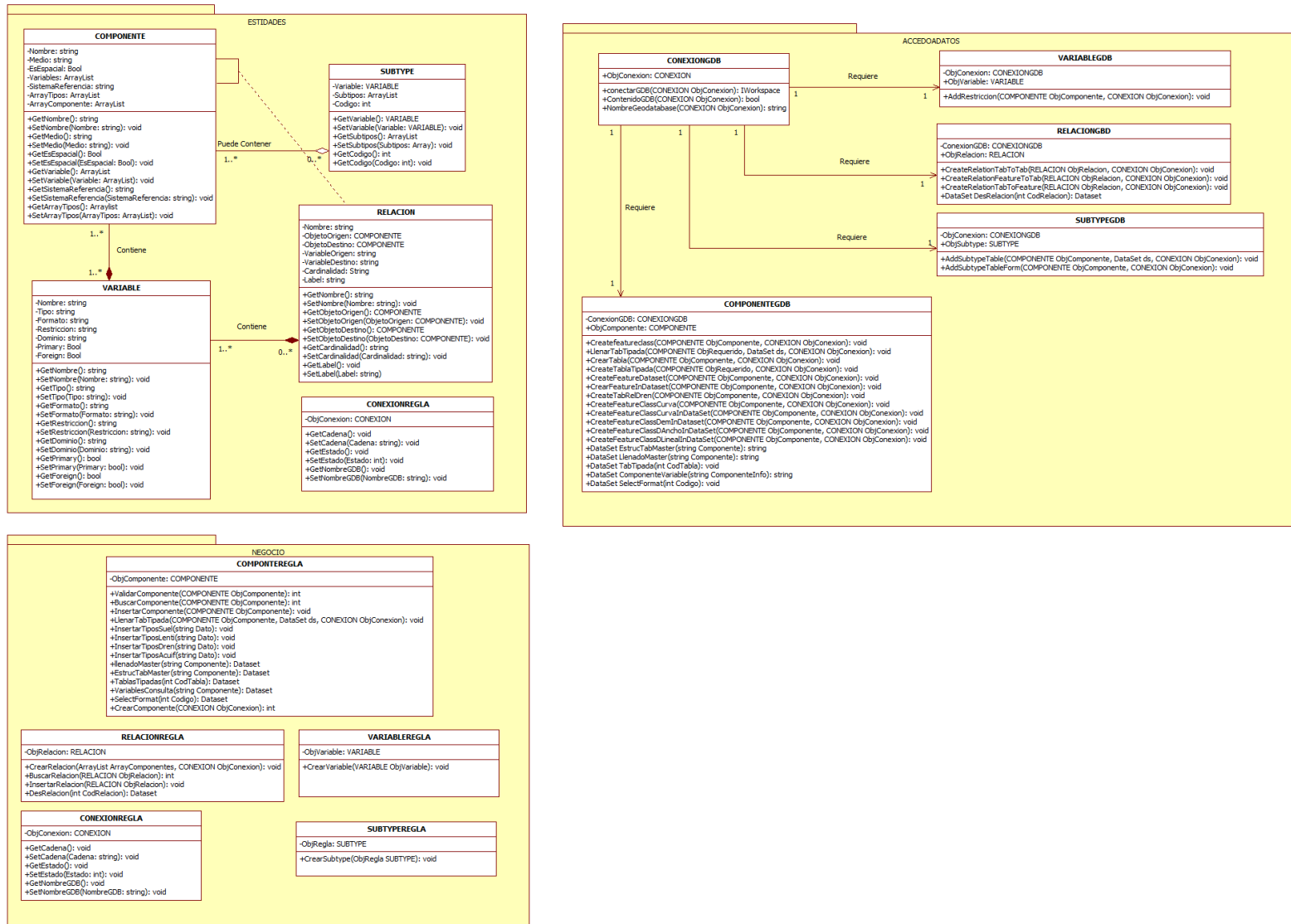


Figura 12. Diagrama de clases de la aplicación

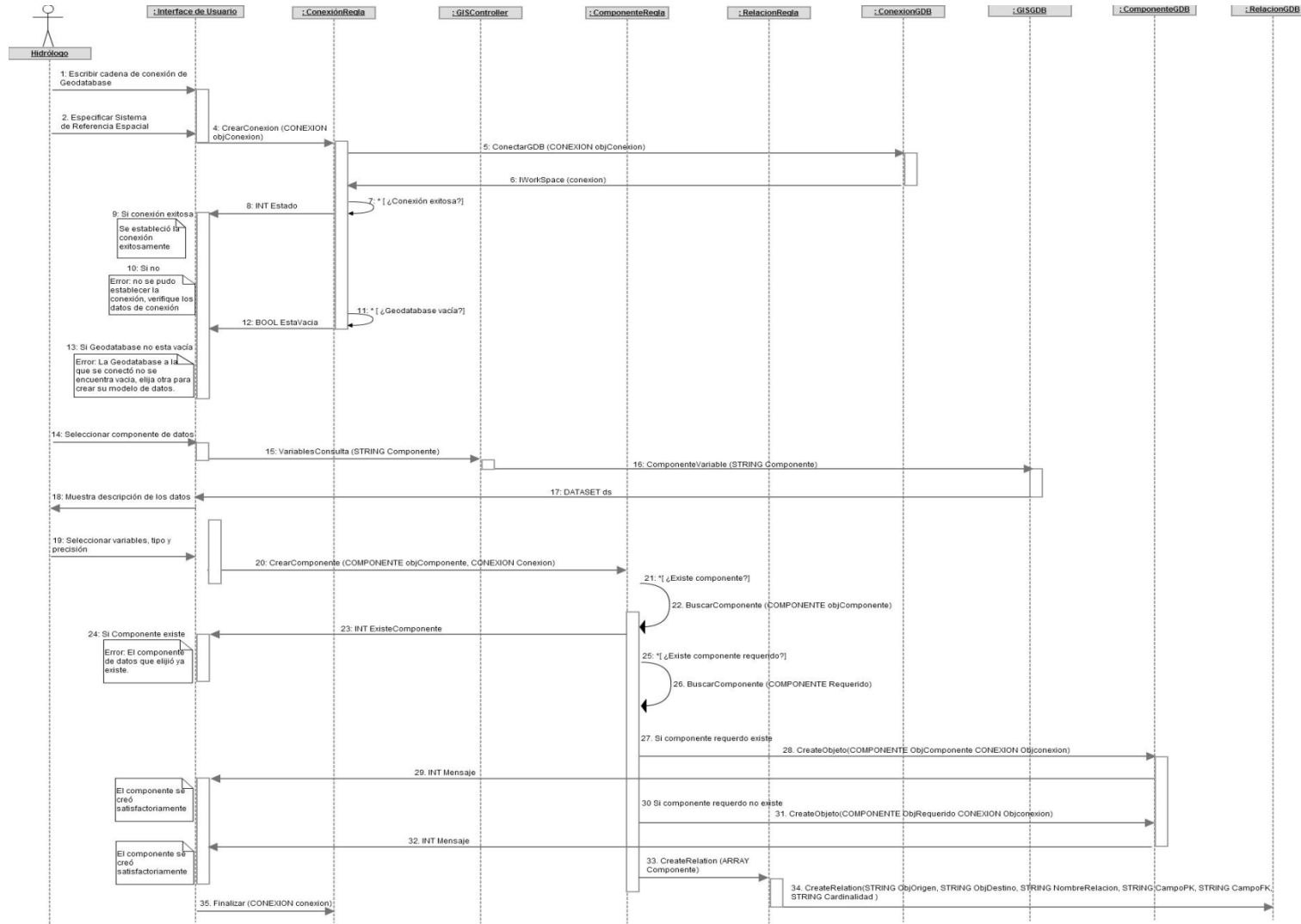


El único usuario que interactúa con el sistema es el hidrólogo. En el diagrama de secuencia se muestran algunos de los objetos y de las clases descritas en el diagrama de clases de la aplicación. Para facilitar la comprensión del diagrama de secuencias, se generalizaron los nombres de los métodos que realizan la misma acción como: “BuscarComponente”, “BuscarComponenteRequerido”, “CrearComponente”, “CrearComponenteRequerido” y “CrearRelacion”.

Un ejemplo es que para crear un objeto se crea de forma diferente dependiendo si es una tabla, un featureClass un featureDataset o un subtype. Con esto se quiso reducir el diagrama y clarificar la forma de interacción de los objetos, métodos y clases en la aplicación.

El sistema de referencia espacial que el usuario elige inicialmente a través de la interfaz de usuario, es guardado por la aplicación y se utiliza al momento de crear los objetos en la Geodatabase. Finalmente cuando el usuario decide finalizar la creación del modelo de datos, se finalizan las conexiones existentes entre el software, la base de datos del sistema y la Geodatabase, luego de esto el modelo generado no se podrá editar a través de HydroSystem. Figura 13.

Figura 13: Diagrama de secuencias “crear modelo de datos”



6.3 Diseño de la base de datos de la aplicación

La base de datos del sistema es una base de datos relacional que se encuentra normalizada en tercera Forma Normal. Está compuesta por 15 tablas en las que se agrupan y clasifican características del modelo como: las tablas y tipos de tablas presentes en el modelo, a qué categoría de información pertenecen, en qué forma estos son representados por la aplicación, a qué FeatureDataSet pertenecen cuando sea el caso. Las tablas están conformadas por campos y esos campos tienen asociada una cardinalidad y un nombre; los campos tienen un tipo de dato, pueden tener restricciones, dominios, formatos para los tipos de datos y definir si los campos son obligatorios o no, esto quiere decir que se crean automáticamente sin que el usuario lo elija; finalmente algunos campos pueden contener rangos de valores. Figura 14.

Para documentar el modelo, se hizo un diccionario de datos en el cual se establecen las restricciones de los datos de acuerdo con su semántica, se describen los campos, los tipos de datos, dominio de los datos y el nombre de los atributos (Tabla 19 a Tabla 33).

Figura 14. Modelo Entidad Relación de la base de datos del sistema

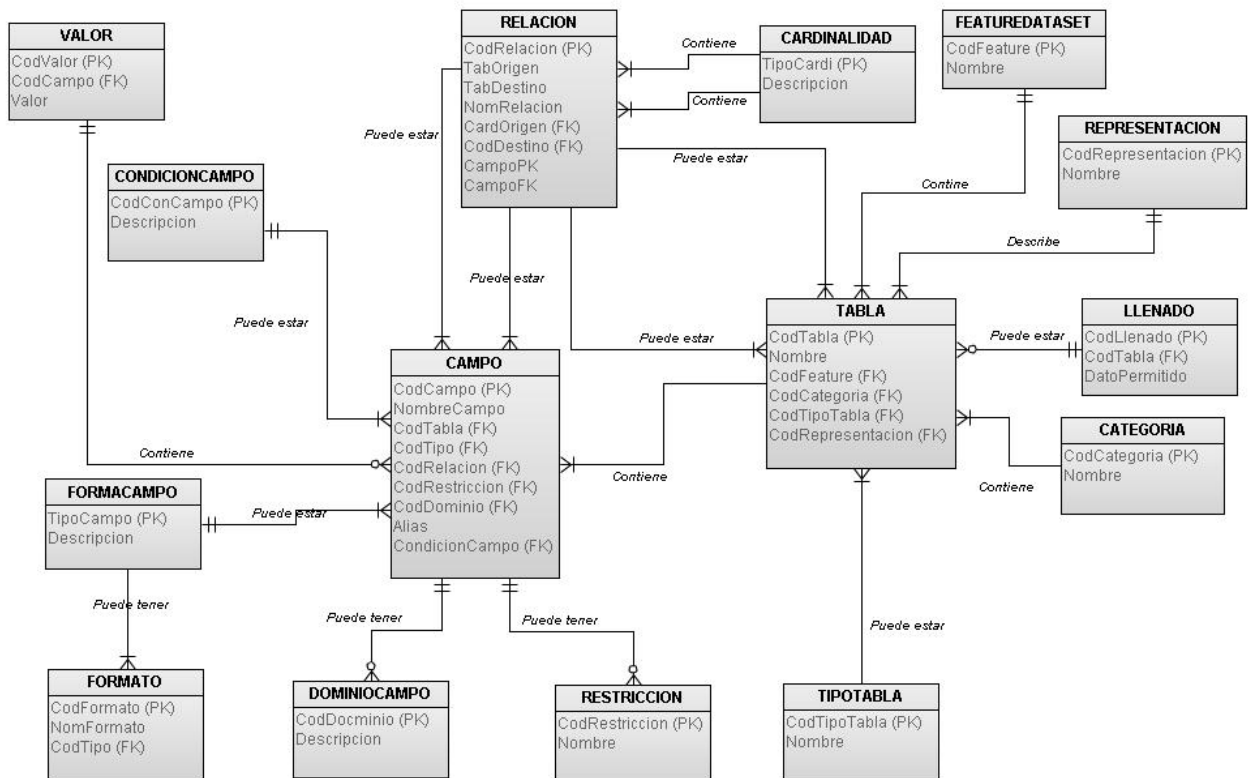


Tabla 18. Descripción de la tabla FeatureDataset

Tabla: FeatureDataset				
Descripción: Almacena los nombres de los grandes grupos en los que está dividida la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodFeature	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo Auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre del Feature Dataset.

Tabla 19. Descripción de la tabla Tabla

Tabla: Tabla				
Descripción: Almacena los nombres de las tablas espaciales y no espaciales que conforman la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodTabla	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo Auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres, menos el espacio en blanco	Almacena el nombre de la tabla.
CodFeature	Entero	Llave Foránea	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del Feature Dataset al que pertenece a tabla.
CodCategoria	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la categoría a la que pertenece la tabla.
CodTipoTabla	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente al tipo de la tabla.
CodRepresentacion	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente al tipo de Representación de la tabla.

Tabla 20. Descripción de la tabla FormaCampo

Tabla: FormaCampo				
Descripción: Almacena los diferentes tipos de datos que puede tener los campos.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoCampo	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Descripcion	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre del tipo de campo. Puede ser: <ul style="list-style-type: none"> - Entero -Texto - Decimal - Punto - Linea - Poligono - Raster

Tabla 21. Descripción de la tabla Formato

Tabla: Formato				
Descripción: Almacena los formatos que puede tener un dato en la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodFormato	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
NomFormato	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre del formato. El nombre del varía solo para los campos tipo fecha y tipo decimal. Ejm: dd/mm/aa, mm/dd/aaaa,
CodTipo	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del Tipo al que pertenece el Formato.

Tabla 22. Descripción de la tabla Campo

Tabla: Campo				
Descripción: Almacena todos los campos que conforman las tablas de la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodCampo	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
NombreCampo	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre del Campo.
CodTabla	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la tabla al que pertenece el campo.
CodTipo	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del Tipo del campo.
CodRelacion	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la relación de campo.
CodRestriccion	Entero	Llave Foránea	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la restricción de campo.
CodDominio	Entero	Llave Foránea	Mayor que cero (>0). Puede tener cero o ningún dominio	Almacena el código del dominio para algunos campos.
Alias	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el sinónimo o sobrenombre de un campo.
CondicionCampo	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena si el campo es modificable por el usuario o no.

Tabla 24. Descripción de la tabla Restriccion

Tabla: Restriccion				
Descripción: Almacena todas las restricciones que puede contener un campo de la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRestriccion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre de la restricción. Pueden ser: <ul style="list-style-type: none"> - NOT NULL - Chequeo - Admite NULL - Clave Principal - Llave Foránea

Tabla 25. Descripción de la tabla Relacion

Tabla: Relacion				
Descripción: Almacena todas las relaciones que puede existir entre tablas en la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRelacion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
TabOrigen	Entero	NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la tabla donde se origina la relación.
TabDestino	Entero	NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la tabla donde finaliza la relación.
NomRelacion	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre de la relación.
CardOrigen	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena la cardinalidad de la tabla origen. Puede estar relacionado con los valores: 0,1, 1..* o 0..*
CardDestino	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena la cardinalidad de la tabla destino. Puede estar relacionado con los valores: 0,1, 1..* o 0..*
CampoPK	Texto	NOT NULL		Almacena el nombre del campo origen de la relación.
CampoFK	Texto	NOT NULL		Almacena el nombre del campo destino de la relación.

Tabla 26. Descripción de la tabla CondicionCampo

Tabla: CondicionCampo				
Descripción: Describe si el campo es obligatorio u opcional.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodConCampo	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.

Descripcion	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Describe si el campo es obligatorio u opcional.
-------------	-------	----------	--------------------------------	---

Tabla 27. Descripción de la tabla Categoría

Tabla: Categoría				
Descripción: Almacena las categorías de información que componen la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodCategoría	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre de los subsistemas que conforman la base de datos base.

Tabla 28. Descripción de la tabla Cardinalidad

Tabla: Cardinalidad				
Descripción: Almacena las cardinalidades que pueden existir en una relación en la base de datos base.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoCardi	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Descripcion	Texto	NO NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el símbolo de la cardinalidad. Puede ser: 0,1, 1..* o 0..*

Tabla 29. Descripción de la tabla TipoTabla

Tabla: TipoTabla				
Descripción: Describe si las tablas pertenecientes a la base de datos base son espaciales o no espaciales.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodTipoTabla	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Describe si la tabla es espacial o no espacial.

Tabla 30. Descripción de la tabla Valor

Tabla: Valor				
Descripción: Almacena los valores posibles para algunos campos.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodValor	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
CodCampo	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del campo al cual le corresponden los valores
Valor	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de	Almacena el valor que puede contener el campo.

			caracteres	Ej: para el campo 'Escala' los valores pueden ser 1:1000 1:2000 1:3000 1:4000 1:5000
--	--	--	------------	---

Tabla 23. Descripción de la tabla Representacion

Tabla: Representacion				
Descripción: Almacena el tipo de representación que puede tener una tabla.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRepresentación	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Nombre	Texto	NO NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre de la representación que puede tener una tabla entre: Espacial: Poligono Espacial: Linea Espacial: Punto Espacial: Raster Tabla

Tabla 24. Descripción de la tabla Llenado

Tabla: Llenado				
Descripción: Almacena la información establecida para algunas tabla maestras.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodLlenado	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
CodTabla	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la tabla a la que le corresponde los valores establecidos.
DatoPermitido	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena la información establecida para los registros de una tabla maestra. Ej: los registros para la tabla TipoSuelo. (Arenoso, calizo, humífero, Arcilloso, pedregoso y Mixto).

Tabla 33. Descripción de la tabla DominioCampo

Tabla: Llenado				
Descripción: Almacena el dominio correspondiente a los campos.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodDominio	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Campo auto-numérico. Número consecutivo que identifica el registro.
Descripcion	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena los dominios existentes para los diferentes campos.

7. PRUEBAS DE LA APLICACIÓN

Las pruebas aplicadas en el proyecto son pruebas de funcionalidad. De estas pruebas se hicieron unas durante el desarrollo del proyecto y otras cuando los módulos ya estaban finalizados.

7.1 Reglas de Negocio

En la categoría de información atmósfera se realizó un análisis para todo el medio debido a que los objetos pertenecientes a ella son muy similares, en la estructura case se crea una tabla para el componente de información, se verifica la existencia de la estación de medición y si el usuario desea medir errores, se crea la tabla maestra tipo error y se asegura la relación entre la nueva tabla, la tabla estación y sus respectivas tablas maestras, al final se pregunta por la existencia de las tablas en particular *TemperaturaAire* y *Evapotranspiración* para realizar la relación existente entre ellas.

Para el medio superficial se analizan varios casos debido a que hay muchas diferencias entre todos los objetos del medio, uno de ellos es en los componentes *drenaje* y *relieve* debido a que establecen una relación de herencia con otras tablas y que dependiendo de esta el objeto puede cambiar entre tabla y FeatureClass. El componente *caudal* requiere de una estación de medición y la tabla maestra *TiempoMedicion*, además de la tabla maestra *TipoError* si el usuario decide almacenar los errores; por último el componente *Suelo*, que debido a que tiene dos subtypes: *TexturaSuelo* y *TipoSuelo*, se decidió crear una como tabla maestra y la otra como subtype del FeatureClass.

En la categoría medio subterráneo el caso más crítico es la relación de herencia entre el componente *EstacionPiezometrica* y el componente *Estacion* donde la estación piezométrica no puede estar creada sin estar la estación de medición y su relación directa con el componente *Piezometria*.

Finalmente en la categoría *Captura de Informacion* se valida la creación del componente *Estadistico* con el campo *Cantidad_DiasLluvia* si y solo si existe el componente de información *precipitación*.

Para el resto de las categorías y los componentes de información se implementan reglas empleadas en los casos anteriores de la misma manera o con pequeñas modificaciones. Al finalizar las estructuras case de las categorías de información se validan las posibles relaciones entre dichas categorías de información.

7.2 Pruebas de la aplicación

En esta fase del proyecto se documentan las pruebas realizadas a la aplicación y que fueron clasificadas en pruebas generales y especiales, después de la codificación de la misma.

Escenarios generales

1. Conexión con la Geodatabase y validación de Geodatabase vacía.
2. Selección de sistema de referencia espacial.
3. Crear FeatureClass.
4. Crear tabla.
5. Crear Relationship entre FeatureClasses
6. Crear Relationship entre tablas.
7. Crear FeatureClasse con subtype.
8. Crear tabla con tabla maestra.
9. Llena tabla maestra.

Escenarios especiales

1. Crear precipitación sin estación.
2. Crea piezometría.
3. Crear Drenaje.
4. Crear estación.
5. Verificar creación de FeatureDataset.

a) Documentación pruebas generales de la aplicación.

Tabla 25. Descripción caso de prueba 001

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	001
ESCENARIO:	Conexión con Geodatabase y validación de Geodatabase vacía.
OBJETIVO:	Verificar que aplicación se conecte con una Geodatabase existente. Verificar que la Geodatabase a la que la aplicación se conectó la aplicación se encuentre vacía.

RESULTADO ESPERADO:	Conexión establecida con una Geodatabase preexistente siempre que la Geodatabase esté vacía.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	El sistema permite conectarse con una Geodatabase existente y valida si dicha Geodatabase está vacía.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 26. Descripción caso de prueba 002

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	002
ESCENARIO:	Selección sistema de referencia espacial.
OBJETIVO:	Comprobar que el sistema permita al usuario elegir el sistema de referencia espacial con el que creará su base de datos hidrológica.
RESULTADO ESPERADO:	Selección exitosa de cualquiera de los sistemas de referencia establecidos en la aplicación y creación de los objetos de la Geodatabase con el sistema de referencia elegido.
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA: <input checked="" type="checkbox"/> SI <input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	El sistema permite elegir entre cuatro sistemas de referencia espacial: MAGNA, Bogotá, Bogotá antiguo y WGS 84.
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya

Tabla 27. Descripción caso de prueba 003

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos

	hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	(x) FUNCIONAL () NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	003		
ESCENARIO:	Crear FeatureClass		
OBJETIVO:	Crear un FeatureClass a través de la aplicación y verificar a través de ArcCatalog.		
RESULTADO ESPERADO:	FeatureClass creado con sus atributos y tipos seleccionados.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	(x) SI	() NO
OBSERVACIONES:	Se creó el FeatureClass 'Geología' con éxito.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 28. Descripción caso de prueba 004

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	(x) FUNCIONAL () NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	004		
ESCENARIO:	Crear Tabla		
OBJETIVO:	Crear una tabla a través de la aplicación y verificar a través de ArcCatalog.		
RESULTADO ESPERADO:	Tabla creada con sus atributos y tipos seleccionados.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	(x) SI	() NO
OBSERVACIONES:	Se creó satisfactoriamente la tabla 'Bifurcacion' con éxito.		

REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya

Tabla 29. Descripción caso de prueba 005

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	22/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	005		
ESCENARIO:	Crear Relación entre FeatureClasses		
OBJETIVO:	Verificar que el sistema cree relaciones entre objetos tipo FeatureClasses.		
RESULTADO ESPERADO:	Relación creada entre dos FeatureClasses con un campo origen como campo primario y un campo destino como campo foráneo.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	Se creó la relación entre 'Territorial' y 'Municipio'.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 30. Descripción caso de prueba 006

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	22/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	006		
ESCENARIO:	Crear Relación entre tablas		
OBJETIVO:	Verificar que el sistema cree relaciones entre objetos tipo tabla.		
RESULTADO ESPERADO:	Relación creada entre dos Tablas con un campo origen como campo primario y un campo destino como campo foráneo.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	Se creó la relación entre 'Evapotranspiración' y 'Humedad'.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 31. Descripción caso de prueba 007

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	007		
ESCENARIO:	Crear FeatureClass con subtype		
OBJETIVO:	Verificar que la aplicación cree automáticamente el subtype para los objetos tipo FeatureClasses que contengan subtypes.		
RESULTADO ESPERADO:	FeatureClass creado con el subtype asociado a ese FeatureClass.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	Se creó el FeatureClass 'Suelo' con el subtype 'TipoSuelo'.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 32. Descripción caso de prueba 008

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA			
CASO DE PRUEBA:	008		
ESCENARIO:	Crear tabla con tabla maestra		
OBJETIVO:	Verificar que la aplicación cree automáticamente la tabla maestra para los objetos tipo tabla que tengan asociada una tabla maestra.		
RESULTADO ESPERADO:	Tabla creada con la tabla maestra que pueda tener asociada.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	Se creó la tabla 'Drenaje' con la tabla maestra 'Tipodrenaje'.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 33. Descripción caso de prueba 009

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	22/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	009
ESCENARIO:	Llenar tabla maestra
OBJETIVO:	Comprobar que el sistema permita el llenado de tablas maestras y que los registros queden guardados en la Geodatabase.

