

“HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE
HIDROLÓGICO DE LARGO PLAZO UTILIZANDO ARGIS 10.1”

MANUEL ALEJANDRO GRIMALDOS MOJICA

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2013

“HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE
HIDROLÓGICO DE LARGO PLAZO UTILIZANDO ARGIS 10.1”

MANUEL ALEJANDRO GRIMALDOS MOJICA

Trabajo de tesis para optar al título de
Magister en Ingeniería Civil

Director
WILLIAM RICARDO AGUILAR PIÑA
Ingeniero Especialista

ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO
MAESTRIA EN INGENIERÍA CIVIL
BOGOTÁ D.C
2013

Nota de aceptación

Firma Director

Firma Coordinador

Firma Calificador

Bogotá, 23 de Octubre de 2013

A Dios, señor y padre de la humanidad.

Quiero dedicarle este proyecto por acompañarme siempre en las dificultades, permitirme terminar mis estudios de postgrado, haberme conservado con vida, con salud, por la inteligencia, la fortaleza, y por haber cuidado de mi familia en las horas de ausencia.

Es propósito del ser humano aportar con un granito de arena, en medida de sus posibilidades y dentro del contexto profesional a construir una mejor vida con su trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida que tengo, por mi familia y por todas las oportunidades para adquirir nuevas experiencias cada día.

Agradezco a mi esposa por su apoyo, comprensión y amor que me permite sentir poder lograr lo que me proponga. Gracias por escucharme y por tus consejos. Gracias por ser parte de mi vida.

Agradezco a mi madre y padre por su cariño, comprensión y apoyo sin condiciones ni medidas. Gracias por guiarme sobre el camino de la educación.

Agradezco a mi Director de proyecto por su orientación profesional y personal, por el apoyo incondicional y el tiempo dedicado a sacar adelante este proyecto.

Agradezco a mis jurados por el tiempo dedicado, por las correcciones realizadas y por el apoyo profesional.

Agradezco a cada uno de los maestros que participaron en mi desarrollo profesional, sin su ayuda y conocimientos no estaría en donde me encuentro ahora.

Gracias a todos mis amigos que estuvieron conmigo y compartimos tantas aventuras, experiencias, desveladas y alegrías.

CONTENIDO

	Pág.
GLOSARIO	27
RESUMEN.....	45
INTRODUCCIÓN	47
1. ANTECEDENTES.....	48
2. ESPECIFICACIÓN EXTENSION BALANCE HIDROLOGICO.....	52
2.1 MODELO DE CLASES	52
2.1.1 Package AddIn.....	52
2.1.2 Package ArcGIS	53
2.1.3 Package Flow	53
2.1.4 Package Form:.....	54
2.1.5 MapAlgebra Form	54
2.1.6 Package Operator.....	55
2.1.7 Package Polygon	56
2.1.8 Package Tracer.....	56

2.1.9 Package Util.....	56
2.1.10 Package Validate	56
2.2 PROCEDIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL.....	57
2.2.1 Caudales Extremos.....	58
2.2.2 Modelo de Clases	60
2.2.3 AddinImpl.....	60
2.2.4 AddInStartupObject.....	61
2.2.5 ArcMap.....	62
2.2.6 BasinsOperator	62
2.2.7 DelineatingWatersheds	64
2.2.8 FeatureClass:.....	65
2.2.9 FlowDirection	65
2.2.10 Geoprocessing.....	66
2.2.11 HydrologicalBalance	67
2.2.12 HydrologicalBalanceDockWin	68
2.2.13 HydrologicalBalanceDockWin	71
2.2.14 IntegrationInfo	76
2.2.15 Map.....	78

2.2.16 PolygonsOperator	79
2.2.17 Raster	81
2.2.18 RasterTargetComboBox	81
2.2.19 ThisAddIn.....	82
2.2.20 ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn.....	83
3. DIAGRAMA DE FLUJO	84
3.1 VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE ENTRADA	85
3.1.1 Formato (Raster y vector)	85
3.1.2 Sistema de referencia (Raster y vector):.....	86
3.1.3 Resolución Espacial (Raster).....	86
3.1.4 Extensión Espacial (Raster y vector)	86
3.2 CREACIÓN DEL DEM REACONDICIONADO.....	87
3.2.1 Método matemático bilineal	87
3.2.2 Método matemático de reacondicionamiento del DEM.....	87
3.2.3 Realizar corrección del Dem:	89
3.2.4 Corrección de sumideros	89
3.2.5 Corrección de picos	89
3.2.6 Interpolación del raster de precipitación	89
3.2.7 Cálculo del raster de temperatura.....	89

3.2.8 Cálculo del raster de evapotranspiración	91
3.2.9 Cálculo raster de direcciones de flujo	93
3.2.10 Delimitación de cuencas	93
3.2.12 Estimación de caudales por acumulación de flujo	95
4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN DEL DISEÑO EL MODELO DE ADD-IN PARA ARCGIS DESKTOP	96
4.1 INTEGRACIÓN DE ARCGIS CON VISUAL STUDIO PARA EL ADD-IN	96
4.2 DESARROLLO CON RASTER EN ArcGIS.....	98
4.2.1 Accediendo y desplegando información raster	98
4.2.2 Creando rasters usando pixel blocks	99
4.2.3 Procesando datos raster	100
4.3 HIDROSIG Y CONFIGURACIÓN DEL ADD-IN BALANCE HIDROLÓGICO	101
4.3.1 Instalación/Desinstalación/Actualización Add-In Balance Hidrológico	101
4.4 VISTA DE FUNCIONALIDADES.....	108
4.4.1 Activación de la extensión.....	108
4.4.2 Referencia en la implementación.....	109
4.4.3 Barra de Herramientas (Toolbox).....	109
4.4.4 Referencia en la implementación.....	110
4.4.5 Cuadros combinados (Combo Boxes)	111

4.4.6 Referencia en la implementación.....	112
4.5 HERRAMIENTAS	113
4.5.1 Procedimiento para delinear cuencas.....	113
4.5.2 Referencia en la implementación.....	116
4.5.3 Botones.....	117
4.6 BALANCE HIDROLÓGICO.....	118
4.6.1 Balance a largo plazo:	118
4.6.2 Caudal máximo.....	121
4.6.3 Caudal mínimo.....	123
4.7 MENÚ	126
4.7.2 Validar Información	127
4.7.3 Sistema de referencia.....	127
4.7.4 Resolución Espacial.....	127
4.7.5 Extensión Espacial.....	127
4.7.6 Nuevo Raster Temperatura.....	129
4.7.7 Nuevo Raster Evapotranspiración	131
4.7.8 Nuevo Raster de Direcciones de Flujo.....	133
4.7.9 Acumulador de Flujo	135
4.8 SELECTOR DE MAPAS	137

5. ESTUDIO DE CASO.....	140
5.1 DESARROLLO ESTUDIO DE CASO “CUENCA ARROYO LAS ANIMAS – DEPARTAMENTO DEL CESAR”	142
5.1.1 Instalación/Desinstalación/Actualización Add-In Balance Hidrológico	143
5.1.2 Activación de la extensión.....	148
5.1.3 Barra de herramientas (toolbox)	149
5.1.4 Cuadros combinados (combo boxes)	150
5.1.5 Herramientas	151
5.1.6 Procedimiento para delinear cuencas.....	151
5.1.7 Botones.....	155
5.1.8 Balance Hidrológico a largo plazo estudio de caso Las Animas	155
5.1.9 Caudal máximo estudio de caso Las Animas	161
5.1.10 Caudal mínimo estudio de caso Las Animas	166
5.1.11 Menú.....	171
5.1.12 Validar Información estudio de caso Las Animas	172
5.1.13 Sistema de referencia	173
5.1.14 Resolución Espacial.....	173
5.1.15 Extensión Espacial.....	173
5.1.16 Nuevo Raster Temperatura estudio de caso Las Animas.....	175

5.1.17	Nuevo Raster Evapotranspiración estudio de caso Las Animas	177
5.1.18	Nuevo Raster de Direcciones de Flujo estudio de caso Las Animas	179
5.1.19	Acumulador de Flujo estudio de caso Las Animas	182
5.2	COMPARACIONES HIDROSIG 4.0 ESTUDIO DE CASO LAS ANIMAS	185
6.	RECOMENDACIONES	190
7.	CONCLUSIONES	191
	BIBLIOGRAFÍA	193
	ANEXOS	194

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Modelo de clases BasinsOperator	55
Tabla 2. Relaciones AddinImpl	60
Tabla 3. Atributos AddinImpl	60
Tabla 4. Operaciones AddinImpl	60
Tabla 5. Relaciones AddInStartupObject	61
Tabla 6. Atributos AddInStartupObject.....	61
Tabla 7. Operaciones AddInStartupObject	61
Tabla 8. Atributos ArcMap	62
Tabla 9. Operaciones ArcMap	62
Tabla 10. Relaciones BasinsOperator	63
Tabla 11. Operaciones BasinsOperator	63
Tabla 12. Relaciones DelineatingWatersheds	64
Tabla 13. Atributos DelineatingWatersheds	64
Tabla 14. Operaciones DelineatingWatersheds.....	65
Tabla 15. Operaciones FeatureClass	65
Tabla 16. Relaciones FlowDirection.....	65
Tabla 17. Atributos FlowDirection	66
Tabla 18. Operaciones FlowDirection	66
Tabla 19. Operaciones Geoprocessing.....	66

Tabla 20. Relaciones HydrologicalBalance.....	67
Tabla 21. Atributos HydrologicalBalance	67
Tabla 22. Operaciones HydrologicalBalance	67
Tabla 23. (Continuación).....	68
Tabla 24. Atributos HydrologicalBalanceDockWin	69
Tabla 25. (Continuación).....	70
Tabla 26. (Continuación).....	71
Tabla 27. Operaciones HydrologicalBalanceDockWin.....	71
Tabla 28. Relaciones HydrologicalBalanceDockWin	71
Tabla 29. (Continuación).....	72
Tabla 30. Atributos HydrologicalBalanceDockWin	72
Tabla 31. (Continuación).....	73
Tabla 32. (Continuación).....	74
Tabla 33. Operaciones HydrologicalBalanceDockWin.....	75
Tabla 34. (Continuación).....	76
Tabla 35. Relaciones IntegrationInfo	76
Tabla 36. (Continuación).....	77
Tabla 37. Atributos IntegrationInfo	77
Tabla 38. Operaciones IntegrationInfo.....	77
Tabla 39. (Continuación).....	78
Tabla 40. Operaciones Map.....	78
Tabla 41. Relaciones PolygonsOperator	79
Tabla 42. Atributos PolygonsOperator	79

Tabla 43. Operaciones PolygonsOperator	79
Tabla 44. (Continuación).....	80
Tabla 45. Operaciones Raster	81
Tabla 46. Relaciones RasterTargetComboBox.....	81
Tabla 47. Atributos RasterTargetComboBox	81
Tabla 48. Operaciones RasterTargetComboBox	82
Tabla 49. Operaciones ThisAddIn.....	82
Tabla 50. Operaciones ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn	83
Tabla 51. Formatos Raster soportados.....	85
Tabla 52. Formatos vectoriales comprobados	86
Tabla 53. Componentes de la barra de herramientas	110
Tabla 54. Cuadros Combinados	111
Tabla 55. Herramientas	113
Tabla 56. Botones de la barra de herramientas	117
Tabla 57. Funcionalidades del menú Balance Hidrológico	126
Tabla 58. Las Características Generales De Las Estaciones Climáticas Del Municipio.....	142
Tabla 59. Componentes de la barra de herramientas.....	149
Tabla 60. Cuadros Combinados	150
Tabla 61. Herramientas	151
Tabla 62. Botones de la barra de herramientas.....	155
Tabla 63. Funcionalidades del menú Balance Hidrológico	171
Tabla 64. Comparación de los resultados obtenidos.	188

LISTA DE GRÁFICAS

	Pág.
Gráfica 1. Esquema de la dirección de flujo.....	84
Gráfica 2. Extensión espacial de salida	86
Gráfica 3. La clase “EvapotranspirationBtn” en c#.....	92
Gráfica 4. La clase “EvapotranspirationBtn” en c# , en el método “OnClick”	92
Gráfica 5. Método “Generate” de la clase “EvapotranspirationAlgebra”	93
Gráfica 6. Esquema de la dirección de flujo – sistema utilizado por HydroSIG	93
Gráfica 7. Creación de un proyecto tipo add-in de ArcGIS	97
Gráfica 8. Asistente para Add-Ins de ArcGIS.....	97
Gráfica 9. Solución HydrologicalBalance	98
Gráfica 10. Método OpenWorkspace de la clase Raster	99
Gráfica 11. Metodo AddRasterLayer de la clase Map.....	99
Gráfica 12. Metodo CreateRaster de la clase Raster.....	100
Gráfica 13. Clase CaudalAlgebra.....	101
Gráfica 14. Archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”	102
Gráfica 15. Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS.....	102
Gráfica 16. Mensaje de la Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS	103
Gráfica 17. Adición de la barra de Herramientas en ArcMap.....	103
Gráfica 18. Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”	104
Gráfica 19. Navegar al Add-In Manager	104

Gráfica 20. Add-In Manager.....	104
Gráfica 21. Mensaje del Add-In Manager	105
Gráfica 22. Add-In Manager.....	105
Gráfica 23. Adición nuevo Item	106
Gráfica 24. Ventana “Add New Item”	106
Gráfica 25. Asistente para Add-Ins de ArcGIS.....	107
Gráfica 26. Clase con código generado para un componente tipo Boton	107
Gráfica 27. Menú de Extensiones en ArcMap.....	108
Gráfica 28. Ventana de activación/desactivación de extensiones de ArcGIS	109
Gráfica 29. Etiqueta Extensions en el archivo Config.esriaddinx	109
Gráfica 30. Componentes Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”	110
Gráfica 31. Etiqueta Toolbars en el archivo Config.esriaddinx	110
Gráfica 32. Método Initialize en la clase HydrologicalBalance	111
Gráfica 33. Cuadro combinado Raster de direcciones de flujo	112
Gráfica 34. Metodo AddItem de la clase RasterTargetComboBox.....	112
Gráfica 35. Método FillComboBox de la clase HydrologicalBalance.....	113
Gráfica 36. Raster de direcciones cargado en una sesión de ArcMap	114
Gráfica 37. Raster cargado en el cuadro combinado Raster de direcciones activo	114
Gráfica 38. Herramienta Delinear Cuencas seleccionada	115
Gráfica 39. Ventana para nombrar cuencas	115
Gráfica 40. Ubicación Feature Class de cuencas	116

Gráfica 41. Fragmento del método OnMouseDown de la clase DelineatingWatersheds	117
Gráfica 42. Ventana desplegable Balance Hidrológico	119
Gráfica 43. Cuadro combinado de Layers de cuencas	119
Gráfica 44. Selección de una cuenca	120
Gráfica 45. Ventana de progreso en los procesos de integración.....	121
Gráfica 46. Pestaña Caudal máximo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico	122
Gráfica 47. Pestaña Caudal mínimo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico.....	124
Gráfica 48. Obtención de una referencia a un componente del add-in	126
Gráfica 49. Etiqueta Menus en el archivo Config.esriaddinx.....	127
Gráfica 50. Ventana Validar Información	128
Gráfica 51. Método btnProcess_Click de la clase ValidateInformationForm.....	129
Gráfica 52. Ventana Nuevo Raster de Temperatura.....	130
Gráfica 53. Método btnTemperatureProcess_Click de la clase TemperatureForm	131
Gráfica 54. Ventana Generar Raster Evapotranspiración.....	132
Gráfica 55. Método btnEvapotranspirationProcess_Click” de la clase “EvapotranspirationForm	133
Gráfica 56. Esquema de la dirección de flujo – sistema utilizado por HydroSIG .	133
Gráfica 57. Ventana Raster de Direcciones.....	134

Gráfica 58. Método btnFlowDirectionProcess_Click de la clase FlowDirectionForm	135
Gráfica 59. Esquema de la dirección de flujo	136
Gráfica 60. Método btnFlowProcess_Click de la clase AccumulatorForm	137
Gráfica 61. Selector de Mapas	138
Gráfica 62. Selección de un layer dentro del selector de mapas	138
Gráfica 63. Selección de un archivo raster dentro del selector de mapas	139
Gráfica 64. Línea de código algebra de mapas, "MapAlgebra"	140
Gráfica 65. Archivo "BalanceHidrologico.esriAddIn"	144
Gráfica 66. Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS	144
Gráfica 67. Mensaje de la Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS	145
Gráfica 68. Adición de la barra de Herramientas en ArcMap	145
Gráfica 69. Barra de Herramientas "Balance Hidrológico"	146
Gráfica 70. Navegar al Add-In Manager	146
Gráfica 71. Add-In Manager	147
Gráfica 72. Mensaje del Add-In Manager	147
Gráfica 73. Add-In Manager	148
Gráfica 74. Menú de Extensiones en ArcMap	148
Gráfica 75. Ventana de activación/desactivación de extensiones de ArcGIS	149
Gráfica 76. Componentes Barra de Herramientas "Balance Hidrológico"	149
Gráfica 77. Cuadro combinado Raster de direcciones de flujo "fdr_hidrosigx.asc" las Animas (Direcciones.asc)	151

Gráfica 78. Raster de direcciones cargado (fdr_hidrosig.asc) en una sesión de ArcMap Estudio de caso Las Ánimas	152
Gráfica 79. Raster cargado en el cuadro combinado Raster de direcciones activo (fdr_hidrosig.asc) Estudio de caso Las Ánimas	152
Gráfica 80. Herramienta Delinear Cuencas seleccionada	153
Gráfica 81. Ventana para nombrar cuencas (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas	153
Gráfica 82. Cuenca delineada y almacenada en geodatabase cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas	154
Gráfica 83. Ubicación Feature Class de cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas	154
Gráfica 84. Ubicación Feature Class Preview Tabla - cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas	155
Gráfica 85. Ubicación Feature Class Preview Geografico - cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas	155
Gráfica 86. Ventana desplegable Balance Hidrológico	156
Gráfica 87. Cuadro combinado de Layers de cuencas	157
Gráfica 88. Selección de una cuenca (Cuenca 100 Estudio de Caso Las Animas)	157

Gráfica 89. Selección de precipitación (Cuenca 100 Estudio de Caso Las Animas)	158
Gráfica 90. Ventana de progreso en los procesos de integración.....	158
Gráfica 91. Ventana de selección raster de Evapotranspiración Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas	159
Gráfica 92. Ventana de progreso en los procesos de integración Evapotranspiración Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas	159
Gráfica 93. Resultados de progreso en los procesos de integración Precipitación, Evapotranspiración Estimación Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas.....	160
Gráfica 94. Resultados de progreso en los procesos de integración.....	160
Gráfica 95. Resultados Del Progreso En La Estimación Del Caudal Medio Previamente.....	161
Gráfica 96. Pestaña Caudal máximo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico.....	162
Gráfica 97. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Maximo.....	163
Gráfica 98. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Maximo Parámetros Regionalizados de “Media”.	163
Gráfica 99. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Maximo.....	164

Gráfica 100. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Maximo Parámetros Regionalizados de “Desviación”.....	165
Gráfica 101. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1.Estimación De Caudal Maximo, Distribución Gumbel Para Periodo De Retorno 100 Años.	165
Gráfica 102. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1.Estimación De Caudal Maximo, Distribución Gumbel,LogNormal Para Periodo De Retorno 100 y 10 Años.....	166
Gráfica 103. Pestaña Caudal mínimo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico.....	167
Gráfica 104. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Minimo.....	168
Gráfica 105. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Minimo Parámetros Regionalizados de “Media”.	168
Gráfica 106. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Minimo.....	169
Gráfica 107. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Minimo Parámetros Regionalizados de “Desviación”.....	170

Gráfica 108. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1.Estimación De Caudal Minimo, Distribución Gumbel Para Periodo De Retorno 100 Años.	170
Gráfica 109. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1.Estimación De Caudal Minimo, Distribución Gumbel, LogNormal Para Periodo De Retorno 100 y 10 Años.	171
Gráfica 110. Opciones del Menú Balance Hidrológico.	172
Gráfica 111. Validar Información Menú Balance Hidrológico Estudio de Caso Las Animas.....	172
Gráfica 112. Ventana Validar Información	174
Gráfica 113. Ventana Información Validada	174
Gráfica 114. Información Validada.....	174
Gráfica 115. Ventana Nuevo Raster de Temperatura.....	175
Gráfica 116. Ventana Raster de Temperatura estudio de caso Las Ánimas	176
Gráfica 117. Raster de Temperatura estudio de caso Las Ánimas.....	176
Gráfica 118. Nuevo Raster Evapotranspiración estudio de caso Las Animas	177
Gráfica 119. Ventana Generar Raster Evapotranspiración.....	178
Gráfica 120. Ventana de Raster de Evapotranspiración estudio de caso Las Ánimas.....	178
Gráfica 121. Raster de Evapotranspiración estudio de caso Las Ánimas. – Estimación Automatizada para ArcGIS 10.1 utilizando algebra de mapas	179
Gráfica 122. Esquema de la dirección de flujo– sistema utilizado por HydroSIG	179

Gráfica 123. Nuevo raster de Direcciones de Flujo estudio de caso Las Animas	180
Gráfica 124. Ventana Raster de Direcciones	180
Gráfica 125. Ventana Nuevo Raster de Direcciones estudio de caso Las Animas	181
Gráfica 126. Creando Raster de Direcciones de flujo estudio de caso Las Animas	181
Gráfica 127. Raster de Direcciones de flujo estudio de caso Las Animas	182
Gráfica 128. Acumulador de Flujo estudio de caso Las Animas	182
Gráfica 129. Ventana del Acumulador de flujo	183
Gráfica 130. Ventana del Acumulador de flujo estudio de caso Las Animas	183
Gráfica 131. Procesando Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas	184
Gráfica 132. Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas	184
Gráfica 133. Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas	185
ArcGIS 10.1	185
Gráfica 134. Identify Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas ArcGIS 10.1	185
Gráfica 135. Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HydroSIG	186
Gráfica 136. Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HydroSIG	187
Gráfica 137. Identify Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HydroSIG	187
Gráfica 138. Desarrollo en ArcGis Addin	188

Gráfica 139. Desarrollo en ArcGis HydroSig..... 189

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Manual de Usuario	195
Anexo B. Código fuente de la herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo versión 1.0	231
Anexo C. Archivo Digital del Add-In Balance Hidrológico (add-in para ArcGIS desktop)	232
Anexo D. Estudio de Caso "LAS ANIMAS"	233
Anexo E. Componentes del modelo.....	234
Anexo F. Modelo de clases Addin.....	235
Anexo G. Diagrama con componentes del Addin	236
Anexo H. Ejemplo estimación de caudales Maximos y Minimos con el uso de la herramienta "Add-in Balance Hidrológico ArcGis 10.1"- Datos del Modulo 3 - Estimacion de Caudales Hidrosig 4.0.	237

GLOSARIO¹

Add-In: [programación] Una extensión de un programa de software que realiza una tarea personalizada. ESRI ofrece varios complementos para desarrolladores como parte del kit de desarrollo de ArcGIS.

API: [programación] Acrónimo de interfaz de programación de aplicaciones. Un conjunto de interfaces, métodos, protocolos y herramientas que los desarrolladores de aplicaciones utilizan para construir o modificar un programa de software. APIs que sea más fácil desarrollar un programa facilitando la construcción de bloques de preescrito, probado y documentado código que se incorporan en el nuevo programa. API se puede construir de cualquier lenguaje de programación.

Application: [Análisis / geoprocésamiento] El uso de un SIG para resolver problemas, automatizar tareas o generar información dentro de un campo específico de interés. Por ejemplo, una aplicación agrícola común de los SIG es la determinación de los requerimientos de fertilización basado en mapas de campo de la química del suelo y el rendimiento de las cosechas anteriores.

Software: [Software] Un programa de computadora utilizado para una tarea o propósito específico, como contabilidad o GIS.

ArcGIS Spatial Analyst: [Software ESRI] Una extensión ArcGIS que proporciona el modelado espacial y características de análisis. Permite la creación, la consulta, la cartografía y el análisis de los datos raster basados en células y análisis integrado de vectores raster.

ArcInfo workspace: [Software ESRI] Una colección de coberturas, cuadrículas, latas o shapefiles basada en archivos almacenados como un directorio de carpetas en el sistema de archivos.

ArcMap Server: [Software ESRI] Un servidor virtual ArcIMS público que permite a un usuario de ArcGIS para crear mapas en ArcMap, en lugar de ArcIMS Autor o ArcIMS Manager, y publicarlos en Internet. El servidor de ArcMap es una extensión opcional de ArcIMS.

ArcObjects: [Software ESRI] Una biblioteca de componentes de software que conforman la base de ArcGIS. ArcGIS Desktop, ArcGIS Engine y ArcGIS Server se construyen utilizando las librerías ArcObjects.

¹ESRI. Support ArcGIS 10.1. Copyright © 1995-2012 Esri. Todos los derechos reservados. Disponible en Internet: <http://support.esri.com/en/knowledgebase/Gisdictionary/browse>

ArcSDE: [Software ESRI] Tecnología para la gestión de la información geográfica en un sistema de gestión de bases de datos relacionales (RDBMS). ArcSDE es parte de la plataforma ArcGIS, y es el servidor de datos entre ArcGIS y bases de datos relacionales. Es ampliamente utilizado para habilitar la información geográfica para ser compartido por muchos usuarios a través de una red y para escalar en tamaño de personal, a grupo de trabajo, para el uso empresarial.

ArcToolbox: [Software ESRI] Una interfaz de usuario de ArcGIS utiliza para acceder, organizar y administrar una colección de herramientas de geoprocésamiento, modelos y scripts.

ArcXML: [Software ESRI] Acrónimo de *Arco Extensible Markup Language*. Un formato de archivo que proporciona un método estructurado para la comunicación entre todos los componentes de ArcIMS. ArcXML define el contenido de los servicios y se utiliza para peticiones y respuestas entre clientes, la capa de lógica de negocio, y servidores.

ASCII: [Transferencia] Acrónimo de *Código Estándar Americano para Intercambio de Información*. El estándar de facto para el formato de archivos de texto en computadoras y en Internet que asigna un número binario de 7 bits para cada carácter alfanumérico o especial. ASCII define 128 caracteres posibles.

Button: [Programación] Un comando que ejecuta una función, macro o código personalizado cuando se hace clic.

C : [Programación] A, lenguaje de programación común flexible.

Cell: [Gráfico (informática)] La unidad más pequeña de información en los datos de mapa de bits, por lo general de forma cuadrada. En un mapa o SIG conjunto de datos, cada celda representa una parte de la tierra, tal como un metro cuadrado o milla cuadrada, y por lo general tiene un valor de atributo asociado con él, tales como el tipo de suelo o una clase de vegetación.

[Software no ESRI] Un dibujo pequeño, por lo general de un uso frecuente o símbolo complejo, notación, o detalle. Las células son similares a los bloques en los dibujos de AutoCAD.

Cell Size: [Modelos de datos] Las dimensiones en el suelo de una sola célula en una trama, medido en unidades de mapa. Tamaño de las células se utiliza a menudo como sinónimo con tamaño de píxel.

Class: [Análisis de los datos] Un conjunto de entidades agrupadas sobre la base de valores de atributos compartidos.

[Modelos de datos] Los píxeles de un archivo de mapa de bits que representan la misma condición.

[Informática] Una plantilla para un tipo de objeto en un lenguaje de programación orientado a objetos. Una clase se utiliza para crear objetos que comparten la misma estructura y el comportamiento.

Combo Box: [Informática] Una herramienta de interfaz de usuario que combina las características de un cuadro de texto y una lista desplegable. Por ejemplo, el cuadro combinado Ubicación en ArcCatalog permite la selección de un elemento en el árbol de catálogo, escriba su trayectoria o la elección de su camino de una lista desplegable.

Command: [Informática] Una instrucción de un programa de ordenador, por lo general una palabra o palabras o letras concatenados, dada por el usuario de un dispositivo de control, tal como un teclado, o leer de un archivo por un intérprete de comandos.

[Informática] Un menú, elemento de menú, botón, cuadro combinado, cuadro de texto o una herramienta de una barra de herramientas.

[Software ESRI] Cualquier clase en un sistema de ArcGIS que implementa la interfaz ICommand y, por consiguiente, puede agregar a un menú o barra de herramientas en una aplicación ArcGIS.

Command Line Interface: [Informática] El formato de la entrada y salida de un programa en el que el usuario introduce los comandos por medio de cadenas de texto mecanografiado en un teclado, en lugar de la selección de comandos de gráfica solicita como iconos o cuadros de diálogo.

Component: [Software no ESRI] En COM, una unidad de código binario que se puede utilizar para crear los objetos COM.

Convex Polygon: [Matemáticas] Un polígono en el que una línea recta trazada entre dos puntos cualesquiera dentro del polígono está completamente contenida dentro del polígono. Visualmente, el límite de un polígono convexo es la forma de una goma tomaría alrededor de un grupo de objetos.