RESULTADO ESPERADO:	Tabla llena con los registros que el usuario seleccionó o ingresó.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	(X) SI	() NO
OBSERVACIONES:	Se llenó la tabla maestra 'TipoDrenaje' se consultaron los ingresados y se adicionaron nuevos registros.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

b) Documentación pruebas específicas de la aplicación.

Tabla 34. Descripción caso de prueba 010

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	(x) FUNCIONAL () NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	010
ESCENARIO:	Crear un objeto de registro sin haber creado el objeto de medición.
OBJETIVO:	Verificar que el sistema pida al usuario crear el objeto 'Estación' antes de crear el objeto 'Precipitación', luego verificar que el sistema cree automáticamente los objetos 'TipoError' (cuando se selecciona el campo 'Error') y 'TiempoMedición'.
RESULTADO ESPERADO:	Objeto de registro creado sólo si existe el objeto de medición.
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA: (x) SI () NO
OBSERVACIONES:	Exige se cree primero el objeto estación.
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya

Tabla 35. Descripción caso de prueba 011

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA				
CASO DE PRUEBA:	011			
ESCENARIO:	Crear el objeto 'Piezometria'			
OBJETIVO:	Verificar que el sistema controle si el objeto 'Estacion' se encuentra creado, además debe verificar que si contiene los campos correspondientes a la 'EstacionPiezométrica' y si no los tiene adicionarlos, también debe crear el objeto 'Piezometria'.			
RESULTADO ESPERADO:	Tabla Piezometria creada con los campos y tipos seleccionados por el usuario.			
RESULTADO:	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 60%;">PRUEBA EXITOSA:</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><input checked="" type="checkbox"/> SI</td> <td style="width: 20%; text-align: center;"><input type="checkbox"/> NO</td> </tr> </table>	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO		
OBSERVACIONES:	Se creó satisfactoriamente con la estación de medición y el tipocaptacion.			
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya			

Tabla 36. Descripción caso de prueba 012

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	012
ESCENARIO:	Crear el objeto 'Drenaje'
OBJETIVO:	Comprobar que el objeto 'Drenaje' herede los campos de

	<p>la tabla 'D_lineal' si el usuario elige el campo 'geometría' tipo línea; si esto ocurre le objeto 'Drenaje' se creará como FeatureClass y el objeto 'TipoDrenaje' como Subtype de 'Drenaje'. Comprobar que el objeto 'Drenaje' herede los campos de la tabla 'D_Ancho' si elige el campo 'geometría' tipo polígono y/o el campo 'FactorEscala'; si esto ocurre le objeto 'Drenaje' se creará como FeatureClass y el objeto TipoDrenaje como Subtype de drenaje. Verificar que si el usuario selecciona el campo 'geometria' tipo línea Y el campo 'geometria' tipo polígono o el campo 'FactorEscala', si esto ocurre le objeto 'Drenaje' se creará como tabla y el objeto 'TipoDrenaje' como tabla maestra de 'Drenaje'. Además los objetos 'D_Lineal' y 'D_Ancho' se crearán como FeatureClasses .</p>		
RESULTADO ESPERADO:	Objeto Drenaje creado de acuerdo a los registros seleccionados y con los registros y tipos seleccionados.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	<input checked="" type="checkbox"/> SI	<input type="checkbox"/> NO
OBSERVACIONES:	Se probaron los tres casos y el sistema los crea de acuerdo con los requerimientos.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 37. Descripción caso de prueba 013

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	<input checked="" type="checkbox"/> FUNCIONAL <input type="checkbox"/> NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	013
ESCENARIO:	Crear el objeto 'Estacion'
OBJETIVO:	Verificar que la aplicación establezca si el objeto ya se encuentra creado y si no es así, crear el objeto 'Estacion' de tipo FeatureClass y automáticamente crear el objeto 'TipoEstacion' como subtype, además crear el objeto 'HistóricoEstado' y el objeto 'TipoEstado' que es una

	tabla maestra de 'HistoricoEstado', además todas las relaciones entre los objetos.		
RESULTADO ESPERADO:	Objeto 'Estacion' creado con los campos y tipos seleccionados.		
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA:	(x) SI	() NO
OBSERVACIONES:	Se creó correctamente junto con las tablas 'tipoestación' 'históricoestado' y 'tipoestado'.		
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya		

Tabla 38. Descripción caso de prueba 014

FORMATO CASOS DE PRUEBAS	
NOMBRE PROYECTO:	Herramienta de diseño para la generación de bases de datos hidrológicas.
FECHA (dd/mm/aaaa):	15/05/2011
TIPO DE PRUEBA EJECUTADA:	(x) FUNCIONAL () NO FUNCIONAL

CASOS DE PRUEBA	
CASO DE PRUEBA:	014
ESCENARIO:	Verificar que se cree el FeatureDataset
OBJETIVO:	Verificar que cuando se creen dos o más FeatureClasses pertenecientes al 'medio superficial', al 'medio subterráneo' o a la 'captura de información' se cree automáticamente el FeatureDataset con el nombre de la categoría y asocie los objetos ya creados en esa categoría con el FeatureDataset.
RESULTADO ESPERADO:	FeatureDataset creado y objetos asociados.
RESULTADO:	PRUEBA EXITOSA: (x) SI () NO
OBSERVACIONES:	Se creó correctamente al crear dos Feature Class. Se probó la creación del Dataset superficial.
REALIZADO POR:	Luz Amanda Ramírez Otálvaro – Andrea Vásquez Montoya

7. CONCLUSIONES

Este trabajo partió de la pregunta de investigación "¿De qué manera se puede mejorar la gestión de información en los estudios realizados en el área de hidrología?"

Para responder a esta pregunta se recorrió un camino que incluyó el estudio del problema en cuestión para comprender el contexto y su posible solución, se conceptualizó sobre herramientas tecnológicas que ayudarán en la solución de la problemática y finalmente la integración de dichas tecnologías. Estas actividades son esenciales para el análisis y desarrollo de cualquier sistema de información complejo, debido a que se debe tener claridad sobre el problema a resolver ya las herramientas que conllevan a solucionarlo. Para nuestro caso se estudió el ciclo hidrológico y los elementos que lo comprenden, así como las bases de datos espaciales y los sistemas de información geográficos.

Ahora bien, para mejorar la gestión de la información en hidrología es necesario partir de la creación de una estructura de datos que pueda almacenar información hidrológica, pueda representar los atributos espaciales de la información y permita la integración de los datos para su posterior procesamiento. En este trabajo dichas características fueron analizadas y tenidas en cuenta para ofrecerle al usuario una herramienta capaz de crear un modelo de datos espacial por medio de una interfaz gráfica donde el usuario puede definir la información que contendrá su estructura, y haciendo transparente para el usuario los aspectos técnicos de la creación de la estructura. Lo que disminuye el tiempo de creación de la estructura de datos.

Por lo anterior se hace necesaria la presencia de personal experto en la identificación de la información inherente al ciclo hidrológico porque es él quien define los componentes de información y los atributos que harán parte de su base de datos, es él quien define la división política sobre la cual almacenará datos y la forma en cómo medirá su información. Dicha identificación es esencial para este tipo de aplicación porque permite al usuario final manipular datos acordes con las necesidades comunes y frecuentes para los hidrólogos, haciéndola más eficiente y amigable al momento de su utilización.

HidroSystem se constituye en una herramienta valiosa para el hidrólogo porque le permite interactuar con elementos del ciclo hídrico definidos previamente por un experto y construir de manera amigable estructuras de datos a la medida que le facilitará posteriormente manipular información exclusivamente contenida en su propia base de datos.

8. RECOMENDACIONES

En el corto plazo se recomienda desarrollar un módulo gráfico que permita visualizar las categorías, componentes, variables y relaciones que se van generando en el modelo de datos, esto contextualizará al usuario sobre el modelo de datos hidrológico creado. Además se recomienda realizar un módulo que permita al hidrólogo ingresar nuevas reglas al modelo base de forma que éste pueda extenderse y el sistema puede controlar las nuevas reglas.

En el largo plazo y con el fin de generalizar la aplicación, se recomienda ajustar el sistema de forma tal que la base de datos de la aplicación pueda ser alojada y modificada en cualquier motor de base de datos, así mismo que el modelo generado a través de HydroSystem pueda almacenarse tanto en estructuras Geodatabase como en bases de datos espaciales.

BIBLIOGRAFÍA

- BECK, Kent. Programación Extrema: una aplicación de la programación extrema. 2002. Pág. 19. ISBN.
- BORGES, K. A. V. An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications. Revista Geoinformática. Vol. 5: 221-260. 2001. ISSN.
- CENTRO PARA LA INVESTIGACIÓN EN LOS RECURSOS DEL AGUA DE LA UNIVERSIDAD DE TEXAS EN AUSTIN, Y EL INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN DE SISTEMAS MEDIOAMBIENTAL. David R. Maidment. Arc Hydro [En línea]. [Febrero 28 de 2010]. <http://www.cwrw.utexas.edu/gis/archydrobook/ArcHydro.htm>
- CODASYL. (1971). Codasyl Database Task Group Report, April 1971. ISSN
- DEPARTMENT OF CIVIL AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING AND THE MARYLAND STATE HIGHWAY ADMINISTRATION, Office of Structures (OOS). GISHydro. [En línea]. 2000. [Abril 18 de 2010]. <http://www.gishydro.umd.edu/>
- E.Codd. A Relational Model of Data for Large Shared Databanks. 1970. [Abril 19 de 2010].
- ESRI. The GIS Software Leader. Mapping Software and Data. [En línea]. 2009 [Agosto 28 de 2010]. <http://www.esri.com>
- ESRI. Understanding Our World. Geodatabase spatial data and information management. [En línea]. 2010 [Agosto 04 de 2010]. <http://www.esri.com/software/arcgis/geodatabase/>
- GEOSTRUC SOFTWARE. Hydrologic Risk. [En línea]. 2005. [Abril 16 de 2010]. <http://www.geostru.com/get/es/Hydrologicrisk.aspx>
- GÓMEZ, Angélica, AGUDELO J, FRANCO A, y BETANCUR T. Diseño de una base de datos espacial para los componentes superficial y subterráneo de un sistema hidrológico. Bogotá. 2009 Presentado en el III Congreso Colombiano de hidrogeología. Investigación en Curso.
- GÓMEZ, Angélica. Anexo 1. Propuesta metodológica para e diseño de bases de datos espaciales en hidrología. 2010. Pág. 7-20. ISSN.

- GOODCHILD M. New horizons for the social sciences: Geographic Information System. En Social sciences for a digital world: Building infrastructure and Databases for the future, organization for economic. Cooperation and Development. 2000. Paris. 163-172.
- GÜTING, Ralf Hartmut. SCHNEIDER M., Realm-Based Spatial Data Types: The ROSE Algebra. The VLDB Journal - The International Journal on Very Large Data Bases Vol 4: Issue 2, April 1995. ISSN
- GÜTING, Ralf Hartmut. An Introduction to Spatial Database Systems. The VLDB Journal - The International Journal on Very Large Data Bases. 1994. No 3. Vol 4: 357 – 399. ISSN
- HYDROLOGIC & HYDRAULICS SOFTWARE. HEC-HMS. Hydrologic Modelling System. [En línea]. 2000. [Abril 17 de 2010]. <http://www.waterengr.com/HECHMS.html>.
- INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI. Aspectos prácticos de la adopción del marco geocéntrico nacional de referencia MAGNA-SIRGAS, como datum oficial de Colombia. Bogotá. [En línea] octubre de 2004. [Agosto 17 de 2010]. http://www2.igac.gov.co:8080/igac_web/UserFiles/File/MAGNAWEB_final/documentos/adopcion.pdf
- JOHNSON, James. Base de Datos. Modelos, lenguajes, Diseños. Oxford. 2010 1ª Ed. ISBN.
- KIM, W. Microelectronics and Computer Technology Corporation. Integrating an Object-Oriented programming system whit a Database System. West Balcones Center Drive, Austin, Texas.1988. ISSN.
- LONG, R, HARRINGTON, M HAIN, R. IBM. IMS Primer,chapter 11. The IMS Hierarchical Database Model. 2000. ISSN.
- MICROSOFT. GARCIA R. Introduction to SQL Server 2008 for SQL 2005 Database Administrators. 2008. 1ª Ed. ISBN.
- MICROSOFT. MSDN Library. Windows Presentation Foundation. [En línea]. 2010. [Noviembre 15 de 2010]. <http://msdn.microsoft.com/es-es/library/ms754130.aspx>
- NOVÚA, O. MARTINEZ, M. MOSQUERA, C. Sistema de Información Geográfica para el análisis ambiental, documentación metodológica y funcional. Revista digital: Mapping Interactivo [En línea]. 2004. Marzo 26 de 2010].

http://www.mappinginteractivo.com/plantilla-ante.asp?id_articulo=461

- OGC (Open GIS Consortium). OpenGis Simple Feature Specification for SQL. Open GIS document 99-049, Revisión 1.1 Watland MA: Open GIS Consortium Inc. 1999. ISSN.
- PABÓN, J.D. CHAPARRO R. Universidad Nacional de Colombia. Colombia en Ambiente Global. 2005. Pág.1-2. ISSN.
- POSTGRESQL-ES.ORG. Sobre PostGreSQL. [En línea]. 2009. [Julio 25 de 2010]. http://www.postgresql-es.org/sobre_postgresql
- RHODES UNIVERSITY. SPATSIM Spatial and Time Series Information Modelling software. [En línea]. 2004. [Abril 15 de 2010]. <http://www.ru.ac.za/static/institutes/iwr/software/index.php>.
- SPATIAL REFERENCE. Sistemas de Referencia Espacial [En línea]. [Mayo 15 de 2010]. <http://spatialreference.org/>
- STONEBRAKE, M. Object-Relational DBMS- The Next Wave. [En línea]. 1990. [Abril 05 de 2010]. <http://infolab.usc.edu/csci587/Fall2010/papers/Object-Relational%20DBMS-The%20Next%20Wave.pdf>
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA, SEDE MEDELLÍN. Sistema de Información Geográfica de la Hidrología. Posgrado en Aprovechamiento de Recursos Hidráulicos, HidroSIG. [En línea]. [Marzo 29 de 2010]. <http://cancerbero.unalmed.edu.co/~hidrosig/index.php>
- ZIEMMERMANN, E. Ciclo hidrológico en la Naturaleza. Balance Hidrológico. XIV congreso Nacional del agua. 1999. Santa Fe de Argentina. IAEH, Vol 7, N° 1.

ANEXOS

ANEXO A. Base de datos base

En este anexo se muestra el proceso de adecuación del modelo de datos base de la aplicación, se compara el modelo de datos inicial tomado del proyecto IUE-UdeA y el modelo que se obtuvo luego de realizar el levantamiento de los requerimientos. En la tabla 49 se muestran los componentes de datos agregados y eliminados por categoría de información, y desde la tabla 50 hasta la tabla 55 se describen de igual forma las variables modificadas en cada componente agrupadas por categoría de información. Las variables de los componentes adicionados no se mencionan en estas tablas pero están documentadas en el diccionario de datos del modelo final en este mismo documento.

Adecuación al modelo base

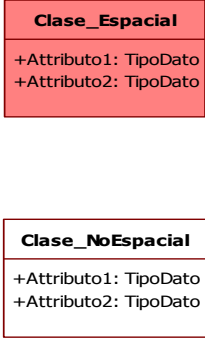
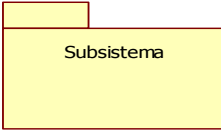
El modelo de datos base de la aplicación fue modificado con base en la metodología Gómez A.M 2010, donde se establecen las premisas: 1) el diseño conceptual es totalmente independiente de la plataforma computacional; 2) el diseño físico debe adaptarse al modelo conceptual construido; 3) la documentación de cada etapa debe contener el nivel de abstracción logrado y 4) el proceso de diseño debe estar acompañado por el profesional en hidrología. Se partió de estas premisas y se conservó la notación del modelo inicial donde los componentes de datos se representan mediante clases, las categorías de información mediante paquetes y los atributos dentro de las clases con el nombre y el tipo de dato.

En la adecuación del modelo se identificaron: categorías de información que son conjuntos de datos que comparten una característica, para este caso se dejaron de la misma forma en que estaba el modelo inicial; seis categorías (Atmósfera, Medio Superficial, Medio Subterráneo, Captura de Información, Calidad y Origen del Agua y Unidades Administrativas), se identificaron los componentes de datos que se adicionaron al modelo y se clasificaron en las categorías anteriores, también se establecieron algunas restricciones y relaciones para el nuevo modelo, de igual forma se conservaron algunas del modelo inicial.




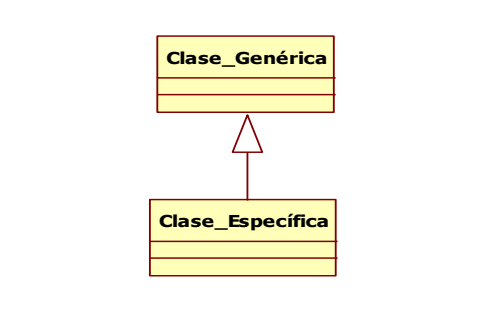
Para representar el modelo de datos base se emplea un diagrama de clases que tiene unas especificaciones adicionales para diferenciar los componentes de datos y las relaciones espaciales de las no espaciales, estas características se muestran en la Tabla 48.

En las clases espaciales, los tipos de datos espaciales pueden ser representados, por medio de datos vectoriales (punto, línea o polígono) o tipo raster (datos raster). Con respecto al diagrama empleado para la representación, las clases espaciales se representan con el color rosado y las no espaciales con el color blanco en el diagrama, así mismo los paquetes que componen los subsistemas son de color amarillo y los paquetes que representan la captura de información, origen y calidad del agua y unidades administrativas son de color gris. La forma de relacionar esos componentes de datos se clasifica en relaciones espaciales representadas a través de una línea color verde y las no espaciales por medio de una línea color café. Las relaciones también se clasifican según su cardinalidad y según su dirección.

Tabla 39. Notación de los elementos del modelo lógico³⁰

ELEMENTO	FIGURA	DESCRIPCION
<p>Componentes de datos y atributos</p>		<p>Representados mediante Clases espaciales y no espaciales y sus atributos.</p> <p>El modelo base está compuesto por 14 clases espaciales y 35 clases no espaciales.</p>
<p>Categorías de Información</p>		<p>Representadas mediante paquetes que contienen clases espaciales y no espaciales.</p> <p>El modelo contiene 6 paquetes para representar: La atmósfera, el medio superficial, el medio subterráneo, la captura de la información, la calidad y origen del agua y las unidades administrativas.</p>

³⁰ Modificado de: Gómez A.M 2010. Anexo 1. “Propuesta metodológica para el diseño de base de datos espaciales en Hidrología”

Relaciones		de asociación	La cardinalidad se muestra en la parte inferior, en este caso uno o muchos elementos de la clase de origen, pueden estar conectados con uno o ningún elemento de la clase destino
		de agregación	
		de composición	
		de herencia	

Es necesario aclarar que en el modelo final se agregaron tablas maestras y tablas para almacenar los errores de medición en los componentes que miden errores, también se agregaron los campos que sirven como llaves primarias y foráneas para hacer mas entendible el modelo de datos.

Tabla 40. Comparación de componentes en las categorías de Información

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE QUE SE MANTUVO	COMPONENTE AGREGADO	COMPONENTE ELIMINADO	COMPONENTE MODIFICADO
ATMÓSFERA	Precipitacion Evapotranspiracion	MetodoMedicion TiempoMedicion TipoErrorHumedad TipoErrorBrillo Viento Radiacion TemperaturaAire Humedad BrilloSolar TipoErrorPreci TipoErrorViento TipoRadiación TipoErrorRadia TipoErrorTempAire	SUPPrecipitacion Climatologia SUPEvapotranspiracion	
MEDIO SUPERFICIAL	Caudal CuencaSuperficial Suelo Relieve DEM CuervaNivel CuencaDrenaje Drenaje D_lineal	Bifurcacion CuerpoLentico TipoLentico TipoSuelo TexturaSuelo TipoErrorCaudal TipoDrenaje	NombreDrenaje	CoberturaVegetal x CoberturaTerrestre

	D_ancho			
MEDIO SUBTERRÁNEO	Acuífero CuencaSubterranea EstacionPiezometrica Piezometria	SUPPiezomerica	Geologia TipoCaptacion TipoAcuifero	
CALIDAD Y ORIGEN DEL AGUA	Hidrigeoquimica	SUPParametro		
CAPTURA DE INFORMACIÓN	Estadistico Estacion HistoricoEstado	Error	Moda TipoEstado TipoEstacion	EstadísticoPrecipitacion x Cantidad_diasLluvia
UNIDADES ADMINISTRATIVAS	Municipio Departamento Territorial CAR			

Tabla 41. Comparación de variables en la categoría Atmósfera

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
ATMÓSFERA	PRECIPITACION	Fecha Descripcion Precipitacion	CodPrecipitacion CodTMedicion ErrorPrecipitacion CodigoEstacion	
	EVAPOTRANSPIRACION	Fecha Descripcion	CodEvapotranspiracion CodTMedicion	

	Evapotranspiracin	CodMedicion	
--	-------------------	-------------	--

Tabla 42. Comparación de variables en la categoría Medio Superficial

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
MEDIO SUPERFICIAL	CAUDAL	Fecha AlturaAgua	CodCaudal CodTMedicion CaudalMaximo CaudalMedio CaudalMinimo NivelMaximo NivelMedio NivelMinimo CodigoEstacion ErrorCaudal	Descripcion Caudal
	CUENCASUPERFICIAL	Geometria Nombre PendienteMedia Ancho	CodigoCuenca Orden AlturaMaxima AltitudMedia AlturaMinima AreaCuenca CoeficienteMasividad CoeficienteOrografico NumTotalCauces IndiceCompasividad RazonCircularidad	TiempoRetencion

		FactorForma CoeficienteCompasidad Perimetro DensidadDrenaje CoeficienteTorrencialidad CodRelieve CodigoEstacion	
COBERTURATERRESTRE	Geometria Nombre Nivel NivelPadre	CodigoCobertura Albedo	Codigo
SUELO	Geometria CapCampo	CodigoSuelo TipoSuelo TexturaSuelo PuntoMarchitez ConductividadHidraulica Espesor DensidadAparente CodigoCobertura	Tipo Codigo
RELIEVE	Descripcion Fuente Año Escala	CodRelieve	
CUENCADRENAJE	CaucePrincipal	CodigoCuenca CodigoDrenaje	Orden
DRENAJE		CodigoDrenaje Nombre TipoDrenaje	Descripcion Tipo

			Orden CodigoEstacion	
--	--	--	-------------------------	--

Tabla 43. Comparación de variables en la categoría Medio Subterráneo

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
MEDIO SUBTERRANEO	ACUIFERO	Geometria TipoAcuifero TipoEstrato Conductividad Espesor	CodAcuifero CodigoGeologia Permeabilidad CompasidadAlmacenamiento	
	ESTACIONPIEZOMETRICA	AlturaBoca Espesor	CodEstacionP TipoCaptacion	Tipo
	PIEZOMETRIA	Fecha Descripcion ProfundidadNivel NivelEstatico	CodPiezometria CodTMedicion CodEstacionP	

Tabla 44. Comparación de variables en la categoría Calidad y Origen del Agua

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
CALIDAD Y ORIGEN DEL AGUA	HIDROGEOQUIMICA	Fecha Descripcion Facie ErrorBalance Conductividad Ph Alcalinidad AlcalinidadFenolftaleina PotenciaOxidoReduccion Temperatura OxigenoDisuelto durezaTotal durezaCalcica durezaMagnesica SolidosTotales SolidosDisueltosTotales Bicarbonatos Carbonatos Sulfatos Cloruros Fosfatos Nitratos Nitritos	CodHidro CodTMedicion CodigoEstacion	Hora

		Calcio Magnesio Potasio Solido Hierro Silice ColiformesFecales ColiformesTotales		
--	--	---	--	--

Tabla 45. Comparación de variables en la categoría Captura de Información

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
CAPTURA DE INFORMACION	ESTADISTICO	FechaInicial FechaFinal EscalaTemporal Promedio Suma Maximo Minimo Mediana Moda DesviacionEstandar CantidadDatos	CodigoModa CodTMedicion	
	ESTACION	Geometria Nombre	CodigoEstacion TipoEstacion	Codigo

		Responsable Descripción Elevación	CodEstado	
	HISTORICOESTADO	Fecha	CodTMedicion CodEstado CodigoEstacion	Estado

Tabla 46. Comparación de variables en la categoría Unidades Administrativas

CATEGORIA DE INFORMACIÓN	COMPONENTE DE INFORMACIÓN	VARIABLE QUE SE MANTUVO	VARIABLE AGREGADA	VARIABLE ELIMINADA
UNIDADES ADMINISTRATIVAS	MUNICIPIO	Nombre Geometria	CodigoMunicipio CodigoDepartamento CodigoTerritorial	Codigo
	DEPARTAMENTO	Nombre Geometria	CodigoDepartamento	Codigo
	TERRITORIAL	Nombre Geometria	CodigoTerritorial CodigoCAR	
	CAR	Nombre	CodigoCAR	

En las figuras 15 y 16 se muestra el modelo de datos inicial y el final. Para describir cada uno de los componentes se generó un diccionario de datos que se describe en las tablas 56 a 108. Las tablas se encuentran agrupadas por categorías de información. Los nombres de los campos para la tabla, el tipo de dato del campo, las restricciones que puede tener el campo, el dominio, las demás restricciones de integridad y por último la descripción del dato almacenado en cada uno de los campos.