Coordinate System: [Sistemas de coordenadas] Un marco de referencia que consiste en un conjunto de puntos, líneas, y / o superficies, y un conjunto de reglas, que se utilizan para definir las posiciones de los puntos en el espacio en dos o tres dimensiones. El sistema de coordenadas cartesianas y el sistema de coordenadas geográfico utilizado en la superficie de la tierra son ejemplos comunes de sistemas de coordenadas.

Data: [Gestión de datos] Cualquier colección de hechos relacionados dispuesto en un formato particular, a menudo, los elementos básicos de información que se producen, almacenan o procesan en un ordenador.

Data file: [Informática] Un archivo que contiene texto, gráficos y números.

Data format: [Estructuras de datos] La estructura utilizada para almacenar un archivo de computadora o registro.

Data frame: [Software ESRI] Un elemento de mapa que define una extensión geográfica, una medida de la página, un sistema de coordenadas, y otras propiedades de la pantalla para una o más capas en ArcMap. Un conjunto de datos puede ser representado en una o más tramas de datos. En vista de datos, sólo se muestra una trama de datos a la vez, y en vista de diseño, todas las tramas de datos del mapa se muestran al mismo tiempo. Muchos textos cartografía utilizan el término "mapa corporal" para referirse a lo que ESRI llama una trama de datos.

Data integration: [Interoperabilidad] El proceso de compartir y combinar datos entre dos organizaciones o sistemas.

Data model: [Modelos de datos] En GIS, construir un modelo matemático para representar objetos geográficos o superficies como datos. Por ejemplo, el modelo de datos vector representa la geografía como colecciones de puntos, líneas y polígonos, y el modelo de datos raster representa la geografía como matrices de células que almacenan valores numéricos, y el modelo de datos TIN representa la geografía como conjuntos de contiguos, no superpuestas triángulos.

[Software ESRI] En ArcGIS, un conjunto de especificaciones de diseño de bases de datos de objetos de una aplicación SIG. Un modelo de datos describe las capas temáticas utilizadas en la aplicación (por ejemplo, puestos de hamburguesas, carreteras, y los condados), su representación espacial (por ejemplo, punto, línea o polígono), sus atributos, sus reglas de integridad y relaciones (por ejemplo, , condados debe anidar dentro de los estados), su representación cartográfica, y sus requisitos de metadatos.

[Modelos de datos] En teoría de la información, una descripción de las reglas por las que se definen los datos, organizado, preguntó, y actualiza dentro de un sistema de información (por lo general un sistema de gestión de base de datos).

Data type: [Almacenamiento de datos] El atributo de una variable, campo o columna de una tabla que determina el tipo de datos que puede almacenar. Los tipos de datos más comunes son carácter, entero, decimal, individuales, dobles, y la cadena.

Dataflow: [Modelos de datos] La vía de la entrada de datos a través de un sistema.

Database statistics: [Software ESRI] Matemáticamente datos calculados que describen el estado de una base de datos y que el sistema de gestión de base de datos (DBMS) utiliza para optimizar la respuesta de la consulta.

DEM: [Modelos de datos] Acrónimo de *modelos digitales de elevación*. La representación de los valores de elevación continuos sobre una superficie topográfica por una disposición regular de los valores z, hace referencia a un punto de referencia común. DEM se suelen utilizar para representar a los desniveles del terreno.

[Modelos de datos] Un formato para los datos de elevación, azulejos por la hoja de mapa, elaborado por la Dirección Nacional de Cartografía de la USGS.

Desktop GIS: [Gestión de datos] Mapping software que se instalan sobre y se ejecuta en un ordenador personal y permite a los usuarios visualizar, consultar, actualizar y analizar los datos sobre la ubicación geográfica y la información vinculada a esos lugares.

Extensión: [Software ESRI] En ArcGIS, un módulo de software opcional que añade herramientas especializadas y la funcionalidad de ArcGIS Desktop. ArcGIS Network Analyst, ArcGIS StreetMap y ArcGIS Business Analyst son ejemplos de extensiones de ArcGIS.

Feature: [Cartografía] Una representación de un objeto del mundo real en un mapa.

Feature Class: [Software ESRI] En ArcGIS, un conjunto de características geográficas con el mismo tipo de geometría (como punto, línea o polígono), los mismos atributos y la misma referencia espacial. Las clases de entidad se pueden almacenar en geodatabases, shapefiles, coberturas u otros formatos de datos. Las clases de entidad permiten características homogéneas a ser agrupados en una sola unidad para los propósitos de almacenamiento de datos. Por ejemplo, autopistas, carreteras principales y caminos secundarios se pueden agrupar en una clase de entidad de línea llamado "caminos". En una geodatabase, clases de entidades también pueden almacenar anotaciones y dimensiones.

Feature Code: [Software ESRI] En Survey Analyst para mediciones de campo, un bloque de texto incluido en el formato de archivo colector de datos, que se utiliza para describir las características encuestados en el campo.

Feature Data: [Software ESRI] Datos que representan elementos geográficos como formas geométricas.

Feature Dataset: [Software ESRI] En ArcGIS, una colección de clases de entidad se almacenan juntas que comparten la misma referencia espacial, es decir, que comparten un sistema de coordenadas y sus características entran dentro de un área geográfica común. Las clases de entidad con diferentes tipos de geometría se pueden almacenar en un dataset de entidades.

File: [Informática] Una colección de información de nombre único almacena en una unidad, disco o cinta. Un archivo reside generalmente dentro de un directorio.

File Geodatabase: [Estructuras de base de datos] Una geodatabase almacena como una carpeta de archivos. Una geodatabase de archivos puede ser utilizado simultáneamente por varios usuarios, pero sólo un usuario a la vez puede modificar los mismos datos.

Flow Direction: [Análisis de la red] La ruta o el curso seguido por los productos que proceden a través de elementos de borde en una red.

Frame: [Software ESRI] En MOLE, la frontera geométrica de un gráfico que indica la afiliación, la dimensión de batalla, y el estado del elemento de lucha contra la guerra que el gráfico representa MOLE.

[Software ESRI] En ArcView 3.x, un área rectangular en un modelo usado para mostrar datos de la vista, leyendas, tablas, gráficos, imágenes y otros elementos del mapa como flechas norte y barras de escala.

Framework: [Informática] Los componentes de ArcObjects existentes que conforman el sistema ArcGIS.

Geodatabase: [Software ESRI] Una estructura de base de datos o archivo utiliza principalmente para almacenar, consultar y manipular datos espaciales. Geodatabases geometría tienda, un sistema de referencia espacial, atributos y reglas de comportamiento para los datos. Varios tipos de conjuntos de datos geográficos se pueden recoger en una geodatabase, incluyendo clases de entidad, tablas de atributos, conjuntos de datos raster, conjuntos de datos de red, topologías, y muchos otros. Geodatabases pueden ser almacenados en los sistemas de gestión de bases de datos relacionales PostgreSQL IBM DB2, IBM Informix, Oracle, Microsoft Access, Microsoft SQL Server, y, o en un sistema de archivos, como una geodatabase de archivos.

Geodatabase Data Model: [Software ESRI] El esquema de los distintos conjuntos de datos geográficos y tablas en una instancia de una geodatabase. El esquema define los objetos de los SIG, las reglas, y las relaciones se utilizan para agregar el comportamiento y la integridad de los SIG para los conjuntos de datos en una colección.

Geodatabase Feature Dataset: [Software ESRI] En una geodatabase, una colección de clases de entidad se almacenan juntas para que puedan participar en las relaciones topológicas entre sí. Todas las clases de entidad en un dataset de entidades deben compartir la misma referencia espacial, es decir, deben tener el mismo sistema de coordenadas y sus características deben estar dentro de un área geográfica común. Las clases de entidad con diferentes tipos de geometría se pueden almacenar en un dataset de entidades. En ArcGIS, clases de entidad que participan en una red geométrica se deben colocar en un dataset de entidades.

Geographic Coordinate System: [Sistemas de coordenadas] Un sistema de referencia que utiliza la latitud y longitud para definir las ubicaciones de los puntos en la superficie de una esfera o esferoide. Una definición del sistema de coordenadas geográficas incluye un datum, meridiano de Greenwich, y la unidad angular.

GIS : [La tecnología SIG] Acrónimo de *Sistema de Información Geográfica* . Una colección integrada de software y datos utilizados para ver y administrar la información sobre los lugares geográficos, analizar las relaciones espaciales y procesos espaciales modelo. Un SIG proporciona un marco para la recopilación y organización de datos espaciales e información relacionada de modo que se pueden visualizar y analizar.

GUI: [Informática] Acrónimo de *la interfaz gráfica de usuario* . Una pantalla de opciones de programas de software que permite al usuario elegir comandos señalando iconos, cuadros de diálogo y las listas de elementos de menú en la pantalla, por lo general el uso de un ratón. Esto contrasta con una interfaz de línea de comandos en la que el control se lleva a cabo mediante el intercambio de cadenas de texto.

Hydrology: [Geografía] El estudio de agua, su comportamiento, y sus movimientos a través de y por debajo de la superficie de la tierra, y a través de la atmósfera.

Instance: [Informática] En la programación orientada a objetos, un objeto creado en base a la plantilla o definición de la clase a la que pertenece.

[Software ESRI] En ArcSDE, una sola instalación de ArcSDE asocia con una sola base de datos.

[Software ESRI] En ArcIMS, la unidad de procesamiento fundamental del Server Spatial. Una instancia tiene una petición y genera una respuesta que se puede enviar de nuevo a un cliente.

Icon: [Software ESRI] En MOLE, el componente gráfico más interna de un gráfico. Los iconos representan la posición Función de ID de un código de identificación de símbolos.

JDK: [Software no ESRI] Acrónimo de *Kit de desarrollo de Java* . Un conjunto de herramientas de desarrollo de Java de Sun Microsystems que proporcionan las herramientas básicas necesarias para la escritura, pruebas y aplicaciones y applets Java depuración.

Junction: [Análisis de la red] Para los modelos de datos de red en una geodatabase, un punto en el que dos o más aristas.

[Análisis de la red] En una cobertura, un nodo que se une dos o más arcos.

Keyframe: [Software ESRI] En una animación en ArcMap, ArcScene o ArcGlobe, una instantánea de las propiedades de un objeto en un momento determinado.

Kriging: [Estadística espacial (uso de la geoestadística)] Una técnica de interpolación en la que los valores de medición circundantes son ponderados para derivar un valor estimado para una ubicación no medida. Los pesos se basan en la distancia entre los puntos de medición, las ubicaciones de predicción, y la disposición espacial global entre los puntos medidos. Kriging es único entre los métodos de interpolación ya que proporciona un método sencillo para la caracterización de la varianza, o la precisión de las predicciones. Kriging se basa en la teoría de las variables regionalizadas, lo que supone que la variación espacial de los datos que están siendo modelados es homogénea en toda la superficie. Es decir, el mismo patrón de variación se puede observar en todos los lugares en la superficie. Kriging fue nombrado por los Estados de África ingeniero de minas Danie G. Krige del Sur (1919 -).

Label: [Cartografía] En la cartografía, el texto colocado en o cerca de una función de mapa que describe o identifica.

[Software ESRI] En ArcGIS, texto descriptivo, por lo general sobre la base de uno o más atributos de entidad. Las etiquetas se colocan dinámicamente en o cerca de características basado en reglas definidas por el usuario y en respuesta a los cambios en la visualización del mapa. Las etiquetas no se pueden seleccionar individualmente y modificados por el usuario. Reglas de colocación de etiquetas y propiedades de la pantalla (como el tamaño de fuente y color) se definen por una capa entera.

[Software ESRI] En MOLE, con base en datos de atributos de texto. Las etiquetas se colocan dinámicamente en o cerca de características basadas en las especificaciones militares que MOLE apoya. En TOPO, las etiquetas se hace referencia a menudo como modificadores.

Label Class: [Software ESRI] En ArcMap, una categoría de etiquetas que representa las características con las mismas propiedades de etiquetado. Por ejemplo, en una capa de caminos, clases de etiqueta se podrían crear para definir la información y el estilo para cada tipo de carretera: autopista, carretera nacional, carretera comarcal, y así sucesivamente.

Layer Package: [Internet] Un archivo especial (layer_name.lpk) que contiene una capa, una copia de los datos, y un archivo XML que tiene una breve descripción de la capa. Se puede abrir en ArcGIS Desktop (9.3.1 o posterior) y ArcGIS Explorer 900 con un proceso de desembalar automática llamado "controlador de archivo". Los paquetes de capas se crean en ArcMap (9.3.1 o superior) o ArcGlobe (9.3.1 o superior).

Link: [Fotogrametría] En georeferenciación, las conexiones entre los apartados conocidos en un conjunto de datos está georreferenciada y los puntos correspondientes en el conjunto de datos que se utiliza como referencia.

[Informática] Una operación que relaciona dos tablas utilizando un campo común, sin alterar ninguna de las tablas.

[Internet] En un documento de hipervínculo, un gráfico o un trozo de texto que, cuando se selecciona por un usuario, hace que la pantalla se mueva a otro documento o a otra ubicación dentro del mismo documento.

[Software ESRI] En Survey Analyst para medidas de campo, una operación en la que las funciones existentes pueden conectarse a los puntos de la encuesta. Se crea una asociación entre los puntos de la encuesta y cuentan con vértices; ubicaciones de entidades no se actualizan automáticamente.

Link command: [Software ESRI] En Survey Analyst para medidas de campo, un comando que se encuentra cerca de los puntos de muestreo para cada función vértice y crea automáticamente los enlaces. El comando permite al usuario especificar la tolerancia de búsqueda para encontrar los puntos de la encuesta. Con el comando Link, los usuarios pueden realizar conexiones por lotes, es útil usar si hay muchas características no vinculadas que deben ser asociados con los puntos de la encuesta cercanas.

Map: [Cartografía] Una representación gráfica de las relaciones espaciales de las entidades dentro de un área.

[Cartografía] Cualquier representación gráfica de la información geográfica o espacial.

[Software ESRI] El documento utilizado en ArcMap para visualizar y trabajar con datos geográficos. En ArcMap, un mapa contiene una o más capas de datos

geográficos, contenidos en tramas de datos, y diversos elementos del mapa de apoyo, como una barra de escala.

Map Algebra: [Análisis de los datos] Un lenguaje que define una sintaxis para combinar temas del mapa mediante la aplicación de operaciones matemáticas y funciones analíticas para crear temas nuevos mapas. En un mapa de expresión álgebra, los operadores son una combinación de operadores matemáticos, lógicos, o booleanas (+, >, Y, bronceado, y así sucesivamente), y funciones de análisis espacial (pendiente, camino más corto, spline, y así sucesivamente), y los operandos son los datos espaciales y los números.

Map Element: [Mapa de diseño] En la cartografía digital, un gráfico o un objeto claramente identificable en el mapa o en el diseño de la página. Por ejemplo, un elemento del mapa puede ser un título, barra de escala, leyenda, u otro elemento de mapa-envolvente. El propio mapa de la zona puede ser considerado como un elemento de mapa, o un objeto dentro del mapa puede ser referido como un elemento de mapa, tal como una capa de carreteras o un símbolo de la escuela.

Map Topology: [Gráfico (mapa display)] Un conjunto temporal de las relaciones topológicas entre las partes coincidentes de características simples en un mapa, que se utiliza para editar las partes comunes de características múltiples.

MapServer: [Software ESRI] Un componente de software de ArcGIS Server que proporciona acceso mediante programación al contenido de un documento de mapa en el disco y crea imágenes de los contenidos del mapa en base a peticiones de los usuarios. Está diseñado para su uso en la construcción de servicios Web basados en mapas y aplicaciones web utilizando ArcGIS Server.

Metadata: [Transferencia] La información que describe el contenido, calidad, estado, origen y demás características de los datos o de otros elementos de información. Los metadatos para los datos espaciales puede describir y documentar su tema, cómo, cuándo, dónde y por quién se recogieron los datos, la disponibilidad y la distribución de la información, y su proyección, escala, resolución y precisión, y su fiabilidad con respecto a alguna norma. Los metadatos consisten en propiedades y documentación. Las propiedades se derivan de la fuente de datos (por ejemplo, el sistema de coordenadas y proyección de los datos), mientras que la documentación se introduce por una persona (por ejemplo, palabras clave utilizadas para describir los datos).

Model: [Modelos de datos] Una abstracción de la realidad utiliza para representar objetos, procesos, o eventos.

[Modelos] Un conjunto de normas y procedimientos para la representación de un fenómeno o predecir un resultado.

[Modelos de datos] Una representación de los datos de la realidad, tales como el modelo de datos de vectores.

[Software ESRI] En geoprocésamiento en ArcGIS, un proceso o una secuencia de procesos conectados entre sí, que se crea en ModelBuilder.

ModelBuilder: [Software ESRI] La interfaz utiliza para crear y editar modelos de geoprocésamiento en ArcGIS.

Model parameter: [Software ESRI] En ArcGIS, un tipo de parámetro de exposición en un modelo de geoprocésamiento que se muestra en el cuadro de diálogo de un modelo y permite la entrada.

.NET: [Internet] Un marco, desarrollado por Microsoft, que recoge alguno de varios lenguajes de programación basados en COM en lenguaje de máquina ejecutable. El .NET Framework también actúa como una caja de herramientas de servicios Web.

Network Analysis Class: [Software ESRI] En ArcGIS Network Analyst, una clase de entidad o tabla que contiene los objetos de análisis de red que se almacena en una capa de análisis de red. Solucionadores de Network Analyst leer la entrada desde, y escribir la salida a, clases de análisis de red.

Network Analysis Object: [Software ESRI] En ArcGIS Network Analyst, una función o una fila en una clase de análisis de red. Objetos de análisis de red se utilizan como entrada y como salida escrita durante el análisis de red. Una ubicación de red es un tipo específico de objeto de análisis de red que tiene una posición definida en un conjunto de datos de red.

Network Analysis Layer: [Software ESRI] Una capa de material compuesto que contiene las propiedades y las clases de análisis de red utilizados en el análisis de un problema de red, y los resultados del análisis.

Network Attribute: [Software ESRI] Un tipo de atributo asociado con un elemento de red en un conjunto de datos de red. Los atributos de red se utilizan para ayudar el flujo de control a través de una red (similar a un peso en una red geométrica). Todos los elementos de red en un conjunto de datos de red tienen el mismo conjunto de atributos. Hay cuatro tipos de atributos de red: coste, descriptor, la jerarquía y de restricción.

Network Dataset: [Software ESRI] Una colección de elementos de red conectados topológicamente (bordes, cruces y giros) que se derivan de las fuentes de la red, por lo general se utilizan para representar una red lineal, como un sistema de carreteras o en el metro. Cada elemento de red está asociado con una colección de atributos de red. Conjuntos de datos de red se utilizan normalmente para modelar sistemas de flujo no dirigidos.

Network Element : [Software ESRI] Un componente de un conjunto de datos de la red: un borde, cruce o giro. Todos los elementos de un conjunto de datos de la red comparten el mismo conjunto de atributos de red. Elementos de la red se utilizan para modelar las relaciones topológicas de las redes de flujo no dirigidas, como los sistemas de flujo de tráfico. Elementos de la red se generan a partir de puntos, líneas y entidades de giro. Cuando se construyó el conjunto de datos de red, características de punto vuelven uniones, las entidades de línea se convierten en los bordes, y las características a su vez se convierten en elementos de giro.

Network Feature: [Software ESRI] Un componente de una red geométrica: un borde o un cruce. Características de una red geométrica se utilizan para modelar las relaciones topológicas, típicamente en redes de flujo dirigidas tales como los sistemas de suministro hídrico o. Funciones de red se generan a partir de puntos y líneas en la red geométrica se construye: entidades de puntos se convierten en cruces, y las entidades de línea se convierten en los bordes.

Network Layer: [Software ESRI] Una capa que hace referencia a un conjunto de datos de la red. En una geodatabase, un conjunto de datos de la red es un conjunto de elementos de red (bordes, cruces y giros) que se derivan de fuentes de red.

NoData: [Captura de datos] En datos de trama, la ausencia de un valor registrado. NoData no equivale a un valor de cero. Si bien la medida de un atributo particular en una célula puede ser cero, un valor NoData indica que no se han tomado medidas para que la célula en absoluto.

Null value: [Estadística espacial (uso de la geoestadística)] La ausencia de un valor registrado de un campo. Un valor nulo se diferencia de un valor de cero en el que cero puede representar la medida de un atributo, mientras que un valor nulo indica que ninguna medición ha sido tomada.

Object: [Modelos de datos] En GIS, una representación digital de una entidad espacial o no espacial. Objetos generalmente pertenecen a una clase de objetos con valores y comportamientos de atributos comunes.

[Programación] En la programación orientada a objetos, una instancia de la estructura de datos y el comportamiento definido por una clase.

[Software] En informática, una pieza de software que realiza una tarea específica y es controlada por otra pieza de software, llamado un cliente. Por ejemplo, un objeto es a menudo la interfaz mediante el cual un programa de aplicación tiene acceso a un sistema operativo y otros servicios.

[Software ESRI] En ArcMap, ArcScene o ArcGlobe, la cámara, vista, tabla o capa a la que se adjunta una pista de animación.

Object class: [Software ESRI] En una geodatabase, una colección de datos no espaciales de la misma especie o clase. Mientras que los objetos espaciales (características) se almacenan en clases de entidad en una geodatabase, los objetos no espaciales se almacenan en las clases de objetos.

[Modelos de datos] Una tabla en una geodatabase utiliza para almacenar una colección de objetos con atributos y comportamientos similares. Objetos sin información de localización se almacenan como filas o registros de clases de objetos. Objetos espaciales o características, se almacenan como filas en las clases de entidad, que son un tipo especial de clase de objeto en el que los objetos tienen un atributo adicional para definir su ubicación geográfica.

ObjectID: [Software ESRI] En ArcGIS, un valor del sistema gestionado que identifica de forma única un registro o una función.

Operation codes: [Encuestas] En la topografía, un valor alfanumérico o numérico incluido en el formato de archivo de recopilador de datos de un proveedor de instrumentos. Códigos de operación se utilizan para describir elementos como nuevas configuraciones de instrumentos y los valores numéricos de los ángulos horizontales, ángulos cenitales, mediciones de distancia geométrica, la altura del instrumento y la altura del objetivo. Estos códigos básicos de funcionamiento son compatibles con los analistas de encuestas para las mediciones de campo para los siguientes formatos: Geoserial Interface (GSI), TDS prima, TDS coordenadas, Geodimeter, y Sokkia SDR.

Packet: [Software ESRI] En analista de la encuesta - Editor Catastral, una secuencia XML o un archivo que contiene la parte de la estructura catastral que se ha extraído de un trabajo de estructura catastral para su edición.

Pixel: [Modelos de datos] La unidad más pequeña de información en una imagen o un mapa raster, generalmente cuadrada o rectangular. Pixel se utiliza a menudo como sinónimo de célula.

[Teledetección] En la teledetección, la unidad fundamental de la recopilación de datos. Un píxel es representado en una imagen de teledetección como una celda de una matriz de valores de datos.

[Gráfico (informática)] El elemento más pequeño de un dispositivo de visualización, tal como un monitor de vídeo, que se puede asignar de forma independiente atributos, tales como el color y la intensidad. Pixel es una abreviatura para el elemento de imagen.

Pixel space: [Gráfico (informática)] El x, y espacio de coordenadas definido por el número de píxeles en el área de visualización de un ordenador, con un píxel de ser una sola unidad de color en la pantalla. La mayoría de las pantallas de

ordenador apoyan varias configuraciones de píxeles (800 x 600, 1024 x 768, 1600 x 1200, y así sucesivamente). Cuantos más píxeles haya, menor será cada píxel es de un tamaño de pantalla determinado. Dado que un píxel es una pieza de información, una configuración con más píxeles puede caber más información en un área de visualización dada.

Plug-in: [Internet] Una pequeña aplicación de software que se extiende la funcionalidad de un navegador Web.

Polygon: [Modelos de datos] En un mapa, una forma cerrada definida por una secuencia conectada de x, pares de coordenadas Y, donde el primero y el último par de coordenadas son los mismos y todos los otros pares son únicos.

[Software ESRI] En el software de ArcGIS, una forma definida por uno o más anillos, en donde un anillo es un camino que empieza y termina en el mismo punto. Si un polígono tiene más de un anillo, los anillos pueden estar separados el uno del otro o se puede anidar dentro de otros, pero no pueden superponerse.

Polygon feature : [Modelos de datos] Un elemento del mapa que delimita un área a una escala dada, como un país en el mapa del mundo o un barrio en un mapa de la ciudad.

[Software ESRI] En el software de ArcGIS, una función de mapa digital que representa un lugar o cosa que tiene área a una escala dada. Una característica polígono puede tener una o más partes. Por ejemplo, una huella del edificio es típicamente una función de polígono con una parte. Si el edificio tiene una unidad separada, puede ser representada como una entidad multiparte con partes discontinuas. Si la unidad es individual en un patio interior, el edificio puede ser representado como una entidad multiparte con partes anidadas. Una entidad poligonal multiparte se asocia con un único registro de una tabla de atributos.

Projected Coordinate System: [Sistemas de coordenadas] Un sistema de referencia utilizado para localizar x, y y z posiciones de puntos, líneas y características de la zona en dos o tres dimensiones. Un sistema de coordenadas proyectadas se define por un sistema de coordenadas geográficas, un mapa de proyección, los parámetros necesarios por la proyección del mapa, y una unidad lineal de medida.

Raster: [Modelos de datos] Un modelo de datos espacial que define el espacio como una matriz de células de igual tamaño dispuestas en filas y columnas, y compuesta de bandas individuales o múltiples. Cada celda contiene un valor de atributo y las coordenadas de ubicación. A diferencia de una estructura de vector, que almacena las coordenadas explícitamente, coordenadas de trama están contenidas en el ordenamiento de la matriz. Los grupos de células que comparten el mismo valor representan el mismo tipo de característica geográfica.

[Software ESRI] En ArcGIS, una representación en memoria de un conjunto de datos raster. Una trama puede existir en la memoria como un subconjunto de un conjunto de datos de trama, sino que puede tener un tamaño de celda diferente que el conjunto de datos de trama, o puede existir usando una transformación diferente que el conjunto de datos de trama.

Raster Data Model: [Modelos de datos] Una representación del mundo como una superficie dividida en una cuadrícula regular de las células. Modelos de trama son útiles para almacenar datos que varían continuamente, como en una fotografía aérea, una imagen de satélite, una superficie de concentraciones químicas o una superficie de elevación.

Raster Dataset: [Modelos de datos] En ArcGIS, un modelo de datos espaciales raster que se almacena en el disco o en una geodatabase. Conjuntos de datos de mapa de bits se pueden guardar en varios formatos, incluidos TIFF, JPEG 2000, Esri Grid y MrSid.

Raster Type: [Modelos de datos] En ArcGIS, identifica los metadatos, tales como georreferenciación, fecha de adquisición, y el tipo de sensor, junto con un formato raster.

Reference: [Programación] Un puntero a un objeto, interfaz, u otro elemento asignado en la memoria. Objetos COM mantener un total acumulado de las referencias a sí mismos a través de la interfaz IUnknown métodos AddRef y Release.

Reference Data: [Geocodificación] En geocodificación, el material que contiene la ubicación y la dirección de las características específicas. Los datos de referencia se compone de la representación espacial de los datos y la tabla de atributo relacionado.

SDE user: [Software ESRI] La cuenta utilizada para administrar ArcSDE. El usuario SDE requiere ciertos privilegios de bases de datos avanzadas para configurar y administrar geodatabases ArcSDE y servicios de ArcSDE.

SDK: [Programación] Acrónimo de *kit de desarrollo de software* . Un conjunto de bibliotecas de códigos y herramientas relacionados que se utilizan para desarrollar aplicaciones específicas de la plataforma.

Spatial Analysis: [Análisis espacial] El proceso de examen de los lugares, atributos y relaciones de las características de los datos espaciales a través de superposición y otras técnicas de análisis con el fin de abordar una pregunta o adquirir conocimientos útiles. Análisis espacial extrae o crea nueva información de datos espaciales.

Spatial Data: [Estructuras de datos] Información sobre los lugares y las formas de las características geográficas y las relaciones entre ellos, por lo general almacenan como coordenadas y topología.

[Modelos de datos] Los datos que se pueden asignar.

Spatial Database: [Estructuras de base de datos] Una colección estructurada de datos espaciales y sus datos de atributos relacionados, organizó para el almacenamiento y recuperación eficientes.

Table: [Modelos de datos] Un conjunto de elementos de datos dispuestos en filas y columnas. Cada fila representa un único registro. Cada columna representa un campo del registro. Las filas y columnas se cruzan con las células de forma, que contengan un valor específico para un campo en un registro.

[Software ESRI] En ArcView 3, uno de los cinco tipos de documentos que pueden estar contenidos en un archivo de proyecto. A las tiendas de la tabla de atributos de datos.

TIN: [Estructuras de datos] Acrónimo de *red irregular de triángulos*. Una estructura de datos vectorial que divide el espacio geográfico en el que no se superponen, triángulos contiguos. Los vértices de cada triángulo son los puntos de datos de la muestra con-x, y, y z-valores. Estos puntos de muestra están conectados por líneas para formar triángulos Delaunay. TIN se utilizan para almacenar y mostrar modelos de superficie.

Topology: [Software ESRI] En geodatabases, la disposición que restringe la forma de puntos, líneas y polígonos características comparten la geometría. Por ejemplo, la calle de centro y censo de bloques de geometría compartir y polígonos de suelo geometría limítrofes. Topología define y hace cumplir las reglas de integridad de datos (por ejemplo, no debe haber espacios entre polígonos). Es compatible con las consultas de relaciones topológicas y de navegación (por ejemplo, navegar función de adyacencia o conectividad), compatible con las herramientas de edición sofisticadas y permite la construcción característica de la geometría no estructurada (por ejemplo, la construcción de polígonos de las líneas).

[Geometría euclidiana] La rama de la geometría que se ocupa de las propiedades de una figura que se mantienen sin cambios, incluso cuando la figura está doblado, estirados, distorsionados o de otra manera.

[Software ESRI] En una cobertura de ArcInfo, las relaciones espaciales entre conectar o características adyacentes en una capa de información geográfica (por ejemplo, arcos, nodos, polígonos y puntos). Relaciones topológicas se utilizan para las operaciones de modelado espaciales que no requieren información de coordenadas.

UI: [Programación] Acrónimo de *la interfaz de usuario*. La parte de hardware y software de un equipo que facilita la interacción humana. La interfaz de usuario incluye elementos que se pueden mostrar en la pantalla, e interactuaron con a través del teclado, el ratón, el vídeo, la impresora y la captura de datos.

Utility COM object: [Programación] En ArcObjects, un objeto COM que encapsula un gran número de método ArcObjects de grano fino llama y expone una única llamada al método de grano grueso. Objetos COM de utilidad se instalan en el servidor SIG y llamados por las aplicaciones de servidor para reducir al mínimo los viajes redondos entre la aplicación cliente y el servidor SIG.

Validation: [Software] El proceso, el uso de métodos formales, de la evaluación de un sistema o componente de software para determinar si funciona como se espera y logra los resultados deseados.

[Calidad de los datos] El proceso, el uso de métodos formales, de la evaluación de la integridad y la exactitud de los datos o una medición.

[Modelos] En el modelado, la evaluación de un método para determinar si se está evaluando el parámetro de interés en lugar de algo más.

[Calidad de los datos] El proceso de comparación de las reglas de topología en contra de las características en un conjunto de datos. Características que violen las normas se marcan como funciones de error. Se lleva a cabo típicamente validación de topología después de las reglas de topología iniciales se han definido, después de que se han modificado las clases de entidad, o si las clases de entidades o reglas adicionales se han añadido a la del mapa de topología.

Value: [Matemáticas] Una cantidad medible que se puede pasar a una función. Los valores están bien asignados o determinados por cálculo.

[Gráfico (informática)] La claridad u oscuridad de un color.

[Física] El brillo de un color o de la cantidad de luz que refleja, por ejemplo, azul, azul claro, azul marino.

Variable: [Matemáticas] Un símbolo o marcador de posición que representa un valor variable o un valor que aún no ha sido asignado.

[Informática] Un símbolo o cantidad que puede representar cualquier valor o conjunto de valores, tales como una cadena de texto o número. Las variables pueden cambiar en función de la forma en que se utilizan y aplican.

Workspace: [Software ESRI] Un contenedor para los datos geográficos. Un área de trabajo puede ser una carpeta que contenga archivos de formas, una

geodatabase, un dataset de entidades, o un espacio de trabajo ArcInfo. Otros formatos de datos multidimensionales tales como NetCDF o HDF también pueden considerarse espacios de trabajo, y con frecuencia son tratados de esta manera dentro de paquetes de software GIS.

[Almacenamiento de datos] En ArcObjects, un contenedor para los conjuntos de datos espaciales y no espaciales, tales como clases de entidad, conjuntos de datos raster y tablas que proporciona métodos para crear instancias de bases de datos existentes y crear nuevas bases de datos. Los diferentes tipos de espacios de trabajo son especificados por el empadronador `esriWorkspaceType`: `esriFileSystemWorkspace` (como un espacio de trabajo ArcInfo), `esriLocalDatabaseWorkspace` (como una geodatabase personal), y `esriRemoteDatabaseWorkspace` (como una geodatabase de ArcSDE).

XLS: [Programación] XML para los servicios basados en la localización.

XML: [Programación] Acrónimo de *Extensible Markup Language*. Desarrollado por el W3C, un propósito lenguaje de marcas general estándar para el diseño de formatos de texto que facilita el intercambio de datos entre aplicaciones informáticas. XML es un conjunto de reglas para la creación de formatos de datos estándar con etiquetas personalizadas y compartir tanto el formato como los datos a través de aplicaciones.

RESUMEN

“La herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo versión 1.0”, fue creada para facilitar cálculos Hidrológicos en el entorno de ArcGIS; el add-in de Balance Hidrológico; el cual provee funcionalidades para automatizar los procesos de generación de insumos intermedios y cálculo de caudales.

El propósito fue proveer una completa descripción de las funcionalidades que ofrece el add-In de Balance Hidrológico y las labores de mantenimiento instalación, desinstalación, actualización y demás aspectos básicos de funcionamiento.

Este documento se centra en la asistencia de las tareas de instalación, la desinstalación y la actualización del Add-In Balance Hidrológico. Así mismo describir las funcionalidades y características del Add-In Balance Hidrológico, dando un enfoque técnico –teórico sobre su implementación.

Este trabajo además contiene teorías; lógica de programación y desarrollo de software para sistemas de información geográfico aplicado a la hidrología y, el reto de la sinergia con los temas geográficos y cartográficos de hoy en día aplicados al ejercicio propio de área: recursos hídricos y medio ambiente.

Palabras clave: ArgGIS, Balance Hidrológico, Herramienta Computacional, Software.

ABSTRACT

" Computational tool for estimating long-term water balance of version 1.0 " was created to facilitate Hydrological calculations in ArcGIS environment, the addin Hydrological Balance, which provides functionality to automate the generation of intermediate inputs and flow calculation .

The purpose was to provide a complete description of the features provided by the addin Hydrological Balance maintenance and installation, uninstall, update and other basics of running.

This document focuses on the assistance of the tasks of installing, uninstalling and updating the Add-In Hydrological Balance. Also describe the functionality and features of the Add-In Hydrological Balance, giving a theoretical technical approach implementation.

This work also contains theories, logic programming and software development of geographic information systems and applied to hydrology, the challenge of synergy with geographic and mapping issues today applied to the proper exercise of area: water resources and environment atmosphere .

Keywords: ArgGIS, Hydrological Balance, Computational Tools, Software.

INTRODUCCIÓN

Con el deseo de ofertar propuestas de funcionalidad sobre sistemas de información geográfica (SIG) aplicados a la ingeniería civil, se desarrolló la idea de una herramienta computacional para la Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo.

Se inicia el proceso con el ánimo de realizar acciones de avances y aportes progresivos. Para ello se tomó como referencia lo realizado por la universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Escuela de Geociencias y Medio Ambiente interfaz básica HIDROSIG 4.0. Con esta idea se generó, se desarrolló y creó “la herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo versión 1.0”, fue creada para facilitar cálculos Hidrológicos en el entorno de ArcGIS, se creó el addin de Balance Hidrológico, el cual provee funcionalidades para automatizar los procesos de generación de insumos intermedios y cálculo de caudales.

El propósito fue de proveer de una completa descripción de las funcionalidades que ofrece el add-In de Balance Hidrológico y las labores de mantenimiento (instalación, desinstalación, actualización y demás aspectos para su correcto funcionamiento), además de dar la oportunidad amigable focalizada a aquellos ingenieros de recursos hídricos como usuarios que no sean expertos en el uso de manejo de sistemas de información geográfico (SIG), teniendo una herramienta de fácil manejo y aplicación.

El enfoque más relevante de este documento se centra en la asistencia de las tareas de instalación, la desinstalación y la actualización del Addin Balance Hidrológico. Así mismo describir las funcionalidades y características del Addin Balance Hidrológico, dando un enfoque teórico técnico sobre la implementación.

Este trabajo contiene teorías, lógica de programación y desarrollo de software para sistemas de información geográfico aplicado a la hidrología y el reto de la sinergia con los temas geográficos y cartográficos de hoy en día aplicados al ejercicio propio de área recursos hídricos y medio ambiente.

El alcance se describe y somete al desarrollo íntegro y funcionamiento del Add-In de Balance Hidrológico en su versión 1.0. La visión contempla, desarrollos posteriores con la presentación de otras versiones de Add-In de Balance Hidrológico en su versión 1.0. Para ofrecer a la comunidad en general una herramienta completa y dinámica que este presta a ofrecer soluciones mensurables y concretas a las necesidades de la hidrología de la mano con el desarrollo acelerado de los sistemas de información geográfico (SIG), en sus diferentes contextos, especial el académico aplicado.

1. ANTECEDENTES

Actualmente se adelantan distintos trabajos hidrológicos, principalmente la más conocidas se realizan a través de consultorías haciendo uso de los sistemas de información geográfico (SIG), según sea el caso, en diferentes plataformas y desarrollo de lenguajes de programación, la casa “ESRI” la más utilizada y distribuida a nivel mundial; por ejemplo, ha generado ArcGIS; que es una plataforma para el diseño y gestión de soluciones a través de la aplicación de los conocimientos geográficos, para la creación y el uso de mapas, elaboración de datos geográficos, análisis de la información asignada; compartir y descubrir información geográfica, con mapas e información geográfica en una amplia gama de aplicaciones, y gestión de la información geográfica en una base de datos.

Esta herramienta ArcGIS es de carácter comercial y tiene un costo de licenciamiento, en paralelo otras entidades han ofrecido sistemas similares sobre plataformas de acceso libre como por ejemplo MapWindow, GvSig, o Quantum SIG ofrecen soluciones geomáticas libres para la sostenibilidad de los proyectos que se desarrollen. Los sistemas de información geográfico se han dispuesto como herramientas en tecnologías que dinamizan la solución de problemas y generan conocimiento nuevo, partiendo de información geográfica conocida y han visto su aplicación a diferentes campos del desarrollo humano en muchas disciplinas del saber.

La hidrología al relacionar datos como: geográficos, topografía, geología, drenajes, climatología, entre otros más, ha visto en esta herramienta una línea de desarrollo e investigación con aplicaciones al manejo de recursos hídricos. Los SIG ofrecen herramientas mucho más precisas y rápidas con las cuales se estiman la distintas variables hidrológicas (longitud de la cuenca, área de captación, pendiente promedio, numero de curva CN, Tiempo de concentración, etc), por ejemplo en el caso del ArcGIS se ha desarrollado modelo de datos geoespaciales y temporal llamado ArcHydro² desarrollado para las aplicaciones de recursos de agua que operan en ArcGIS y prepara datos para simulaciones hidrológicas, elaborado por el centro de investigaciones en recursos de agua (CRWR) de la Universidad de Texas Austin corre sobre ArcGIS y utiliza componentes de la extensión Spatial Analyst de ArcGIS. ArcHydro une el análisis espacial con los recursos de agua para trabajar juntos en un modelo de datos geoespaciales.

Mediante este avance progresivo se han generado otros procedimientos y herramientas específicos para manejo de recursos hídrico como lo es por ejemplo: La Modelación Geoespacial Hidrológica, extensión (HEC-GEOHMS) ha sido

² ARCGIS RESOURCES CENTER. Hidrografía. Aguas superficiales. Estados Unidos. Disponible en Internet: <http://resources.arcgis.com/es/content//hydro/surface-water/about>

desarrollada como un conjunto de herramientas de la hidrología geoespacial para ingenieros e hidrólogos con experiencia en GIS limitado. HEC-GEOHMS utiliza ArcView y la extensión Spatial Analyst para desarrollar una serie de entradas de modelos hidrológicos para el sistema de modelado hidrológico del Centro de Ingeniería Hidrológica, HEC-HMS. ArcView GIS y su extensión Spatial Analyst están disponibles en el Environmental Systems Research Institute, Inc. (ESRI).

Analizando los datos digitales del terreno, HEC-GEOHMS transforma las líneas de drenaje y los límites de cuencas en una estructura de datos hidrológicos que representa la red de drenaje.

También encontramos el HEC-GeoRAS es un conjunto de procedimientos, herramientas y utilidades para el procesamiento de datos geoespaciales en ArcGIS mediante una interfaz gráfica de usuario (GUI). La interfaz permite la preparación de los datos geométricos para la importación en HEC-RAS³ y los resultados de simulación de procesos exportados de HEC-RAS. Para crear el archivo de importación, el usuario debe tener un modelo digital del terreno existente (MDT) del sistema fluvial en el formato TIN ArcInfo.

En el contexto nacional tenemos el HIDROSIG⁴, Inicialmente comienza como un proyecto de maestría, de un estudiante de la Universidad Nacional de Colombia en Medellín, inicialmente hicieron el programa en Java era independiente, solo tenía un componente que se realizó código fuente de interfaz GUI's, como el HEC-GeoRAS, lo cual hacía el programa pesado. Tanto en interfaz como en código luego se le hicieron unas mejoras al programa, pasando a la versión v4. Pero en la versión v4, las mejoras desarrolladas solo se constituyeron y dedicaron a hacer un plugin o una extensión que funcionara en una plataforma ya creada que no tuvieran que codificar frames o GUI, que fuera más liviana, por ello la extensión pesa menos y trabaja sobre lo que ya conocemos el MapWindow, como otra plataforma SIG como ArcGis, GvSig, o Quantum SIG solo que la dos últimas son libres y ArcGis es licenciado.

La Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, desarrollo una herramienta hidrológica de gran utilidad e Indiscutiblemente representa un desarrollo tecnológico para la ingeniería, cartografía y hidrología a nivel nacional en cual enmarca la integración de los sistemas de información geográficos en lo llamado HidroSIG 4.0 (HidroSIG 4.0 es desarrollado por investigadores pertenecientes a la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente de la Universidad Nacional de

³ DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINEERS INSTITUTE FOR WATER RESOURCES. Hydrologic Engineering Center. 609 Second Street Davis, CA 95616-4687. Disponible en Internet: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hecras/>

Colombia, sede Medellín⁴) es una extensión del Sistema de Información Geográfico MapWindow, que permite realizar estimaciones y análisis de variables hidrológicas, climáticas y geomorfológicas para la planificación y cuantificación del recurso hídrico. Por definición HidroSIG 4.0: es una extensión del Sistema de Información Geográfico MapWindow, que permite realizar estimaciones y análisis de variables hidrológicas, climáticas y geomorfológicas para la planificación y cuantificación del recurso hídrico.

Tomando como punto de partida este aspecto importantísimo para el desarrollo de este trabajo, se generó “la herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo utilizando arcgis 10.1”, tomando los siguiente aspectos:

- Diseño ventana acoplable del Balance Hidrológico.
- Selector de Mapas.
- Integrador sobre polígonos.
- Algoritmo de Acumulación.
- Formulas del balance hidrológico de largo plazo.

Se pretende dar solución al problema de operación manual en la versión ArcGIS 10.1 y anteriores, que se ejecuta actualmente en los procedimientos que se llevan a cabo para la acumulación de caudales y direcciones flujo que ejecuta el programa directamente, a través del modelado de cuencas con ArcHydro, secuencias que garantizan y definan el raster de la red de drenaje y de cuencas, pero no realizan estimaciones hidrológicas directas (Acumulador o agregación de flujo, medios, extremos) sino que requiere de procesos manuales lentos y dispendiosos en esta plataforma, propósitos que pretende solucionar una interfaz (Add-in para ArcGIS desktop) o plugin's mediante un modelo de add-in para ArcGIS desktop, sobre la construcción de los elementos de interfaz de usuario personalizados para crear la interfaz de usuario (UI). Elementos que se pueden configurar dentro de ArcGIS para aplicaciones de escritorio (ArcMap, ArcCatalog, ArcGlobe y ArcScene). En el desarrollo de modelo de estimación de (Acumulador o agregación de flujo, medios y extremos), “permite estimar un mapa de caudales medios” en la región dentro del entorno del ArcGIS como sistema de información geográfico que unifique los procesos de modelado de cuencas.

Obedece a un desarrollo de automatización e integración de dichos procesos acompañados con la Modelización cartográfica en formato raster, a través de álgebra de mapas.

⁴ ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD NACIONAL. HIGROSIG 4.0. Medellín Colombia. Disponible en Internet: <http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/>

Ello nos permite generar un mapa de acumulación de flujo de manera automatizada, el resultado es: Acumulación de flujo en ráster para cada celda; determinado por la acumulación del peso de todas las celdas que fluyen hacia cada celda de pendiente descendente, así mismo su dirección de flujo desde cada celda en el ráster. Respecto a lo que concierne y atañe al tema de Estimación de Caudales, (Acumulador o agregación de flujo, medios, extremos): El método del balance hidrológico de largo plazo, queda en entorno ESRI, para facilidad usuario, y con las ventajas y utilidades que ofrece esta plataforma en SIG, abre la investigación y el desarrollo del centro de estudios hidráulicos de la Escuela Colombiana De Ingeniería Julio Garavito avante en esta área con fines netamente académicos y científicos.

2. ESPECIFICACIÓN EXTENSION BALANCE HIDROLOGICO

2.1 MODELO DE CLASES

A continuación se presenta la documentación de la Extensión del modelo de clases el cual se divide en 10 Package.

2.1.1 Package AddIn

AddInImpl: Clase de implementación de la ventana acoplable del add-in. Es responsable de la creación y la eliminación de la clase de interfaz de usuario de la ventana acoplable.

ArcMap: Permite tener acceso a la aplicación de ArcMap y a objetos tales como el mapa, la vista activa y los Layers cargados.

DelineatingWatersheds: Herramienta tipo “Tool” que captura las coordenadas en pantalla dadas por un clic del usuario, las transforma a coordenadas de mapa y realiza la delineación de una cuenca tomando como insumo un Raster de direcciones.

EvapotranspirationBtn: Botón para generar el Raster de evapotranspiración por defecto ubicado en el menú de la barra de herramientas de la extensión.

FlowDirectionBtn: Botón para generar el Raster de direcciones de flujo por defecto ubicado en el menú de la barra de herramientas de la extensión.

HydrologicalBalance: Extensión personalizada de ArcGIS, empleada para coordinar las actividades entre los componentes del add-in tal como botones, barras de herramientas y ventanas acoplables. Se encarga de almacenar el estado asociado con el add-in en su conjunto y de escuchar y responder a varios eventos expuestos por la aplicación.

HydrologicalBalanceDockWin: Ventana acoplable de ArcMap, que presenta los parámetros y resultados del cálculo del balance hidrológico de largo plazo. Contiene métodos que permiten estimar caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo a la salida de una cuenca previamente trazada.

HydrologicalBalanceDockWin: Clase del diseñador de la ventana acoplable del add-in. Contiene interfaces de usuario que componen la ventana acoplable.

RasterTargetComboBox: Combo Box que contiene los Layers tipo Raster que se encuentran cargados en la tabla de contenido en una sesión de ArcMap y sobre los cuales se puede realizar el trazado de cuencas y de corrientes.

TemperatureBtn: Botón para generar el Raster de temperaturas por defecto ubicado en el menú de la barra de herramientas de la extensión.

ThisAddIn: Clase para buscar información declarativa en el archivo XML de configuración asociado (.esriaddinx).

IDs: Contiene los ID's de todos los componentes del add-in, los cuales se utilizan para tener referencia a estos componentes desde otras clases.

ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn: Botón que permite mostrar u ocultar la ventana acoplable del balance hidrológico.

ValidateInformationBtn: Botón para validar los Raster de entradas de las distintas herramientas de la extensión por defecto ubicado en el menú de la barra de herramientas de la extensión.

2.1.2 Package ArcGIS

FeatureClass: Contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de FeatureClass. Un FeatureClass es un conjunto de Features espaciales, modelados como objetos con propiedades y comportamiento. Todas los Features en un FeatureClass comparten el mismo esquema de atributos (tienen el mismo conjunto de campos), geometría y referencia espacial.

Geoprocessing: Llamadas a Geoprocesamientos de ArcGIS, Un Geoprocesamiento es una tarea SIG automatizada dentro del marco de ArcGIS.

Map: Clase que representa el mapa principal y contiene los métodos y atributos necesarios para su manipulación.

Raster: Operador de datos tipo Raster, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de RasterDataset. Un RasterDataset es una representación de un Raster en disco o en una Geodatabase.

2.1.3 Package Flow

Cell: Representa un pixel de un Raster identificado por una fila y una columna.

Coordinate: Representa un par coordenado en un sistema de coordenadas plano identificado por una coordenada x y una coordenada y.

FlowCell: Representa una celda de flujo hereda de la clase Cell, además de contar con una definición de fila y columna dentro de un Raster contiene un valor del pixel y un peso.

FlowGrid: Representa un raster de direcciones de flujo, contiene las propiedades de la resolución espacial y métodos para obtener las coordenadas de un pixel dada su ubicación (columna, fila), obtener la ubicación de un pixel dadas sus coordenadas (x, y) y para obtener el valor de un pixel (que representa su dirección)

HidroFlowGrid: Clase que representa un Raster de direcciones hereda de la clase FlowGrid, por medio del método “TryGetNextCelda()” permite delimitar las cuencas y determinar la acumulación de flujo.

Contiene métodos que Por medio de la ubicación dentro del Raster de direcciones (columna, fila) y el valor de la dirección de una celda (actual) retorna un booleano que indica si existe una celda a la cual fluya la actual. Por referencia se establece la ubicación de la siguiente celda.

2.1.4 Package Form: Formularios de presentación para la entrada de datos.

AccumulatorForm
EvapotranspirationForm
FlowDirectionForm
TracerForm
ValidateInformationForm
ValidateInformationForm
ValidateResultForm
ValidateResultForm

2.1.5 MapAlgebra Form

CaudalAlgebra: Genera un Raster que contiene valores de caudales a partir de algebra de mapas tomando como insumos el Raster de precipitación y evapotranspiración. Se determina por la formula $Q = 0.00003171 * Area * ([P] - [E])$

Dónde:

A = Área de cada celda

P = Precipitación en la celda

E = Evapotranspiración en la celda

La relación y la constante se obtiene del informe donde se describen los resultados de un estudio de flujo superficial en Escocia encargado por el Departamento de Desarrollo escocés y llevado a cabo por el Instituto de

Hidrología. El principal objetivo del estudio se basó en los datos de registro diarios medios de 232 estaciones celebradas en el archivo de las aguas superficiales del Reino Unido. Además del Resumen de Q 95 (10) y MAM (10) procedimiento de estimación del Cálculo del caudal medio. Este informe presenta las ecuaciones revisadas para Escocia para los procedimientos de estimación y el informe No. 3 describe el método para estimar BFI en el sitio no aforadas.

EvapotranspirationAlgebra: Genera un Raster de Evapotranspiración por el método de Turc a partir de algebra de mapas tomando como insumos el Raster de temperatura y precipitación. Primero se calcula el Raster L y con este como insumo se genera el Raster de evapotranspiración.

TemperatureAlgebra: Genera un Raster de temperatura a partir de algebra de mapas tomando como insumo el Raster del modelo digital de elevación (DEM). Se determina por la formula $T = 29.42 - (0.0061 * [DEM])$

2.1.6 Package Operator

BasinsOperator: Operador de Cuencas, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de cuencas.

Tabla 1. Modelo de clases BasinsOperator

CONECTOR	FUENTE	OBJETIVO	NOTES
<u>Generalization</u>	BasinsOperator	PolygonsOperator	Esta relación existe debido a que una cuenca es un tipo especializado de polígono. En esta relación la clase BasinOperator hereda los atributos, relaciones y operaciones de la clase PolygonsOperator.
<u>Association</u>	HydrologicalBalanceDockWin	Private polyOp BasinsOperator	Usa un operador cuencas para realizar la estimación de caudales. Esta relación emplea la asociación para realizar el llamado de operaciones.

Operadores Operador de Polígonos, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de objetos vector tipo Polígono. (FlowAccumulatorOperator - FlowDirectionOperator - PolygonsOperator)

2.1.7 Package Polygon

CellDimension: Representa la resolución espacial de una celda viene dado por alto y ancho, esta información es empleada para integrar la información de los pixeles que se encuentran dentro del área de un polígono (cuenca).

IntegrationInfo: Contiene la información de integración de un polígono y atributos que permiten emplear esta información en el cálculo del caudal. Esta información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un Raster de punto de rocío, es usada para calcular el balance hidrológico de largo plazo.

PolygonProperties: Contiene la información de análisis estadísticos (sumatoria de la variable, valor medio, mínimo y máximo) para los pixeles que se encuentran dentro del área que delimita un polígono (cuenca).

2.1.8 Package Tracer

Basin y InfoBasin: Contienen información de una Cuenca delineada en pantalla.

2.1.9 Package Util

ComboboxItem: Permite almacenar en un ítem de un control “Combobox” tanto el valor como el texto.

EsriDataObject: Convierte a un objeto de Esri información transferida por IDataObject en una operación de arrastrar y colocar (Drag Drop).

ProgressDialog: Provee acceso a una ventana de dialogo de progreso.

UsefulRoutines: Contiene rutinas matemáticas, específicamente calcular la inversa de la normal que se emplea en los cálculos de los flujos mínimos y máximos.

2.1.10 Package Validate

ValidateInformation: Contiene métodos para la validación de los insumos en cuanto a sistema de referencia y resolución espacial.

ValidateResultItem: Representa un ítem que se mostrará en la ventana de resultados (data grid) de la validación.

2.2 PROCEDIMIENTOS PARA EL DESARROLLO DE LA HERRAMIENTA COMPUTACIONAL

La primera etapa obedece al análisis y diseño del código programación, se debe determinar con claridad la lógica y estructura del código a programar, para este caso se desarrolla en lenguaje C# .Net con la API de ArcGis – ArcObjects.

Para la determinación de los “CAUDALES MEDIOS: EL MÉTODO DEL BALANCE HIDROLÓGICO DE LARGO PLAZO”, sobre la estimación de caudales medios se utiliza el método del balance hidrológico a largo plazo, donde se supone que en un período de tiempo largo (décadas), la variación en el almacenamiento del suelo y la atmósfera es despreciable. El caudal medio en una cuenca se calcula como:

$$\text{Caudal Medio} = \int_{\text{ÁreaCuenca}} [P(x, y) - E(x, y)] dA$$

Donde, $P(x,y)$ es la precipitación que recibe el punto (x,y) en el período considerado, $E(x,y)$ es la lámina de agua que se pierde por evapotranspiración en el punto (x,y) en el mismo período, y dA es un diferencial de área de la cuenca.

Esta ecuación se soluciona de forma discreta en los píxeles al interior de la cuenca, es decir se calcula la producción media de escorrentía que se produce en cada píxel del mapa que representa la región, y luego se suma el resultado según el procedimiento de agregación de variables y se obtiene el mapa de caudales medios. Para obtener un mapa de caudales medios: En el entorno de programación se lleva esta lógica, generando un esquema de componentes del modelo básico para su operación, gráfica componentes del modelo (Ver Anexo E).

Para establecer el diagrama de flujo de la herramienta computacional es necesario definir el modelo de clases, que permita las herramientas condicionales de geoprocésamiento.

ArcGIS Explorer incluye un kit de desarrollador de software (SDK). El objetivo del SDK es servir de apoyo a los desarrolladores para utilizar la interfaz de programación de la aplicación ArcGIS Explorer (API) y construir add-in's compatibles con la aplicación ArcGIS Explorer.

Diagramas de las clases de ArcGIS Explorer API (el espacio para el nombre de ESRI.ArcGISExplorer): Los diagramas de clase muestran las distintas clases que se exponen en ArcGIS Explorer API. Puede utilizar el diagrama como práctico acceso directo para encontrar la clase con la que desea trabajar. El diagrama también ayuda a entender cómo las clases se acomodan entre sí para formar la API. Gráfica de modelo clases Addin (Ver Anexo F).

2.2.1 Caudales Extremos: El Método De Análisis De Frecuencia De Eventos Extremos⁵: Los caudales extremos (mínimos o máximos) en una cuenca hidrográfica para diferentes periodos de retorno, pueden calcularse mediante la ecuación

$$Q_{Tr} = \mu + K_{Tr} \sigma$$

Donde, K es el factor de frecuencia que depende de la función de distribución de probabilidad de valores extremos elegida y del periodo de retorno Tr , μ es la media de los caudales extremos considerados (máximos o mínimos) y σ es la desviación estándar asociada al evento extremos considerado.