Al final de este documento se muestra el diagrama físico de la base de datos base.

En este diccionario de datos no se especifica el formato para los campos tipo fecha, debido a que el usuario a través de la interfaz, podrá definir cuál es el formato que utilizará cuando elija un componente de dato que contenga un campo tipo fecha, del mismo modo podrá elegir la precisión para los campos tipo decimal.

Tablas y Objetos del Medio Atmósfera

Tabla 47. Descripción de la tabla Precipitación

Tabla: Precipitacion				
Descripción: Almacena la cantidad de lluvia que se registra en una estación. Cada registro puede almacenar información horaria, diaria, semanal, mensual o anual.				
Nombre	Tipo (Tamaño)	Restricciones	Dominio	Descripción
CodPrecipitacion	Entero	Clave principal (PK)	Mayor que cero (>0)	Código de auto-incremento para enumerar cada registro de precipitación
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se midió valor de la precipitación.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
Precipitacion	Decimal	Chequeo NOT NULL	Mayor que cero (>0)	Cantidad de lluvia registrada, medida en milímetros de agua, El registro puede ser horaria, diaria, semanal, mensual o anual.
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL		Almacena el código que representa el tipo de error
Descripcion	Texto		Admite todo tipo de caracteres	Describe los eventos o características del día en que se hace el registro de la precipitación. Esto puede ser sobre

				características del ambiente o sobre las particularidades que presente el instrumento de medición el día en que se toma la muestra.
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL	Admite todo tipo de caracteres excepto el espacio en blanco	Identificación de la estación que mide el dato de precipitación

Tabla 48. Descripción de la tabla TipoErrorPrec

Tabla: TipoErrorPrec				
Descripción: Almacena el error que puede presentar un dato registrado en la tabla Precipitación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que almacena el error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.

Tabla 49. Descripción de la tabla TiempoMedicion

Tabla: TiempoMedicion				
Descripción: Almacena los formatos para los tiempos de medición posibles a almacenar.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodTMedicion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0). [1-5]	Código de auto-incremento para enumerar los tipos de medición.
Nombre	Texto	NOT NULL		Describe tiempo de medición entre: hora, día, semana, mes o año.

Tabla 50. Descripción de la tabla BrilloSolar

Tabla: BrilloSolar				
Descripción: Almacena los datos de Brillo solar registrados en una fecha y en una estación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodBrillo	Entero	Clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de brillo solar.
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se midió valor de brillo solar.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)

BrilloSolar	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0)	Es la cantidad de horas de sol en un día.
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL		Almacena el código que representa el tipo de error.
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que mide el dato de brillo solar.

Tabla 51. Descripción de la tabla TipoErrorBrillo

Tabla: TipoErrorBrillo				
Descripción: Almacena el error que puede presentar un dato registrado en la tabla BrilloSolar				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que almacena el error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.

Tabla 52. Descripción de la tabla TemperaturaAire

Tabla: TemperaturaAire				
Descripción: Almacena los datos de temperatura registrados en una fecha y en una estación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodTemperatura	Entero	Clave principal (PK)	Mayor que cero (>0)	Código de auto-incremento para enumerar cada registro de temperatura.
CodEvapotrans	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a la evapotranspiración.
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se midió valor de la temperatura del aire.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
TempMaxima	Decimal			Valor de temperatura máxima, medida en grados celsius.
TempMedia	Decimal			Valor de temperatura media, medida en grados celsius.
TempMinima	Decimal			Valor de temperatura mínima, medida en grados celsius.
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL		Código del error generado
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea		Identificación de la

		Admite NULL		estación que mide el dato de temperatura
--	--	-------------	--	--

Tabla 53. Descripción de la tabla TipoErrorTemAire

Tabla: TipoErrorTemAire				
Descripción: Almacena los errores correspondientes a la Temperatura del aire				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0)	Almacena el código del error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.

Tabla 54. Descripción de la tabla Humedad

Tabla: Humedad				
Descripción: Almacena los datos de humedad registrados en una fecha y en una estación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodHumedad	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de Humedad.
CodEvapotrans	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a la evapotranspiración.
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se midió el valor de la humedad relativa.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
HumedadRelativa	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Valor de humedad relativa, registrada en porcentaje
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que mide el dato de humedad relativa
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL		Código del error.

Tabla 55. Descripción de la tabla TipoErrorHumedad

Tabla: TipoErrorHumedad				
Descripción: Almacena los errores correspondientes a la humedad				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de	Nombre del error.

			caracteres	
--	--	--	------------	--

Tabla 56. Descripción de la tabla Viento

Tabla: Viento				
Descripción: Almacena los datos de Velocidad del viento y su dirección, registrados en una fecha y en una estación				
Observación: Existen dos formas de almacenar la velocidad: 1) valor velocidad y dirección; 2) valor velocidad, ángulo y dirección.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodViento	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de viento.
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se midió valor de la velocidad del viento.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
VelocidadViento	Decimal			Valor de velocidad del viento en Km/h.
DireccionViento	Texto			Dirección en la que se reporta la velocidad del viento.
DireccionAngulo	Decimal			Angulo en la que se reporta la dirección del viento.
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL	Mayor a cero (>0)	Código del error.
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que mide el dato de velocidad del viento

Tabla 57. Descripción de la tabla TipoErrorViento

Tabla: TipoErrorViento				
Descripción: Almacena los errores correspondientes al Viento				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Almacena el código del error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.

Tabla 58. Descripción de la tabla Evapotranspiración

Tabla: Evapotranspiración				
Descripción: Almacena la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en mm por unidad de tiempo.				

Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodEvapotrans	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de evapotranspiración.
Fecha	Date	NOT NULL		Almacena la fecha a la que corresponde el dato calculado.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
Evapotranspiración	Decimal	NOT NULL	mayor o igual que 0 (>=0)	Valor de la evapotranspiración potencial calculada.
CodigoMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición de la evapotranspiración.

Tabla 59. Descripción de la tabla MetodoMedicion

Tabla: MetodoMedicion				
Descripción: Almacena los métodos de medición posibles en la evapotranspiración.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoMedicion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del método medición.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Describe el método de medición de la evapotranspiración.

Tabla 60. Descripción de la tabla Radiación

Tabla: Radiación				
Descripción: Almacena la cantidad de radiación que se mide en la atmósfera en una fecha y en una estación.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRadiacion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de radiación.
Fecha	Date	NOT NULL		Almacena la fecha a la que corresponde el dato calculado.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
Valor	Decimal	NOT NULL	mayor o igual que 0 (>=0)	Valor de la radiación calculada.
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL	Mayor a cero (>0)	Almacena el código del error que se presenta en

				los datos de Radiación.
TipoRadiacion	Entero	Llave Foránea NOT NULL	mayor que 0 (>0)	Almacena el código correspondiente al tipo de Radiación.
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que mide el dato de Brillo Solar.

Tabla 61. Descripción de la tabla TipoRadiacion

Tabla: TipoRadiacion				
Descripción: Almacena los tipos de Radiación.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoRadiacion	Entero	Es clave principal (PK)	mayor que 0 (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del tipo de radiación.
Nombre	Texto	NOT NULL		Almacena el nombre del tipo de radiación entre: Radiacion electromagnética, Radiacion ionizante, Radiacion térmica, Radiacion de Cerenkov, Radiacion Corpuscular, Radiacion Solar, Radiacion de supervoltaje, Radiacion nuclear, Radiacion de cuerpo negro, Radiacion no ionizante, Radiacion de antimateria, Radiacion cosmica

Tabla 62. Descripción de la tabla TipoErrorRadia

Tabla: TipoErrorRadia				
Descripción: Almacena los errores correspondientes a la Radiación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del error para radiación.

Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.
--------	-------	----------	--------------------------------	-------------------

Tablas y Objetos del Medio Superficial

Tabla 63. Descripción de la tabla Caudal

Tabla: Caudal				
Descripción: Registra el caudal medido en una estación limnimétrica o limnigráfica en unidades de m ³ /s				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodCaudal	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del caudal.
Fecha	Date	NOT NULL		Fecha en la que se hace el registro.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
AlturaAgua	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Medida de la lámina de agua
CaudalMaximo	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Flujo máximo que pasa por la sección de la corriente.
CaudalMedio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Flujo medio que pasa por la sección de la corriente
CaudalMinimo	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Flujo mínimo que pasa por la sección de la corriente
NivelMáximo	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Nivel máximo del caudal
NivelMedio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Nivel medio del caudal
NivelMínimo	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0)	Nivel mínimo del caudal
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que mide el dato de caudal
Error	Entero	Llave foránea Admite NULL		Lista de errores que se presentan en los datos de caudal.

Tabla 64. Descripción de la tabla TipoErrorCaudal

Tabla: TipoErrorCaudal

Descripción: almacena los errores correspondientes al caudal				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
Error	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de error.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del error.

Tabla 65. Descripción de la tabla Suelo

Tabla: suelo				
Descripción: Almacena la información sobre las unidades de suelo.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodSuelo	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de suelo.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	Contiene el polígono que representa la extensión de la unidad de suelo en planta.
TipoSuelo	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Código de identificación del tipo de suelo.
TipoTextura	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Código de identificación de la textura del suelo.
CapCampo	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0).	Es la capacidad máxima de almacenamiento de agua en el suelo, medida en mm de agua.
PuntoMarchitez	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>=0).	Contiene la capacidad mínima de retención de agua medida en mm de agua
ConductividadHidraulica	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0).	Almacena la medida de la capacidad del suelo de conducir agua bajo un gradiente de potencial hidráulico.
Espesor	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>=0).	Almacena el espesor del suelo
DensidadAparente	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0).	Contiene la densidad del suelo.
CodigoCobertura	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Código de identificación de la cobertura terrestre

Tabla 66. Descripción de la tabla TipoSuelo

Tabla: TipoSuelo				
Descripción: Almacena la información sobre los tipos de suelo.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoSuelo	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de tipo suelo.
Nombre	Texto	NOT NULL		Describe el tipo de suelo.

Tabla 67. Descripción de la tabla TexturaSuelo

Tabla: TexturaSuelo				
Descripción: Almacena la información sobre las texturas de los suelos				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoTextura	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de textura suelo
Nombre	Texto	NOT NULL		Describe la textura del suelo. Puede ser: arenoso, arcilloso, Limoso, limo-arcilloso arcillo-Limoso , grava entre otros.

Tabla 68. Descripción de la tabla CoberturaTerrestre

Tabla: CoberturaTerrestre				
Descripción: Almacena el tipo de vegetación en la superficie.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoCobertura	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de la cobertura terrestre.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre de la cobertura terrestre.
Nivel	Entero	NOT NULL	[1-4]	Describe el nivel de detalle de la cobertura terrestre (de forma que el nivel 1 es el nivel más general y el nivel 4 el más detallado).
NivelPadre	Entero	Si el nivel es 1, el valor no puede estar vacío.		Almacena el nivel del que es subconjunto la cobertura vegetal si esta no es de nivel 1.
Albedo	Decimal	Chequeo	[0-1]	Almacena la cantidad de energía reflejada por una superficie.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	Contiene un polígono con la extensión de la cobertura y su área superficial.

Tabla 69. Descripción de la tabla Relieve

Tabla: Relieve				
Descripción: Contiene información general sobre los datos del relieve.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRelieve	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del relieve.

Descripción	Texto		Admite todo tipo de caracteres.	Contiene las características generales del relieve en caso de que se tenga.
Fuente	Texto		Admite todo tipo de caracteres.	Indica a partir de qué datos o de qué proceso fue obtenido el mapa.
Año	Entero		Mayor que cero (>0). Menor o igual al año actual.	Año en el que se generó el mapa de relieve.

Tabla 70. Descripción de la tabla CurvaNivel

Tabla: curvaNivel				
Descripción: Contiene líneas que representan la altura en el terreno, es decir, representa la proyección de una superficie del mismo nivel con el terreno.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRelieve	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente al relieve.
Shape	Línea	NOT NULL	Línea	Representa las curvas de nivel.
Cota	Decimal	NOT NULL	Mayor o igual a cero (>=0).	Contiene la altura sobre el nivel del mar para una curva de nivel dada.

Tabla 71. Descripción de la tabla DEM

Tabla: DEM				
Descripción: Contiene el modelo digital de las elevaciones de una zona. El modelo puede provenir de una técnica de interpolación o construirse en una imagen de radar o provenir de otra fuente.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodRelieve	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente al relieve.
Dem	Raster	NOT NULL	Todo tipo de caracteres	Representa en forma distribuida el atributo de altura sobre el nivel del mar en una superficie.

Tabla 72. Descripción de la tabla CuencaDrenaje

Tabla: CuencaDrenaje				
Descripción: Producto de la relación entre la cuenca y el drenaje contiene el cauce principal de la cuenca así como el orden.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CaucePrincipal	Entero	Debe existir la tabla drenaje y CuencaSuperficial NOT NULL		Contiene el canal más largo de la cuenca y que capta toda el agua que proviene de las ramificaciones.

CodigoCuenca	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0)	Contiene el código de la cuenca
CodigoDrenaje	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Contiene el código del drenaje.

Tabla 73. Descripción de la tabla Drenaje

Tabla: Drenaje				
Descripción: Almacena las corrientes de agua superficial en una zona determinada. En esta tabla se almacena el nombre y características de las corrientes				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoDrenaje	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto- incremento que enumera cada registro del drenaje.
Nombre	Texto		Admite todo tipo de caracteres	Nombre del drenaje. Puede ser: Río, Ciénaga, Lago, Laguna, Quebrada
TipoDrenaje	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del tipo de drenaje.
Orden	Entero	NOT NULL		Almacena el número de orden de la red fluvial de acuerdo con el índice de Horton
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL		Identificación de la estación que realiza la medición.

Tabla 74. Descripción de la tabla TipoDrenaje

Tabla: TipoDrenaje				
Descripción: Almacena los tipos de drenaje.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoDrenaje	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto- incremento que enumera cada registro del tipo drenaje.
Nombre	Texto	NOT NULL		Contiene los tipos de drenaje en caso que se tenga. Puede ser: Permanente o inermite.

Tabla 75. Descripción de la tabla D_Lineal

Tabla: D_Lineal				
Descripción: Almacena los drenajes en forma de línea				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoDrenaje	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del drenaje.
ShapeLinea	Línea	NOT NULL	Línea	Describe gráficamente la trayectoria del tramo de la corriente.

Tabla 76. Descripción de la tabla D_Ancho

Tabla: D_Ancho				
Descripción: Almacena aquellos drenajes que pueden representarse como polígonos				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoDrenaje	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del drenaje.
ShapepoAncho	Polígono	NOT NULL	Polígono	Almacena la geometría y ubicación del drenaje.
FactorEscala	Texto		Admite todo tipo de caracteres	Se refiere a la escala de detalle con la que fue generado el mapa. (Variable 1:25000, 1:10000)

Tabla 77. Descripción de la tabla CuerpoLentico

Tabla: CuerpoLentico				
Descripción: Almacena cuerpos de agua lénticos como lagos, lagunas, esteros, o pantanos.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodLentico	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del cuerpo léntico.
CodigoLenticos	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del tipo cuerpo léntico.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	Almacena la geometría y ubicación del cuerpo léntico.
Nombre	Texto	NOT NULL		Nombre del cuerpo léntico.
CodigoCuenca	Entero	Llave Foránea Admite NULL	Mayor que cero (>0)	Contiene el código de la cuenca

Tabla 78. Descripción de la tabla TipoLentico

Tabla: TipoLentico				
Descripción: Almacena los tipos de cuerpos de agua lénticos				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoLenticos	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro del tipo cuerpo léntico.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre del cuerpo léntico Puede ser: Lago, laguna, pantano o ciénaga

Tabla 79. Descripción de la tabla Bifurcación

Tabla: Bifurcacion				
Descripción: La relación de bifurcación permite comprender algunas variaciones Geocológicas que se				

producen en el territorio de la cuenca.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodBifurcación	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro de bifurcación.
Orden	Entero	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Contiene cada uno de los órdenes presentes en la cuenca.
RazonBifurcacion	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Es la relación entre dos órdenes sucesivos de la cuenca (Noi/Noi+1)
NumCauces	Entero	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Cantidad de tramos de un orden dado
CodigoCuenca	Entero	Llave Foránea Admite NULL	Mayor que cero (>0)	Contiene el código de la cuenca
LongitudOrden	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Longitud total de los tramos de un orden dado
RazonLongitud	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Es la relación entre dos longitudes de dos órdenes consecutivos de la cuenca (Loi/Loi+1)

Tabla 80. Descripción de la tabla CuencaSuperficial

Tabla: CuencaSuperficial				
Descripción: Frontera física que agrupa un sistema de drenajes superficiales. Se almacena en forma de polígono				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoCuenca	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para cuenca superficial.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	Forma de la cuenca y ubicación.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Nombre de la cuenca, usualmente es el nombre de la corriente o drenaje principal.
PendienteMedia	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Pendiente media de la cuenca.
Ancho	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Se define como la relación entre el área de la cuenca y su longitud Extensión/Perímetro.
Orden	Entero		Mayor que cero (>0)	Contiene el orden de la cuenca que es el orden del tramo más bajo del cauce principal.
AlturaMaxima	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero	Almacena la elevación máxima de la cuenca.

			(>=0).	
AltitudMedia	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Almacena la elevación media de la cuenca.
AlturaMinima	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Contiene la elevación mínima de la cuenca.
CoeficienteMasividad	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Representa la relación entre la elevación media de la cuenca y su superficie.
CoeficienteOrografico	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	combina la altura media, sobre la energía potencial del agua; y la inclinación característica de las laderas de la cuenca, sobre la energía cinética del flujo de la Escorrentía superficial.
NumTotalCauces	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Cantidad total de cauces en la cuenca
IndiceCompaCidad	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Según Gravelius, es la relación entre el perímetro de la cuenca y el de un círculo cuya área es equivalente al área de la cuenca
RazonCircularidad	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Es la razón entre el área de la cuenca y la del círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca
AreaCuenca	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Almacena el área de la cuenca.
FactorForma	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0)	Es la relación entre el área de la cuenca y el cuadrado de su longitud.
CoeficienteCompacidad	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Contiene el indicador de la regularidad geométrica de la forma de la cuenca.
Perimetro	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Almacena el perímetro de la cuenca.
DensidadDrenaje	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (>=0).	Almacena la densidad del drenaje que se obtiene a partir del cociente entre la longitud de los cauces que conforman el sistema fluvial de la cuenca, expresados en Kilómetros y el área

				total de la unidad hidroespacial expresada en Kilómetros cuadrados
CoeficienteTorrencialidad	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Almacena el coeficiente de torrencialidad que es la relación entre el número total de cursos de orden 1 y el área de la cuenca.
CodRelieve	Entero	Llave Foránea	Mayor a cero (>0).	Almacena el código del relieve relacionado con la cuenca superficial
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea NOT NULL		Identificación de la estación que realiza la medición.

Tablas y Objetos del Medio Subterráneo

Tabla 81. Descripción de la tabla Acuífero

Tabla: Acuífero				
Descripción: Contiene la descripción y parámetros básicos de las unidades acuíferas.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoAcuifero	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0)	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para acuífero.
CodCuencaSub	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a la cuenca subterránea a la que pertenece el acuífero.
Shape	Polígono	NOT NULL		Representa la vista en la planta del acuífero y sus límites
TipoAcuifero	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código del tipo acuífero.
TipoEstrato	Texto		Admite todo tipo de caracteres	Describe el tipo de estrato o formación en el que se encuentra el acuífero.
Conductividad	Decimal		Mayor o igual a cero (≥ 0).	Almacena la conductividad hidráulica promedio en el acuífero. Esta se da en unidades de m/s.
Espesor	Decimal		Mayor que cero (>0).	Contiene el espesor promedio del acuífero.
CodigoGeologia	Entero	Llave Foránea Admite NULL	Mayor que cero (>0).	En este campo se almacena el código que identifica la geología.
Permeabilidad	Decimal	NOT NULL	Mayor que	En este campo se

			ceros (>0).	almacena capacidad del acuífero para que el agua lo atraviese sin alterar su estructura interna.
CapacidadAlmacenamiento	Decimal		Mayor que cero (>0).	En este campo se almacena la capacidad de almacenamiento del acuífero

Tabla 82. Descripción de la tabla TipoAcuífero

Tabla: TipoAcuífero				
Descripción: Tabla que almacena los tipos de acuíferos				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoAcuífero	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para el tipo de acuífero.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Describe el tipo de unidad acuífera. Este puede ser libre, confinado o semiconfinado.

Tabla 83. Descripción de la tabla CuencaSubterránea

Tabla: CuencaSubterránea				
Descripción: Contiene la ubicación espacial de la cuenca subterránea vista en planta.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodCuencaSub	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para la cuenca subterránea.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	Almacena el polígono con la extensión en planta de la cuenca subterránea.
Extension	Decimal		Mayor que cero (>0).	Contiene el área de la cuenca.

Tabla 84. Descripción de la tabla Piezometría

Tabla: Piezometría				
Descripción: Contiene información sobre el nivel piezométrico registrado en un día y en una estación.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodPiezometría	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para la piezométrica.
Fecha	Date	NOT NULL		Contiene la fecha en que se hizo la medición.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea	Mayor que	Almacena el código

		NOT NULL	cero (>0).	correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
ProfundidadNivel	Decimal	NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Profundidad medida desde la altura de la boca hasta donde está el nivel del agua.
NivelPiezometrico	Decimal	NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Altura del agua subterránea reportada en metros sobre el nivel del mar. Se calcula restando de la cota del terreno la profundidad del nivel del agua después de descontar la altura de la boca.
Descripcion	Texto		Admite todo tipo de caracteres	Contiene la descripción, los eventos o características del día en que se hace el registro. Esto puede ser sobre características del ambiente o sobre las particularidades que presente el instrumento de medición el día en que se toma la muestra.
CodEstacionP	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la estación piezométrica.

Tabla 85. Descripción de la tabla EstacionPiezometrica

Tabla: EstacionPiezometrica				
Descripción: Almacena los puntos de observación del nivel piezométrico pueden ser: aljibes, pozos, piezómetros, manantiales y en general todas aquellas zonas de extracción o medición de nivel de los sistemas acuíferos.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodEstacionP	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para la estación piezométrica.
AlturaBoca	Decimal	NOT NULL	Mayor o igual a cero (>=0). - Valor por defecto (0)	Altura medida desde el nivel del terreno hasta la boca de la captación.
Espesor	Decimal		Mayor que	Describe el espesor del

			cero (>0).	acuífero del que se capta o mide el nivel de agua.
TipoCaptacion	Entero	Llave foranea NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el código de la captación

Tabla 86. Descripción de la tabla TipoCaptacion

Tabla: TipoCaptacion				
Descripción: Tabla que almacena los tipos de captación				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoCaptacion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Almacena el código de la captación
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Almacena el nombre del tipo de captación, puede ser: pozo, aljibe, manantial.

Tabla 87. Descripción de la tabla Geologia

Tabla: Geologia				
Descripción: Tabla que almacena la geología del medio subterráneo.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoGeologia	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para la geología.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	Describe el tipo de geología.
Shape	Polígono	NOT NULL	Polígono	En este campo se almacena la geometría del polígono que representa la extensión y los límites de la geología.
GrupoGeologico	Texto			Describe el grupo geológico al que pertenece la unidad.

Tablas y Objetos de Captura de la Información

Tabla 88. Descripción de la tabla Estación

Tabla: Estacion				
Descripción: Tabla que almacena las estaciones hidrometeorológicas instaladas.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoEstacion	Texto	Es clave principal (PK)	Admite todo tipo de caracteres	En este campo se almacena un código alfanumérico con el cual se identifica cada estación.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo	En este campo se

			tipo de caracteres	almacena la entidad que está encargada de la estación.
Responsable	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	En este campo se almacena la CAR que está trabajando sobre la estación instalada.
Descripcion	Texto		Admite todo tipo de caracteres	En este campo se almacena la descripción, observación o comentarios acerca de la estación.
Elevacion	Decimal		Mayor o igual a cero (≥ 0).	Almacena la cota en la que se encuentra la estación
Shape	Point	NOT NULL		Almacena la ubicación de la estación. Esta se representa por un punto con coordenadas X, Y, medidas en unidades métricas
TipoEstacion	Entero	Llave Foránea NOT NULL	[1- 11]	Es el tipo de estación. Puede ser 1: Precipitación 2: Hidrogeoquímica 3: Piezométrica 4: Caudal 5. Brollo Solar 6. Viento 7. Radiación 8. Temperatura Aire 9. Humedad

Tabla 89. Descripción de la tabla TipoEstacion

Tabla: TipoEstacion				
Descripción: Tabla que almacena los tipos de estaciones instaladas.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
TipoEstacion	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para el tipo de estación.
Nombre	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	En este campo se almacena el nombre de la estación.