La media y la desviación estándar de los caudales máximos o mínimos dependen del área (A), la precipitación (P) y la evaporación (E), y pueden calcularse como:

$$\mu = c_{\mu} (\bar{P} - \bar{E})^{\phi_{\mu}} A^{\theta_{\mu}}$$

$$\sigma = c_{\sigma} (\bar{P} - \bar{E})^{\phi_{\sigma}} A^{\theta_{\sigma}}$$

Donde los parámetros c_{μ} , c_{σ} , ϕ_{μ} , ϕ_{σ} , θ_{μ} y θ_{σ} son parámetros regionalizados y diferentes para caudales máximos o para mínimos.

Para las distribuciones⁶ de funciones de probabilidad tenemos: Distribución Logarítmico-Normal, Las variables físicas de interés en Hidrología (precipitación, caudal, evaporación y otras) son generalmente positivas, por lo cual es usual que presenten distribuciones asimétricas. Así, se ha propuesto aplicar una transformación logarítmica (Varas y Bois, 1998), donde $Y = \ln X$, está normalmente distribuida; luego X está distribuida en forma Normal, y su función de densidad de probabilidad es:

⁵ ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD NACIONAL. HIGROSIG 4.0. Medellín Colombia. Disponible en Internet: <http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/>

⁶ FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES ESCUELA DE INGENIERÍA FORESTAL, Estimación de funciones de distribución de probabilidad, para caudales máximos, en la región del maule.2007. Disponible en Internet: http://eias.utralca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/aguilera_a.pdf.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \frac{1}{x\beta} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln x - \alpha}{\beta}\right)^2}$$

Estudios realizados por Poblete et al., (2002), identifican a la función Log-Normal, entre otras funciones, como la que presenta mejor bondad de ajuste a series de caudales anuales, por sobre un 90% para el test de Kolmogorov-Smirnov y ji cuadrado.

Distribución Gumbel, Según Aparicio, 1997, si se tienen N muestras, cada una de las cuales contienen n eventos y si se selecciona el máximo de x de los n eventos de cada muestra, es posible demostrar que, a medida que n aumenta, la función de distribución de probabilidad de x tiende a:

$$F(x) = e^{-e^{-d(x-\mu)}} \quad \text{Para } -\infty \leq x \leq \infty$$

Donde:

χ : Representa el calor a asumir por la variable aleatoria

e: Constante de Neper

Para ampliar y comprender los caudales extremos en el uso de la "HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO DE LARGO PLAZO UTILIZANDO ARGIS 10.1"; para el caso puntual de la estimación de caudales extremos máximos y mínimos, y según lo anteriormente planteado remitirse al Capítulo 4, Capítulo 5 y el Anexo H - *Ejemplo estimación de caudales Máximos y Mínimos con el uso de la herramienta "Add-in Balance Hidrológico ArcGis 10.1"- Datos del Modulo 3 - Estimación de Caudales Hidrosig 4.0.*

Para conocer en mayor detalle los métodos de estimación de caudales extremos puede consultar la guía de usuario de Hidrosig 4.0. En el link <http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/index.php?lang=es>

2.2.2 Modelo de Clases

Class Model - (Logical diagram)

Last Modified: 07/07/2013

Version: 1.0. Locked: False

GUID: {7417455B-47A9-4d27-9DF1-9D40F03B9D88}

Diagrama con componentes del Addin (Ver Anexo G).

2.2.3 AddinImpl: Clase de implementación de la ventana acoplable del add-in. Es responsable de la creación y la eliminación de la clase de interfaz de usuario de la ventana acoplable.

Type: **Class ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.DockableWindow**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: AddIn Keywords:

Tabla 2. Relaciones AddinImpl

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
Association Source -> Destination	Public AddinImpl	Private m_windowUI HydrologicalBalance DockWin	Usa la clase de interfaz de usuario de la ventana acoplable para crearla y eliminarla.

Tabla 3. Atributos AddinImpl

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
m_windowUI HydrologicalBalanceD ockWin Private	Default: Por defecto

Tabla 4. Operaciones AddinImpl

MÉTODO	PARÁMETROS
AddinImpl() Public	
Dispose() void Protected	bool [in] <u>disposing</u>
OnCreateChild() IntPtr Protected	

2.2.4 AddInStartupObject

Type: **Class AddInEntryPoint**
Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
Package: AddIn *Keywords:*

Tabla 5. Relaciones AddInStartupObject

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
Association Source -> Destination	Public AddInStartupObject	Private _sAddInHostManager AddInStartupObject	Usa una relación reflexiva para controlar al inicialización del addin.

Tabla 6. Atributos AddInStartupObject

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
_sAddInHostManager AddInStartupObject Private Static	<i>Default:</i>
m_addinHooks List<object> Private	<i>Default:</i> null

Tabla 7. Operaciones AddInStartupObject

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
AddInStartupObject() Public		
Static GetHook() T Internal		
Static GetThis() AddInStartupObject Public	Expose this instance of Add-in class externally	
Initialize() bool Protected		object [in] <u>hook</u>
Shutdown() void Protected		

2.2.5 ArcMap

Type: **Class**
Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
Package: ArcGIS *Keywords:*

Tabla 8. Atributos ArcMap

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
s_app IApplication Private Static	<i>Default:</i> null
s_docEvent IDocumentEvents_Event Private Static	<i>Default:</i>

Tabla 9. Operaciones ArcMap

MÉTODO
Static Application() IApplication Public
Static DockableWindowManager() IDockableWindowManager Public
Static Document() IMxDocument Public
Static Events() IDocumentEvents_Event Public
Static ThisApplication() IMxApplication Public

2.2.6 BasinsOperator: Operador de Cuencas, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de cuencas.

Type: **Class PolygonsOperator**
Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
Package: Operator *Keywords:*

Tabla 10. Relaciones BasinsOperator

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Generalization</u>	Public BasinsOperator	Public PolygonsOperator	Esta relación existe debido a que una cuenca es un tipo especializado de polígono. En esta relación la clase BasinOperator hereda los atributos, relaciones y operaciones de la clase PolygonsOperator.
<u>Association</u>	Public HydrologicalBalanceDockWin	Public polyOp BasinsOperator	Usa un operador cuencas para realizar la estimación de caudales. Esta relación emplea la asociación para realizar el llamado de operaciones.

Tabla 11. Operaciones BasinsOperator

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
BasinName() string Public	Basins the name. @returns	<u>IFeatureClass</u> [in] shp The SHP. <u>int</u> [in] BasinIndex Index of the basin.
BasinName() string Public		<u>string</u> [in] Filename <u>int</u> [in] BasinIndex
BasinOutPoint() IPoint Public		<u>int</u> [in] idxShapefile <u>int</u> [in] idxShape
basinPoint() IPoint Public		<u>IFeatureClass</u> [in] featureClass The feature class. <u>int</u> [in] shapelIndex Index of the shape.
BasinsOperator() Public		
IsBasinsShapefile() bool Public		<u>string</u> [in] p The p.
IsBasinsShapefile() bool Private		<u>IFeatureClass</u> [in] s The s.
updateMapsInLayer() ILayer Public		
updateShpfilesInLayer() ILayer Public		

2.2.7 DelineatingWatersheds: Permite trazar cuencas automáticamente a partir de un raster de direcciones de drenaje. La cuenca debe trazarse indicando el pixel que representa su salida.

Type: **Class ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Tool**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: AddIn *Keywords:*

Tabla 12. Relaciones DelineatingWatersheds

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public DelineatingWatersheds	Public flowDirection FlowDirection	Usa un raster de dirección de drenaje para realizar el delineado de cuencas.

Tabla 13. Atributos DelineatingWatersheds

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
displayTransformation IDisplayTransformation Private	<i>Default:</i> null
flowDirection FlowDirection Public Static	<i>Default:</i> null
form DelineatingWatershedsForm Private	<i>Default:</i> new DelineatingWatershedsForm()
mapPoint IPoint Private Static	<i>Default:</i> null
pourPoint IPoint Public Static	<i>Default:</i> null
screenDisplay IScreenDisplay Private	<i>Default:</i>
screenPoint IPoint Private Static	<i>Default:</i> null

Tabla 14. Operaciones DelineatingWatersheds

MÉTODO	PARÁMETROS
DelineatingWatersheds() Public	
OnActivate() void Protected	
OnMouseDown() void Protected	MouseEventArgs [in] arg
OnMouseMove() void Protected	MouseEventArgs [in] arg
OnUpdate() void Protected	

2.2.8 FeatureClass: Operador de FeatureClass, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de FeatureClass. Un FeatureClass es un conjunto de features espaciales, modelados como objetos con propiedades y comportamiento. Todos los Features en un FeatureClass comparten el mismo esquema de atributos (tienen el mismo conjunto de campos), geometría y referencia espacial.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: ArcGIS *Keywords:*

Tabla 15. Operaciones FeatureClass

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
Static Open() IFeatureClass Internal	Adds the raster layer. @param ="raster" The raster.	string [in] path

2.2.9 FlowDirection: Raster de dirección de drenaje.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Hydrology *Keywords:*

Tabla 16. Relaciones FlowDirection

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
Association Source -> Destination	Public DelineatingWatersheds	Public flowDirection FlowDirection	Es usado como insumo para el delineado de cuencas.

Tabla 17. Atributos FlowDirection

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
_fileName string Private	<i>Default:</i>
_geodataset IGeoDataset Private	<i>Default:</i>
_path string Private	<i>Default:</i>

Tabla 18. Operaciones FlowDirection

MÉTODO	PARÁMETROS
fileName() string Public	
FlowDirection() Public	
FlowDirection() Public	<u>string</u> [in] <u>path</u> <u>string</u> [in] <u>fileName</u>
geodataset() IGeoDataset Public	
path() string Public	

2.2.10 Geoprocessing: Llamadas a geoprocesamientos de ArcGIS, un geoprocesamiento es una tarea SIG automatizada dentro del marco de ArcGIS.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: ArcGIS *Keywords:*

Tabla 19. Operaciones Geoprocessing

MÉTODO	PARÁMETROS
Static CreateFeature() void Public	<u>IFeatureClass</u> [in] <u>featureClass</u> <u>IPoint</u> [in] <u>point</u>
Static CreateFeatureClass() IFeatureClass Public	<u>IFeatureWorkspace</u> [in] <u>featWorkspace</u> <u>string</u> [in] <u>name</u>
Static CreateFeatureWorkspace() IFeatureWorkspace Public	<u>string</u> [in] <u>workspaceNameString</u>
Static Watershed() IRasterDataset Public	<u>IGeoDataset</u> [in] <u>flowDirection</u> <u>IPoint</u> [in] <u>pourPoint</u> <u>string</u> [in] <u>outputRasterName</u>

2.2.11 HydrologicalBalance: Extensión personalizada de ArcGIS, empleada para coordinar las actividades entre los componentes del add-in tales como botones, barras de herramientas y ventanas acoplables. Se encarga de almacenar el estado asociado con el add-in en su conjunto y de escuchar y responder a varios eventos expuestos por la aplicación.

Type: **Class ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Extension**
Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
Package: AddIn *Keywords:*

Tabla 20. Relaciones HydrologicalBalance

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalance	Private h_extension HydrologicalBalance	Usa una relación reflexiva para controlar el comportamiento de la extensión.

Tabla 21. Atributos HydrologicalBalance

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
h_dockWindow IDockableWindow Private Static	<i>Default:</i>
h_extension HydrologicalBalance Private Static	<i>Default:</i>
hasRasterLayer bool Private	<i>Default:</i>
map IMap Private	<i>Default:</i>

Tabla 22. Operaciones HydrologicalBalance

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
ArcMap_NewDocument() void Private		
ArcMap_NewOpenDocument() void Private	Event handlers	
avEvent_ContentsChanged() void Private		
AvEvent_ItemAdded() void Private		<u>object</u> [in] Item
AVEvents_FocusMapChanged() void Private		

Tabla 23. (Continuación)

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
CheckForRasterLayer() bool Private		
FillComboBox() void Private		
Static GetExtension() HydrologicalBalance Private		
Static GetSelectionCountWindow() IDockableWindow Internal		
Static HasRasterLayer() bool Internal		
HydrologicalBalance() Public		
Initialize() void Private	Privates	
Static IsExtensionEnabled() bool Internal		
OnGetState() ExtensionState Protected		
OnSetState() bool Protected		<u>ExtensionState</u> [in] <u>state</u>
OnShutdown() void Protected		
OnStartup() void Protected		
Uninitialize() void Private		
UpdateHydrologicalBalanceDockWin() void Private		
WireDocumentEvents() void Private		

2.2.12 HydrologicalBalanceDockWin: Ventana acoplable de ArcMap, que presenta los parámetros y resultados del cálculo del balance hidrológico de largo plazo. Contiene métodos que permiten estimar caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo a la salida de una cuenca previamente trazada.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Hydrology *Keywords:*

Tabla 24. Atributos HydrologicalBalanceDockWin

ATRIBUTO	NOTAS	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
btnOpenFeatureClass System.Windows.Forms.Button Private		<i>Default:</i>
cmbBasins System.Windows.Forms.ComboBox Private		<i>Default:</i>
cmbLayer System.Windows.Forms.ComboBox Private		<i>Default:</i>
components System.ComponentModel.IContainer Private	Required designer variable.	<i>Default:</i> null
cont System.Windows.Forms.Panel Private		<i>Default:</i>
headerValue System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
headerVariable System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
label1 System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblArea System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblDew System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblEvaporation System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblMeanFlow System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblPrecipitation System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
lblSheet System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
mapDew System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>
mapEvaporation System.Windows.Forms.Label Private		<i>Default:</i>

Tabla 25. (Continuación)

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
mapPrecipitation System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>
openMapDew System.Windows.Forms.Button Private	<i>Default:</i>
openMapEvaporation System.Windows.Forms.Button Private	<i>Default:</i>
openMapPrecipitation System.Windows.Forms.Button Private	<i>Default:</i>
rbFromFile System.Windows.Forms.RadioButton Private	<i>Default:</i>
rbFromLayer System.Windows.Forms.RadioButton Private	<i>Default:</i>
splitContainer1 System.Windows.Forms.SplitContainer Private	<i>Default:</i>
splitContainer2 System.Windows.Forms.SplitContainer Private	<i>Default:</i>
splitContainer3 System.Windows.Forms.SplitContainer Private	<i>Default:</i>
tableLayoutPanel1 System.Windows.Forms.TableLayoutPanel Private	<i>Default:</i>
tabPage1 System.Windows.Forms.TabPage Private	<i>Default:</i>
tabPage2 System.Windows.Forms.TabPage Private	<i>Default:</i>
tabPanel System.Windows.Forms.TabControl Private	<i>Default:</i>
valueArea System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>

Tabla 26. (Continuación)

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
valueDew System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>
valueEvaporation System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>
valueMeanFlow System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>
valuePrecipitation System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>
valueSheet System.Windows.Forms.Label Private	<i>Default:</i>

Tabla 27. Operaciones HydrologicalBalanceDockWin

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
Dispose() void Protected	Clean up any resources being used.	bool [in] disposing true if managed resources should be disposed; otherwise, false.
InitializeComponent() void Private	Required method for Designer support - do not modify the contents of this method with the code editor.	

2.2.13 HydrologicalBalanceDockWin: Clase del diseñador de la ventana acoplable del add-in. Contiene interfaces de usuario que componen la ventana acoplable.

Type: **Class UserControl**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Hydrology *Keywords:*

Tabla 28. Relaciones HydrologicalBalanceDockWin

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanc eDockWin	Private IIDew IntegrationInfo	Usa la información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de rocío.

Tabla 29. (Continuación)

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanceDockWin	Private IIEvaporation IntegrationInfo	Usa la información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de Evapotranspiración.
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanceDockWin	Private IIPrecipitation IntegrationInfo	Usa la información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de Precipitación.
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanceDockWin	Public polyOp BasinsOperator	Usa un operador cuencas para realizar la estimación de caudales. Esta relación emplea la asociación para realizar el llamado de operaciones.
<u>Association</u> Source -> Destination	Public AddinImpl	Private m_windowUI HydrologicalBalanceDockWin	

Tabla 30. Atributos HydrologicalBalanceDockWin

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
areaCalculated bool Private	<i>Default:</i>
BasinArea double Private	<i>Default:</i>
currentChoice string Private	<i>Default:</i>
dewCalculated bool Private	<i>Default:</i>
evaporationCalculated bool Private	<i>Default:</i>
h_comboBox System.Windows.Forms.ComboBox Private Static	<i>Default:</i>
h_enabled bool Private Static	<i>Default:</i>
h_label Label Private Static	<i>Default:</i>

Tabla 31. (Continuación)

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
IIDew IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIEvaporation IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowCd IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowCm IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowPhid IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowPhim IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowThetad IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMaxFlowThetam IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowCd IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowCm IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowPhid IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowPhim IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowThetad IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIMinFlowThetam IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
IIPrecipitation IntegrationInfo Private	<i>Default:</i>
mapSelector MapSelectorForm Private	<i>Default:</i>
MaxFlow double Private	<i>Default:</i>
maxFlowCdCalculated bool Private	<i>Default:</i>
maxFlowCmCalculated bool Private	<i>Default:</i>
MaxFlowDesviation double Private	<i>Default:</i>
maxFlowDesviationCalculated bool Private	<i>Deault:</i>
MaxFlowMean double Private	<i>Default:</i>
maxFlowMeanCalculated bool Private	<i>Default:</i>

Tabla 32. (Continuación)

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
maxFlowPhidCalculated bool Private	<i>Default:</i>
maxFlowPhimCalculated bool Private	<i>Default:</i>
maxFlowThetadCalculated bool Private	<i>Default:</i>
maxFlowThetamCalculated bool Private	<i>Default:</i>
MeanFlow double Private	<i>Default:</i>
MinFlow double Private	<i>Default:</i>
minFlowCdCalculated bool Private	<i>Default:</i>
minFlowCmCalculated bool Private	<i>Default:</i>
MinFlowDesviation double Private	<i>Default:</i>
minFlowDesviationCalculated bool Private	<i>Default:</i>
MinFlowMean double Private	<i>Default:</i>
minFlowMeanCalculated bool Private	<i>Default:</i>
minFlowPhidCalculated bool Private	<i>Default:</i>
minFlowPhimCalculated bool Private	<i>Default:</i>
minFlowThetadCalculated bool Private	<i>Default:</i>
minFlowThetamCalculated bool Private	<i>Default:</i>
polyOp BasinsOperator Private	<i>Default:</i>
precipitationCalculated bool Private	<i>Default:</i>
preferences PreferencesData Private	<i>Default:</i>
Sheet double Private	<i>Default:</i>
sheetCalculated bool Private	<i>Default:</i>

Tabla 33. Operaciones HydrologicalBalanceDockWin

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
Static AddItem() void Internal		string [in] <u>layerName</u>
canceledChoice() void Private		object [in] <u>sender</u> EventArgs [in] <u>e</u>
Static Clear() void Internal		
cmbBasins_SelectedIndexChanged() void Private	Handles the SelectedIndexChanged event of the cmbBasins control.	object [in] <u>sender</u> The source of the event. EventArgs [in] <u>e</u> The <see cref="System.EventArgs"/> instance containing the event data.
Static Exists() bool Internal		
Hook() object Private	Host object of the dockable window	
HydrologicalBalanceDockWin() Public		object [in] <u>hook</u>
initChoice() void Private		
IntegrateOverBasin() void Private		
IntegrateOverBasin() void Private		int [in] <u>MapHandle</u>
IntegrateOverBasin() void Private		string [in] <u>MapFilename</u>
MapChoosen() void Private		object [in] <u>sender</u> EventArgs [in] <u>e</u>
openMapPrecipitation_Click() void Private		object [in] <u>sender</u> EventArgs [in] <u>e</u>
Static SetEnabled() void Internal		bool [in] <u>enabled</u>
setValue() void Private		string [in] <u>filename</u>
setValue() void Private		IntegrationInfo [in] <u>values</u>

Tabla 34. (Continuación)

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
splitContainer1_Panel1_Paint() void Private		object [in] sender PaintEventArgs [in] e
splitContainer1_Panel2_Paint() void Private		object [in] sender PaintEventArgs [in] e
splitContainer2_Panel2_Paint() void Private		object [in] sender PaintEventArgs [in] e
tableLayoutPanel1_Paint() void Private		object [in] sender PaintEventArgs [in] e
updateBHValues() void Private		
UpdateValuesFlowEstimation() void Private		
UpdateValuesFlowMinimumFlow() void Private	Updates the values flow min flow.	
UpdateValuesMaximumFlow() void Private	Updates the values max flow.	

2.2.14 IntegrationInfo: Obtiene los datos necesarios para realizar los procesos de integración sobre polígonos. Esta integración realiza análisis estadísticos (sumatoria de la variable, valor medio, mínimo y máximo) de un raster al interior de un polígono.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Operator *Keywords:*

Tabla 35. Relaciones IntegrationInfo

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
Association Source -> Destination	Public HydrologicalBalanceDockWin	Private IIDew IntegrationInfo	Esta información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de Roció, es usada para calcular el balance hidrológico de largo plazo.

Tabla 36. (Continuación)

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanc eDockWin	Private IIEvaporation IntegrationInfo	Esta información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de Evapotranspiración, es usada para calcular el balance hidrológico de largo plazo.
<u>Association</u> Source -> Destination	Public HydrologicalBalanc eDockWin	Private IIPrecipitation IntegrationInfo	Esta información de integración del polígono vector de una cuenca sobre un raster de Precipitación, es usada para calcular el balance hidrológico de largo plazo.

Tabla 37. Atributos IntegrationInfo

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
_area double Private	<i>Default:</i>
_FromLayer bool Private	<i>Default:</i>
_MapFileName string Private	<i>Default:</i>
_MapHandle int Private	<i>Default:</i>

Tabla 38. Operaciones IntegrationInfo

MÉTODO	PARÁMETROS
_centroid() IPoint Public	
_integration() double Public	
_map() string Public	
_maxValue() double Public	
_mean() double Public	
_minValue() double Public	
_perimeter() double Public	

Tabla 39. (Continuación)

MÉTODO	PARÁMETROS
_polyProp() IPolygon Public	
_projection() string Public	
area() double Public	
centroid() IPoint Public	
FromLayer() bool Public	
IntegrationInfo() Public	
IntegrationInfo() Public	<u>IPolygon</u> [in] <u>polyProp</u>
map() string Public	
MapFileName() string Public	
MapHandle() int Public	
mean() double Public	

2.2.15 Map: Contiene métodos para interactuar con el mapa activo en una sesión de ArcMap.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: ArcGIS *Keywords:*

Tabla 40. Operaciones Map

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
Static AddRasterLayer() void Internal	Adds the raster layer.	<u>IRaster</u> [in] <u>raster</u> The raster.
Static GetLayersNames() List<string> Internal	Gets the layers names. @returns	

2.2.16 PolygonsOperator: Operador de Polígonos, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de objetos vector tipo Polígono.

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Operator Keywords:

Tabla 41. Relaciones PolygonsOperator

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
Generalization Source -> Destination	Public BasisOperator	Public PolygonsO perator	Esta relación existe debido a que una cuenca es un tipo especializado de polígono. En esta relación la clase BasinOperator hereda los atributos, relaciones y operaciones de la clase PolygonsOperator.

Tabla 42. Atributos PolygonsOperator

ATRIBUTO	NOTAS	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
map ILayer Protected Collection		<i>Default:</i>
shapesFromLayer bool Private	Borrar private Layer[] map;	<i>Default:</i>
shpfileInLayer ILayer Protected Collection	private Utils opt; private IMapWin mapWin;	<i>Default:</i>

Tabla 43. Operaciones PolygonsOperator

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
calcPolyProperties() PolygonProperties Public	Calcs the poly properties. @returns	int [in] <u>idxShpfile</u> El identificador del Layer seleccionado. int [in] <u>idxPoly</u> El identificador del polígono.
calcPolyProperties() PolygonProperties Public	Calcs the poly properties. @returns	string [in] <u>shpFilename</u> The SHP filename. int [in] <u>idxPoly</u> The idx poly.
calcPolyProperties() PolygonProperties Public	Calcs the poly properties. @param ="shp" The SHP. @returns	IFeatureClass [in] <u>featureClass</u> int [in] <u>idxPoly</u> The idx poly.

Tabla 44. (Continuación)

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
lengthShpfileInLayer () int Public	Updates the shpfiles in layer. @returns Updates the maps in layer. @returns	
obtainMapName() string Public		<u>int</u> [in] <u>idxMap</u>
obtainMapName() string Public		<u>string</u> [in] <u>mapPath</u>
obtainMapValue() decimal Private	Obtains the map value. @returns	<u>IRaster</u> [in] <u>raster</u> The raster. <u>int</u> [in] <u>col</u> The col. <u>int</u> [in] <u>row</u> The row.
obtainMapValue() decimal Public	Obtains the map value. @returns	<u>int</u> [in] <u>idxMap</u> The idx map. <u>IPoint</u> [in] <u>p</u> The p.
obtainMapValue() decimal Public	Obtains the map value. @param = "filetype" The filetype. @returns	<u>string</u> [in] <u>pathMap</u> The path map. <u>IPoint</u> [in] <u>p</u> The p.
polygonCellSize() CellDimension Public	Polygons the size of the cell. @param = "shpfile" The shpfile. @returns	<u>IFeatureClass</u> [in] <u>featureClass</u> <u>int</u> [in] <u>idxshape</u> The idxshape.
polygonCellSize() CellDimension Public	Polygons the size of the cell. @returns	<u>string</u> [in] <u>shfFilename</u> The SHF filename. <u>int</u> [in] <u>idxshape</u> The idxshape.
polygonCellSize() CellDimension Public		<u>int</u> [in] <u>idxShpfile</u> <u>int</u> [in] <u>idxShape</u>
PolygonsOperator() Public		
workingWithShapesInLayers() bool Public		

2.2.17 Raster: Operador de datos tipo Raster, contiene operaciones básicas para la administración y el manejo de RasterDataset. Un RasterDataset es una representación de un raster en disco o en una geodatabase.

Type: **Class**
 Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
 Package: ArcGIS Keywords:

Tabla 45. Operaciones Raster

MÉTODO	NOTAS	PARÁMETROS
Static OpenRasterDataset() IRasterDataset Internal	Opens the raster dataset. @returns	string [in] path The path. string [in] fileName Name of the file.

2.2.18 RasterTargetComboBox: Combo Box que contiene los Layers tipo Raster que se encuentran cargados en la tabla de contenido en una sesión de ArcMap y sobre los cuales se puede realizar el trazado de cuencas y de corrientes.

Type: **Class ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.ComboBox**
 Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.
 Package: Addin Keywords:

Tabla 46. Relaciones RasterTargetComboBox

TIPO	FUENTE	OBJETIVO	NOTAS
<u>Association</u> Source -> Destination	Public RasterTargetComb oBox	Private h_comboBox RasterTargetComb oBox	Usa una relación reflexiva para controlar el comportamiento del combobox.

Tabla 47. Atributos RasterTargetComboBox

ATRIBUTO	LIMITACIONES Y ETIQUETAS
h_comboBox RasterTargetComboBox Private Static	Default:
m_selAllCookie int Private	Default:

Tabla 48. Operaciones RasterTargetComboBox

MÉTODO	PARÁMETROS
AddItem() void Internal	string [in] <u>itemName</u> IRasterLayer [in] <u>layer</u>
ClearAll() void Internal	
Static GetSelectionComboBox() RasterTargetComboBox Internal	
OnSelChange() void Protected	int [in] <u>cookie</u>
OnUpdate() void Protected	
RasterTargetComboBox() Public	

2.2.19 ThisAddIn: Clase para buscar información declarativa en el archivo XML de configuración asociado (.esriaddinx).

Type: **Class**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Addin *Keywords:*

Tabla 49. Operaciones ThisAddIn

MÉTODO
Static AddInID() string Internal
Static Author() string Internal
Static Company() string Internal
Static Date() string Internal
Static Description() string Internal
Static Name() string Internal
Static ToUID() ESRI.ArcGIS.esriSystem.UID Internal
Static Version() string Internal

2.2.20 ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn

Type: **Class ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Button**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Package: Addin *Keywords:*

Tabla 50. Operaciones ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn

MÉTODO
OnClick() void Protected
OnUpdate() void Protected
ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn() Public

Addin

Type: **Package**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

ArcGIS

Type: **Package**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

Hydrology

Type: **Package**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

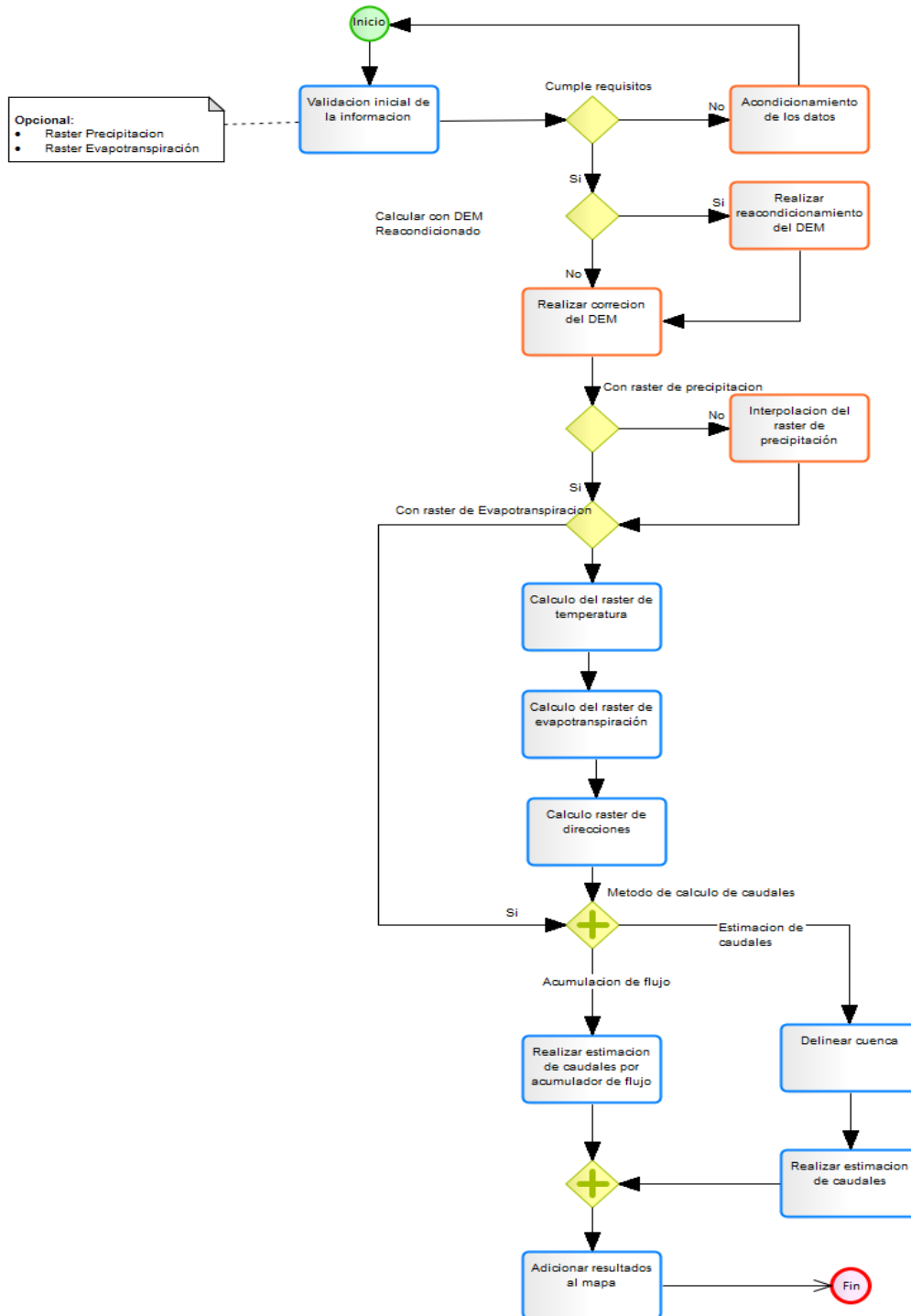
Operator

Type: **Package**

Status: Proposed. Version 1.0. Phase 1.0.

3. DIAGRAMA DE FLUJO

Gráfica 1. Esquema de la dirección de flujo



3.1 VALIDACIÓN DE LA INFORMACIÓN DE ENTRADA

Este proceso valida la estructura de la información en cuanto a:

3.1.1 Formato (Raster y vector): Para el formato no existe una validación en específico. Dentro de los procesos las herramientas poseen filtros para que sean manejados solo los formatos soportados tanto para información Raster como vector. A continuación se muestran los tipos de datos soportados.

Tabla 51. Formatos Raster soportados.

NOMBRE DEL FORMATO	EXTENSIÓN
ArcSDE Raster	Almacenado en una base de datos ArcSDE
ASCII Grid	*.asc
Band interleaved by line (BIL), band interleaved by pixel (BIP), band sequential (BSQ)	*.bil, *.bip, or *.bsq
Digital Terrain Elevation Data (DTED) Level 0, 1, and 2	*.dt0, *.dt1, *.dt2
Enhanced Compressed Wavelet (ECW)	*.ecw
ERDAS IMAGINE	*.img
Esri Grid	
File geodatabase Raster	Almacenado dentro de una carpeta con extensión *.gdb
Floating point file	*.flt
Graphic Interchange Format (GIF)	*.gif
Joint Photographic Experts Group (JPEG) File Interchange Format (JFIF)	*.jpg, *.jpeg, *.jpc, or *.jpe
JPEG 2000	*.jp2, *.j2c, *.j2k, or *.jpx
PCIDSK	*.pix
Personal geodatabase Raster	Almacenado en *.mdb
Spatial Data Transfer Standard (SDTS) digital elevation model (DEM)	*.ddf
Tagged Image File Format (TIFF)	*.tif

Tabla 52. Formatos vectoriales comprobados

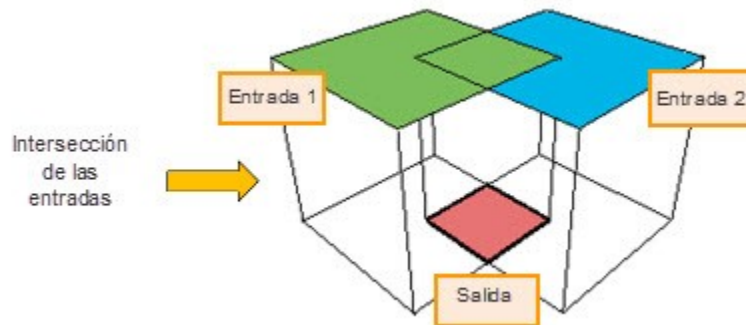
NOMBRE DEL FORMATO	EXTENSIÓN
ArcSDE Feature Class	Almacenado en una base de datos ArcSDE
Shapefile	*.shp
File geodatabase Feature Class	Almacenado en *.mdb
Personal geodatabase Feature Class	Almacenado en *.mdb

3.1.2 Sistema de referencia (Raster y vector): Para todos los procesamientos los datos de entrada deben compartir el mismo sistema de referencia. Realizar proyecciones de los datos al vuelo o de manera permanente (reproyecciones al mismo tiempo que se realizan los cálculos) dentro de los cálculos, en especial si los Rasters son de gran tamaño; es una tarea muy costosa en procesamiento.

3.1.3 Resolución Espacial (Raster): Se indica cual es la resolución espacial de los Rasters de entrada, es necesario en los cálculos que los insumos tengan la misma resolución espacial, el usuario puede emplear las opciones de re-muestreo que brinda ArcGIS, si no se realiza el remuestreo por parte del usuario, al ejecutar un procesamiento si las entradas no cuentan con la misma resolución espacial se realizan re-muestreos de la información con la opción del “máximo de las entradas” por el método Bilineal (BILINEAR).

3.1.4 Extensión Espacial (Raster y vector): Para un conjunto de datos de entrada se muestra cual es la extensión espacial sobre la cual se realizarán los cálculos, en todos los casos será la intersección de las entradas.

Gráfica 2. Extensión espacial de salida



3.2 CREACIÓN DEL DEM REACONDICIONADO

Este proceso se realiza usando una implementación del método AGREE desarrollado por el Centro de Investigación en Recursos Hídricos de la Universidad de Texas en Austin. Se encuentra implementado en la extensión ArcHydro de ArcGIS.

3.2.1 Método matemático bilineal: hace parte de una de las tres técnicas de remuestreo más comunes son la asignación de vecino más cercano, la interpolación bilineal y la convolución cúbica. Estas técnicas asignan un valor a cada celda vacía al examinar las celdas del dataset ráster sin georeferenciar.

La interpolación bilineal utiliza el valor de los cuatro centros de celda de entrada más cercanos para determinar el valor del ráster de salida. El nuevo valor de la celda de salida es una media ponderada de estos cuatro valores, ajustada para reflejar su distancia desde el centro de la celda de salida del ráster de entrada. Este método de interpolación da como resultado una superficie de aspecto suavizado que se puede obtener utilizando el vecino más cercano.

Dado que los valores de las celdas de salida se calculan en función de la posición relativa y el valor de las celdas de entrada, la interpolación bilineal es preferible para los datos en que la ubicación de un punto conocido o fenómeno determina el valor asignado a la celda, es decir, superficies continuas. La elevación, la pendiente, la intensidad del ruido de un aeropuerto y la salinidad de las aguas subterráneas próximas a un estuario son todos los fenómenos representados como superficies continuas y se remuestran de forma más adecuada utilizando la interpolación bilineal.

3.2.2 Método matemático de reacondicionamiento del DEM⁷: Un modelo digital de elevación (DEM) libre de sumideros, un DEM sin depresión, es la entrada deseada al proceso de dirección de flujo. La presencia de sumideros puede ocasionar un ráster de dirección de flujo con error. En algunos casos, puede haber algunos sumideros legítimos en los datos. Es importante comprender la morfología del área lo suficientemente bien para saber qué entidades pueden ser realmente sumideros en la superficie de la tierra y cuáles son solamente errores en los datos. Las herramientas en el conjunto de herramientas de hidrología de la Extensión ArcGIS Spatial Analyst son útiles en la preparación de una superficie de elevación sin depresión.

3.2.2.1 Identificar sumideros: Los sumideros se pueden ubicar utilizando la herramienta Sumidero. Esta herramienta necesita un ráster de dirección que crea

⁷ ARCGIS RESOURCES CENTER. Hidrografía. Aguas superficiales. Estados Unidos. Disponible en Internet: <http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.1/index.html#/009z0000005q000000>

la herramienta Dirección de flujo. El resultado es un ráster que identifica cualquier sumidero existente en los datos. Según los resultados, puede rellenar los sumideros, o puede utilizar la salida para ayudar a determinar el límite de relleno. Los sumideros se pueden rellenar con la herramienta Relleno. Para utilizar la salida del Sumidero para determinar el límite de relleno, consulte "Búsqueda de profundidad de sumidero" en este tema (debajo).

3.2.2.2 Rellenar sumideros: La herramienta Rellenar utiliza una variedad de herramientas de Spatial Analyst, incluidas algunas de las herramientas de análisis hidrológico que se analizaron antes, para crear un DEM sin depresión. Esta herramienta requiere una superficie de entrada, un límite de relleno y un ráster de salida. Cuando se llena un sumidero, se rellena a su punto de fluidez, la elevación mínima a lo largo del límite de la cuenca hidrográfica.

La identificación y remoción de sumideros cuando crea un DEM sin depresión es un proceso iterativo. Cuando se rellena un sumidero, los límites del área rellenada pueden crear sumideros nuevos, que después deben llenarse. Para un DEM grande o uno con muchos sumideros, esto puede tardar desde varios minutos hasta horas.

3.2.2.3 Búsqueda de profundidad de sumidero: Es útil conocer la profundidad de un sumidero o un grupo de sumideros. Esta información se puede utilizar para determinar un límite z adecuado para la herramienta Rellenar, para comprender el tipo de errores que están presentes en los datos, y para determinar si los sumideros son entidades morfológicamente legítimas. Los pasos siguientes señalan el proceso general para buscar la profundidad del sumidero:

1. Cree un ráster de sumideros con valores que identifican la profundidad al ejecutar la herramienta Rellenar para ubicar sumideros en el ráster.
2. Utilice la herramienta Cuenca hidrográfica para crear un ráster del área de contribución para cada sumidero mediante la dirección de flujo desde el ráster de elevación y la salida desde la herramienta Sumidero como entrada para los puntos de fluidez.
3. Con Álgebra de mapas, utilice la herramienta Estadísticas zonales con la opción Mínima para crear un ráster de la elevación mínima en la cuenca hidrográfica de cada sumidero: La entrada de áreas es la salida de la herramienta Cuenca hidrográfica.
4. Cree un ráster que contenga la elevación más baja junto al límite de cada cuenca hidrográfica con la herramienta Relleno zonal (esto corresponde a la elevación en donde el flujo deja la cuenca después de rellenar hasta el borde)

5. Utilice la herramienta Menos para sustraer el valor mínimo del valor máximo con el fin de buscar la profundidad nuevamente.

La secuencia anterior también se puede completar mediante las herramientas de geoprocésamiento Sumidero, Cuenca hidrográfrica, Estadísticas zonales, Relleno zonal y Menos.

3.2.3 Realizar corrección del Dem: Para eliminar pequeñas imperfecciones en el modelo digital de elevación correspondientes a sumideros y picos, el usuario debe hacer uso de la herramienta Fill de la extensión Spatial Analyst de ArcGIS.

3.2.4 Corrección de sumideros: Un sumidero es una celda con una dirección de drenaje indefinida y las celdas que lo rodean son más bajas. La herramienta *Fill* rellena los sumideros.

3.2.5 Corrección de picos: Un pico es una celda sin ninguna celda adyacente más elevada, para eliminarlos se debe:

1. Invertir el Raster de superficie de entrada. (Esto se puede realizar con la herramienta *Minus*), se debe especificar el valor más alto del Raster como primer parámetro de la herramienta *Minus* y el Raster de superficie como la segunda entrada.
2. Ejecutar la herramienta *Fill*.
3. Para obtener una superficie que tenga valores de Raster de superficie originales con los picos eliminados, se debe invertir el resultado con la herramienta *minus*.

3.2.6 Interpolación del raster de precipitación: En caso de que el usuario no posea un Raster de precipitación y cuente con datos obtenidos de estaciones hidrometeorológicas, este debe realizar una interpolación con alguna de las herramientas de interpolación de la extensión Spatial Analyst (IDW, Krigin, Spline), para obtener la superficie Raster. Si se cuenta con información de los puntos en tablas de datos previamente a la interpolación se debe emplear la herramienta de ArcGIS Make XY Event Layer para generar el Feature Class tipo punto.

3.2.7 Cálculo del raster de temperatura: Por medio de álgebra de mapas, se calcula el Raster promedio anual de temperatura superficial del aire (T en °C) empleando la siguiente relación con la altura (H en m sobre el nivel del mar).

$$T = 29.42 - 0.0061H$$

A continuación se muestra la expresión empleada en el álgebra de mapas:

$$29.42-0.0061*[DEM]$$

Para la elaboración de los modelos geoespaciales de temperatura del aire⁸ y precipitación; inicialmente se programaron las relaciones variable-altitud establecida para diferentes regiones, de tal manera que generen datos para algunos puntos predeterminados; adicionalmente se incorporaron los datos de las estaciones meteorológicas. Una vez realizados estos pasos, se realizó la interpolación espacial, mediante el módulo GRID de Arc/Info Versión 8.0.21, por los métodos kriging e IDW.

La metodología para elaborar el modelo de temperatura media mensual del aire se originó a partir de la selección de 235 estaciones con al menos 15 años de información de temperatura media del aire para el periodo 1961, 1990 y actualizaciones.

En Colombia, por su ubicación en zona tropical, la temperatura media sobre la superficie se distribuye principalmente en dependencia de la altitud. Por tal razón, con base en los datos mensuales temperatura del aire, se calcularon los gradientes verticales mensuales característicos para cada una de las cinco regiones naturales, luego de lo cual se generaron datos de temperatura para puntos de grilla obtenidos a partir del DEM, con base en la siguiente relación:

$$T_{ij} = T_{oj} - (\Delta T * (h_{ij} - h_{oj})) / 100$$

T_{ij} = Corresponde a la temperatura media Mensual a ser calculada en el punto de la grilla

T_{oj} = el valor de temperatura media mensual de la estación ubicada en la altitud más baja

ΔT = el gradiente de temperatura para determinado mes expresado en °C por cada 100m;

h_{ij} = la altitud en metros proporcionada por el DEM para punto de grilla

h_{oj} = la altitud en metros de la estación ubicada en la más baja altitud.

⁸ BARÓN, Alicia. Modelos geoespaciales de la distribución de las variables climatológicas en el territorio colombiano. Meteorol. Colomb. 7:81-89. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia. 2003. Disponible en Internet: http://www.geociencias.unal.edu.co/Unciencias/data-file/user_23/file/METEOROLOGIA/08%20BARON%20MODEL.pdf

En el modelo geoespacial propuesto de la temperatura del aire se construyo haciendo la interpolación de los datos generados con ayuda del DEM y los correspondientes a las estaciones climatológicas, interpolados mediante el método kriging.

De lo obtenido por Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM, Alicia Barón Leguizamón y relacionado atrás se produce la relación para la obtención del cálculo del raster de temperatura enunciado ampliamente en el documento.

3.2.8 Cálculo del raster de evapotranspiración: Por medio de algebra de mapas, se calcula el Raster de evapotranspiración real promedio anual (ETR en mm/año) empleando el método de Turc, el cual se muestra a continuación:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Si} \quad P/L > 0.316.$$

$$ETR = P \quad \text{Si} \quad P/L < 0.316$$

Donde P es la precipitación media anual y L es una función de T que viene dada por la formula $L = 300 + 25T + 0.05T^3$

El procedimiento para el cálculo es el siguiente:

1. Se calcula el Raster L con al siguiente expresión:

$$300 (25 * [\text{Temperature}]) + (0.05 * [\text{Temperature}] ^ 3)$$

2. Calcula el Raster condicional dado por $P/L > 0.316$, mediante la siguiente expresión:

$$\text{Con } ([\text{Precipitation}] / [L] > 0.316, 1)$$

3. Tomando como referencia el Raster condicional generado, se determina cuál de las formulas del método de Turc se emplea para calcular el Raster de evapotranspiración. Si el Raster condicional es un a mapa de 1 (unos) se emplea la siguiente expresión en el álgebra de mapas, de lo contrario el Raster de evapotranspiración es el mismo que de precipitación.

$$[\text{Precipitation}]/\text{Square } (0.9 + ([\text{Precipitation}] ^ 2 / [L] ^ 2))$$

En este documento se encuentra como adicionar nuevas funcionalidades al addin.

Cada funcionalidad descrita hace referencia a su implementación y como podría ser modificada, y se encuentra mencionada en la referencia de implementación en cada aparte.

"Referencia en la implementación El comportamiento de este botón se encuentra en la clase “EvapotranspirationBtn”, en la cual en el método “OnClick” se realiza el llamado al formulario “EvapotranspirationForm”; en este formulario se realiza la captura de la información se valida y se determina si existe información suficiente para realizar el cálculo de ser así se invoca el método “Generate” de la clase “EvapotranspirationAlgebra” que es el que realiza el cálculo.

Gráfica 3. La clase “EvapotranspirationBtn” en c#



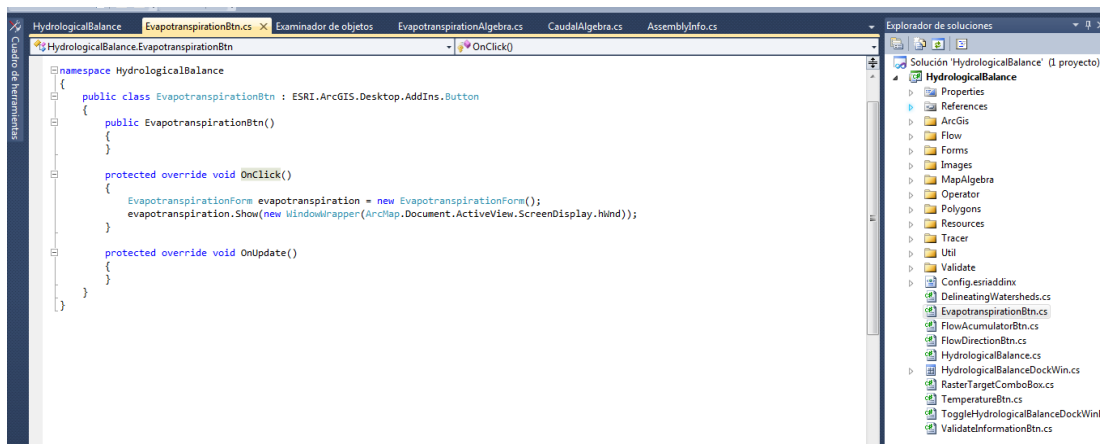
```
using HydrologicalBalance.Forms;

namespace HydrologicalBalance
{
    public class EvapotranspirationBtn : ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Button
    {
        public EvapotranspirationBtn()
        {
        }

        protected override void OnClick()
        {
            EvapotranspirationForm evapotranspiration = new EvapotranspirationForm();
            evapotranspiration.Show(new WindowWrapper(ArcMap.Document.ActiveView.ScreenDisplay.hwnd));
        }

        protected override void OnUpdate()
        {
        }
    }
}
```

Gráfica 4. La clase “EvapotranspirationBtn” en c# , en el método “OnClick”



```
namespace HydrologicalBalance
{
    public class EvapotranspirationBtn : ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Button
    {
        public EvapotranspirationBtn()
        {
        }

        protected override void OnClick()
        {
            EvapotranspirationForm evapotranspiration = new EvapotranspirationForm();
            evapotranspiration.Show(new WindowWrapper(ArcMap.Document.ActiveView.ScreenDisplay.hwnd));
        }

        protected override void OnUpdate()
        {
        }
    }
}
```


Gráfica 5. Método “Generate” de la clase “EvapotranspirationAlgebra”



3.2.9 Cálculo raster de direcciones de flujo: En este proceso se crea un Raster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada, este modelo de flujo se denomina D8 y determina que el drenaje de cualquier celda del DEM se supone dirigido hacia la celda más baja entre las ocho adyacentes. Los valores para cada dirección desde el centro son:

Gráfica 6. Esquema de la dirección de flujo – sistema utilizado por HidroSIG

7	8	9
4		6
1	2	3

Por ejemplo, si la dirección de la caída más empinada fuera hacia la izquierda de la celda de procesamiento actual, la dirección de flujo estaría codificada como 4.

3.2.10 Delimitación de cuencas: En este proceso las cuencas se generan, mediante la definición interactiva de un punto sobre un modelo digital de elevación con el Raster de dirección de flujo. El resultado es una cuenca en formato vectorial.

Del modelo digital de elevaciones (DEM) dentro de un área delimitada por la referencia de punto más alto y más bajo, usa un tipo de datos de salida establecido a INTEGER, los valores se truncan; sin embargo, no es fácil identificar si un archivo DEM en particular es de punto flotante. Para evitar la

pérdida involuntaria de datos de punto flotante cuando existan, el tipo de datos de salida predeterminado del ráster será punto flotante. El único valor para los DEM enteros, para los que el ráster resultante ocupará más espacio en el disco del necesario.

Esto se puede rectificar al ejecutar posteriormente la herramienta Entero en el ráster. Si se conoce que el dataset de entrada es de tipo entero, entonces se puede seleccionar la opción INTEGER en lugar de la predeterminada.

Además El ráster de salida tendrá celdas cuadradas si el formato que se especificó es Cuadrícula de Esri. Si el DEM de entrada tiene un espaciado de punto de muestra en las direcciones x e y, se realizará el remuestreo por interpolación bilineal durante el proceso de conversión a un tamaño de celda igual a los espaciados de punto más pequeños del DEM en la x o y. enunciado en otro aparte, esta relación interactiva crea un ráster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada.

- La salida de la herramienta Dirección del flujo es un ráster entero cuyos valores varían de 1 a 255.
- Por ejemplo, si la dirección de la caída más empinada fuera hacia la izquierda de la celda de procesamiento actual, la dirección de flujo estaría codificada como 16.
- Si una celda es más baja que sus vecinas, a esa celda se le asigna el valor de su vecina más baja y el flujo se define hacia esta celda. Si varias vecinas poseen el valor más bajo, a la celda se le otorga este valor igualmente, pero el flujo se define con uno de los dos métodos que se explican a continuación. Esto se utiliza para filtrar los sumideros de una celda, ya que se consideran ruido.
- Si una celda posee el mismo cambio en el valor z en varias direcciones y esa misma celda es parte de un sumidero, la dirección de flujo se conoce como indefinida. En tales casos, el valor de esa celda en el ráster de dirección de flujo de salida será la suma de esas direcciones. Por ejemplo, si el cambio en el valor z es el mismo hacia la derecha (dirección de flujo = 1) y hacia abajo (dirección de flujo = 4), la dirección de flujo para esa celda es $1 + 4 = 5$. Las celdas con dirección de flujo indefinida se pueden marcar como sumidero mediante la herramienta Sumidero.
- Si una celda posee el mismo cambio en el valor z en varias direcciones y no es parte de un sumidero, la dirección de flujo se asigna con una tabla de búsqueda que define la dirección más probable. Consulte Greenlee (1987).

- El ráster de salida de caída se calcula como la diferencia en el valor z dividida por la longitud de la ruta entre los centros de celda y se expresa en porcentajes. Para las celdas adyacentes, esto es análogo a la pendiente en porcentaje entre celdas. En un área plana, la distancia se convierte en la distancia a la celda más cercana de la elevación más baja. El resultado es un mapa de la elevación en porcentaje en la ruta del descenso más empinado de cada celda.
- Si calcula el ráster de caída en áreas planas, la distancia hasta las celdas adyacentes diagonales ($1,414 * \text{tamaño de celda}$) se calcula mediante $1,5 * \text{tamaño de celda}$ para aumentar la velocidad de procesamiento mediante cálculos enteros.
- Si utiliza la opción NORMAL, una celda en el borde del ráster de superficie fluirá hacia la celda interna con la caída más empinada en el valor z. Si la caída es menor o igual que cero, la celda fluirá fuera del ráster de superficie.

3.2.11 Estimación de caudales: Este proceso permite estimar caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo a la salida de una cuenca previamente trazada.

Tiene como insumos los Raster de precipitación y evapotranspiración. Para cada uno de estos se realizan análisis estadísticos (sumatoria de la variable, valor medio, mínimo y máximo) para los pixeles que se encuentran dentro del área que delimita la cuenca de entrada.

Con las estadísticas calculadas se realiza la estimación del caudal medio dada la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

3.2.12 Estimación de caudales por acumulación de flujo: Este proceso permite acumular valores de caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo por medio de un Raster de direcciones.

Tiene como insumos los Raster de precipitación, evapotranspiración y dirección de flujo. Con los Raster de precipitación y evapotranspiración se calcula para cada celda el valor del caudal medio dado por la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

Se itera sobre las celdas del Raster de direcciones para asignar valores de caudales medios acumulados al Raster de salida.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA SOLUCIÓN DEL DISEÑO EL MODELO DE ADD-IN PARA ARCGIS DESKTOP

La herramienta para la estimación del balance hidrológico de largo plazo fue construida empleando el modelo de add-in para ArcGIS desktop, este modelo provee un framework declarativo para crear una colección de personalizaciones empaquetadas dentro de un archivo comprimido (.esriAddIn). Específicamente la herramienta corresponde a una extensión para ArcMap (ArcMap Add-in).

El add-in se generó con el lenguaje de programación C# del framework .Net, empleando la librería de objetos COM de ArcGIS llamada ArcObjects, el SDK de ArcObjects incluye un asistente para generar y actualizar los componentes del Add-In.

A continuación se listan el software empleado en la implementación:

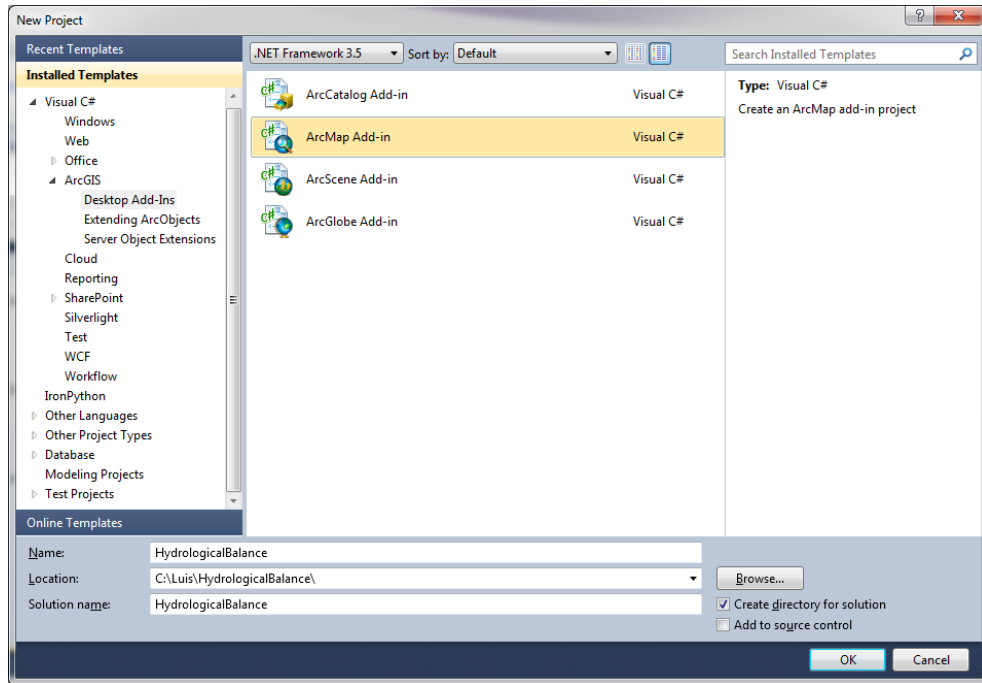
- Microsoft Visual Studio 2010
- ArcObjects SDK for the Microsoft .NET Framework 10.1
- ArcGIS for Desktop (Con la extension Spatial Analyst)

En las siguientes subsecciones se muestran los aspectos principales de la implementación, mientras que en la sección 4, en la cual se realiza una descripción funcional del add-in se presentan los distintos componentes del add-in y la manera en que se desarrollaron.