Tabla 90. Descripción de la tabla HistoricoEstado

Tabla: HistoricoEstado				
Descripción: Tabla que almacena el estado de operación de las estaciones hidrometeorológicas.				
Observación: La combinación entre el campo fecha y el estado debe ser única.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodHistorico	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para el Histórico del estado.

Fecha	Date	NOT NULL		En este campo se almacena la fecha en que la estación cambió de estado.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
CodEstado	Entero	Llave foránea Admite NULL		En este campo se almacena código del estado.
CodEstacion	Texto	Llave Foránea NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	En este campo se almacena un código alfanumérico con el cual se identifica cada estación.

Tabla 91. Descripción de la tabla TipoEstado

Tabla: TipoEstado				
Descripción: Tabla que almacena los tipos de estado para las estaciones hidrometeorológicas.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodEstado	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor a cero (>0). [1-4]	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para el tipo de estado de la estación.
Nombre	Texto	NOT NULL		En este campo se almacena el estado en que se encuentra la estación. 1: Activa 2: Inactiva 3: Instalada 4: Desinstalada

Tabla 92. Descripción de la tabla Estadístico

Tabla: Estadístico				
Descripción: Tabla que almacena las estaciones hidrometeorológicas instaladas.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
FechaInicio	Date	NOT NULL		En este campo se almacena la fecha que indica el rango inicial de los datos que se tuvieron en cuenta para calcular los datos estadísticos.
FechaFinal	Date	NOT NULL		En este campo se almacena la fecha que indica el rango final de los datos que se tuvieron en cuenta para calcular los datos estadísticos.
EscalaTemporal	Texto	NOT NULL	Admite todo tipo de caracteres	
Promedio	Decimal	NOT NULL	Admite todo	En este campo se

			tipo de caracteres	almacena la descripción, observación o comentarios acerca de la estación sobre la que se está trabajando.
Suma	Decimal	NOT NULL	Mayor o igual a cero (≥ 0).	En este campo se almacena la sumatoria de los datos de la muestra seleccionada.
Maximo	Decimal	NOT NULL		En este campo se almacena el dato máximo de la muestra seleccionada.
Minimo	Decimal	NOT NULL		En este campo se almacena el dato mínimo de la muestra seleccionada.
Mediana	Decimal	NOT NULL		En este campo se almacena los datos que representan la mediana de la muestra seleccionada.
Moda	Decimal			En este campo se almacena los datos que mas repiten en la muestra seleccionada.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (> 0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
DesviacionEstandar	Decimal	NOT NULL		En este campo se almacena la desviación estándar calculada de la muestra seleccionada.
CantidadDatos	Entero	NOT NULL		En este campo se almacena la cantidad de datos que hacen parte de la muestra seleccionada.
CodigoModa	Entero	Llave Foránea NOT NULL	Mayor que cero (> 0).	Almacena el código correspondiente al tipo de medición de la moda.

Tabla 93. Descripción de la tabla Moda

Tabla: Moda				
Descripción: Tabla que almacena los valore de la moda.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoModa	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (> 0).	Almacena el código correspondiente al tipo de moda.
Moda	Texto	NOT NULL		En este campo se almacena el nombre del tipo de moda. Puede ser: Unimodal, Modal Bimodal.

Tabla 94. Descripción de la tabla Cantidad_diasLluvia

Tabla: Cantidad_diasLluvia				
Descripción: Tabla que almacena los datos estadísticos referentes a la estación precipitación.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CantidadDiasLluvia	Entero	NOT NULL	Mayor o igual a cero (>=0).	En este campo se almacena la sumatoria de los datos de la muestra seleccionada.

Tablas y Objetos de Calidad y Origen del Agua

Tabla 95. Descripción de la tabla Hidrogeoquímica

Tabla Hidrogeoquímica				
Descripción: Contiene información de los parámetros Hidrogeoquímicos del agua. Los datos provienen de muestreos y de los resultados que reporta el análisis de laboratorio.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodHidro	Entero	Es clave principal (PK)	Mayor que cero (>0).	Código de Auto-incremento que enumera cada registro para la hidrogeoquímica.
Fecha	Date	NOT NULL.		En este campo se almacena la fecha en que se toma la muestra.
CodTMedicion	Entero	Llave foránea NOT NULL	Mayor que cero (>0).	Almacena el código correspondiente a los tipos de medición (horaria, diaria, semanal, mensual o anual.)
CodigoEstacion	Texto	Llave foránea Admite NULL	Admite todo tipo de caracteres excepto el espacio en blanco	Identificación de la estación que mide el dato de Hidrogeoquímica.
Descripcion	Texto	Admite todo tipo de caracteres		En este campo se almacenan las observaciones que se tuvieron en el día del muestreo
Facie	Texto			Contiene la clasificación hidrogeoquímica de la muestra por los iones dominantes.
ErrorBalance	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0).	Es el principal criterio de calidad analítica. Es un campo calculado $(\sum \text{meq cationes} - \sum \text{meq aniones}) / (\sum \text{meq cationes} + \sum \text{meq aniones}) \%$.
Conductividad	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (>0).	Es la medida de la facilidad con la que los electrones pueden pasar

				por el agua medida en unidades de micro siemens/cm (ms/cm
pH	Entero	Chequeo	[1 – 14]	Nivel de acidez en la muestra medida en unidades de pH.
Alcalinidad	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (≥ 0).	Es la medida de la capacidad ácido neutralizante de la muestra de agua medida en unidades de mg/L CaCO ₃
AlcalinidadFenolftaleína	Decimal	Chequeo	Mayor que cero (> 0).	Es la medida de la capacidad ácido neutralizante de la muestra de agua debida al ion carbonato medida en unidades de mg/L CaCO ₃
PotencialOxidoReducción	Decimal			Es la medida de la actividad de los electrones en la muestra de agua medida en omhs.
Temperatura	Decimal			Es la medida de la temperatura en la muestra del agua medida en °C.
OxigenoDisuelto	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la medida del oxígeno disuelto presente en la muestra en unidades de mg / L.
DurezaTotal	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de compuestos minerales, en particular sales de magnesio y calcio medida en unidades de mg/L CaCO ₃ .
DurezaCalcica	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de compuestos minerales, en particular sales de calcio medida en unidades de mg/L CaCO ₃ ..
DurezaMagnesica	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de compuestos minerales, en particular sales de magnesio medida en unidades de mg/L CaCO ₃ ..
SolidosTotales	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de los sólidos totales presentes en la muestra medida en unidades de mg/L.
SolidosDisueltosTotales	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de los sólidos disueltos totales presentes en la muestra medida en unidades de mg/L.
Bicarbonatos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión bicarbonato medida en unidades de mg/L, meq/L de HCO ₃ .

Carbonatos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Carbonato medida en unidades de mg/L, meq/L de CO ₃ .
Sulfatos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Sulfato medida en unidades de mg/L, meq/L de SO ₄ .
Cloruros	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Cloruro medida en unidades de mg/L, meq/L de Cl.
Fosfatos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Fosfato medida en unidades de mg/L, meq/L de PO ₄ .
Nitratos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Nitrato medida en unidades de mg/L, meq/L de NO ₃ .
Nitritos	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del anión Nitrito mg/L, meq/L de NO ₂ .
Calcio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del catión calcio medida en unidades de mg/L, meq/L de Ca.
Magnesio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del catión Magnesio medida en unidades de mg/L, meq/L de Mg.
Potasio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del catión Potasio medida en unidades de mg/L, meq/L K.
Sodio	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del catión Sodio medida en unidades de mg/L, meq/L Na.
Hierro	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración del catión Hierro medida en unidades de mg/L, meq/L de Fe.
Silice	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración de elemento Sílice medida en unidades de mg/L de SiO ₂ .
Coliformes Fecales	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Concentración de coliformes fecales medida en unidades de UFC.
Coliformes Totales	Decimal	Chequeo	Mayor o igual a cero (≥ 0).	Es la concentración de los coliformes totales de la muestra.

Tablas y Objetos de Unidades Administrativas

Tabla 96. Descripción de la tabla Departamento

Tabla Departamento				
Descripción: En esta tabla se almacena la información de los Departamentos de Colombia				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoDepartamento	Texto	Es clave principal (PK)		En este campo se almacena un código alfanumérico con el cual se identifica cada departamento en el territorio.
Nombre	Texto	NOT NULL.		En este campo se almacena el nombre del departamento.
Shape	Polígono	NOT NULL.		En este campo se almacena la geometría del polígono que representa la extensión y los límites del departamento.

Tabla 97. Descripción de la tabla Municipio

Tabla: Municipio				
Descripción: En esta tabla se almacena la información de los municipios de Colombia.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoMunicipio	Texto	Es clave principal (PK)		En este campo se almacena un código alfanumérico con el cual se identifica cada municipio en el territorio. El código del municipio se tomara según el departamento administrativo nacional de estadística (DANE).
Nombre	Texto	NOT NULL.		En este campo se almacena el nombre del municipio.
Shape	Polígono	NOT NULL.		En este campo se almacena la geometría del polígono que representa la extensión y los límites del municipio.
CodigoDepartamento	Texto	Llave Foránea NOT NULL		En este campo se almacena el código alfanumérico con el cual se identifica cada departamento en el territorio.
CodigoTerritorial	Texto	Llave Foránea NOT NULL		Almacena el código de la territorial

Tabla 98. Descripción de la tabla Territorial

Tabla: Territorial				
Descripción: En esta tabla se almacenan las divisiones territoriales de la jurisdicción de las CAR.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoTerritorial	Texto	Es clave principal (PK)		Almacena el código de la territorial
Shape	Polígono	NOT NULL.		Almacena el límite de la jurisdicción de los territoriales.
Nombre	Texto	NOT NULL		En este campo se almacena el nombre de la territorial.
CodigoCAR	Texto	Llave Foránea NOT NULL		En este campo se almacenan los códigos de las CAR.

Tabla 99. Descripción de la tabla CAR

Tabla: CAR				
Descripción: En esta tabla se almacenan el nombre de las corporaciones autónomas regionales (CAR) que son las entidades encargadas de ejecutar las Políticas establecidas por el Gobierno Nacional en materia ambiental; planificar y ejecutar proyectos de preservación, descontaminación ó recuperación de los recursos naturales renovables afectados; y velar por el uso y aprovechamiento adecuado de los recursos naturales y el medio ambiente dentro del territorio de su jurisdicción, con el fin de mejorar la calidad de vida de sus habitantes y contribuir al desarrollo sostenible.				
Nombre	Tipo	Restricciones	Dominio	Descripción
CodigoCAR	Texto	Es clave principal (PK)		En este campo se almacenan los códigos de las CAR.
Nombre	Texto	NOT NULL.		En este campo se almacenan los nombres de las CAR.

Figura 15. Modelo Hidrológico base de la aplicación

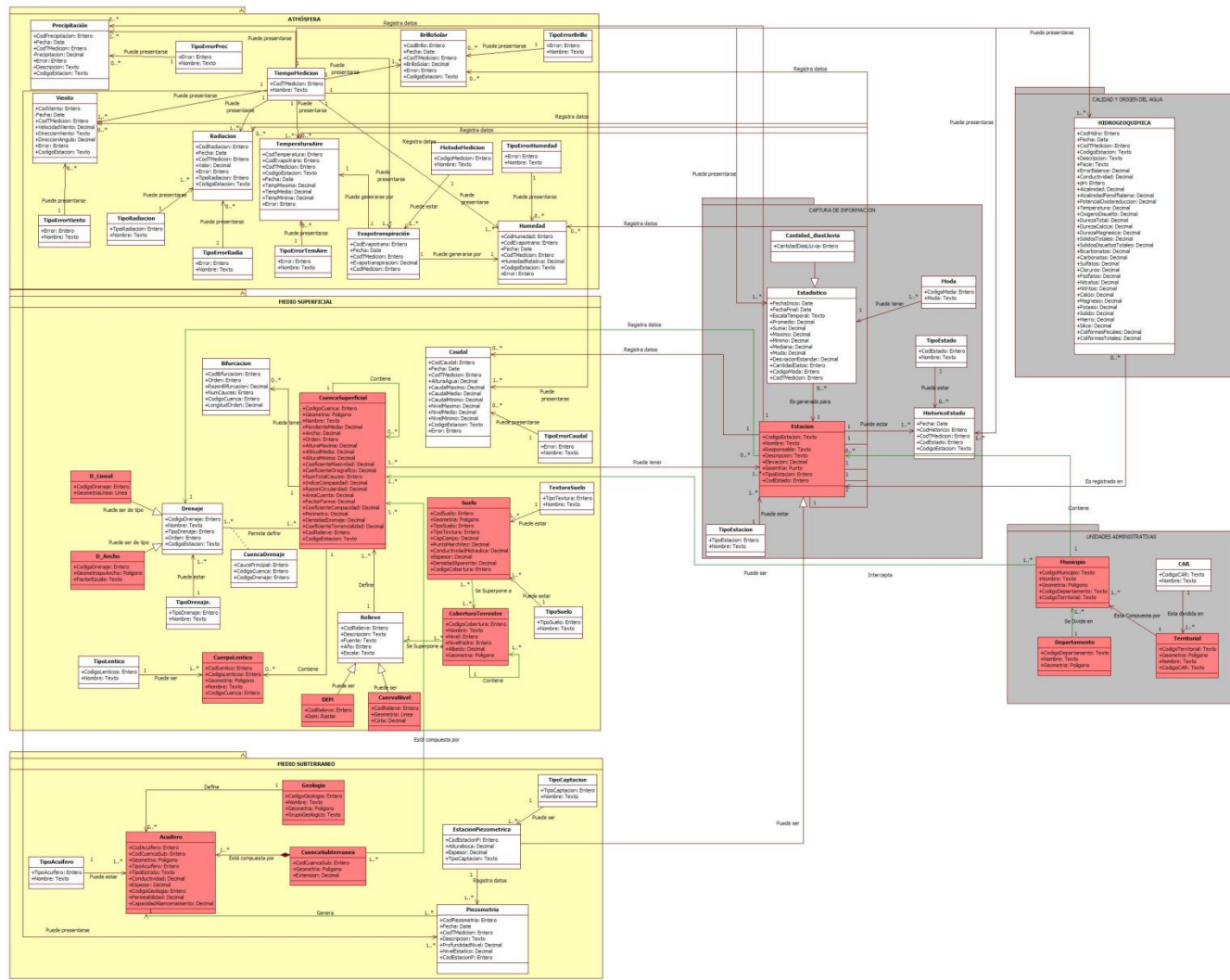
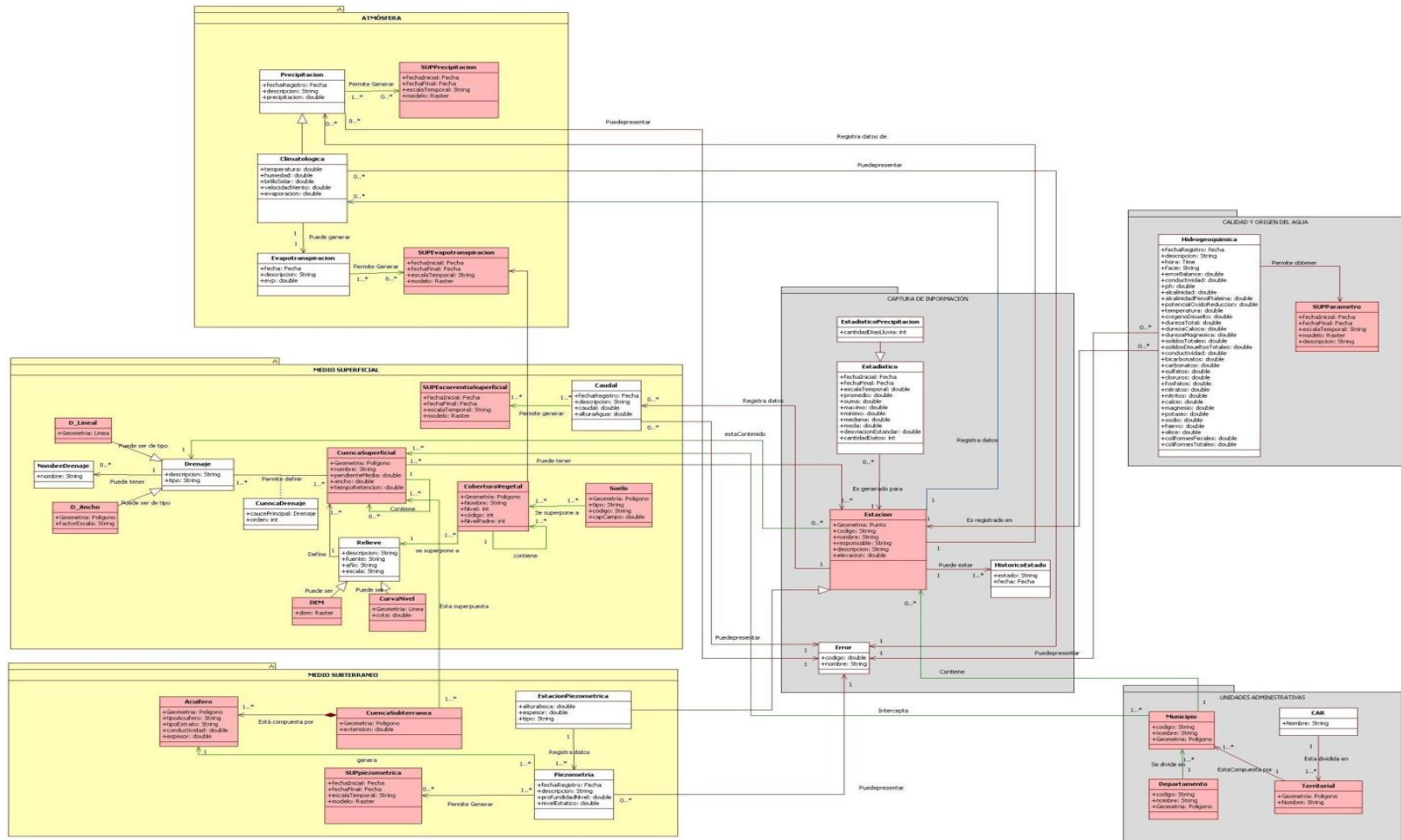


Figura 16. Modelo Hidrológico base inicial



ANEXO B. Manual de instalación

MANUAL DE INSTALACIÓN

Hidrosystem es una herramienta pensada y diseñada para permitir a los hidrólogos crear de una forma ágil y amigable modelos de bases de datos hidrológicas a la medida, que sirva de apoyo en la gestión de información hídrica. El sistema requiere para su funcionamiento el motor de base de datos SQL Server 2008, el sistema de Información Geográfico ArcGis versión 9.3 y una base de datos local.

A continuación se describen los pasos necesarios para la instalación del sistema


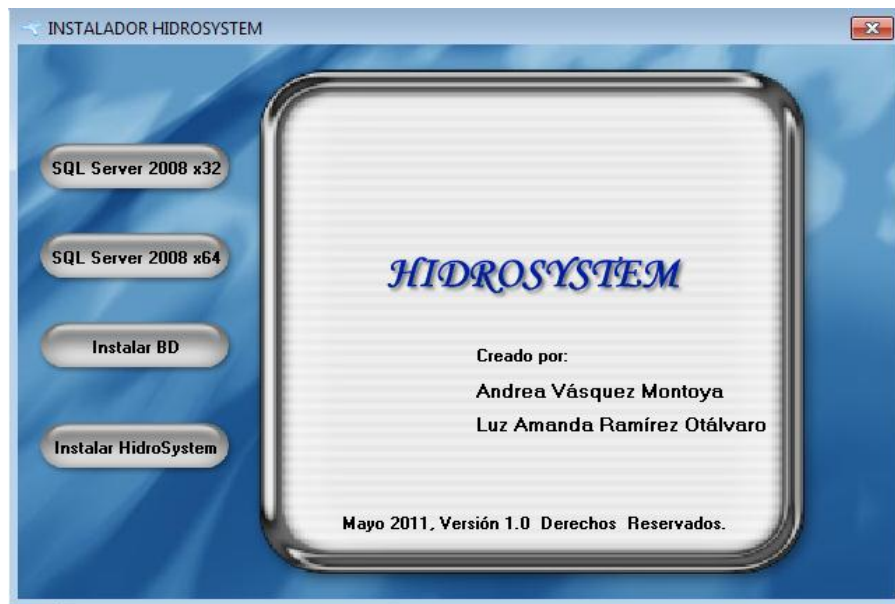
Haga doble clic sobre el ícono  autorun.exe que se encuentra en el CD de instalación. Aparecerá el siguiente cuadro.

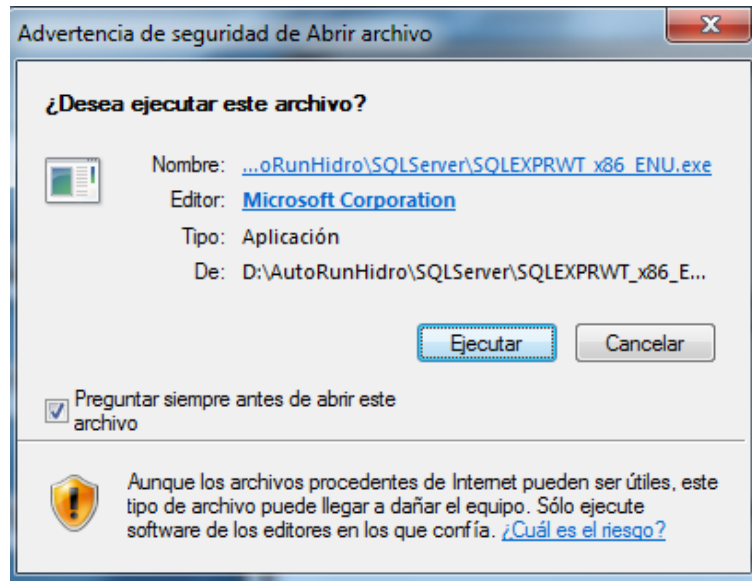
Figura 17. Pantalla de instalación del sistema



Verifique si el sistema operativo del computador en el que quiere instalar la aplicación es de 32 o 64 bits. Si es de 32 bits la opción a seleccionar es “*Instalar SQL Server 2008 x32*” y omita la opción “*Instalar SQL Server 2008 x64*”. seguido se mostrará el cuadro de la figura 2, haga clic en ejecutar y siga las intrucciones.

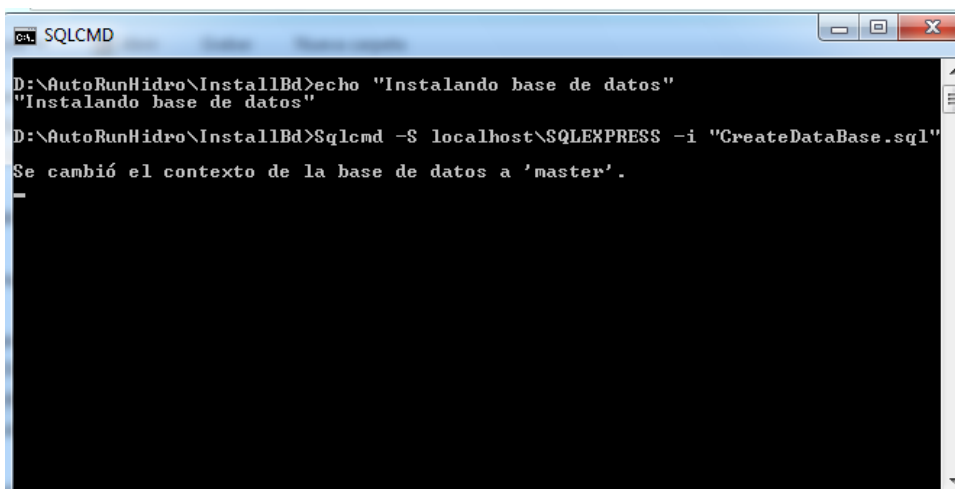
Si el sistema operativo en el que va a instalar HydroSystem es XP, debe instalar previamente Windows Installer 4.5 y Windows Power Shell 1.0 disponibles en la carpeta “Microsoft XP” del CD de instalación.