4.1 INTEGRACIÓN DE ARCGIS CON VISUAL STUDIO PARA EL ADD-IN

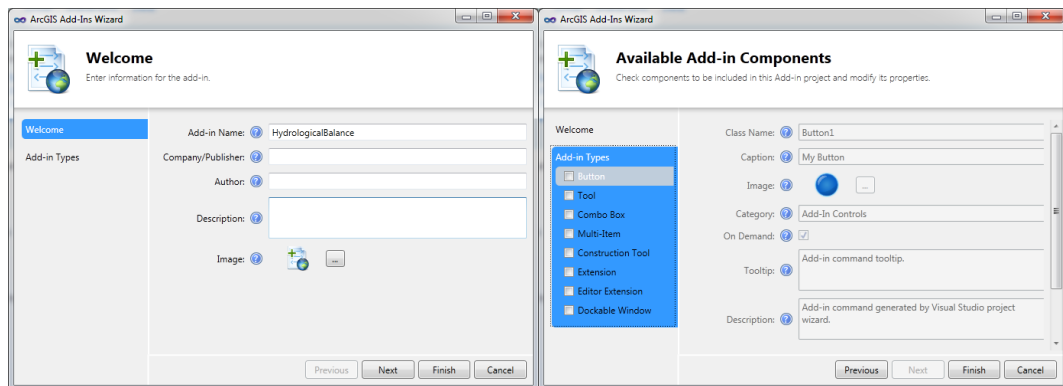
Al crear un nuevo proyecto de visual studio para C#, en la categoría de ArcGIS se encuentra la sub-categoría “Desktop Add-Ins” y en ella el ítem “ArcMapAdd-In”.

Gráfica 7. Creación de un proyecto tipo add-in de ArcGIS



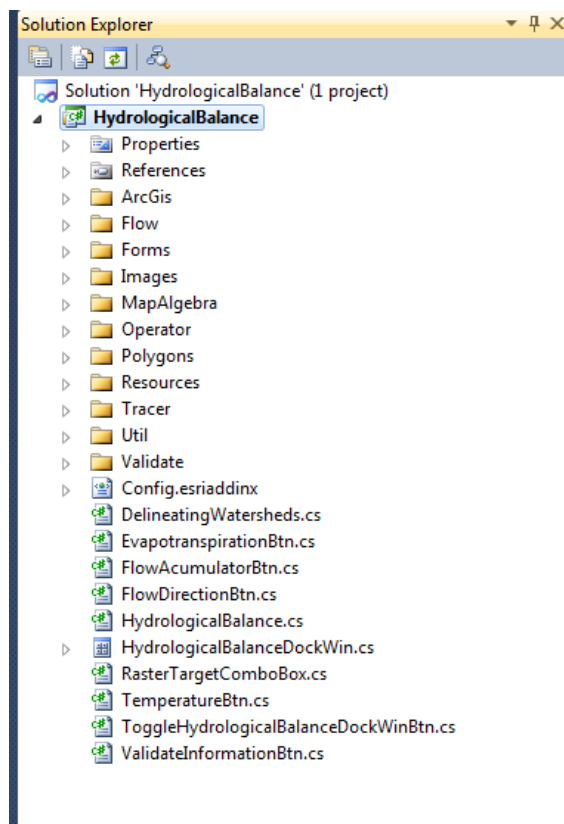
Al crear el proyecto de manera automática aparece el asistente para la creación del add-in en el cual se configura la información descriptiva del add-in y se agregan los componentes que lo compondrán (botones, menús, barras de herramientas, etc), toda esta configuración se guarda en un archivo XML llamado “*Config.esriaddinx*”, no es necesario incluir todos los componentes en la creación del add-in, este se puede actualizar para incluir nuevos o modificar los existentes como se explicara más adelante.

Gráfica 8. Asistente para Add-Ins de ArcGIS



4.1.1 Organización del proyecto de visual studio: El proyecto se encuentra organizado por carpetas cada una corresponde a un tema dentro del desarrollo del add-in Balance Hidrológico, con excepción de la carpeta “Resources” que contiene las imágenes empleadas en el add-in, las clases que corresponden propiamente al modelo de add-in de ArcGIS no se encuentran dentro de ninguna carpeta. Más adelante se puede encontrar la documentación de las clases de la solución organizada por paquetes (carpetas).

Gráfica 9. Solución HydrologicalBalance



4.2 DESARROLLO CON RASTER EN ArcGIS

A continuación se describen los casos de desarrollo relacionados con información raster empleados en la implementación del add-in Balance Hidrológico.

4.2.1 Accediendo y desplegando información raster: El acceso a los datos raster se realiza desde dos tipos de workspace: datos almacenados en carpetas (RasterWorkspaceFactory) y datos almacenados en file geodatabase (FileGDBWorkspaceFactory), el objeto principal para obtener la referencia al raster

corresponde a un IRasterDataset, a continuación se muestra el método de la clase “Raster”, empleado para acceder a la información.

Gráfica 10. Método OpenWorkspace de la clase Raster

```
internal static IWorkspace OpenWorkspace(string path)
{
    if (!path.Contains(".gdb"))
    {
        Type t = Type.GetTypeFromProgID("esriDataSourcesRaster.RasterWorkspaceFactory");
        System.Object obj = Activator.CreateInstance(t);
        IWorkspaceFactory workspaceFactory = obj as IWorkspaceFactory;
        IWorkspace workspace = workspaceFactory.OpenFromFile(path, 0);

        return workspace;
    }
    else
    {
        Type t = Type.GetTypeFromProgID("esriDataSourcesGDB.FileGDBWorkspaceFactory");
        System.Object obj = Activator.CreateInstance(t);
        IWorkspaceFactory workspaceFactory = obj as IWorkspaceFactory;
        IWorkspace workspace = workspaceFactory.OpenFromFile(path, 0);

        return workspace;
    }
}
```

Para desplegar en ArcMap los rasters se emplea un objeto de tipo IRasterLayer, este necesita un objeto de tipo IRaster, Para este despliegue se emplea la simbología por defecto, a continuación se muestra el método de la clase “Map”, que adiciona un layer raster a ArcMap.

Gráfica 11. Método AddRasterLayer de la clase Map

```
internal static void AddRasterLayer(IRaster raster)
{
    IRasterLayer rasterLayer = new RasterLayer();
    rasterLayer.CreateFromRaster(raster);

    ArcMap.Document.FocusMap.AddLayer(rasterLayer);

    IActiveView activeView = ArcMap.Document.ActiveView;
    activeView.Refresh();
    ArcMap.Document.UpdateContents();
}
```

4.2.2 Creando rasters usando pixel blocks: Para crear un raster vacío se emplea la un objeto de tipo IRasterWorkspace2, definiendo las propiedades del raster (tamaño de celda nombre, ruta, ancho alto, sistema de referencia) se obtiene un objeto IRasterDataset. El siguiente es el método de la clase “Raster” para crear rasters.

Gráfica 12. Método CreateRaster de la clase Raster

```
internal static IRaster2 CreateRaster(string Path, string FileName, int width, int height, double xCell, double yCell, IPoint origin, rstPixelType type)
{
    try
    {
        IRasterWorkspace2 rasterWs = OpenRasterWorkspace(Path);
        //Define the spatial reference of the raster dataset.
        ISpatialReference sr = new UnknownCoordinateSystemClass();

        int NumBand = 1; // This is the number of bands the raster dataset contains.
        //Create a raster dataset in TIFF format.
        IRasterDataset rasterDataset = rasterWs.CreateRasterDataset(FileName, "TIFF", origin, width, height, xCell, yCell, NumBand, type, sr, true);

        //If you need to set NoData for some of the pixels, you need to set it on band
        //to get the raster band.
        IRasterBandCollection rasterBands = (IRasterBandCollection)rasterDataset;
        IRasterBand rasterBand;
        IRasterProps rasterProps;
        rasterBand = rasterBands.Item(0);
        rasterProps = (IRasterProps)rasterBand;
        //Set NoData if necessary. For a multiband image, a NoData value needs to be set for each band.
        rasterProps.NoDataValue = -1;
        //Create a raster from the dataset.
        IRaster raster = ((IRasterDataset2)rasterDataset).CreateFullRaster();

        return (IRaster2)raster;
    }
    catch (Exception ex)
    {
        System.Diagnostics.Debug.WriteLine(ex.Message);
        return null;
    }
}
```

Parar llenar la información de un raster se emplea un objeto de tipo IPixelBlock, el cual permite tener acceso de bajo nivel a la información de los píxeles, para emplearlo se debe apuntar a un objeto tipo IRaster y recorrer el raster pixel por pixel para ir diligenciando los datos, en la clase “*PoligonsOperator*” se puede encontrar un ejemplo.

4.2.3 Procesando datos raster: El procesamiento de información raster se realiza principalmente mediante el álgebra de mapas, para hacer un cálculo de álgebra de mapas se deben seguir los siguientes pasos:

- Declarar el modelo Raster.
- Crear el entorno del análisis raster y establecerle el espacio de trabajo.
- Crear el Script.
- Enlazar las variables.
- Ejecutar el script.
- Obtener el raster resultado.
- Desenlazar las variables.

Los cálculos de álgebra de mapas se encuentran en la carpeta “*MapAlgebra*”, a continuación se muestra como ejemplo la clase “*CaudalAlgebra*”.

Gráfica 13. Clase CaudalAlgebra

```
class CaudalAlgebra
{
    public static IRaster Generate(IRaster evapotranspirationMap, IRaster rainfallMap, double area)
    {
        Type t = Type.GetTypeFromProgID("esriDataSourcesRaster.RasterWorkspaceFactory");
        System.Object obj = Activator.CreateInstance(t);
        IWorkspaceFactory workspaceFactory = obj as IWorkspaceFactory;

        IWorkspace workspace = workspaceFactory.OpenFromFile(System.IO.Path.GetTempPath(), 0);

        IRasterModel rasterModel = new RasterModelClass();
        IRasterAnalysisEnvironment env = (IRasterAnalysisEnvironment)rasterModel;
        env.Reset();
        env.OutWorkspace = workspace;

        string c = (0.00003171 * area).ToString().Replace(",",".");
        rasterModel.Script = @"[Q] = " + c + " * ([P] - [E])";
        rasterModel.BindRaster(evapotranspirationMap, "E");
        rasterModel.BindRaster(rainfallMap, "P");
        rasterModel.Execute();
        IRaster caudalMap = rasterModel.get_BoundRaster("Q");
        rasterModel.UnbindSymbol("E");
        rasterModel.UnbindSymbol("P");
        rasterModel.UnbindSymbol("Q");

        Marshal.ReleaseComObject(rasterModel);

        return caudalMap;
    }
}
```

4.3 HIDROSIG Y CONFIGURACIÓN DEL ADD-IN BALANCE HIDROLÓGICO

Para la implementación del add-in se tomó como referencia el desarrollo realizado por la universidad Nacional de Medellín llamado HidroSIG. A continuación se mencionan los aspectos que fueron tomados como referencia:

- Diseño ventana acoplable del Balance Hidrológico.
- Selector de Mapas.
- Integrador sobre polígonos.
- Algoritmo de Acumulación.
- Formulas del balance hidrológico de largo plazo.

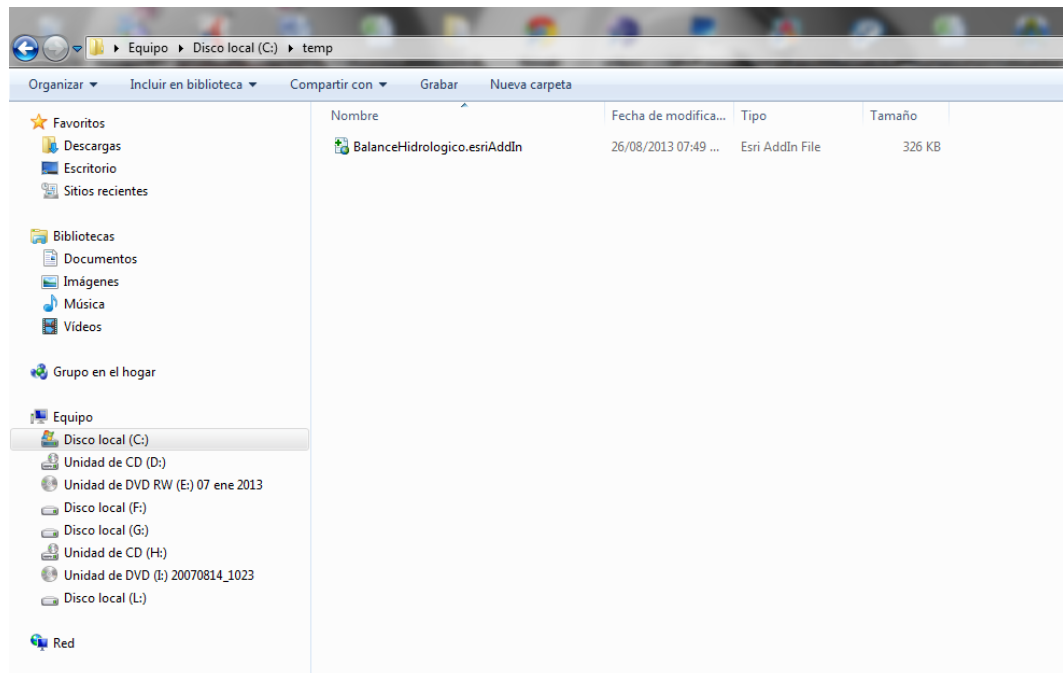
4.3.1 Instalación/Desinstalación/Actualización Add-In Balance Hidrológico:

Para instalar el Add-In de Balance Hidrológico basta con hacer doble clic sobre el archivo del Add-In en el explorador de Windows, al realizar esto los usuarios tienen la oportunidad de revisar el autor, la descripción, la versión, y la información de la firma digital del Add-In antes de instalarlo.

Pasos para la instalación:

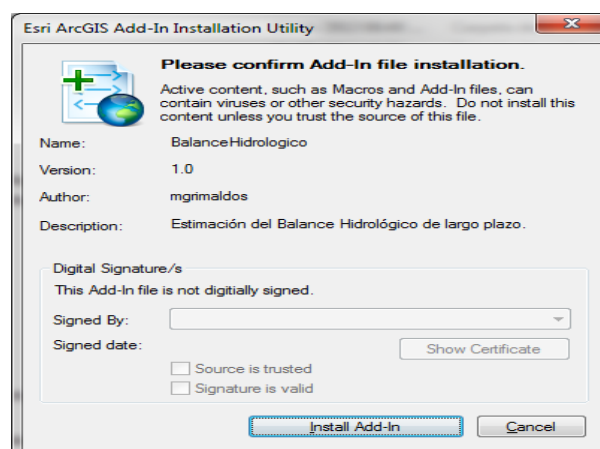
1. En un explorador de windows ubicar el archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”.

Gráfica 14. Archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”



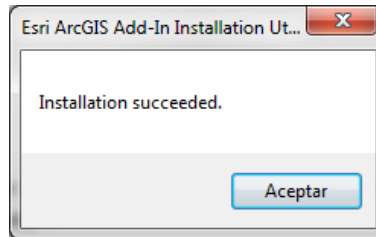
2. Hacer doble clic sobre el archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”, con lo cual se abre la siguiente ventana, donde se debe hacer clic en el botón “Install Add-In”.

Gráfica 15. Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS



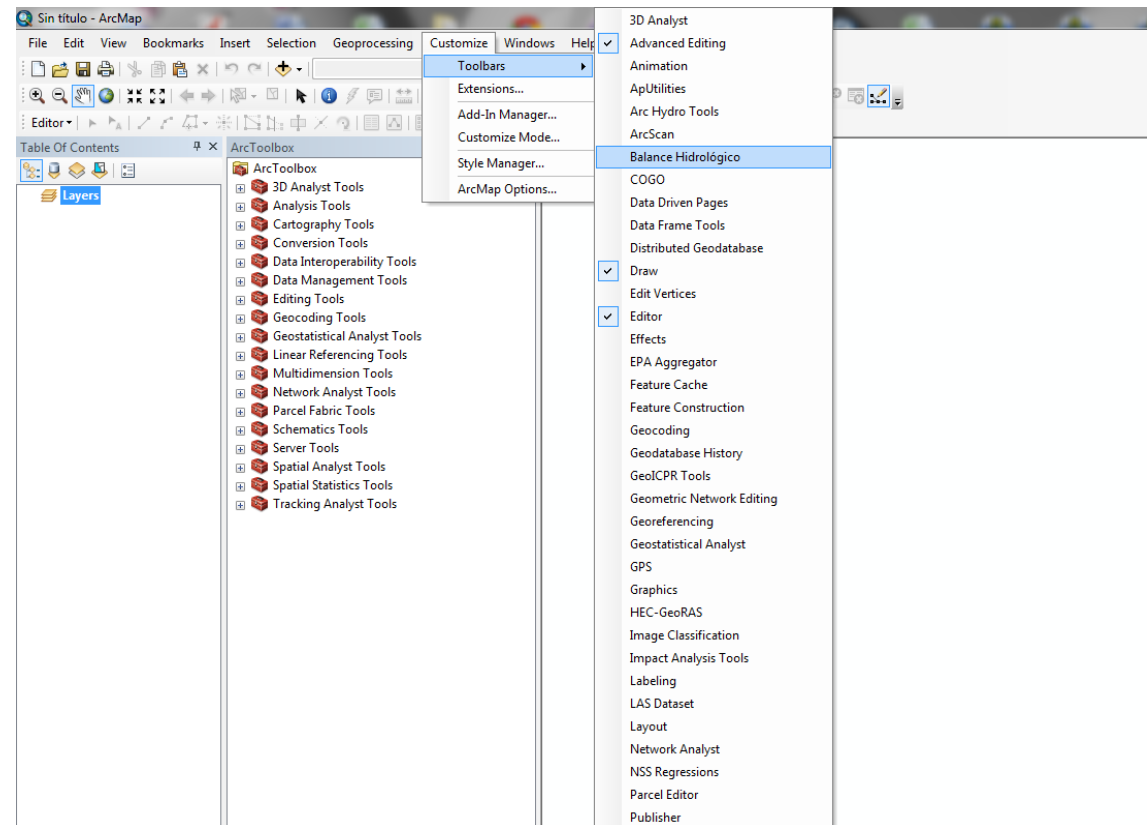
3. Aparece un cuadro de dialogo que indica que la instalación del Add-In fue satisfactoria, hacer clic en el botón “Aceptar”.

Gráfica 16. Mensaje de la Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS



4. Abrir ArcMap, ir al menú Customize - Toolbars y hacer clic sobre “Cartografía UAECD”, como lo muestra la siguiente figura.

Gráfica 17. Adición de la barra de Herramientas en ArcMap



5. Aparece la barra de herramientas “Balance Hidrológico”,

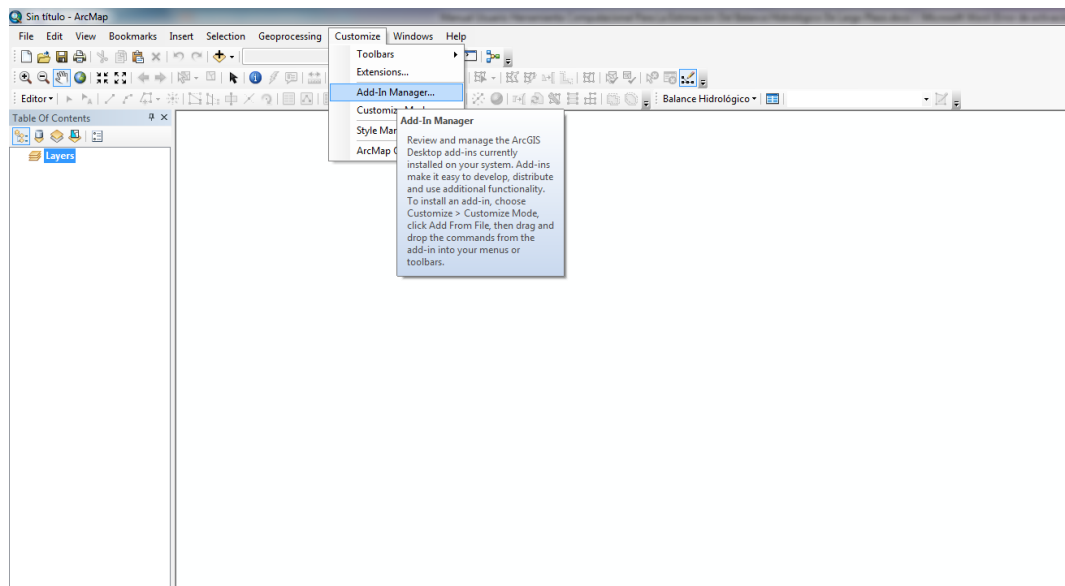
Gráfica 18. Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”



Pasos para la desinstalación:

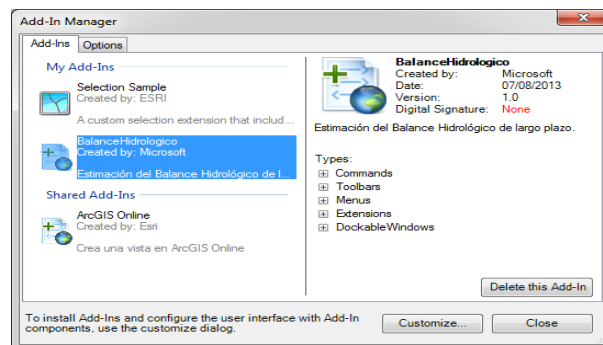
1. En ArcMap, ir al menú Customize y hacer clic en Add-In Manager..., como lo muestra la siguiente figura.

Gráfica 19. Navegar al Add-In Manager



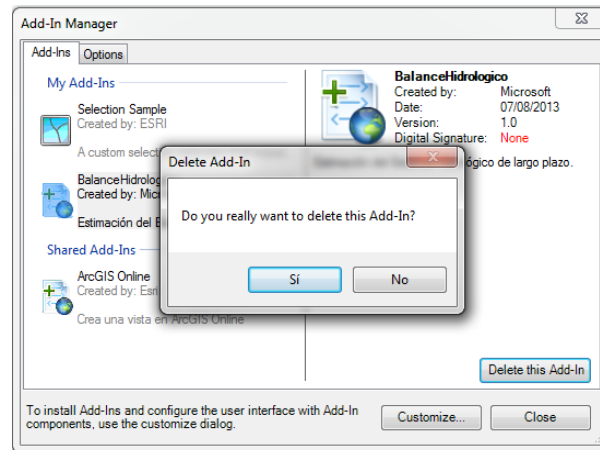
2. Se abre el Add-In Manager que contiene los Add-Ins Instalados, seleccionar “BalanceHidrologico” y dar clic en “Delete This Add-In”.

Gráfica 20. Add-In Manager



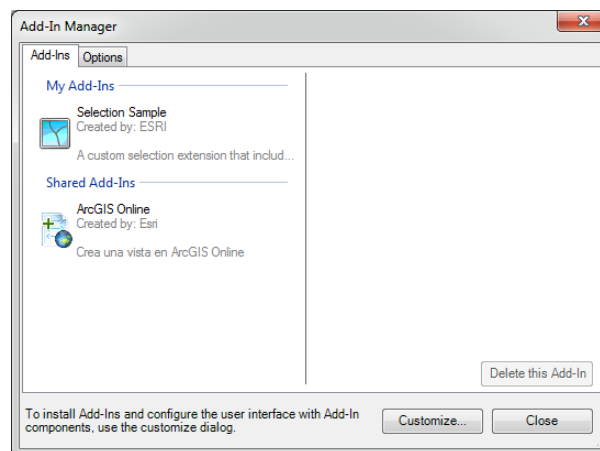
3. Aparece un cuadro de dialogo que indica si realmente se quiere desinstalar el Add-In, dar clic en “Si”.

Gráfica 21. Mensaje del Add-In Manager



4. En el Add-In Manager desaparece el Add-In Cartografía UAEDC.

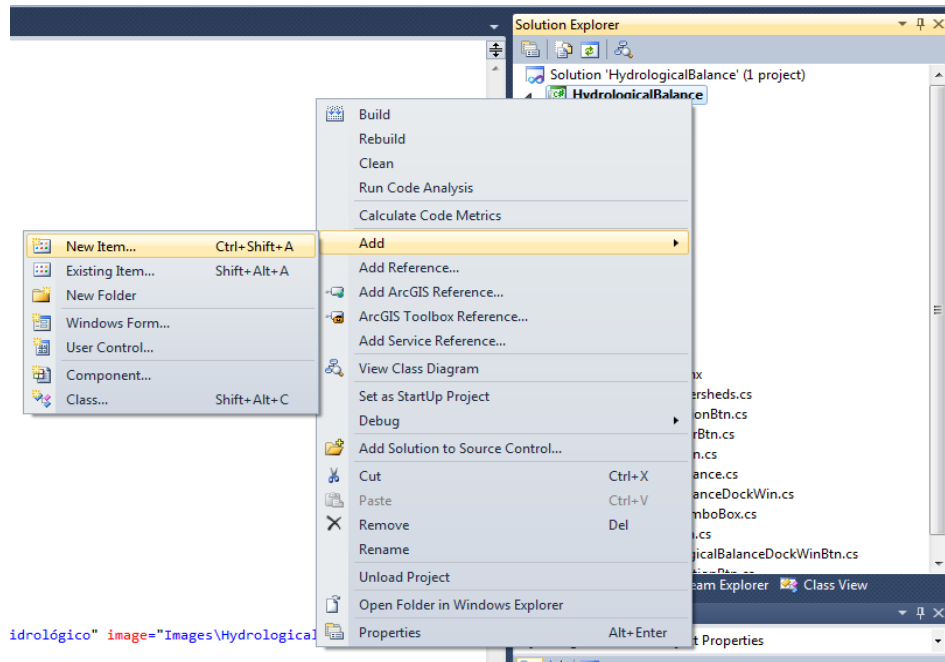
Gráfica 22. Add-In Manager



Pasos para la actualización: Para agregar un nuevo componente se deben seguir los siguientes pasos

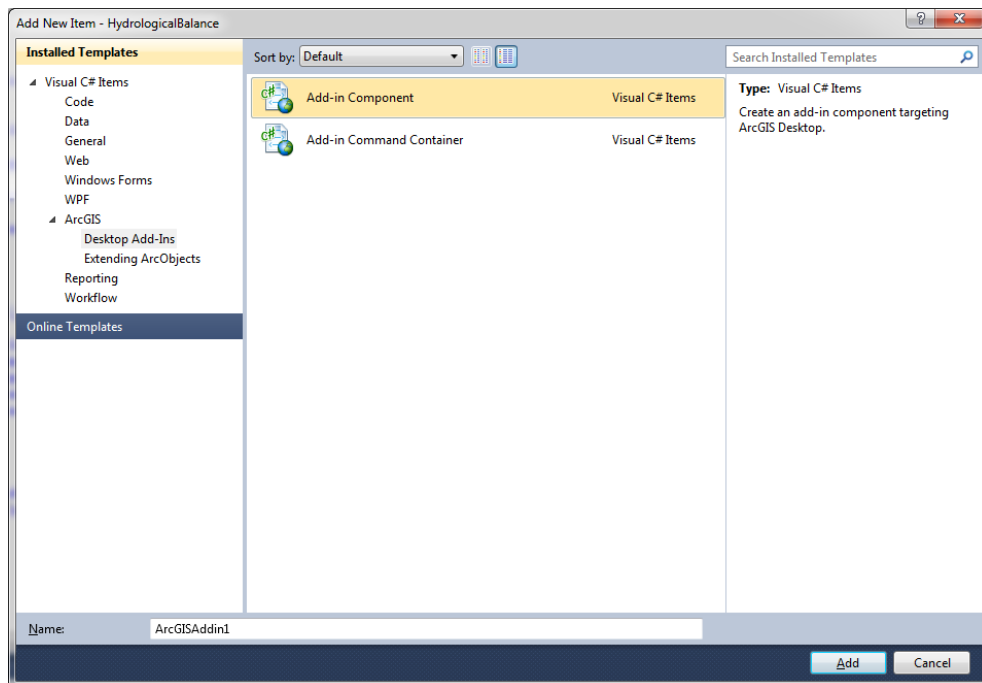
1. En la solución hacer clic derecho, elegir “Add” y dar clic en “New Item”.

Gráfica 23. Adición nuevo Item



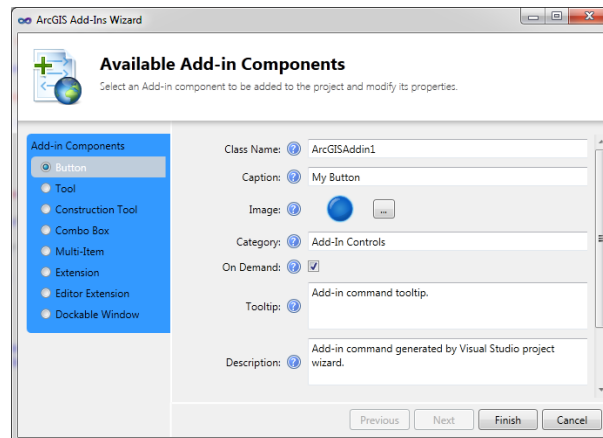
2. En la ventana *Add New Item*, elegir el menú ArcGIS, el submenú “Desktop Add-Ins” y el ítem “Add-in Component”.

Gráfica 24. Ventana “Add New Item”



3. Se abre el asistente del Add-In, en él se debe seleccionar el tipo de componente a agregar, y toda la información descriptiva del componente al terminar dar clic en finalizar y se agregara una nueva clase a la solución.

Gráfica 25. Asistente para Add-Ins de ArcGIS



4. Al abrir la clase se encontrara código pre-generado el cual cambia dependiendo del tipo de componente agregado, en esta clase se debe agregar el comportamiento del componente.

Gráfica 26. Clase con código generado para un componente tipo Botón

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Text;
using System.IO;

namespace HydrologicalBalance
{
    public class NuevoBoton : ESRI.ArcGIS.Desktop.AddIns.Button
    {
        public NuevoBoton()
        {
        }

        protected override void OnClick()
        {
        }

        protected override void OnUpdate()
        {
        }
    }
}
```

Para actualizar las propiedades o el comportamiento de un componente del add-in se deben seguir los siguientes pasos

5. Para actualizar el comportamiento se debe abrir la clase correspondiente al componente del add-in y agregar comportamiento adicional o agregar/eliminar.
6. Si se desea modificar la descripción o la apariencia de un componente se debe modificar su entrada en el archivo “*Config.esriaddinx*”.

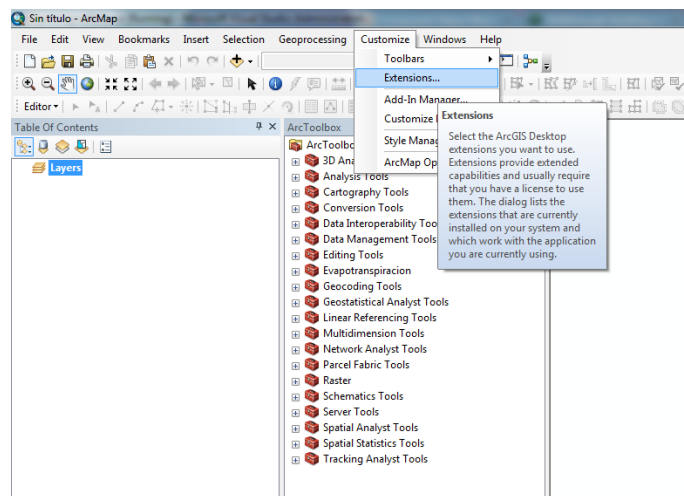
Nota: Para que las actualizaciones tengan efecto se debe construir la solución, al hacer esto se actualiza el archivo “.esriAddIn”.

4.4 VISTA DE FUNCIONALIDADES

A continuación se describen las funcionalidades existentes en el add-in Balance Hidrológico, haciendo referencia de manera general a los componentes de la implementación empleados por cada funcionalidad.

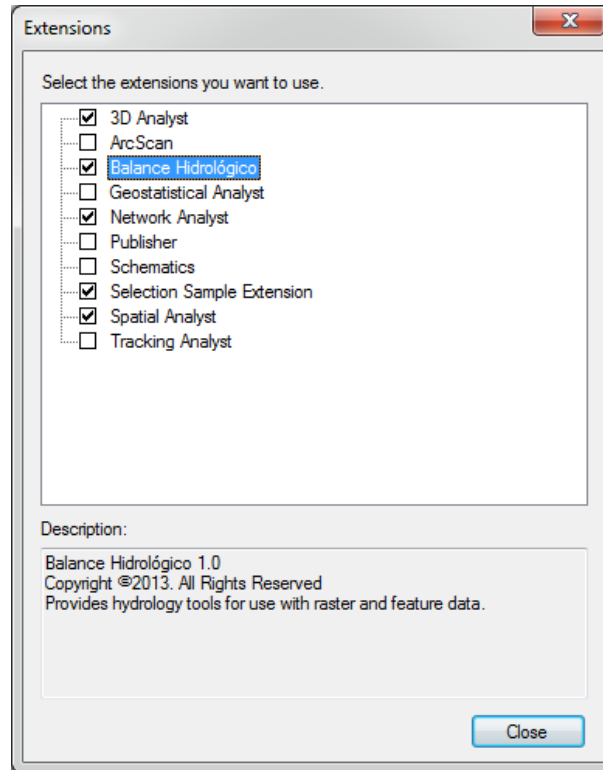
4.4.1 Activación de la extensión: Para activar o desactivar la extensión balance hidrológico se debe ingresar al menú “Extensions”

Gráfica 27. Menú de Extensiones en ArcMap



Nota: Para el correcto funcionamiento de la extensión Balance Hidrológico es necesario activar la extensión “*Spatial Analyst*” de ArcGIS.

Gráfica 28. Ventana de activación/desactivación de extensiones de ArcGIS



4.4.2 Referencia en la implementación: La configuración de la extensión se encuentra en el archivo “*Config.esriaddin*”, específicamente en la etiqueta <Extensions>. Para la descripción es necesario emplear la entidad
 que representa un salto de línea y la entidad  que representa un retorno de carro.

Gráfica 29. Etiqueta Extensions en el archivo Config.esriaddin

```
<Extensions>  
<Extension id="Microsoft_HydrologicalBalance_HydrologicalBalance" class="HydrologicalBalance" productName="Balance Hidrológico" showInExtensionDialog="true">  
<Description>Balance Hidrológico 1.0&#13;&#10;Copyright ©2013. All Rights Reserved&#13;&#10;Provides hydrology tools for use with raster and feature data.  
</Description>  
</Extension>  
</Extensions>
```

4.4.3 Barra de Herramientas (Toolbox): Una barra de herramientas es un contenedor para los botones, herramientas, cuadros combinados, paletas de herramientas y los menús. Las barras de herramientas pueden ser flotantes o estar acopladas a las aplicaciones de escritorio, igual que cualquier barra de herramientas de la aplicación. Las barras de herramientas también pueden estar activadas de forma que aparezcan cuando se inicie una aplicación de escritorio.

En la siguiente tabla se muestran los componentes que almacena la barra de herramientas del add-in Balance Hidrológico.

Gráfica 30. Componentes Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”

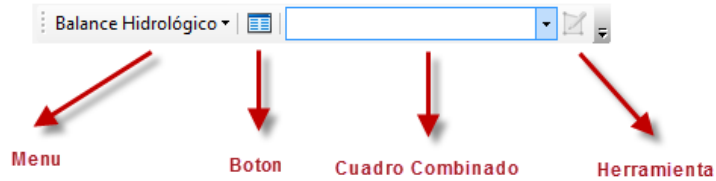


Tabla 53. Componentes de la barra de herramientas

COMPONENTE	NOMBRE
Menú	Balance Hidrológico
Botón	Balance Hidrológico
Cuadro Combinado	Raster de direcciones activo
Herramienta	Delinear Cuencas

4.4.4 Referencia en la implementación: La configuración de la barra de herramientas se encuentra en el archivo “*Config.esriaddin*”, específicamente en la etiqueta <Toolbars>.

Gráfica 31. Etiqueta Toolbars en el archivo Config.esriaddin

```
<Toolbars>
  <Toolbar id="Microsoft_HydrologicalBalance_Hydrological_Balance" caption="Balance Hidrológico" showInitially="false">
    <Items>
      <!--Reference to the custom menu-->
      <Menu refID="Microsoft_HydrologicalBalance_Hydrological_Balance_1" separator="true" />
      <!--Reference to the custom button-->
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_ToggleHydrologicalBalanceDockWinBtn" separator="true" />
      <!--Reference to the custom combobox-->
      <Item refID="Microsoft_HydrologicalBalance_RasterTargetComboBox" separator="true" />
      <!--Reference to the custom tool-->
      <Item refID="Microsoft_HydrologicalBalance_DelineatingWatersheds" />
    </Items>
  </Toolbar>
</Toolbars>
```

El comportamiento de la extensión se encuentra en la clase “*HydrologicalBalance*”. En esta clase se controlan los comportamientos de todos los componentes del add-in y adicionalmente se escuchan los eventos de la interacción del usuario con ArcMap. El siguiente es el método de inicialización de la extensión.

Gráfica 32. Método Initialize en la clase HydrologicalBalance

```
private void Initialize()
{
    // If the extension hasn't been started yet or it's been turned off, bail
    if (h_extension == null || this.State != ExtensionState.Enabled)
        return;

    // Reset event handlers
    IActiveViewEvents_Event avEvent = ArcMap.Document.FocusMap as IActiveViewEvents_Event;
    avEvent.ItemAdded += AvEvent_ItemAdded;
    avEvent.ItemDeleted += AvEvent_ItemAdded;
    avEvent.ItemReordered += AvEvent_ItemReordered;
    avEvent.ContentsChanged += avEvent_ContentsChanged;

    // Update the UI
    map = ArcMap.Document.FocusMap;
    FillComboBox();
    HydrologicalBalanceDockWin.SetEnabled(true);
    UpdateHydrologicalBalanceDockWin();
    hasRasterLayer = CheckForRasterLayer();
}
}
```

4.4.5 Cuadros combinados (Combo Boxes): Un cuadro combinado proporciona una lista desplegable de elementos y, opcionalmente, puede proporcionar un área de entrada editable. El cuadro combinado empleado en el add-in Balance Hidrológico no es editable y se diligencia automáticamente al cargar elementos a la tabla de contenido de ArcMap, en la siguiente tabla se describe su funcionalidad.

Tabla 54. Cuadros Combinados

NOMBRE	FUNCIÓN
Raster de direcciones activo	Proporcionar una lista de rasters de direcciones válidos, que se encuentran cargados en la tabla de contenido de una sesión de ArcMap.

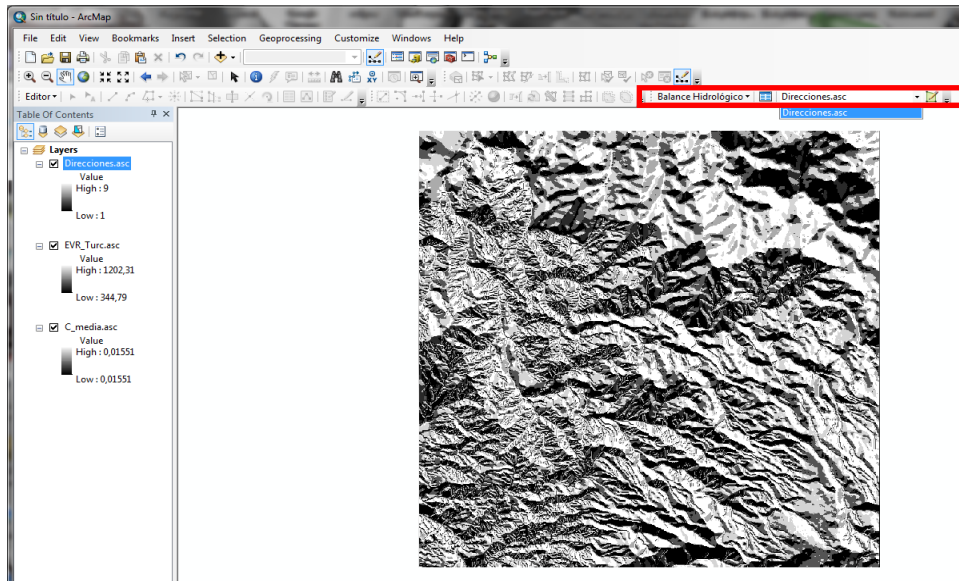
En la siguiente imagen se observa el funcionamiento del cuadro combinado, al cargar tres raster a la tabla de contenido, al cuadro combinado se agrega únicamente el Raster “*Direcciones.asc*” que fue el que se determinó que correspondía a un Raster de direcciones de flujo.

Esta validación la realiza de la siguiente manera:

1. Recorre todos los layers de la tabla de contenido y determina cuales corresponden a Raster Layers.

2. Para cada Raster Layer se obtienen las estadísticas del valor mínimo y el valor máximo, con estas estadísticas descarta los Raster layers cuyo valor mínimo sea igual al valor máximo (Raster constante)
3. Con las estadísticas determina si los valores mínimo y máximo se encuentran entre 1 y 9, de ser así se adiciona al cuadro combinado.

Gráfica 33. Cuadro combinado Raster de direcciones de flujo



4.4.6 Referencia en la implementación: El comportamiento del cuadro combinado se encuentra en la clase “RasterTargetComboBox”. En esta clase se inicializa el cuadro cambiando y se realiza el llenado y borrado de sus elementos.

Gráfica 34. Método AddItem de la clase RasterTargetComboBox

```

internal void AddItem(string itemName, IRasterLayer layer)
{
    // Solo se adicionan los raster que tengan la estructura de raster de direcciones DB
    IRaster raster = layer.Raster;
    IRasterCalcStatsHistogram calcStats = new RasterCalcStatsHistogramClass();
    IStatsHistogram statsHistogram = new StatsHistogramClass();

    // Si el raster es valido
    if (raster != null)
    {
        calcStats.ComputeFromRaster(raster, 0, statsHistogram);

        // Si no es un raster constante
        if (statsHistogram.Min != statsHistogram.Max)
        {
            if (statsHistogram.Min >= 1 && statsHistogram.Min <= 9)
            {
                if (statsHistogram.Max >= 1 && statsHistogram.Max <= 9)
                {
                    if (h_comboBox.items.Count == 0)
                    {
                        m_selAllCookie = h_comboBox.Add(itemName, layer);
                        h_comboBox.Select(m_selAllCookie);
                    }
                    // Add each item to combo box.
                    else
                    {
                        int cookie = h_comboBox.Add(itemName, layer);
                    }
                }
            }
        }
    }
}

```

En la clase “*HydrologicalBalance*” se invoca el llenado del cuadro combinado en los eventos “ItemAdded” y “ItemReordered” (el usuario agrega un elemento a la tabla de contenido de ArcMap o lo reordena). El siguiente es el método que realiza la invocación.

Gráfica 35. Método FillComboBox de la clase HydrologicalBalance

```
private void FillComboBox()
{
    RasterTargetComboBox selCombo = RasterTargetComboBox.GetSelectionComboBox();
    if (selCombo == null)
        return;

    selCombo.ClearAll();


    IRasterLayer rasterLayer;
    // Loop through the layers in the map and add the layer's name to the combo box.
    for (int i = 0; i < map.LayerCount; i++)
    {
        rasterLayer = map.get_Layer(i) as IRasterLayer;

        if (rasterLayer != null)
            selCombo.AddItem(rasterLayer.Name, rasterLayer);
    }
}
```

4.5 HERRAMIENTAS

Una herramienta es muy similar a un botón. Sin embargo, la herramienta requiere primero la interacción del usuario con la pantalla de la aplicación de escritorio y, dependiendo de esa interacción, ejecuta alguna lógica de negocio. En la siguiente tabla se presenta una descripción general de la funcionalidad de la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

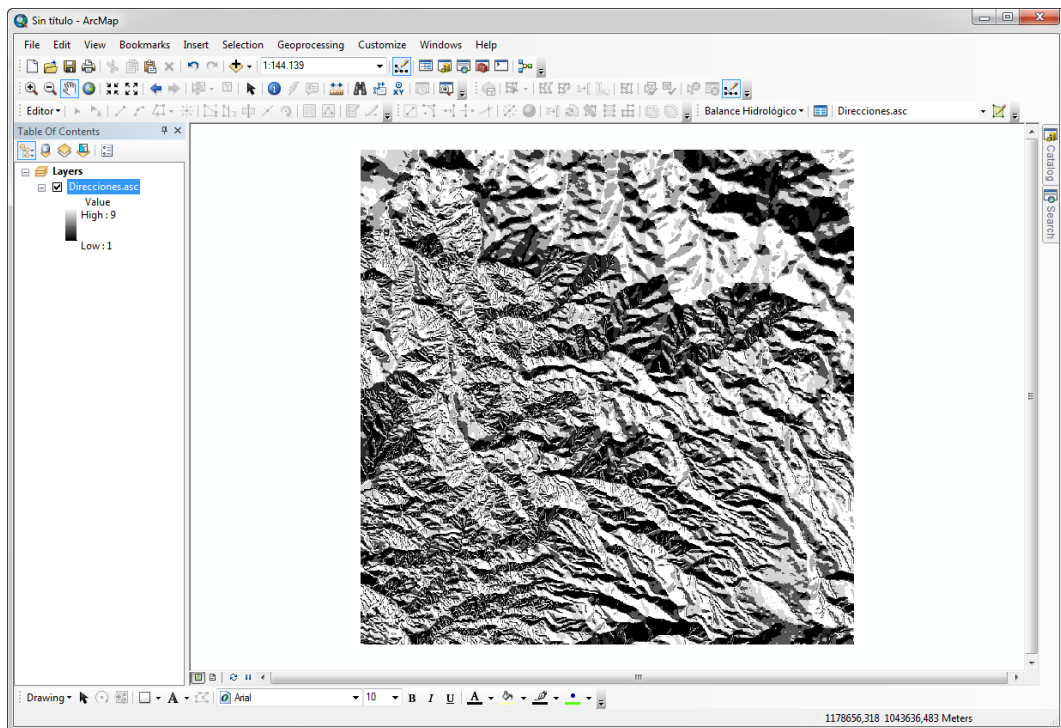
Tabla 55. Herramientas

BOTON	NOMBRE	FUNCIÓN
	Delinear Cuencas	Permite trazar cuencas automáticamente a partir de un raster de direcciones de drenaje, mediante la definición interactiva de un punto que representa su salida. El resultado es una cuenca en formato vectorial.

4.5.1 Procedimiento para delinear cuencas: Para delinear cuencas se debe seguir el procedimiento descrito a continuación.

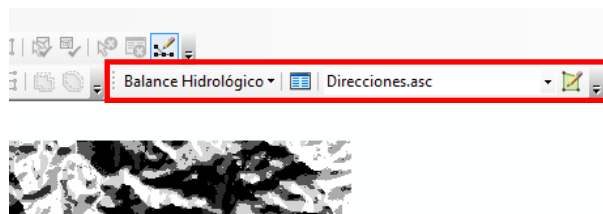
1. Cargar un Raster de direcciones de flujo valido en una sesión de ArcMap (Para más detalles de su generación vea la sección 4.6.4).

Gráfica 36. Raster de direcciones cargado en una sesión de ArcMap



Si el Raster es válido se carga en el cuadro combinado “Raster de direcciones activo” y se activa la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

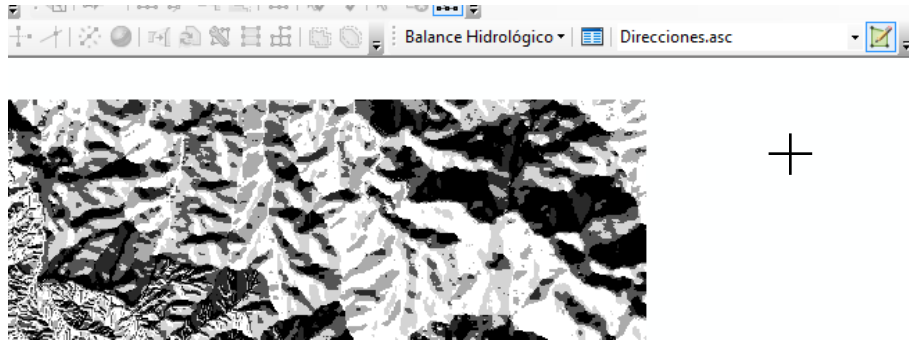
Gráfica 37. Raster cargado en el cuadro combinado Raster de direcciones activo



2. Hacer clic en la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

La herramienta aparecerá presionada y el cursor al moverse sobre el área del mapa cambiara de aspecto.

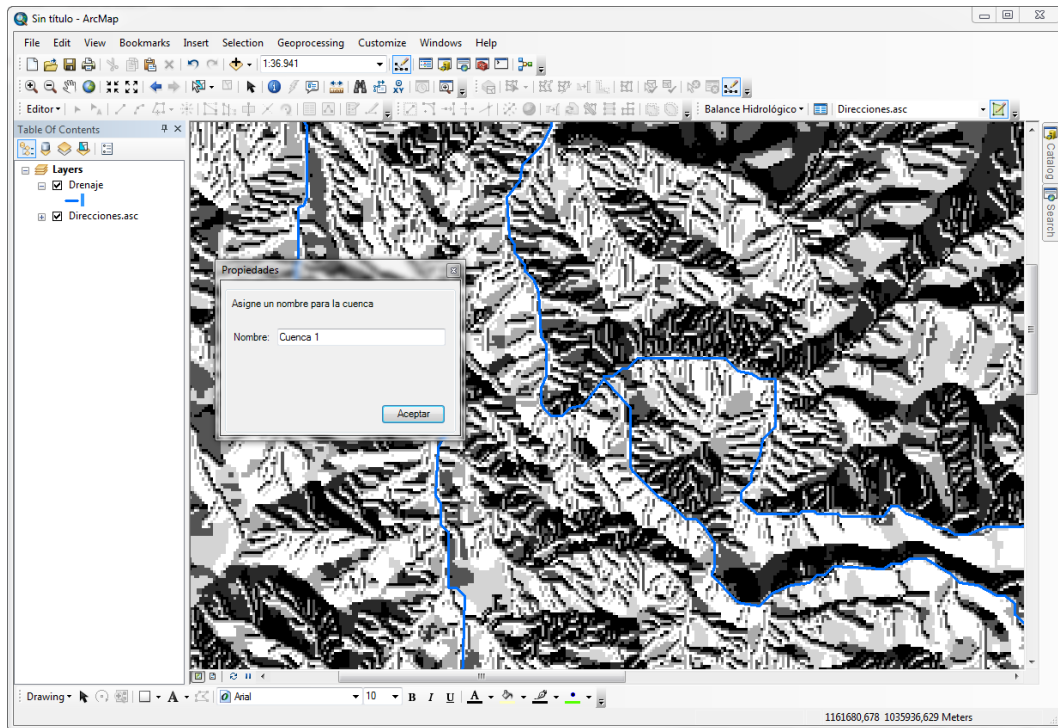
Gráfica 38. Herramienta Delinear Cuencas seleccionada



3. Hacer clic sobre un pixel en el mapa de direcciones.

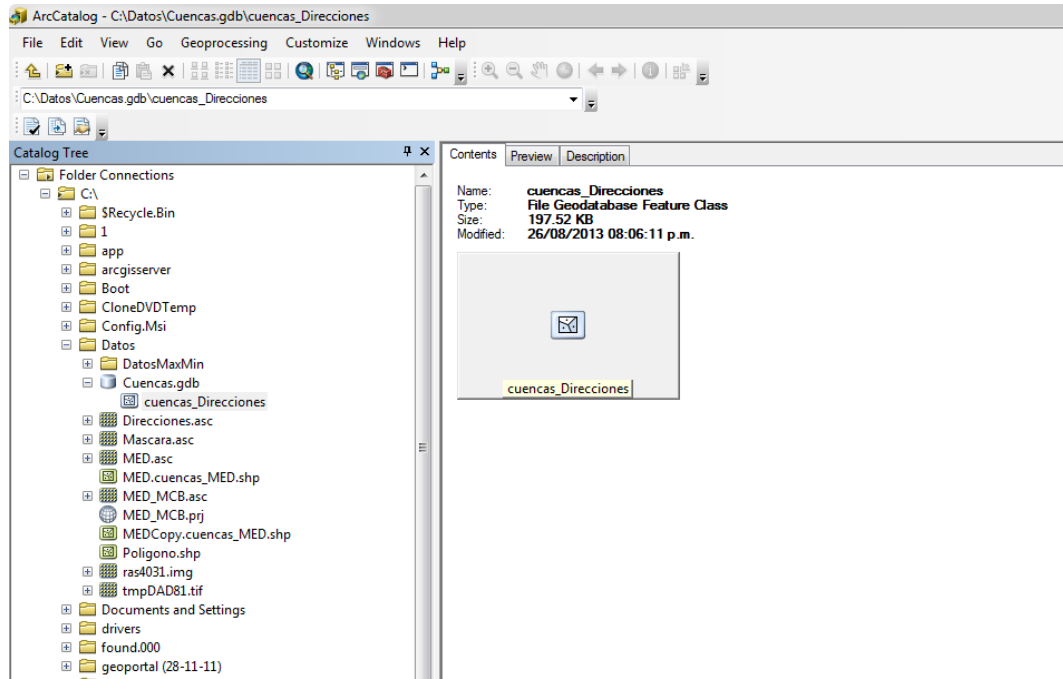
Aparecerá una ventana donde se solicita el nombre de la cuenca a delinear. Ingrese un nombre.

Gráfica 39. Ventana para nombrar cuencas



La cuenca se almacenara en una file geodatabase llamada “Cuenas” (en la misma ruta donde se encuentra el raster de direcciones), en un feature class nombrado con el prefijo “cuenas_” seguido por el nombre del raster de direcciones.

Gráfica 40. Ubicación Feature Class de cuencas



4.5.2 Referencia en la implementación: El comportamiento de la herramienta se encuentra en la clase *"DelineatingWatersheds"*. En esta clase se escuchan los eventos *"OnUpdate"*, *"OnActivate"* y *"OnMouseDown"* y *"OnMouseMove"*. En estos métodos se controla la apariencia del cursor se capturan las coordenadas del mouse y en el momento que el usuario hace clic sobre el mapa se toma la referencia del raster que se encuentra seleccionado en el cuadro combinado y se crea una nueva cuenca con la clase *"Basin"*.

El siguiente es el fragmento del método *"OnMouseDown"* de la clase *"DelineatingWatersheds"*.

Gráfica 41. Fragmento del método OnMouseDown de la clase DelineatingWatersheds

```

try
{
    screenPoint = new Point();
    screenPoint.PutCoords(arg.X, arg.Y);

    pourPoint = displayTransformation.ToMapPoint((System.Int32)screenPoint.X, (System.Int32)screenPoint.Y);

    // Obtiene el raster de direcciones del combobox
    IRasterLayer flowDirectionRasterLayer = RasterTargetComboBox.GetSelectedItem();

    // Se verifica que exista el raster de direcciones
    if (flowDirectionRasterLayer == null)
    {
        DialogResult dialogResult = MessageBox.Show("No se a seleccionado un raster de direcciones ", "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
        return;
    }

    else
    {
        IRaster flowDirectionRaster = flowDirectionRasterLayer.Raster;