Figura 18. Pantalla de ejecución SQL Server



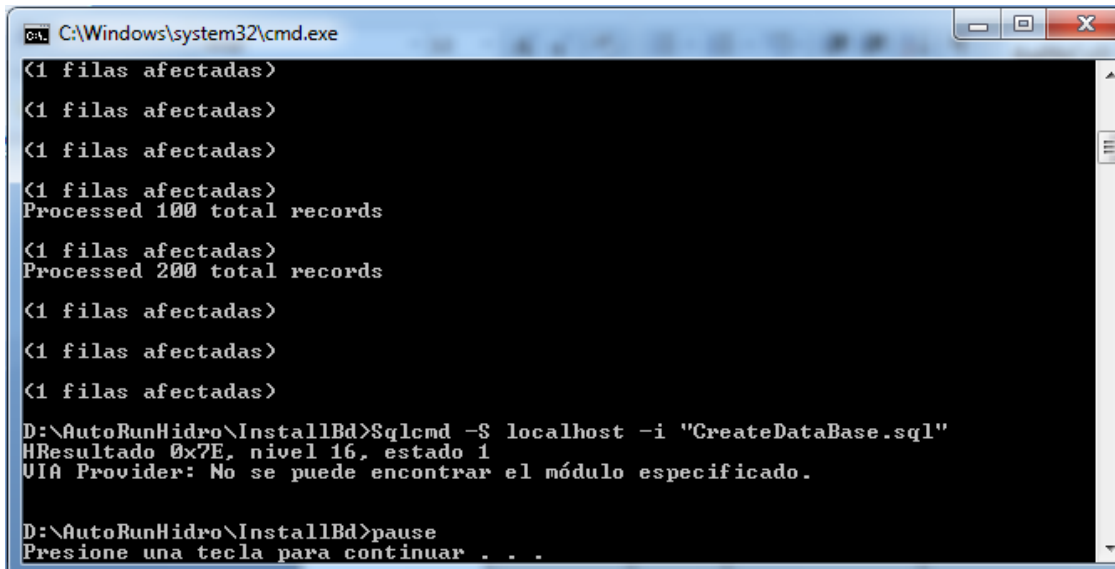
Luego de instalar SQL Server, continúe con la instalación de la base de datos, de clic a la opción “*Instalar BD*”, parecerá la imagen 3:

Figura 19. Pantalla de Instalación base de datos local



Cuando el sistema finalice la instalación de la base de datos mostrará la figura 4. Presione cualquier tecla para finalizar.

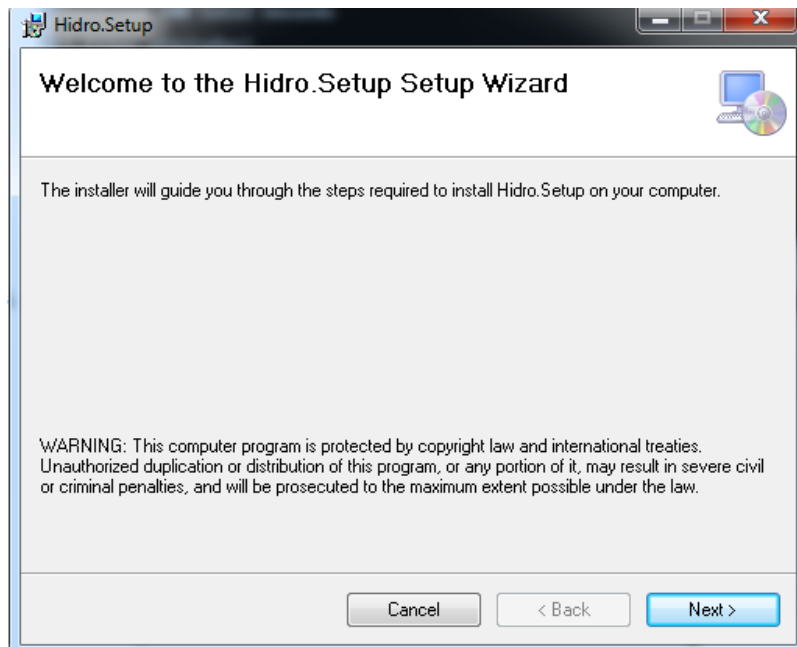
Figura 20. Pantalla instalación exitosa base de datos local



```
C:\Windows\system32\cmd.exe
<1 filas afectadas>
<1 filas afectadas>
<1 filas afectadas>
<1 filas afectadas>
Processed 100 total records
<1 filas afectadas>
Processed 200 total records
<1 filas afectadas>
<1 filas afectadas>
<1 filas afectadas>
D:\AutoRunHidro\InstallBd>Sqlcmd -S localhost -i "CreateDataBase.sql"
HResultado 0x7E, nivel 16, estado 1
UIA Provider: No se puede encontrar el módulo especificado.
D:\AutoRunHidro\InstallBd>pause
Presione una tecla para continuar . . .
```

Para finalizar el proceso de Instalación debe dar clic a la opción “*Instalar HidroSystem*”, seguido se mostrará la figura 5. Haga y clic en el botón “Next”.

Figura 21. Pantalla de instalación HidroSystem



Indique la ruta donde desea instalar la aplicación dando clic en el botón Browse y luego “Next” para continuar con la Instalación. Figuras 6 y 7

Figura 22. Pantalla ruta por defecto

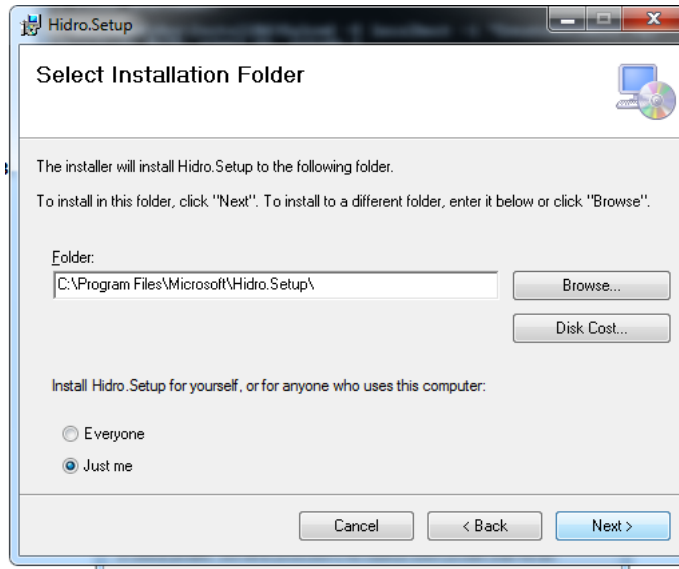
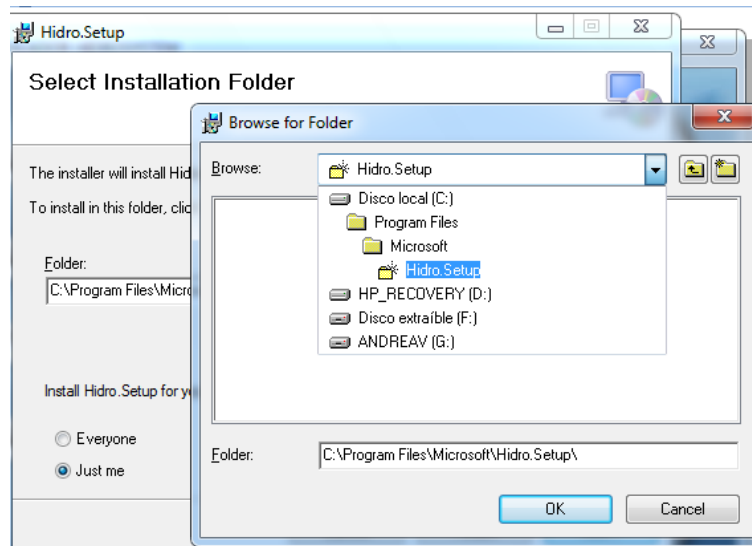


Figura 23. Pantalla selección de ruta



Confirme la instalación dando clic en la opción “Next” y espere a que el sistema Instale la aplicación como se muestra en las figura 8 y 9.

Figura 24. Pantalla confirmación de instalación

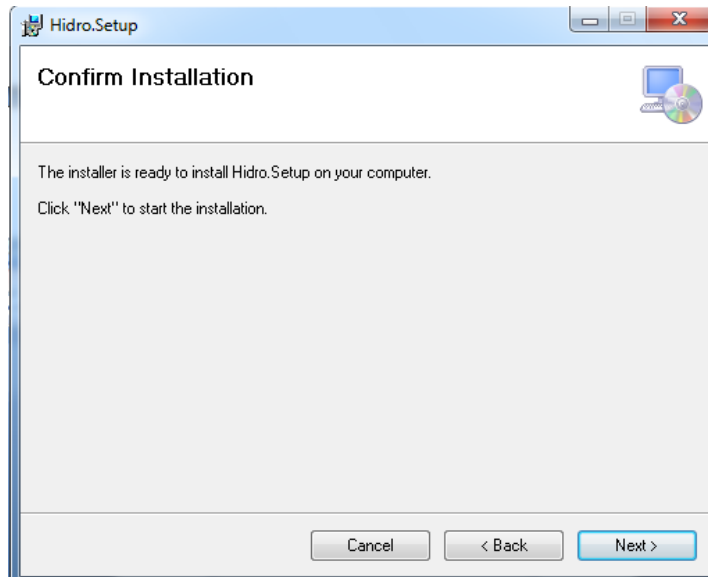
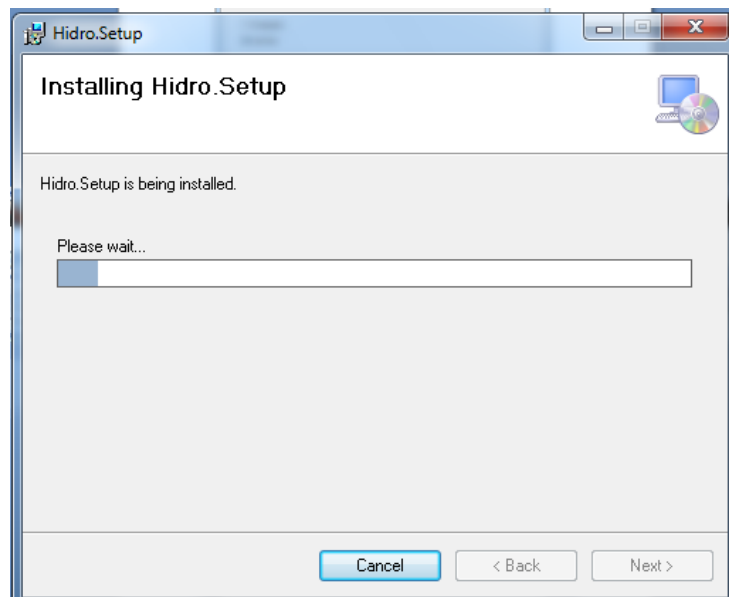
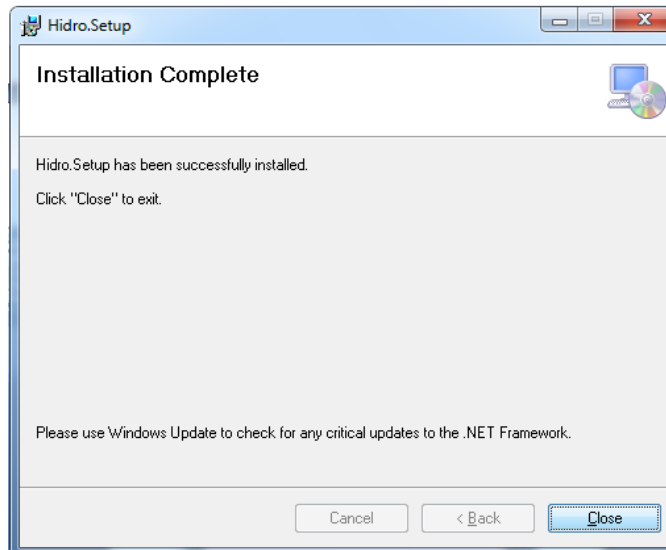


Figura 25. Pantalla proceso de instalación



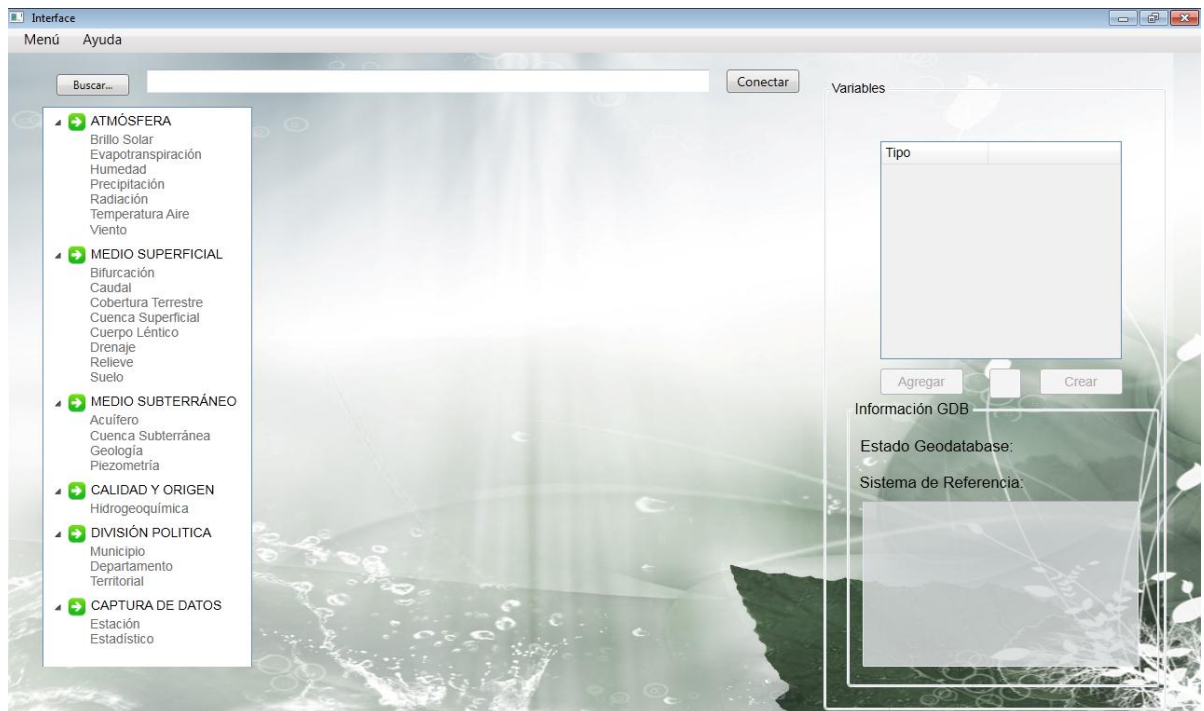
Finalice la instalación dando clic en el botón “Close”. Figura 10

Figura 26. Pantalla Instalación completa



Para ejecutar la aplicación diríjase a la ruta donde instaló el sistema y de clic al archivo “*Hidro.WindowsWPF.exe*”. Figura 11.

Figura 27. Pantalla principal HidroSystem



ANEXO C. Manual de Usuario

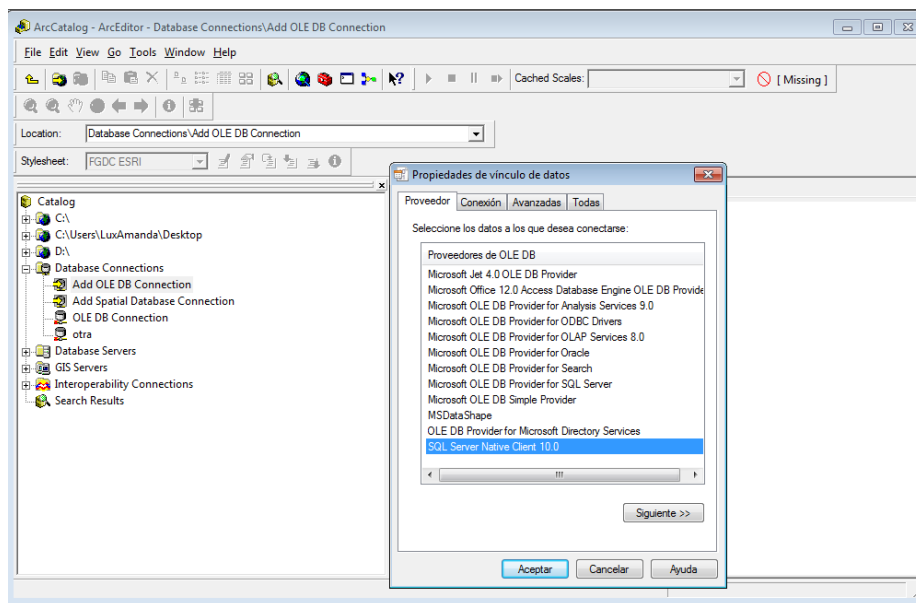
MANUAL DE USUARIO

Para generar un modelo de datos hidrológico es necesario crear una Geodatabase donde se almacenará la estructura hidrológica. Para ello siga los siguientes pasos.

Abra el programa ArcCatalog de ArcGis, en el menú izquierdo está la opción “*Database Servers*” donde se encuentra la instancia a la base de datos que se configuró durante la instalación de “*HidroSystem*”.

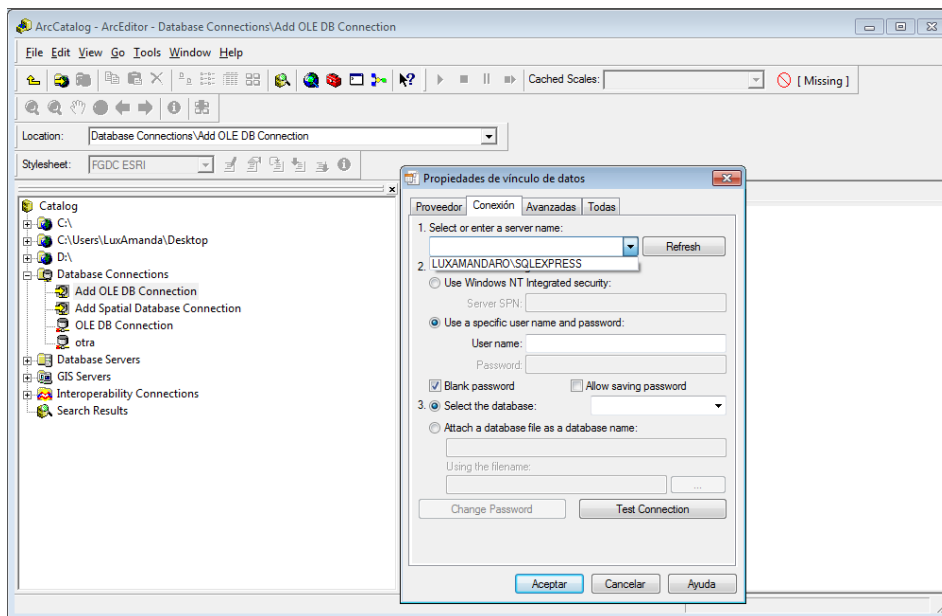
Ahora debe crear la conexión con el gestor de bases de datos SQL Server 2008, para ello de doble clic sobre “*Database Connection*” aparecerá una pantalla donde la opción a elegir es “*SQL Server Native Client 10.1*”, luego dé clic en siguiente.

Figura 28. Pantalla conexión con SQL Server 2008



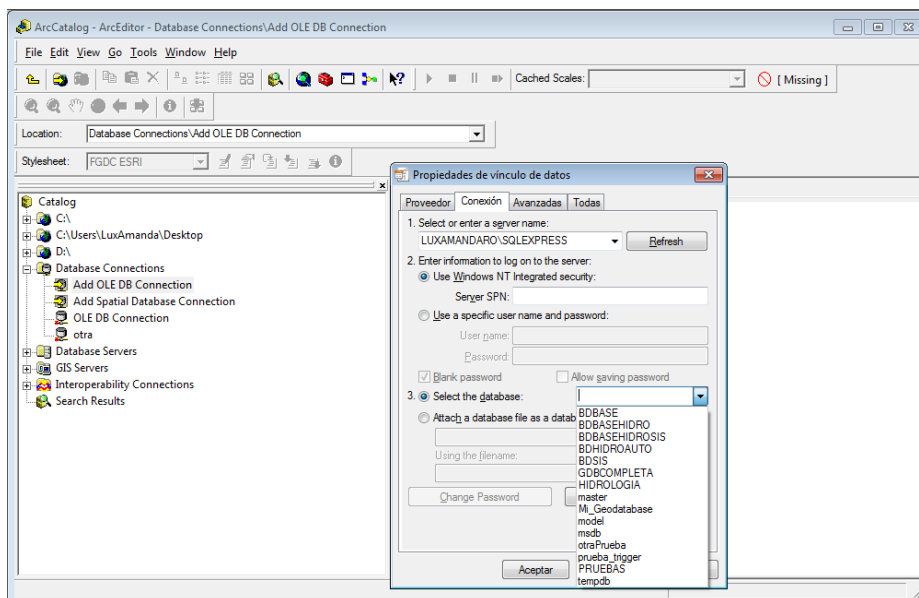
Digite el string de conexión al gestor SQL Server 2008 que se creó cuando hizo la instalación.

Figura 29. Pantalla string de conexión SQL Server 2008



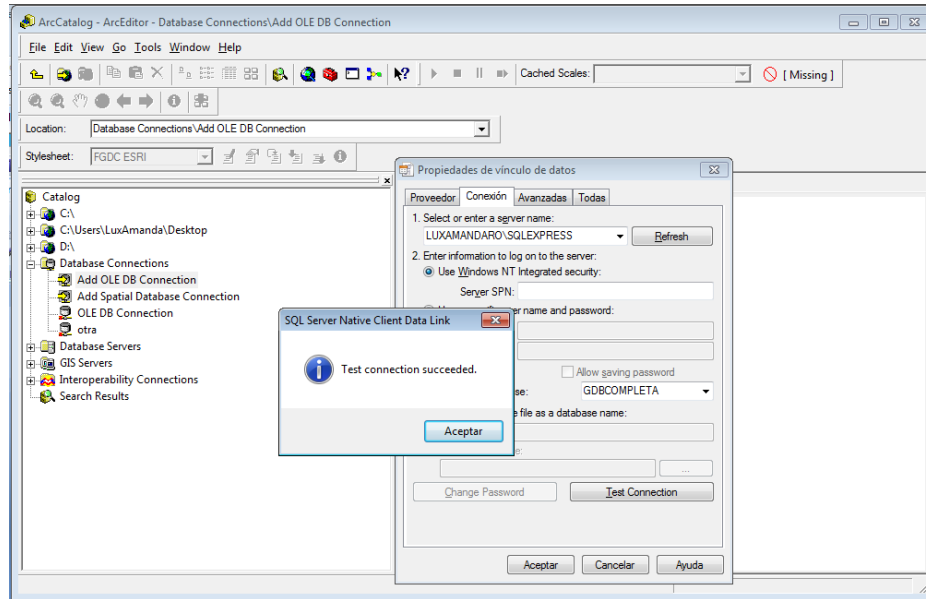
Ahora seleccione la opción “Use Windows NT Integrated Security” y seleccione cualquiera de las bases de datos que aparecen en el menú desplegable.

Figura 30. Pantalla selección de base de datos



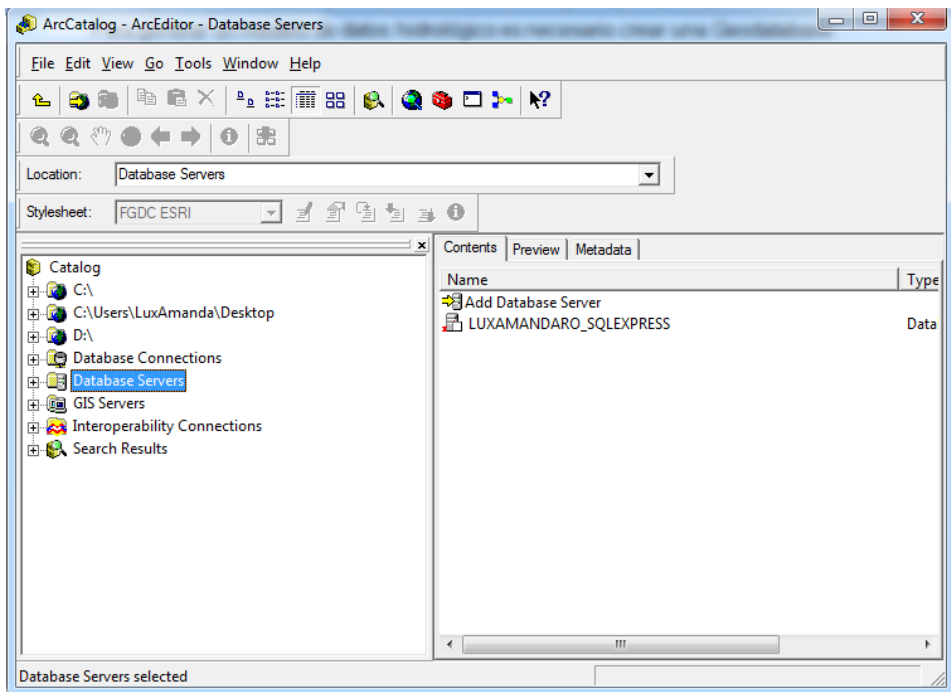
Finalmente prueba la conexión haciendo clic en el botón “Test Connection”

Figura 31. Pantalla conexión exitosa



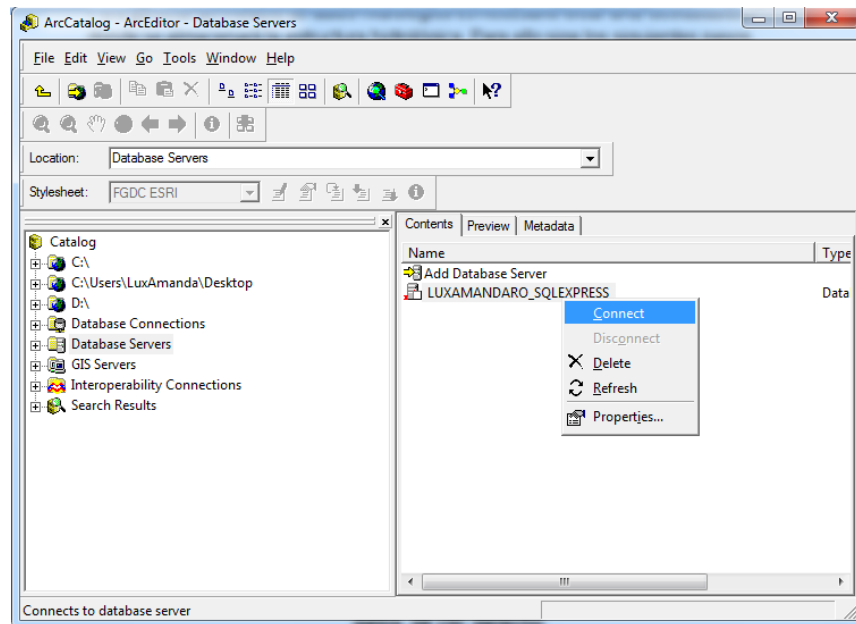
La conexión se ha creado y puede iniciar la creación de una nueva Geodatabase

Figura 32. Pantalla principal de ArcCatalog



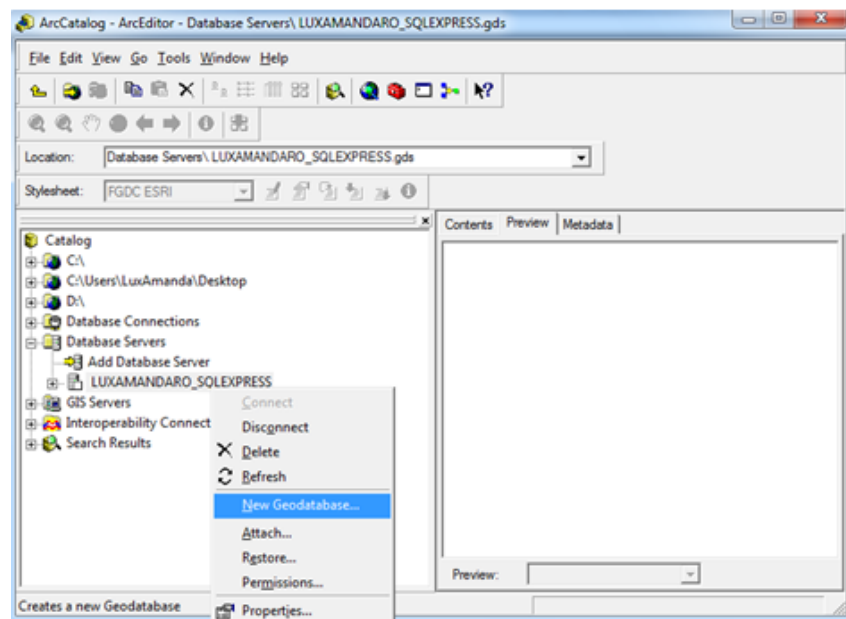
Para crear una nueva Geodatabase debe conectarse a la base de datos, dé clic derecho sobre el nombre de la instancia a la base de datos y de clic en conectar.

Figura 33. Pantalla conexión con la base de datos



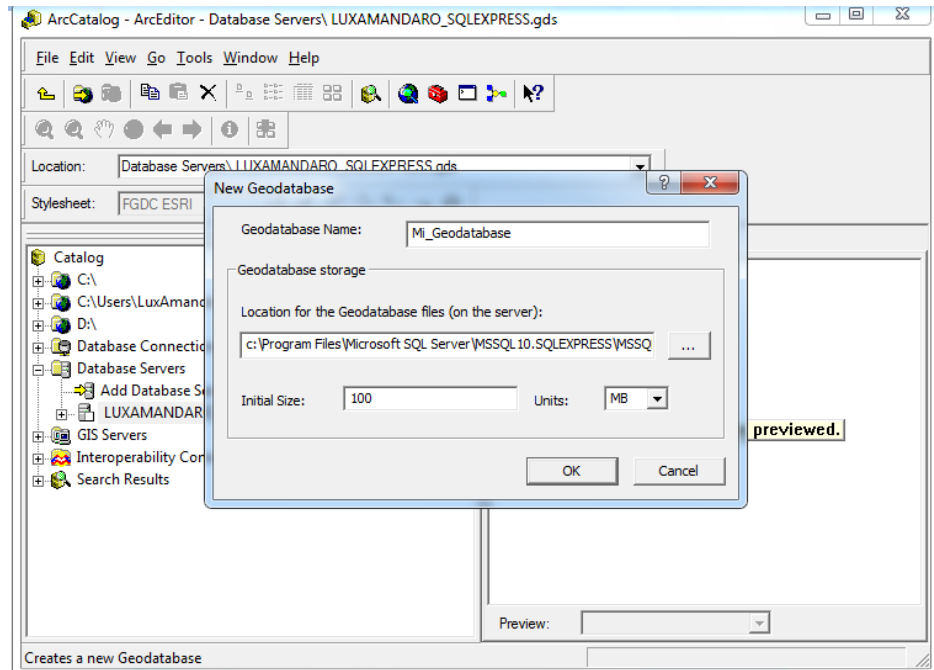
Seleccione el nombre de la instancia de la base de datos y de clic derecho sobre ella, seguido de clic sobre “New Geodatabase”.

Figura 34. Pantalla creación nueva Geodatabase



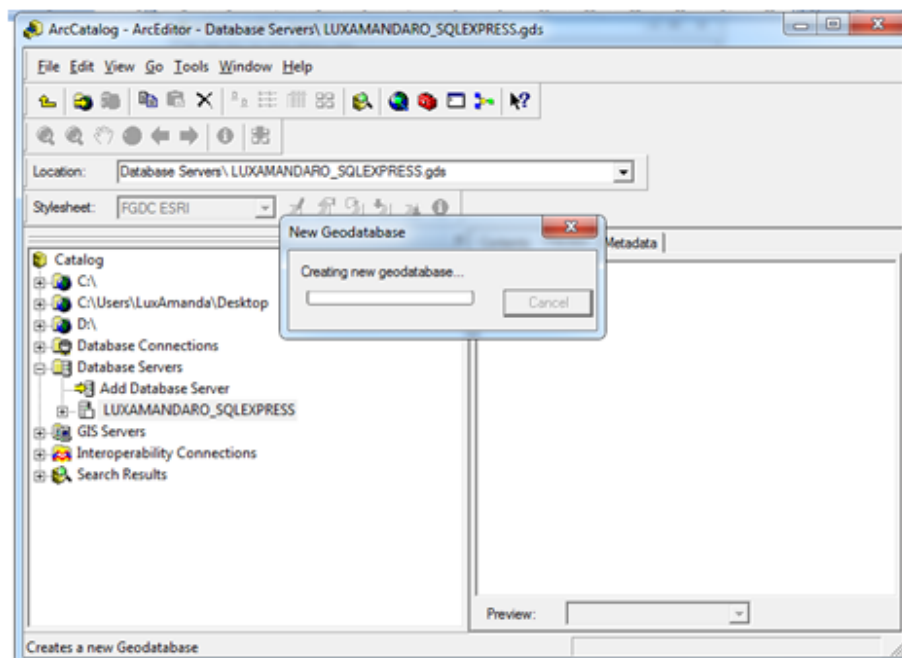
Escriba el nombre de la nueva Geodatabase y seguido de clic en “OK”

Figura 35. Pantalla nombre nueva Geodatabase



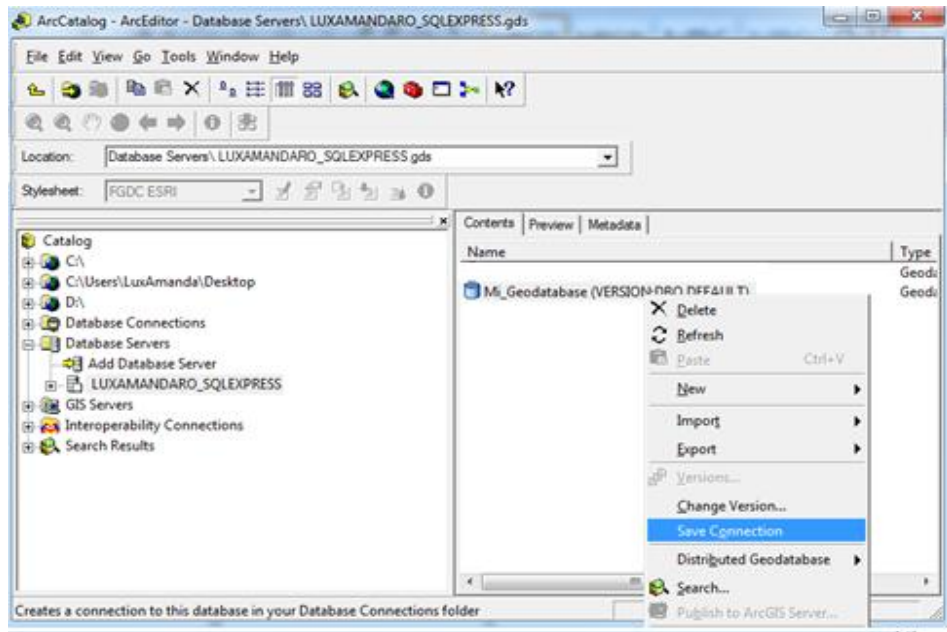
Se mostrará una imagen indicando que se está creando la nueva Geodatabase

Figura 36. Pantalla creación Geodatabase



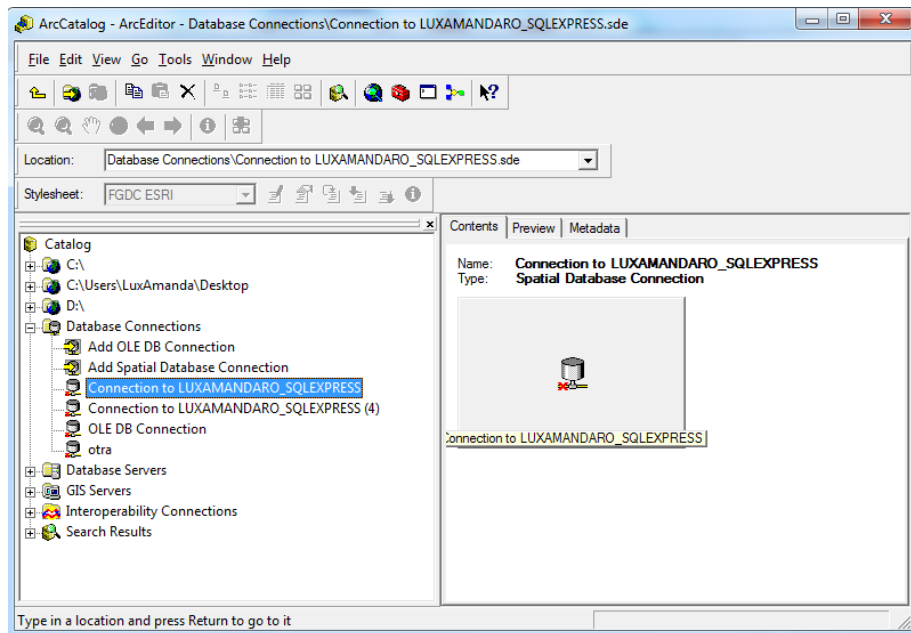
Se mostrará la nueva Geodatabase, selecciónela y dé clic derecho sobre ella, a continuación haga clic sobre “Save Connection”.

Figura 37. Pantalla salvar conexión Geodatabase



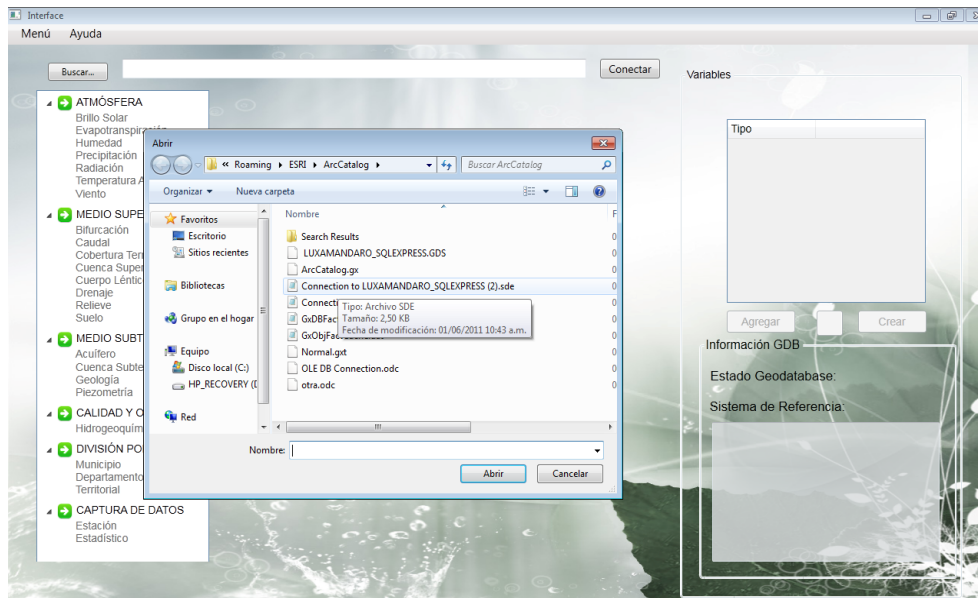
Luego dirjase a la opción “Database Connections”, allí entontrará la conexión a la nueva Geodatabase.

Figura 38. Pantalla conexión nueva Geodatabase



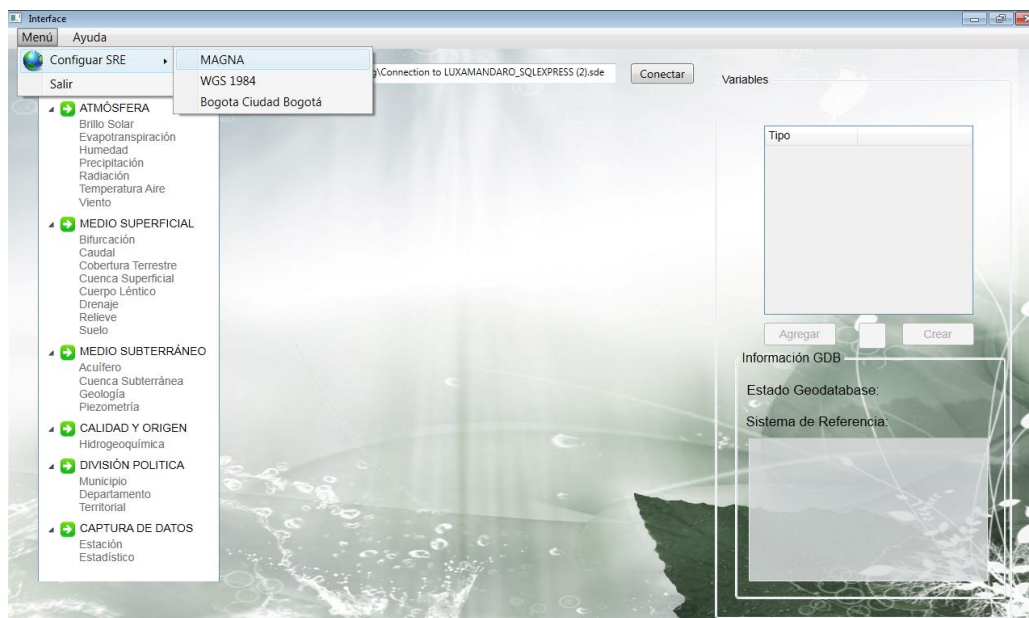
Para iniciar la creación del modelo datos es necesario indicar la cadena de conexión a la Geodatabase previamente creada y el Sistema de referencia espacial. Para ello abra HydroSystem y busque la cadena de conexión en el botón “Buscar”.

Figura 39. Pantalla búsqueda cadena de conexión



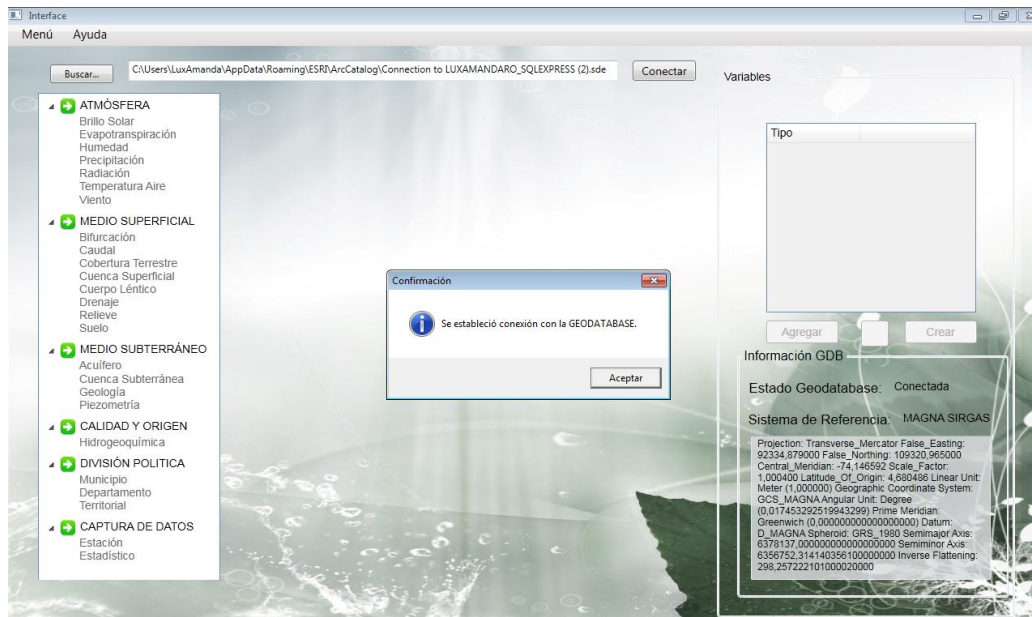
Continúe seleccionando el sistema de Referencia en el menú “Configurar” “SER”. Dé clic al botón “Conectar”.

Figura 40. Pantalla selección Sistema de Referencia Espacial



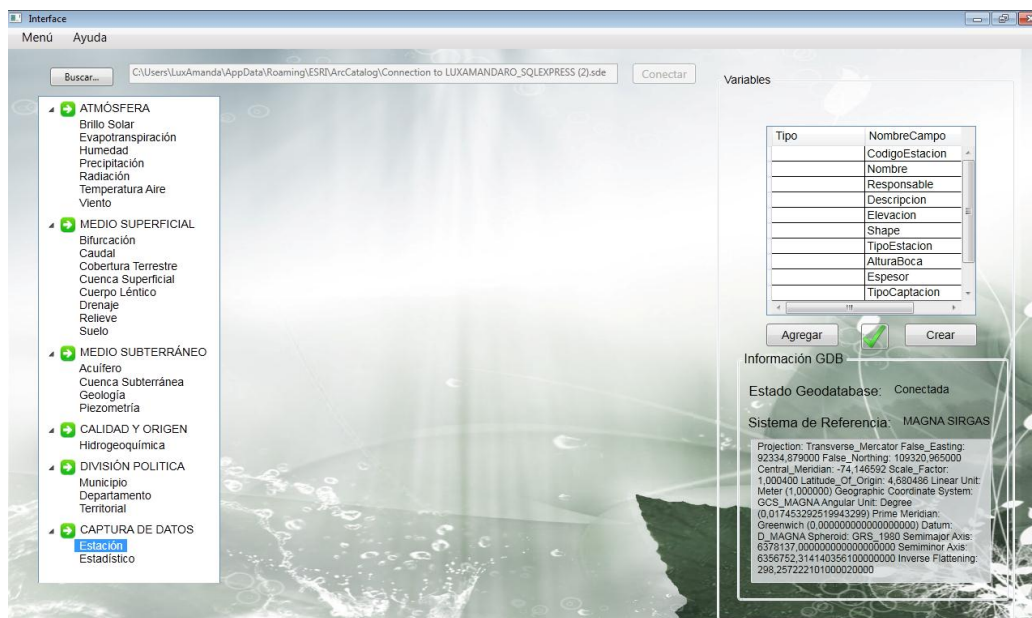
Para iniciar la selección de los componentes con los que desea crear el modelo, verifique que en la parte inferior izquierda de la interface el estado de la Geodatabase esté conectado.

Figura 41. Pantalla conexión exitosa



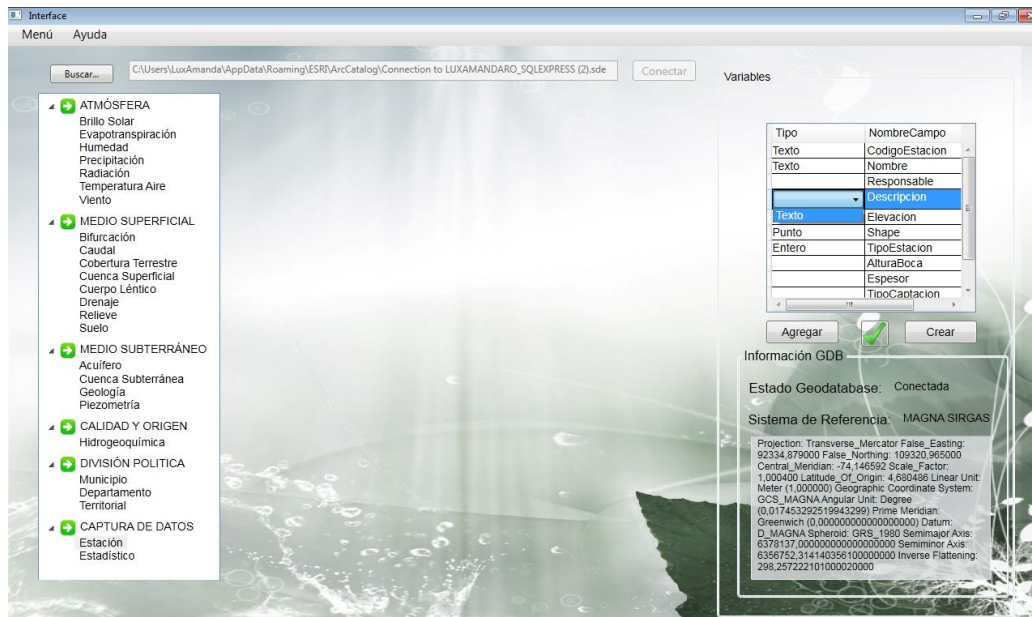
Seleccione en el menú izquierdo los componentes que desea adicionar al nuevo modelo de datos.

Figura 42. Pantalla selección componente a agregar



Al lado derecho se mostrarán las variables que contiene el componente seleccionado, indique cuales desea adicionar al modelo, dando clic sobre cada una de ellas en la columna tipo.

Figura 43. Pantalla agregar componente de datos



Para adicionar el componente de clic en el botón Agregar, repita estos pasos hasta completar todos los componentes que contendrá el nuevo modelo. Los componentes que se van adicionando se muestran en el centro de la pantalla.

Figura 44. Pantalla confirmación agregación de componentes

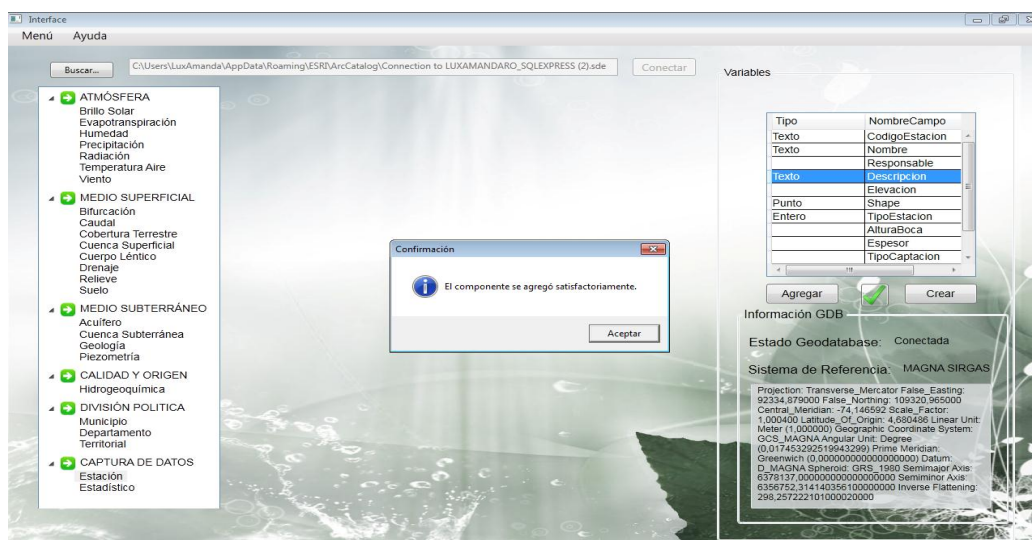
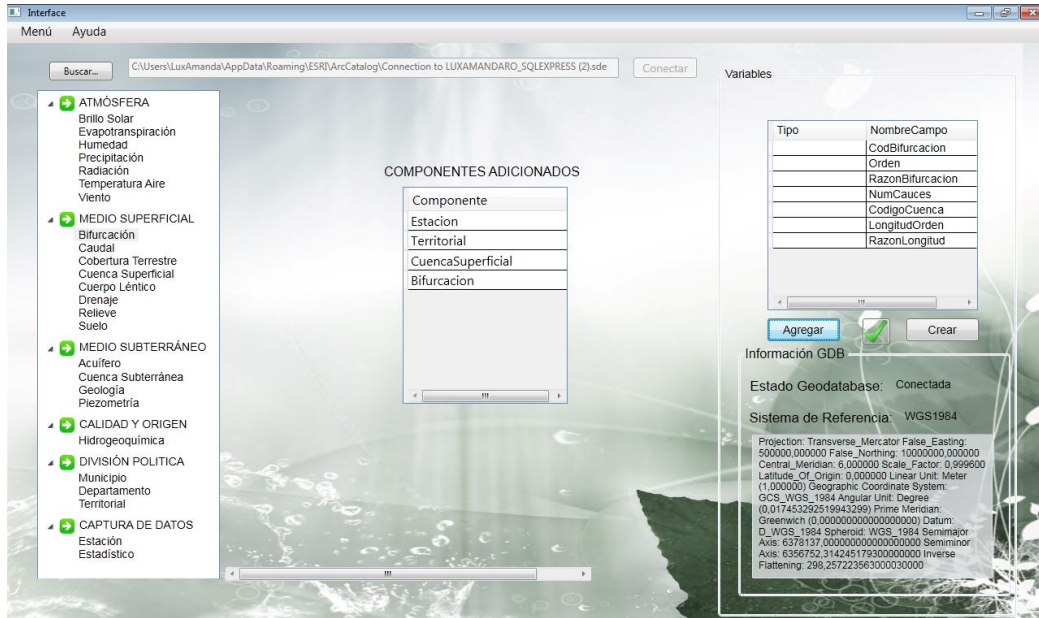
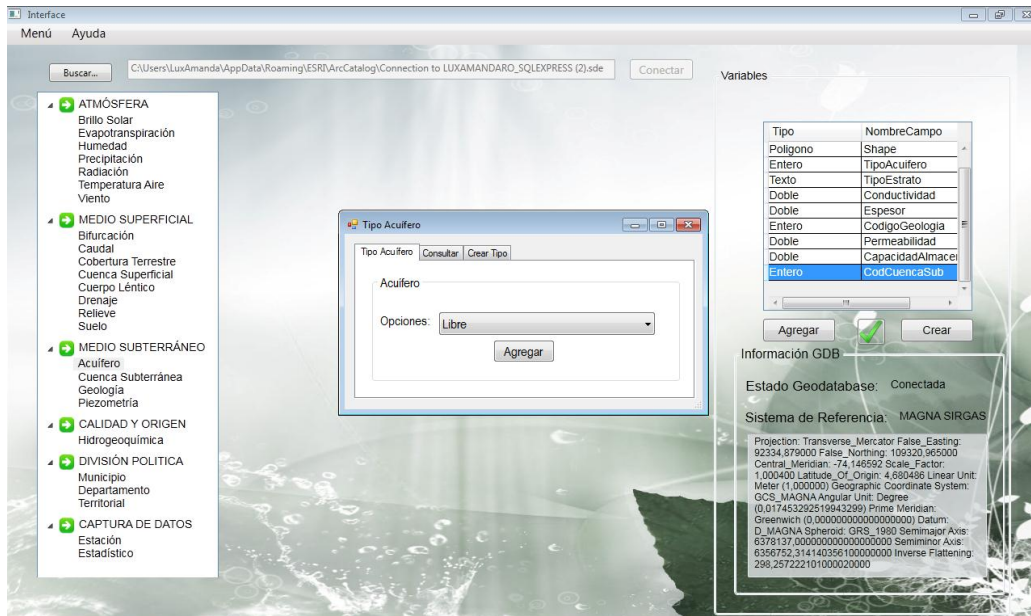


Figura 45: Pantalla componentes adicionados



Algunos componentes de información requieren que se llenen tablas principales con los datos que el usuario desea almacenar, estos componentes abren automáticamente la pantalla que permite diligenciarlo al momento de agregar el componente.

Figura 46. Pantalla llenado tablas principales



El usuario podrá elegir entre una lista de datos preexistentes o adicionar un nuevo registro.

Figura 47. Pantalla selección de registros

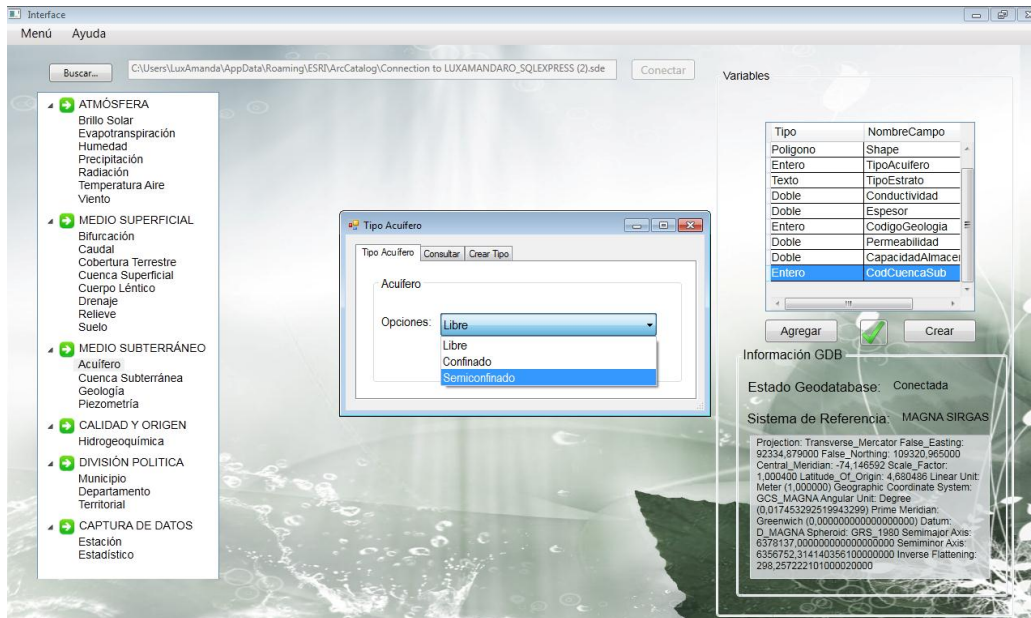
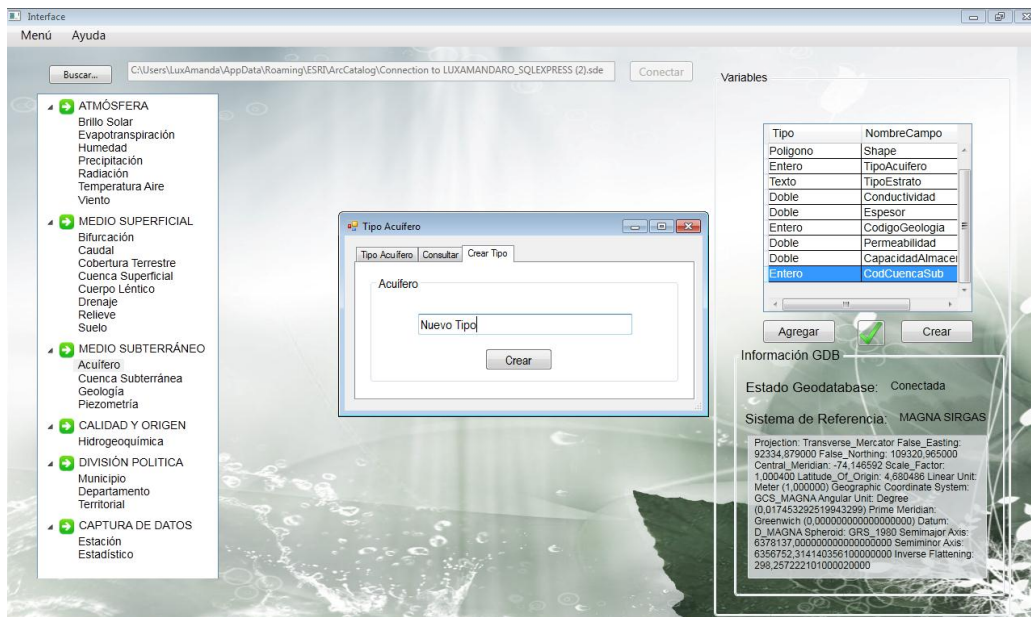
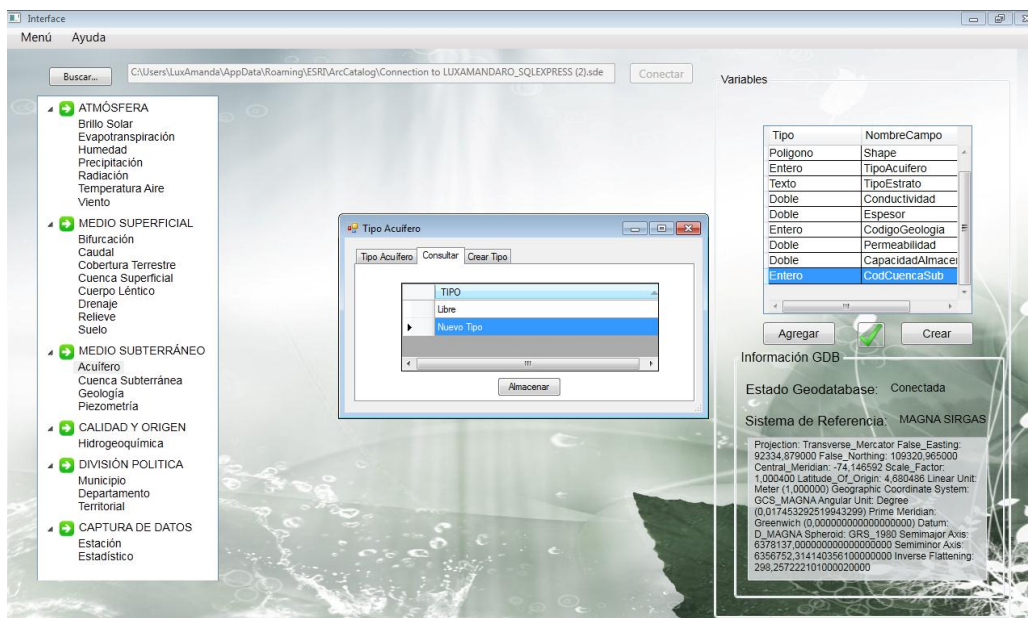


Figura 48. Pantalla adición de registros nuevos



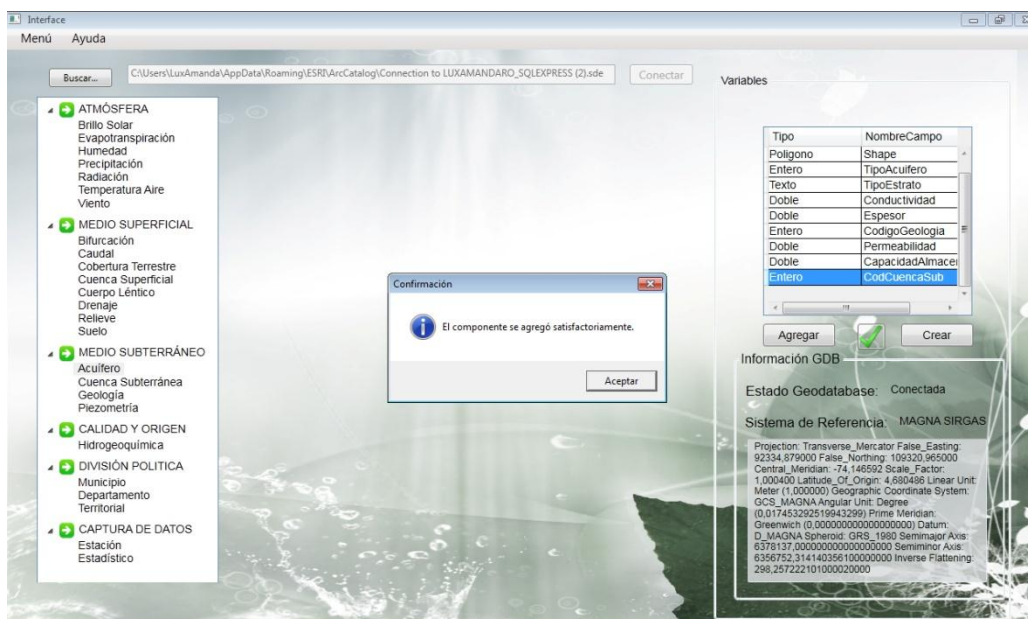
Puede ir consultando tanto los registros que selecciona como los que digita a través de la pestaña consultar.

Figura 49. Pantalla consulta de registros pre-seleccionados



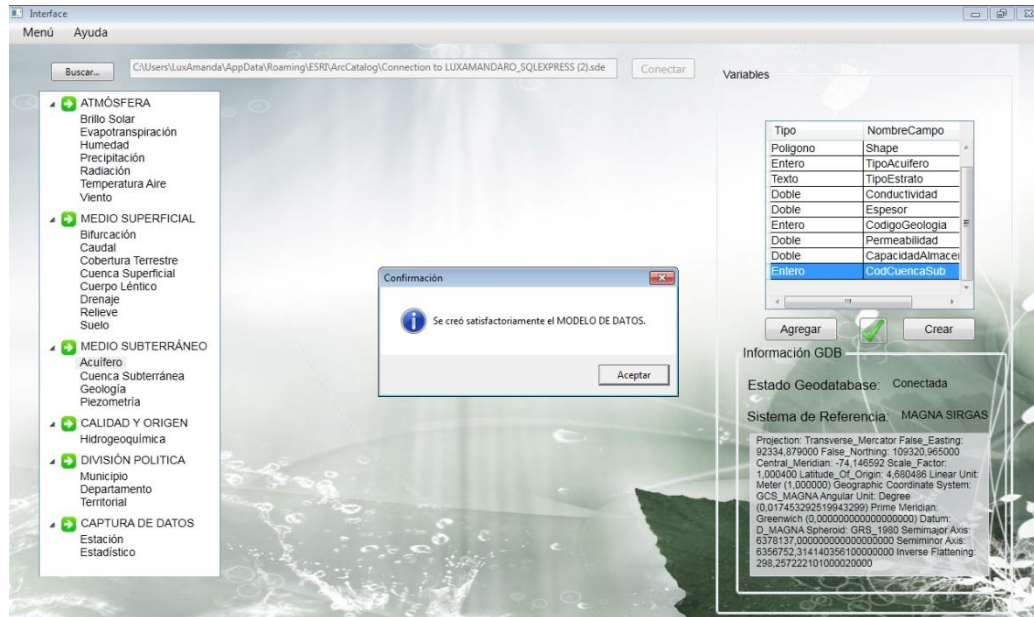
Para agregar todos los componentes de la selección, presione el botón Almacenar, así se adicionaran los registros elegidos y el componente principal.

Figura 50. Pantalla confirmación adición de componente



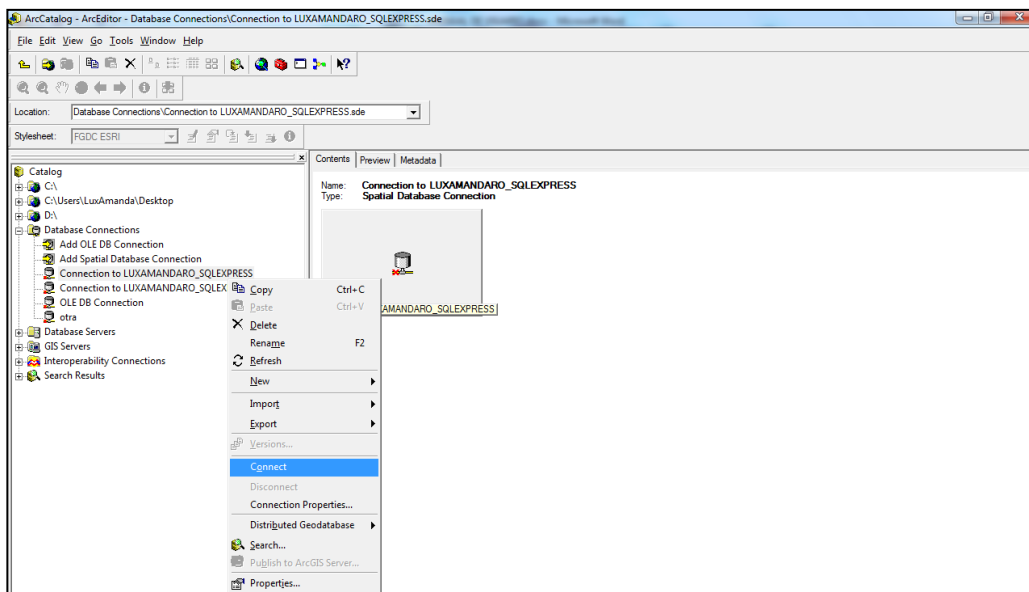
Para finalizar y crear el modelo de clic en el botón Crear.

Figura 51. Pantalla Confirmación creación del modelo de datos



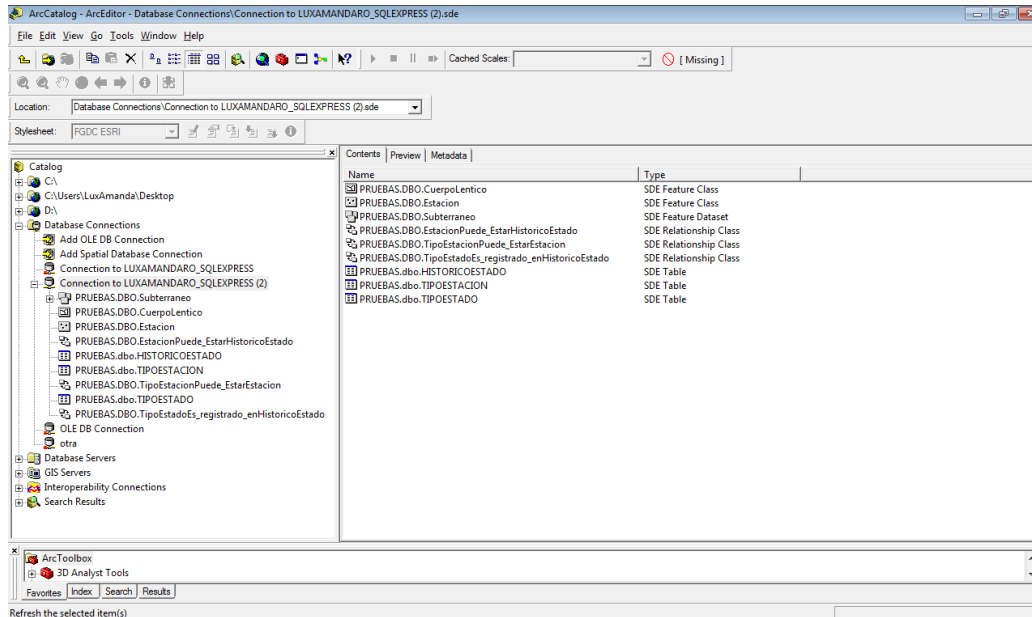
Para hacer uso del modelo que acaba de crear diríjase al ArcCatalog, y sobre la cadena de conexión de la Geodatabase dé clic derecho sobre "Conect".

Figura 52. Pantalla conexión Geodatabase



ArcCatalog mostrará los componentes que fueron adicionados desde HidroSystem permitiendo que se utilice el ArcMap y se pueda ingresar datos en el modelo creado.

Figura 53. Pantalla componentes creados desde HidroSystem



Para editar los componentes almacenados en la Geodatabase debe seleccionar el componente y dar clic derecho sobre el. Haga clic en la opción “Register As Versioned”. Luego dé clic en “Ok”.

Figura 54. Pantalla versionar y registrar componentes

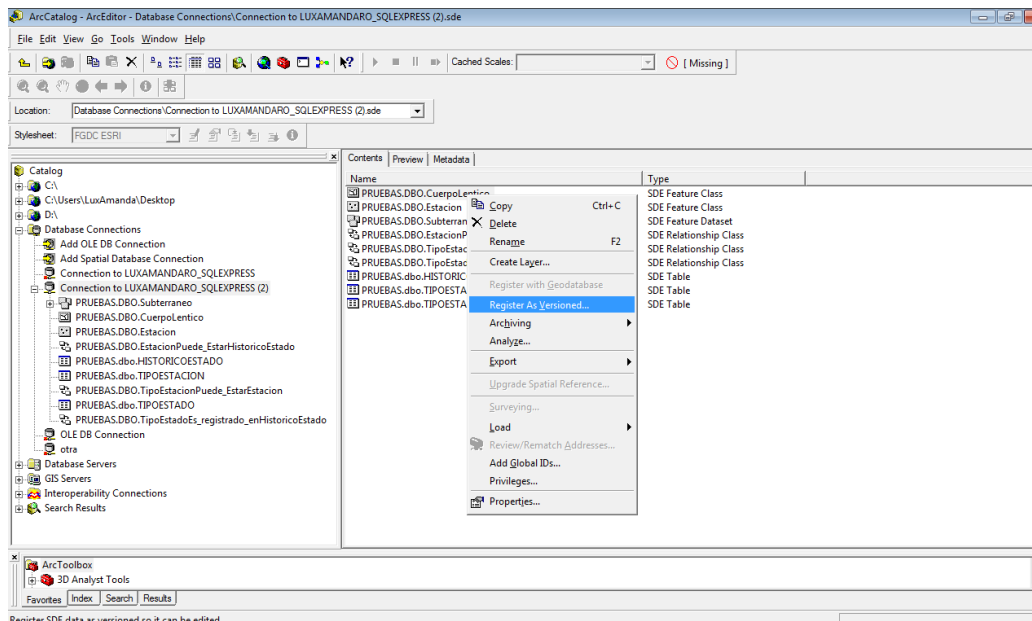
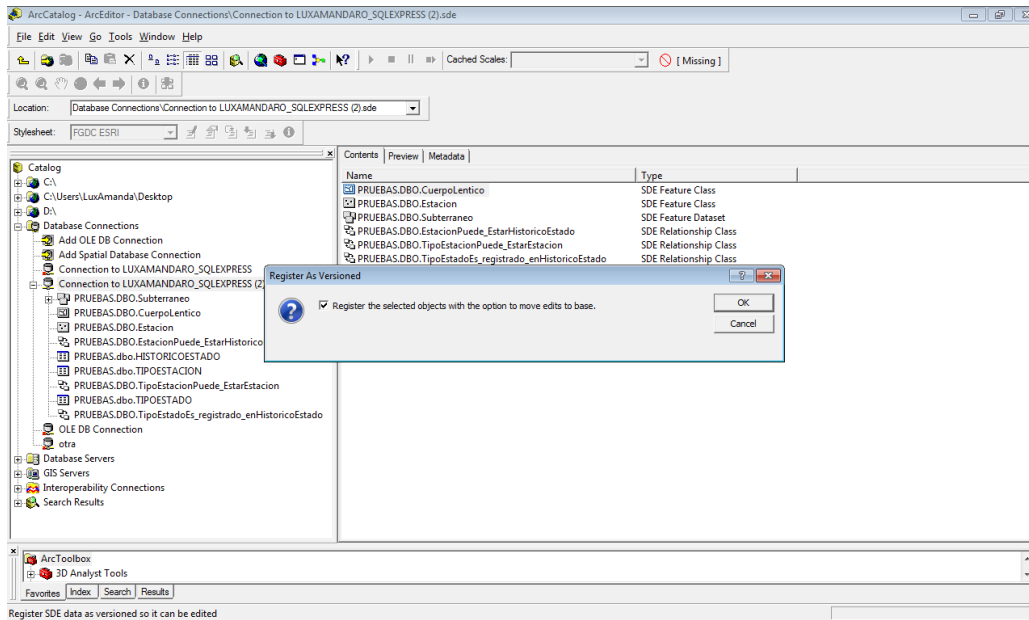
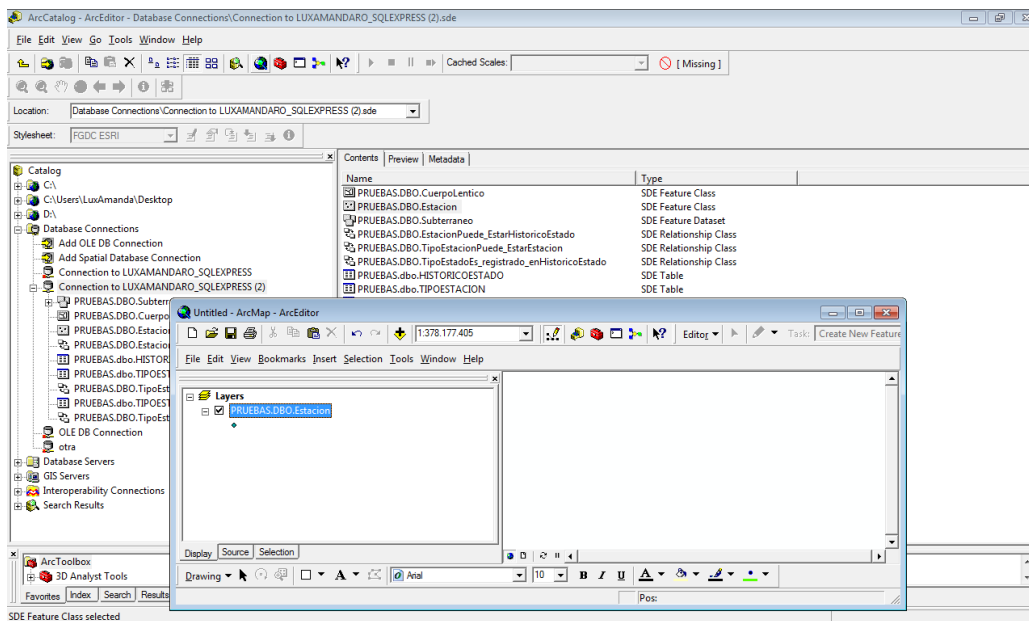


Figura 55. Pantalla confirmar versionado de registros



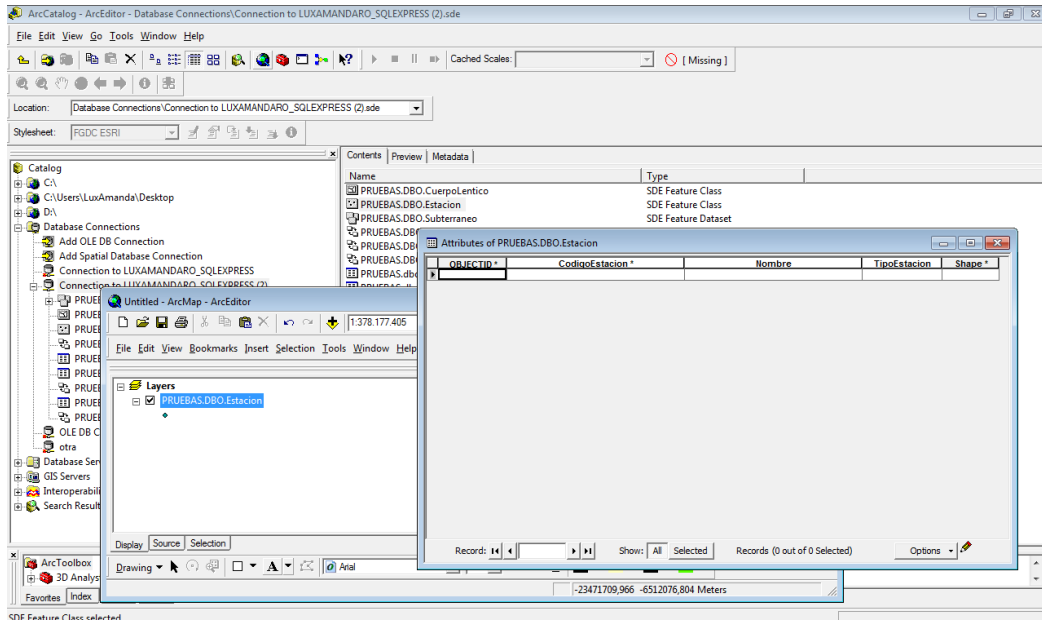
Si desea almacenar datos en su nueva base de datos abra ArcMap y agregue el componente deseado.

Figura 56. Pantalla agregar componentes en ArcMap



Al querer ingresar información a su nuevo componente debe ir a la opción "Editor" y seleccionar "Estart Editing". Ahora el componente de datos está listo para almacenar información hidrológica.

Figura 57. Pantalla ingresar datos al componente



ANEXO D. Artículo del proyecto

HERRAMIENTA DE DISEÑO PARA LA GENERACIÓN DE MODELOS DE BASES DE DATOS HIDROLÓGICAS.

Ramírez, Luz Amanda
luxd6666@gmail.com

Vásquez, Andrea
vasquez03es@yahoo.es

Resumen - Los profesionales en el área de la Hidrología y ciencias afines se enfocan en el estudio del comportamiento del agua en una área determinada, lo anterior demanda metodologías y herramienta capaces de gestionar la información resultado del estudio. Este artículo propone una herramienta que permite a los hidrólogos crear de una forma ágil y amigable los modelos de bases de datos necesarios para la gestión de los datos hídricos.

Palabras claves: Base de Datos Espacial, Ciclo Hidrológico, Hidrología, Sistema de Información Geográfica.

Abstract: Professionals in the field of hydrology and related sciences focus on studying the behavior of water in a given area, this demand methodologies and tools able to manage the information resulting from the study. This paper proposes a tool that allows hydrologists to create in an agile and friendly way, the necessary databases models for management of water's data.

Keywords: Spatial data base, hydrological cycle, hydrology, geographic information system.

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación estudia el ciclo hidrológico y su comportamiento a través de los procesos que lo componen así como la forma y las herramientas informáticas necesarias para gestionar la información resultante de dichos procesos. Algunas herramientas son las bases de datos espaciales y los sistemas de información geográficos.

Una de las características principales de la gestión de información es el gran volumen de datos a tratar y la necesidad de almacenarla. Para analizar esta problemática es necesario mencionar causas como, el almacenamiento de la información en archivos de difícil acceso, esto hace que la información se des actualice y sea más dificultosa su gestión. Otra causa es la falta de herramientas que apoyen a los hidrólogos en el proceso de diseño de estructuras de almacenamiento de información, acordes con sus estudios.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de conocer las herramientas informáticas que en la actualidad permiten la gestión de información hidrológica y con base en ellas, proponer una aplicación que permita a los hidrólogos diseñar sus propias estructuras de almacenamiento de información.

En este documento se presentan los aspectos teóricos generales con que se construyó la propuesta del proyecto, la metodología implementada, el levantamiento de los requerimientos y requisitos, el diseño la aplicación, la fase de desarrollo, pruebas, y finalmente las conclusiones del proyecto y anexos del mismo.

2. ASPECTOS GENERALES DEL CICLO HIDROLÓGICO

La realización de este proyecto requirió adquirir conocimientos sobre el ciclo hidrológico, sus

componentes básicos y sus propiedades; las bases de datos espaciales donde se almacena la información; y sobre los sistemas de Información Geográfica, SIG, que permiten transformar, representar y analizar los procesos y componentes del sistema hidrológico. Una síntesis de la relación que existe entre los componentes del marco teórico del proyecto se muestra en la figura 1.

Aquí se describen brevemente los conceptos en torno al ciclo hidrológico y a las bases de datos espaciales.

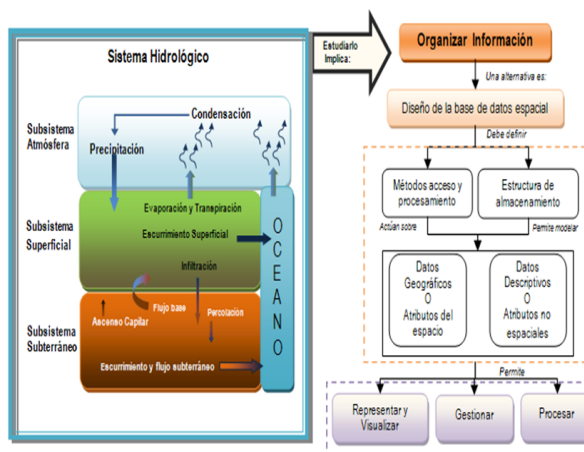


Figura 1: Relación de los elementos del marco teórico

El agua permanece en constante movimiento en el planeta, se evapora hacia la atmósfera desde los océanos, ríos, lagos y a través de la transpiración de los seres vivos, allí se condensa y cae nuevamente a la superficie de la tierra en forma de lluvia, nieve o granizo. Parte de esta agua fluye por corrientes superficiales, otra parte se infiltra en el suelo y escurre sub-superficialmente o percola a estratos más profundos por los que se mueve lentamente hacia los océanos a través de flujos subterráneos [PAB 05].

La hidrología estudia los componentes y los procesos del ciclo hidrológico. A partir del estudio de las relaciones existentes entre el flujo de agua y su almacenamiento en cada uno de los subsistemas o componentes, es posible estimar la disponibilidad y la demanda de agua. Según [ZIM 99], cerca del 96,5% del agua sobre la tierra se encuentra en los océanos y el 1.7% se encuentra en los hielos y glaciares, 1.7% en manantiales

subterráneos, y 0.1% se encuentra en los sistemas de agua superficial y atmosférica.

La caracterización del sistema hidrológico se hace a través de la identificación de los componentes de almacenamiento y tránsito de agua, que se constituyen en subsistemas y de la descripción de los procesos de flujo. La cantidad de componentes y de flujos que se definan para un sistema particular, es función de la escala de análisis y de la información disponible. Las variables y procesos más significativos del ciclo hidrológico para un ambiente tropical.

2.1 Bases de datos espaciales

Una base de datos se define como una estructura capaz de describir, almacenar y consultar, la semántica y las propiedades espaciales de un fenómeno o elemento del mundo real. Los Sistemas de base de datos espaciales deben por tanto; soportar tipos de datos espaciales en su implementación; proveer algún mecanismo de indexación espacial así como algoritmos eficientes para la unión entre los datos y sus índices [GUT 94].

Para desarrollar e implementar una base de datos espacial, se requiere al igual que en cualquier tipo de base de datos de: 1) un diseño conceptual, provee un nivel de abstracción en el que se identifican y describen las entidades básicas del mundo real que serán modeladas, se parte de las coordenadas a almacenar, del tipo de datos y de la proyección a utilizar, algunos diagramas para representar este diseño son: diagrama Entidad-Relación o el diagrama de clases; 2) un diseño lógico, que es donde se asocia la representación conceptual y se describe de forma detallada cada una de las entidades, el diseño de las tablas, con sus atributos, identificadores, relaciones y tipos de datos; y 3) el diseño físico que corresponde a la implementación de la base de datos espacial en un sistema manejador de base de datos específico lo que implica definir, el sistema de consultas, las restricciones adicionales sobre los datos y las adecuaciones necesarias para que el modelo lógico se adapte al diseño físico [BOR 01].

3. METODOLOGIA

La metodología utilizada para el desarrollo del proyecto se enfocó en el análisis de los requerimientos y la especificación de requisitos, la adecuación del modelo de datos base, el diseño de la base de datos de la aplicación, el diseño de los módulos, así como su implementación y las pruebas del sistema.

En la metodología se plantearon las siguientes etapas, la primera fue la etapa de especificación de requerimientos a través de la revisión de documentos existentes, preparación de formatos para el análisis de datos, entrevistas con expertos y elaboración de diagramas; en la segunda etapa se trabajó en la adecuación del modelo de datos base tomado del proyecto hidrológico en desarrollo [GOM 09] y en el diseño de la base de datos de la aplicación; en la tercera etapa se diseñaron los módulos operativos a partir del modelado del sistema donde se establecieron las reglas del negocio relacionadas con la creación del modelo de datos base, con base en dichas reglas se realizó el modelo de clases de la aplicación, con el que se clarificaron aún más las reglas del negocio, finalmente para iniciar la construcción del prototipo se tomó como metodología de programación parte de la metodología XP [BEC 02]. Luego de codificar la aplicación, se estableció un formato de pruebas y con base en las reglas de negocio establecidas se definieron los escenarios a probar y se hicieron los ajustes pertinentes luego de realizar dichas pruebas.

4. REQUERIMIENTOS Y REQUISITOS

Los requerimientos del usuario se obtuvieron a partir de entrevistas y documentos existentes y se clasificaron en requisitos funcionales y no funcionales de la aplicación. Se elaboraron diagramas de casos de uso y diagramas de actividades para representar los requisitos.

4.1 Requerimientos del usuario

Con base en los documentos existentes y en las entrevistas con los expertos en hidrología se vio la necesidad de tener una herramienta de diseño que permitiera generar modelos de bases de datos hidrológicas a la medida.

El sistema debe permitir al usuario crear una base de datos hidrológica a partir de unas categorías de información y de los componentes de datos que integran cada categoría. El modelo deberá generarse con las variables que el usuario elija, con las relaciones entre componentes y con las restricciones y dominios propios de los datos.

El usuario tendrá la posibilidad de elegir el sistema de referencia espacial con el que se creará la base de datos hidrológica, y deberá permitir al usuario llenar algunas tablas maestras con los valores que el hidrólogo necesite.

Al finalizar el modelo de datos, éste debe quedar listo para que el hidrólogo ingrese toda la información requerida.

4.2 Requisitos del sistema

La herramienta de diseño para la generación de modelos de bases de datos hidrológicas HIDROSYS, permitirá a los profesionales en hidrología diseñar un modelo de datos propio de acuerdo con necesidades específicas. La utilización de la herramienta será por medio de un equipo de cómputo donde estará instalada localmente, permitiendo al hidrólogo, iniciar el diseño con base en un modelo hidrológico base, este modelo se encontrará almacenado en una base de datos local. El sistema permitirá elegir entre tres categorías de información, los componentes asociados a cada categoría y las estaciones de medición, por último elegir las variables que contendrá su modelo de base de datos; de esta forma el usuario final podrá crear su modelo de base de datos.

El único usuario que tendrá el sistema será el Hidrólogo. Este podrá crear el modelo de datos y editarlo a medida que lo va creando. Luego de que el modelo de datos se encuentre almacenado en la Geodatabase no será posible su edición.

La aplicación permitirá crear la base de datos hidrológica a partir de un modelo de datos base, de modo que para el usuario sean transparentes los aspectos técnicos asociados al diseño de bases de datos espaciales.

4.3 Requisitos funcionales

El sistema debe contar con una interfaz gráfica de usuario, que permita al hidrólogo elegir las categorías de información y los componentes de datos necesarios para crear un modelo de datos.

La aplicación muestra al usuario las variables que conforman el componente de datos y permite seleccionarlas, además para las variables tipo fecha debe dar la posibilidad de elegir entre varios formatos, y para los tipos decimal definir la precisión del decimal.

En la aplicación se incluirán los componentes básicos del ciclo hidrológico del modelo de datos base para la construcción de cada modelo. Se aclara que por componentes básicos se entienden los elementos del medio físico que fueron definidos en el levantamiento de requerimientos a partir del modelo de datos base.

La herramienta realizará todas las restricciones correspondientes a la creación de una base de datos espacial como:

- Restricciones de dominio
- Restricciones de chequeo
- Relaciones entre componentes
- Creación de tablas maestras
- Nulidad de campos
- Unicidad de campos
- Creación de llaves primarias
- Creación de llaves foráneas
- Cardinalidad de las relaciones
- Disparadores

4.4 Requisitos no funcionales

La aplicación además contará con las siguientes características no funcionales.

- La aplicación debe ser stand-alone.
- El sistema debe ser compatible con los sistemas operativos XP, Windows Vista y Windows siete.
- El idioma de la aplicación debe ser en español.
- Las funcionalidades deben estar agrupadas en barras de herramientas
- Las barras de herramientas deben contener menús desplegables
- La aplicación tendrá un manual de usuario donde se describe el funcionamiento del sistema.

5. DISEÑO DE LA APLICACIÓN

Con base en los requerimientos y requisitos, se diseñó una arquitectura general de la aplicación y a partir de esa arquitectura se diseñaron las clases y métodos necesarios para codificar el sistema, se estableció la necesidad de tener una base de datos local para la aplicación. Teniendo el diagrama de clases, se elaboró un diagrama de secuencias para modelar la interacción entre los objetos del sistema.

5.1 Arquitectura general de la aplicación

Hidrosystem es una aplicación local, mono-usuario, requiere del uso de la herramienta ArcSDE 9.3 de ArcGIS Desktop 9.3 para crear la base de datos espacial (Geodatabase) en la cual se almacenará la base de datos hidrológica diseñada a través de la aplicación. El usuario debe ingresar a Hidrosystem y digitar la cadena de conexión que le permitirá conectarse a una Geodatabase (base de datos en la que se puede leer y escribir durante la ejecución del sistema) creada anteriormente por medio de ArcCatalog. Hidrosys valida la existencia de la Geodatabase y establece una conexión constante que permite crear el modelo de datos en tiempo real directamente en la Geodatabase elegida. Cuando el usuario selecciona la información necesaria para construir su modelo de datos, el sistema realiza una conexión con la base de datos del sistema, (donde se encuentra almacenado el modelo base de la aplicación, esta base de datos es de sólo lectura) para mostrar la información, validarla y enviarla a la Geodatabase. Cuando el usuario finaliza el modelo de datos, la Geodatabase y la base de datos del sistema se cierran y el usuario sólo iniciar un nuevo modelo de datos en otra Geodatabase preexistente (Figura 2).

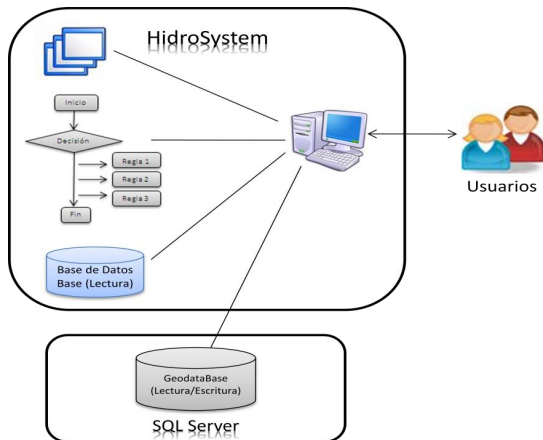


Figura2: Arquitectura General del Sistema

5.2 Diseño de clases, métodos y objetos

Para el diseño de las clases, métodos y objetos de la aplicación, se propuso un diagrama de clases compuesto por tres paquetes que representan las capas de Regla de Negocio, Acceso a datos, y un paquete de entidades donde se describen los objetos que se mueven a través de todo el proyecto, en cada uno de los paquetes se agruparon las clases correspondientes a cada capa con sus métodos y se establecieron las relaciones entre ellos.

5.3 Diseño de la base de datos de la aplicación

Luego de realizar las modificaciones al modelo de datos base de la aplicación, se diseñó una base de datos relacional para almacenar y consultar desde la aplicación dicho modelo.

La base de datos de la aplicación está compuesta por 15 tablas en las que se agrupan y clasifican características del modelo como: las tablas y tipos de tablas presentes en el modelo, a qué categoría de información pertenecen, la forma en cómo son representadas por la aplicación, a qué FeatureDataSet pertenecen cuando sea el caso. Las tablas están conformadas por campos y esos campos tienen asociada una cardinalidad y un nombre; los campos tienen un tipo de dato, pueden tener restricciones, dominios, formatos para los tipos de datos y definir si los campos son obligatorios o no, esto quiere decir que se crean automáticamente sin que el usuario lo elija; finalmente algunos campos pueden contener rangos de valores.

6. DESARROLLO Y PRUEBAS DE LA APLICACIÓN

Con base en el diseño, se realizó el desarrollo de la aplicación empleando parte de la metodología de programación XP y se establecieron las reglas del negocio necesarias para la codificación del proyecto con base en el modelo de datos base, la interfaz de usuario y el diseño modelado con diagramas UML versión 1.5.

6.1 Reglas de Negocio

Los componentes de información se clasifican en Feature Classes y tablas que a la vez se agrupan en FeatureDatasets, las relaciones entre ellos son Relationships class y algunos Feature Classes pueden tener Subtypes, estas definiciones se pueden encontrar en el glosario del documento principal.

Para codificar el sistema se definieron las siguientes reglas, clasificadas así;

- c) Tablas que requieren tablas maestras y subtypes

Tabla	Tabla Requerida	Tipo Tabla		Se crea obligatoriamente	
		Tabla Maestra	Subtype	Si	No
Estacion	TipoEstacion		X	X	
HistoricoEstado	TipoEstado	X		X	
Acuifero	TipoAcuifero		X	X	
EstacionPiezometrica	TipoCapatacion	X		X	
	TipoSuelo		X	X	
Suelo	TexturaSuelo	X			X
	TipoErrorCaudal	X			X
Caudal	TiempoMedicion	X			X
	TipoLentico		X	X	
Viento	TipoErrorViento	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Precipitación	TipoErrorPrec	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Radiacion	TipoErrorradia	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
	TipoRaciacion	X		X	

TemperaturaAire	TipoErrorTemAire	X			X
	TiempoMedicion	X		X	
Evapotranspiración	MetodoMedicion	X		X	
	TiempoMedicion	X		X	
BrilloSolar	TiempoMedicion	X		X	
	TipoErrorBrillo	X			X
Humedad	TiempoMedicion	X		X	
	TipoErrorHumedad	X			X
Estadistico	Moda	X			X
Drenaje	TipoDrenaje				

Tabla 1: Componentes que requieren otras tablas

d) Tablas que requieren de otra tabla para su creación

Tabla	Tabla Requerida	
Hidrogenoquimica	Estacion	
Precipitacion		
Viento		
Radiacion		
TemperaturaAire		
BrilloSolar		
Humedad		
Caudal		
CuencaSuperficial		
EstacionPiezometrica		
Bifurcacion		CuencaSuperficial
CAR		Territorial
EstacionPiezometrica	Piezometria	

Tabla 2: Componentes que requieren otras tablas

e) Para las siguientes tablas maestras se debe abrir el formulario que permita llenarlas.

- TipoSuelo
- TexturaSuelo
- TipoAcuifero
- TipoLentico
- TipoRadiación
- TipoDrenaje

f) Validación de las relaciones entre subsistemas y se crean.

g) Cuando se crean dos tablas espaciales en las categorías de información: Medio Superficial,

Medio Subterráneo o Unidades Administrativas, se creará un featureDataset con el nombre de la categoría.

h) Aplicar herencia al momento de crear los componentes de datos 'Drenaje' y 'Relieve'.

6.2 Pruebas de la aplicación

En esta fase del proyecto se documentaron las pruebas realizadas a la aplicación y que fueron clasificadas en pruebas generales y especiales, después de la codificación de la misma.

Se definieron como pruebas generales:

- Conexión con Geodatabase
- Validación de Geodatabase vacía
- Selección sistema de referencia espacial
- Crear FeatureClass
- Crear Tabla
- Crear Relación entre FeatureClasses
- Crear Relación entre tablas
- Crear FeatureClass con subtype
- Crear tabla con tabla maestra
- Llenar tabla maestra

Se definieron como pruebas específicas:

- Crear el objeto 'Precipitacion' sin el objeto 'Estacion'.
- Crear el objeto 'Piezometria'
- Crear el objeto 'Drenaje'
- Crear el objeto 'Estacion'
- Verificar que se cree el FeatureDataset

Con los resultados de las pruebas se hicieron ajustes y se mejoraron algunos casos.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 Conclusiones

Este trabajo partió de la pregunta de investigación ¿De qué manera se puede mejorar la gestión de información en los estudios realizados en el área de hidrología?"

Para responder a esta pregunta se recorrió un camino que incluyó el estudio del problema en cuestión para comprender el contexto y su posible solución, se conceptualizó sobre herramientas

tecnológicas que ayudarán en la solución de la problemática y finalmente la integración de dichas tecnologías. Estas actividades son esenciales para el análisis y desarrollo de cualquier sistema de información complejo, debido a que se debe tener claridad sobre el problema a resolver ya las herramientas que conlleven a solucionarlo. Para nuestro caso se estudió el ciclo hidrológico y los elementos que lo comprenden, así como las bases de datos espaciales y los sistemas de información geográficos. Podemos concluir que HydroSystem se constituye en una herramienta valiosa para el hidrólogo porque le permite interactuar con elementos del ciclo hídrico definidos previamente por un experto y construir de manera amigable estructuras de datos a la medida que le facilitará posteriormente manipular información exclusivamente contenida en su propia base de datos.

7.2 Recomendaciones

En el corto plazo se recomienda desarrollar un módulo gráfico que permita visualizar las categorías, componentes, variables y relaciones que se van generando en el modelo de datos, esto contextualizará al usuario sobre el modelo de datos hidrológico creado. Además se recomienda realizar un módulo que permita al hidrólogo ingresar nuevas reglas al modelo base de forma que éste pueda extenderse y el sistema puede controlar las nuevas reglas.

En el largo plazo y con el fin de generalizar la aplicación, se recomienda ajustar el sistema de forma tal que la base de datos de la aplicación pueda ser alojada y modificada en cualquier motor de base de datos, así mismo que el modelo generado a través de HydroSystem pueda almacenarse tanto en estructuras Geodatabase como en bases de datos espaciales

REFERENCIAS

- [BOR 01]Borges K.A.V. An Object-Oriented Data Model for Geographic Applications. 2001. Revista Geo-Informática.
- [GOM 09]Gómez A.M,et al.2009. Diseño de una base de datos espacial para los componentes superficial y subterráneo de un sistema hidrológico. Presentado en: III Congreso Colombiano de hidrogeología, Bogotá.
- [GUT 94]Güting R. H. 1994. An Introduction to Spatial Database Systems. The VLDB Journal — The International Journal on Very Large Data Bases. No 3. Vol 4: 357-399.
- [PAB] Pabón J.D. Chaparro R. Universidad Nacional de Colombia. Colombia en Ambiente Global. 2005. Pág.1-2
- [ZIM 99] Zimmermann, E. 1999. Ciclo Hidrológico en la Naturaleza. Balance hidrológico.XVII Congreso Nacional del agua. Santa fe de Argentina. IAE, Vol.
- [BEC 02]Beck, K. 2002. Programación Extrema, una aplicación de la programación extrema.