        TracerForm traceForm = new TracerForm();
        DialogResult dialogResult = traceForm.ShowDialog(new WindowWrapper(ArcMap.Document.ActiveView.ScreenDisplay.HWnd));
        if (dialogResult == DialogResult.OK)
        {
            Basin cuenca;
            HidroFlowGrid flowDirections = new HidroFlowGrid(flowDirectionRaster);

            try
            {
                cuenca = new Basin(traceForm.txtBasinName.Text, pourPoint.X, pourPoint.Y, flowDirections);
            }
            catch (Exception)
            {
                MessageBox.Show("No ha sido posible obtener la cuenca, \nes posible que las direcciones no esten bien \ndefinidas o que la Cuenca sea muy grande", "E
                return;
            }
        }
    }
}

```

4.5.3 Botones: Un botón es la forma más simple de funcionalidad que se puede utilizar para ejecutar alguna lógica de negocios haciendo clic en él.

Tabla 56. Botones de la barra de herramientas

BOTON	NOMBRE	FUNCIÓN
	Balance Hidrológico	Muestra/oculta la ventana acoplable del Balance Hidrológico

4.6 BALANCE HIDROLÓGICO

4.6.1 Balance a largo plazo: Este proceso permite estimar caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo a la salida de una cuenca previamente trazada.


Tiene como insumos los raster de precipitación y evapotranspiración. Para cada uno de estos se realizan análisis estadísticos (sumatoria de la variable, valor medio, mínimo y máximo) para los pixeles que se encuentran dentro del área que delimita la cuenca de entrada.

Con las estadísticas calculadas se realiza la estimación del caudal medio dada la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

El procedimiento se describe a continuación:

Nota 1: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “*selector de mapas*”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Si no se encuentra visible la ventana acoplable, hacer clic sobre el botón  “Balance Hidrológico” de la barra de herramientas.

Se despliega la ventana acoplable “*Balance Hidrológico*” la cual contiene 3 pestañas, por defecto se encuentra seleccionada la pestaña “*Balance a largo plazo*”, de no encontrarse seleccionada haga clic sobre esta pestaña.

Gráfica 42. Ventana desplegable Balance Hidrológico

Balance Hidrológico

Seleccione la capa que contiene las cuencas

Desde layer Desde archivo

Selecciona una cuenca

Balance a largo plazo Caudal max. Caudal min.

Variable	Valores
Precipitacion (mm/año)	
Evapotranspiración real (mm/año)	
Rocio (mm/año)	
Area de la cuenca (Km ²)	
Lámina estimada (mm)	
Caudal medio (m ³ /s)	

2. Seleccionar la capa que contiene las cuencas por uno de los métodos disponibles, “Desde layer” o “Desde archivo”.
3. Si se seleccionó el método “Desde layer”, se debe tener cargado en la tabla de contenido un Feature Layer con cuencas válidas y seleccionar en el cuadro cambiando el feature layer.

Gráfica 43. Cuadro combinado de Layers de cuencas

Balance Hidrológico

Seleccione la capa que contiene las cuencas


Desde layer Desde archivo

cuencas_Direcciones

Selecciona una cuenca

Balance a largo plazo Caudal max. Caudal min.

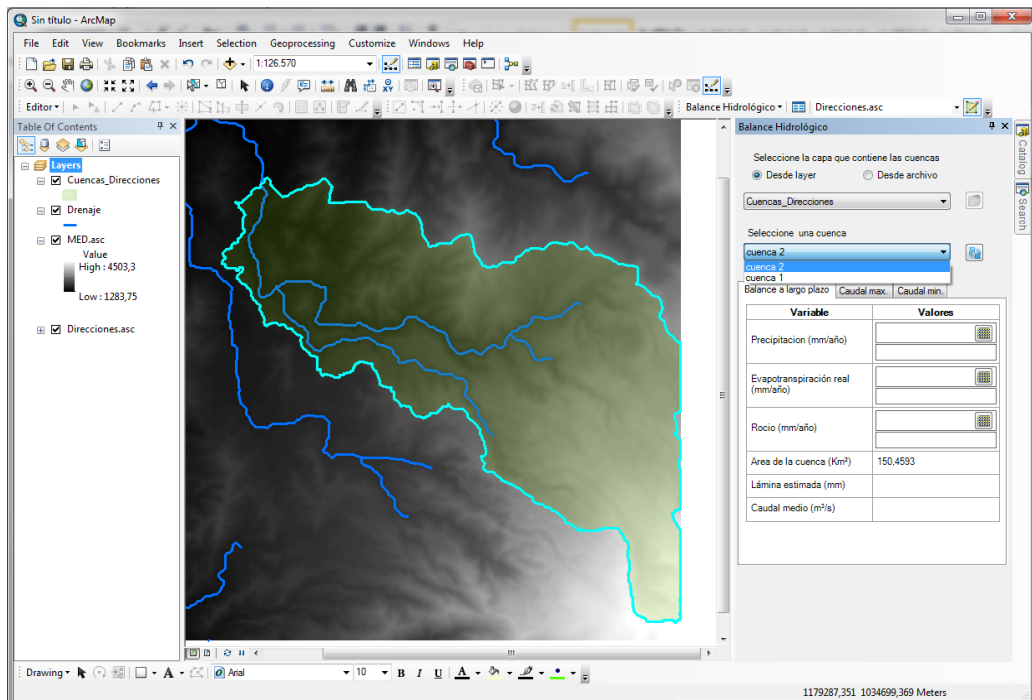
Variable	Valores
Precipitacion (mm/año)	


4. Si se seleccionó el método “Desde archivo”, se activa el botón  “Abrir”.

Al hacer clic en él se despliega el cuadro de dialogo “Abrir” se debe seleccionar un feature class con cuencas validas (posiblemente generadas en una sesión anterior).

5. Del cuadro combinado de cuencas seleccionar la cuenca sobre la cual se desea realizar el cálculo.

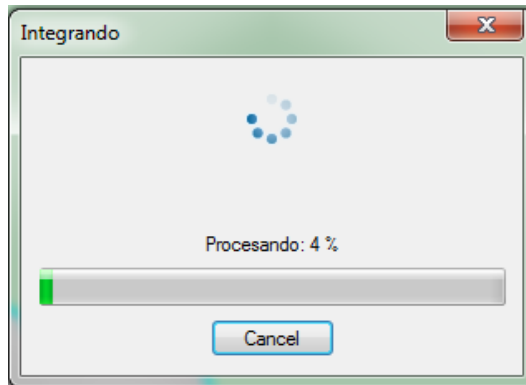
Gráfica 44. Selección de una cuenca




6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de precipitación haciendo clic en el botón .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.


Gráfica 45. Ventana de progreso en los procesos de integración



7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Evapotranspiración haciendo clic en el botón .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.

Si se encuentra seleccionada una cuenca, cuando se encuentran cargados los raster de Precipitación y Evapotranspiración se diligencian de manera automática los campos “*Lámina Estimada*” y “*Caudal medio*”.

8. Opcionalmente, seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Evapotranspiración haciendo clic en el botón .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.

4.6.2 Caudal máximo: Para este cálculo es necesario que se encuentre calculado el caudal medio.

Nota: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “*Selector de Mapas*”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Seleccionar la pestaña “*Caudal max.*” de la ventana acoplable Balance Hidrológico.

Gráfica 46. Pestaña Caudal máximo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico

Balance a largo plazo	
Caudal max.	
Caudal min.	
Media	C_m
	θ_m
	ϕ_m
Desviación (m³/s)	C_d
	θ_d
	ϕ_d
Caudal máximo (m³/s)	Distribución
	Periodo de retorno

2. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C media haciendo clic en el botón C_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C media.

3. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta media haciendo clic en el botón θ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta media.

4. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi media haciendo clic en el botón ϕ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi media.

Si se encuentran cargados los rasters C media, Teta Media y Fi media se diligencia el campo "Media".

5. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C desviación haciendo clic en el botón C_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C desviación.

6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta desviación haciendo clic en el botón Θ .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta desviación.

7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi desviación haciendo clic en el botón Φ .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi desviación.

Si se encuentran cargados los rasters C desviación, Teta desviación y Fi desviación se diligencia el campo “Desviación”.

8. Con los campos “Media” y “Desviación” calculados, seleccionar de los cuadros combinados la distribución y el periodo de retorno para obtener el campo “Caudal máximo”.

4.6.3 Caudal mínimo: Para este cálculo es necesario que se encuentre calculado el caudal medio.

Nota: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “Selector de Mapas”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Seleccionar la pestaña “Caudal max.” de la ventana acoplable Balance Hidrológico.

Gráfica 47. Pestaña Caudal mínimo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico

Balance a largo plazo		Caudal max.		Caudal min.	
Media			C_m		θ_m
			Φ_m		
Desviación (m³/s)			C_d		θ_d
			Φ_d		
Caudal mínimo (m³/s)		Distribución			
		▼			
		Periodo de retorno			
		▼			

2. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C media haciendo clic en el botón C_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C media.

3. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta media haciendo clic en el botón θ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta media.

4. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi media haciendo clic en el botón Φ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi media.

Si se encuentran cargados los rasters C media, Teta Media y Fi media se diligencia el campo "Media".

5. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C desviación haciendo clic en el botón C_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C desviación.

6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta desviación haciendo clic en el botón θ_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta desviación.

7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi desviación haciendo clic en el botón Φ_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi desviación.

Si se encuentran cargados los rasters C desviación, Teta desviación y Fi desviación se diligencia el campo “Desviación”.

8. Con los campos “Media” y “Desviación” calculados, seleccionar de los cuadros combinados la distribución y el periodo de retorno para obtener el campo “Caudal mínimo”.

4.6.3.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de la ventana acoplable se encuentra en la clase “HydrologicalBalanceDockWin.cs”. Esta clase controla todos los elementos de la ventana acoplable y realiza los distintos cálculos.

Para obtener una referencia a este componente del add-in se debe emplear la función estática “AddIn.FromID” la cual retorna una referencia a una instancia de un componente del add-in dado un texto que representa el identificador del componente. A continuación se muestra un ejemplo que se encuentra en el método “OnMouseDown” de la clase “DelineatingWatersheds”, en este ejemplo se emplea esta referencia debido a que después de delinear una cuenca, esta debe estar disponible en la ventana acoplable del balance hidrológico.


Gráfica 48. Obtención de una referencia a un componente del add-in

```
// Actualiza el combo box de cuencas
HydrologicalBalanceDockWin.AddinImpl winImpl = AddIn.FromID<HydrologicalBalanceDockWin.AddinImpl>(ThisAddIn.IDs.HydrologicalBalanceDockWin);
HydrologicalBalanceDockWin dockWin = winImpl.UI;
dockWin.updateCmbBasins();
```

4.7 MENÚ

Tabla 57. Funcionalidades del menú Balance Hidrológico

NOMBRE	FUNCIÓN
Validar Información	Informa sobre posibles errores o advertencias en la información de entrada de las demás funcionalidades del menú.
Nuevo Raster Temperatura	A partir de información de elevación genera un raster de Temperatura.
Nuevo Raster de Evapotranspiración	Genera un raster de Evapotranspiración por el método de Turc.
Nuevo Raster de Direcciones de Flujo	Genera un raster de Direcciones de Flujo con una estructura determinada para el uso en la extensión Balance Hidrológico.
Acumulador de Flujo	Genera un raster que contiene los valores acumulados de caudales medios.

Nota: Para cargar los insumos de las distintas funcionalidades de la barra de herramientas “Balance Hidrológico”. Se debe hacer clic sobre el botón “Abrir”  y seleccionar la ubicación del insumo. De manera alternativa se puede cargar un layer cargado en la tabla de contenido de ArcMap y arrástralo hasta el cuadro de texto de determinado insumo.

4.7.1 Referencia en la implementación: Las funciones que se encuentran en el menú corresponden a botones, a los cuales en el archivo “Config.esriaddin” se les dejó la propiedad “image” nula (image=””).

La configuración del menú se encuentra en el archivo “Config.esriaddin”, específicamente en la etiqueta <Menús>.

Gráfica 49. Etiqueta Menús en el archivo Config.esriaddinx

```
<Menus>
  <Menu id="Microsoft_HydrologicalBalance_Hydrological_Balance_1" caption="Balance Hidrológico" isRootMenu="false">
    <Items>
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_ValidateInformationBtn" />
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_TemperatureBtn" />
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_EvapotranspirationBtn" />
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_FlowDirectionBtn" />
      <Button refID="Microsoft_HydrologicalBalance_FlowAcumulatorBtn" />
    </Items>
  </Menu>
</Menus>
```

4.7.2 Validar Información: Se realizan las validaciones descritas a continuación y se presenta en pantalla un reporte de los errores o advertencias encontradas. Todas las demás funcionalidades del menú “*Balance Hidrológico*” realizan internamente las mismas validaciones acá presentadas.

4.7.3 Sistema de referencia: Para todos los procesamientos los datos de entrada deben compartir el mismo sistema de referencia. Realizar proyecciones de los datos al vuelo o de manera permanente dentro de los cálculos en especial si los rasters son de gran tamaño es una tarea muy costosa en procesamiento. Se valida que el sistema de coordenadas de los insumos sea proyectado y que todos los insumos tengan el mismo sistema de referencia.

4.7.4 Resolución Espacial: Se indica cual es la resolución espacial de los rasters de entrada, es necesario en los cálculos que los insumos tengan la misma resolución espacial, el usuario puede emplear las opciones de re-muestreo que brinda ArcGIS, si no se realiza el remuestreo por parte del usuario, al ejecutar un procesamiento si las entradas no cuentan con la misma resolución espacial se realizan re-muestreos de la información.

4.7.5 Extensión Espacial: Para un conjunto de datos de entrada se muestra cual es la extensión espacial sobre la cual se realizarán los cálculos, en todos los casos será la intersección de las entradas.

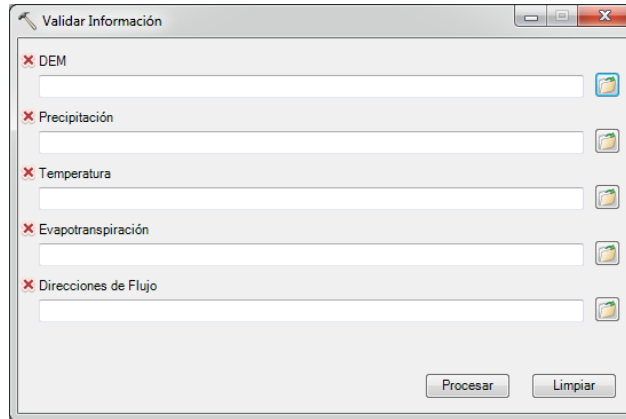
El procedimiento se describe a continuación:

Nota: Todos los parámetros son opcionales pero se debe cargar por lo menos un raster para ejecutar la funcionalidad de “*Validar Información*”.

- a. Cargar un raster de Elevación.
- b. Cargar un raster de Precipitación.
- c. Cargar un raster de Temperatura.
- d. Cargar un raster de Evapotranspiración.
- e. Cargar un raster de Direcciones de Flujo.
- f. Dar clic en el botón “*Procesar*”.
- g. El resultado de la validación se presentara en pantalla.

h. Al terminar de inspeccionar los resultados dar clic en el botón “Acepta”.

Gráfica 50. Ventana Validar Información



4.7.5.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de este botón se encuentra en la clase “*ValidateInformationBtn*”, en la cual en el método “*OnClick*”. Se realiza el llamado al formulario “*ValidateInformationForm*”; en este formulario se realiza la captura de la información y se determina si existe información suficiente para realizar la validación de ser así se invocan los métodos de la “*ValidateInformation*” que es la que realiza la validación. De existir errores se realiza el llamado a la clase “*ValidateResultForm*”, para que realice el reporte de las inconsistencias encontradas.

El siguiente es el método “*btnProcess_Click*” de la clase “*ValidateInformationForm*”, en la cual se controla la validación.

Gráfica 51. Método btnProcess_Click de la clase ValidateInformationForm

```
private void btnProcess_Click(object sender, EventArgs e)
{
    Dictionary<string, List<string>> warningMessagesDictionary = new Dictionary<string, List<string>>();

    bool flag = false;
    bool valid = false;

    if (this.DEMMap != null)
    {
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Temperatura"] = ValidateInformation.ValidateDEM(this.DEMMap, ref valid);
        flag = true;
    }
    if (this.DEMMap != null)
    {
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Direcciones Flujo"] = ValidateInformation.ValidateDEM(this.DEMMap, ref valid);
        flag = true;
    }
    if (this.TemperatureMap != null && this.RainfallMap != null)
    {
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Evapotranspiracion"] = ValidateInformation.ValidateEvapotranspiration(this.TemperatureMap, this.RainfallMap, ref valid);
        flag = true;
    }
    if (this.FlowDirectionMap != null && this.RainfallMap != null && this.EvapotranspirationMap != null)
    {
        warningMessagesDictionary["Acumulador Flujo"] = ValidateInformation.ValidateFlowAccumulator(this.FlowDirectionMap, this.RainfallMap, this.EvapotranspirationMap, ref valid);
        flag = true;
    }

    if (!flag)
    {
        MessageBox.Show("No existe suficiente información para realizar la validación", "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
    }

    else
    {
        this.Close();

        if (valid)
        {
            MessageBox.Show("Todas las entradas son validas", "Valido", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Information);
        }

        else
        {
            ValidateResultForm result = new ValidateResultForm();
            result.Fill(warningMessagesDictionary);
            result.ShowDialog();
        }
    }
}
```

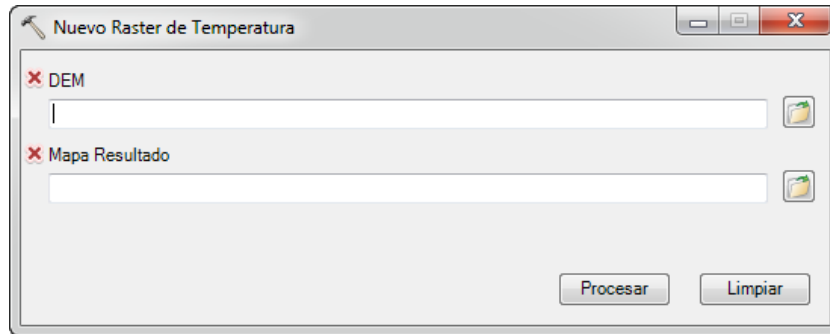
4.7.6 Nuevo Raster Temperatura: Se calcula el raster promedio anual de temperatura superficial del aire (T en °C) empleando la siguiente relación con la altura (H en m sobre el nivel del mar).


$$T = 29.42 - 0.0061 H$$

El procedimiento se describe a continuación:

1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster de Temperatura*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster de Temperatura*”.

Gráfica 52. Ventana Nuevo Raster de Temperatura



2. Seleccionar un raster de Elevación (DEM).
3. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
4. Dar clic en el botón "Procesar".
5. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

4.7.6.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de este botón se encuentra en la clase "TemperatureBtn", en la cual en el método "OnClick". Se realiza el llamado al formulario "TemperatureForm"; en este formulario se realiza la captura de la información se valida y se determina si existe información suficiente para realizar el cálculo de ser así se invoca el método "Generate" de la clase "TemperatureAlgebra" que es el que realiza el cálculo.

El siguiente es el método "btnTemperatureProcess_Click" de la clase "TemperatureForm", en el cual se controla el cálculo del raster de temperatura.

Gráfica 53. Método btnTemperatureProcess_Click de la clase TemperatureForm

```
private void btnTemperatureProcess_Click(object sender, EventArgs e)
{
    List<string> errorMessagesList = new List<string>();
    if (this.DEMMap == null)
        errorMessagesList.Add("El parametro: DEM es requerido");

    if (!Directory.Exists(Path.GetDirectoryName(TemperatureMapPath)))
        errorMessagesList.Add("El parametro: Mapa Resultado debe ser una ruta valida");

    if (errorMessagesList.Count > 0)
    {
        string errorMessage = "";
        foreach (string err in errorMessagesList)
        {
            errorMessage = errorMessage + "\n" + err;
        }

        MessageBox.Show(errorMessage, "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
    }
    else
    {
        bool valid = false;
        Dictionary<string, List<string>> warningMessagesDictionary = new Dictionary<string, List<string>>();
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Temperatura"] = ValidateInformation.ValidateDEM(this.DEMMap, ref valid);

        if (valid)
        {
            MapAlgebra.TemperatureAlgebra.Generate(this.DEMMap, this.TemperatureMapPath, TemperatureMapType);
            this.Close();
        }
        else
        {
            ValidateResultForm result = new ValidateResultForm();
            result.Fill(warningMessagesDictionary);
            result.ShowDialog();
        }
    }
}
}
```

4.7.7 Nuevo Raster Evapotranspiración: Por medio de algebra de mapas, se calcula el raster de evapotranspiración real promedio anual (ETR en mm/año) empleando el método de Turc, el cual se muestra a continuación:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Si} \quad P/L > 0.316.$$

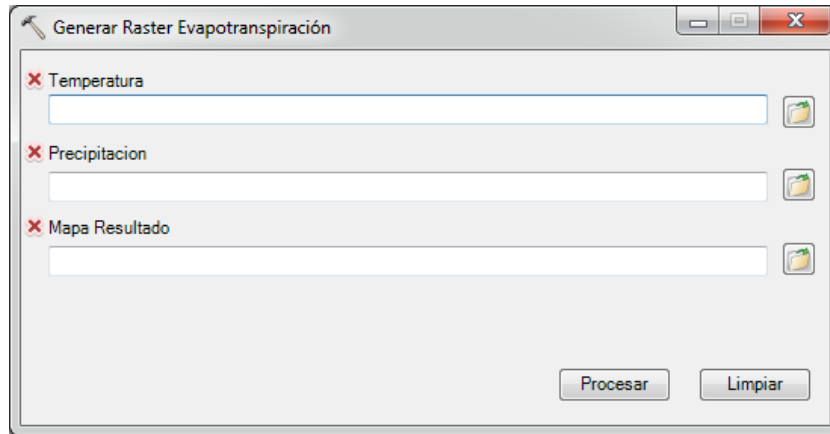
$$ETR = P \quad \text{Si} \quad P/L < 0.316$$


Donde P es la precipitación media anual y L es una función de T que viene dada por la formula $L = 300 + 25T + 0.05T^3$

El procedimiento se describe a continuación:

1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”.

Gráfica 54. Ventana Generar Raster Evapotranspiración



2. Seleccionar un raster de Temperatura.
3. Seleccionar un raster de Precipitación.
4. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
5. Dar clic en el botón "Procesar".
6. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

4.7.7.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de este botón se encuentra en la clase "EvapotranspirationBtn", en la cual en el método "OnClick" se realiza el llamado al formulario "EvapotranspirationForm"; en este formulario se realiza la captura de la información se valida y se determina si existe información suficiente para realizar el cálculo de ser así se invoca el método "Generate" de la clase "EvapotranspirationAlgebra" que es el que realiza el cálculo.

El siguiente es el método "btnEvapotranspirationProcess_Click" de la clase "EvapotranspirationForm", en el cual se controla el cálculo del raster de evapotranspiración.

Gráfica 55. Método btnEvapotranspirationProcess_Click” de la clase “EvapotranspirationForm

```
private void btnEvapotranspirationProcess_Click(object sender, EventArgs e)
{
    List<string> errorMessagesList = new List<string>();
    if (this.TemperatureMap == null)
        errorMessagesList.Add("El parametro: Temperatura es requerido");

    if (this.RainfallMap == null)
        errorMessagesList.Add("El parametro: Precipitacion es requerido");

    if (!Directory.Exists(Path.GetDirectoryName(EvapotranspirationMapPath)))
        errorMessagesList.Add("El parametro: Mapa Resultado debe ser una ruta valida");

    if (errorMessagesList.Count > 0)
    {
        string errorMessage = "";
        foreach (string err in errorMessagesList)
        {
            errorMessage = errorMessage + "\n" + err;
        }

        MessageBox.Show(errorMessage, "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
    }
    else
    {
        bool valid = false;
        Dictionary<string, List<string>> warningMessagesDictionary = new Dictionary<string, List<string>>();
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Evapotranspiracion"] = ValidateInformation.ValidateEvapotranspiration(this.TemperatureMap, this.RainfallMap, ref valid);

        if (valid)
        {
            MapAlgebra.EvapotranspirationAlgebra.Generate(this.TemperatureMap, this.RainfallMap, this.EvapotranspirationMapPath, EvapotranspirationMapType);
            this.Close();
        }
        else
        {
            ValidateResultForm result = new ValidateResultForm();
            result.Fill(warningMessagesDictionary);
            result.ShowDialog();
        }
    }
}
```

4.7.8 Nuevo Raster de Direcciones de Flujo: En este proceso se crea un raster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada, este modelo de flujo se denomina D8 y determina que el drenaje de cualquier celda del DEM se supone dirigido hacia la celda más baja entre las ocho adyacentes. Los valores para cada dirección desde el centro son:

Gráfica 56. Esquema de la dirección de flujo – sistema utilizado por HydroSIG

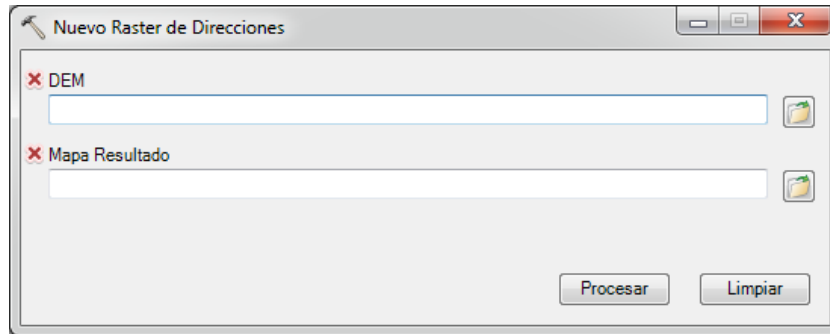
7	8	9
4		6
1	2	3


Por ejemplo, si la dirección de la caída más empinada fuera hacia la izquierda de la celda de procesamiento actual, la dirección de flujo estaría codificada como 4

El procedimiento se describe a continuación:

1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”.

Gráfica 57. Ventana Raster de Direcciones



2. Seleccionar un raster de Elevación (DEM).
3. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
4. Dar clic en el botón "Procesar".
5. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

4.7.8.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de este botón se encuentra en la clase *"FlowDirectionBtn"*, en la cual en el método *"OnClick"* se realiza el llamado al formulario *"FlowDirectionForm"*; en este formulario se realiza la captura de la información se valida y se determina si existe información suficiente para realizar el cálculo de ser así se invoca el método *"Generate"* de la clase *"FlowDirectionOperator"* que es el que realiza el cálculo.

El siguiente es el método *"btnFlowDirectionProcess_Click"* de la clase *"FlowDirectionForm"*, en el cual se controla el cálculo del raster de dirección de flujo.

Gráfica 58. Método btnFlowDirectionProcess_Click de la clase FlowDirectionForm

```
private void btnFlowDirectionProcess_Click(object sender, EventArgs e)
{
    List<string> errorMessagesList = new List<string>();
    if (this.DEMMap == null)
        errorMessagesList.Add("El parametro: DEM es requerido");

    if (!Directory.Exists(Path.GetDirectoryName(FlowDirectionMapPath)))
        errorMessagesList.Add("El parametro: Mapa Resultado debe ser una ruta valida");

    if (errorMessagesList.Count > 0)
    {
        string errorMessage = "";
        foreach (string err in errorMessagesList)
        {
            errorMessage = errorMessage + "\n" + err;
        }

        MessageBox.Show(errorMessage, "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
    }
    else
    {
        bool valid = false;
        Dictionary<string, List<string>> warningMessagesDictionary = new Dictionary<string, List<string>>();
        warningMessagesDictionary["Nuevo Raster Direcciones"] = ValidateInformation.ValidateDEM(this.DEMMap, ref valid);

        if (valid)
        {
            FlowDirectionOperator.Generate(this.DEMMap, this.FlowDirectionMapPath, this.FlowDirectionMapType);
            this.Close();
        }
        else
        {
            ValidateResultForm result = new ValidateResultForm();
            result.Fill(warningMessagesDictionary);
            result.ShowDialog();
        }
    }
}
```

4.7.9 Acumulador de Flujo: Este proceso permite acumular valores de caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo por medio de un raster de direcciones.

Tiene como insumos los raster de precipitación, evapotranspiración y dirección de flujo. Con los raster de precipitación y evapotranspiración se calcula para cada celda el valor del caudal medio dado por la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

Se itera sobre las celdas del raster de direcciones para asignar valores de caudales medios acumulados al raster de salida.

El procedimiento se describe a continuación:

1. Dar clic en el menú en “Acumulador de flujo”, aparecerá la ventana “Acumulador de flujo”.

Gráfica 59. Esquema de la dirección de flujo

Acumulador de flujo

Acumula los valores del mapa para la variable caudal medio a través de la dirección de flujo.

Calcular caudal medio

Direcciones de flujo


Precipitación (mm/año)

Evapotranspiración (mm/año)

Rocio (mm/año)

Mapa resultado (m²/s)

Procesar Limpiar

2. Seleccionar un raster de Direcciones de flujo.
3. Seleccionar un raster de Precipitación.
4. Seleccionar un raster de Evapotranspiración.
5. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
6. Dar clic en el botón “Procesar”.
7. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

4.7.10.1 Referencia en la implementación: El comportamiento de este botón se encuentra en la clase “*FlowAcumulatorBtn*”, en la cual en el método “*OnClick*” se realiza el llamado al formulario “*AccumulatorForm*”; en este formulario se realiza la captura de la información se valida y se determina si existe información suficiente para realizar el cálculo de ser así se invoca el método “*Generate*” de la clase “*FlowAccumulatorOperator*” que es el que realiza el cálculo.

El siguiente es el método “*btnFlowProcess_Click*” de la clase “*AccumulatorForm*”, en el cual se controla el cálculo del raster de acumulación.

Gráfica 60. Método *btnFlowProcess_Click* de la clase *AccumulatorForm*

```
private void btnFlowProcess_Click(object sender, EventArgs e)
{
    try
    {
        List<string> errorMessagesList = new List<string>();
        if (this.FlowDirMap == null)
            errorMessagesList.Add("El parametro: Direcciones de Flujo es requerido");

        if (this.RainfallMap == null)
            errorMessagesList.Add("El parametro: Precipitación es requerido");

        if (this.EvaporationMap == null)
            errorMessagesList.Add("El parametro: Evapotranspiración es requerido");

        if (!Directory.Exists(System.IO.Path.GetDirectoryName(FlowResMapPath)))
            errorMessagesList.Add("El parametro: Mapa Resultado debe ser una ruta valida");

        if (errorMessagesList.Count > 0)
        {
            string errorMessage = "";
            foreach (string err in errorMessagesList)
            {
                errorMessage = errorMessage + "\n" + err;
            }

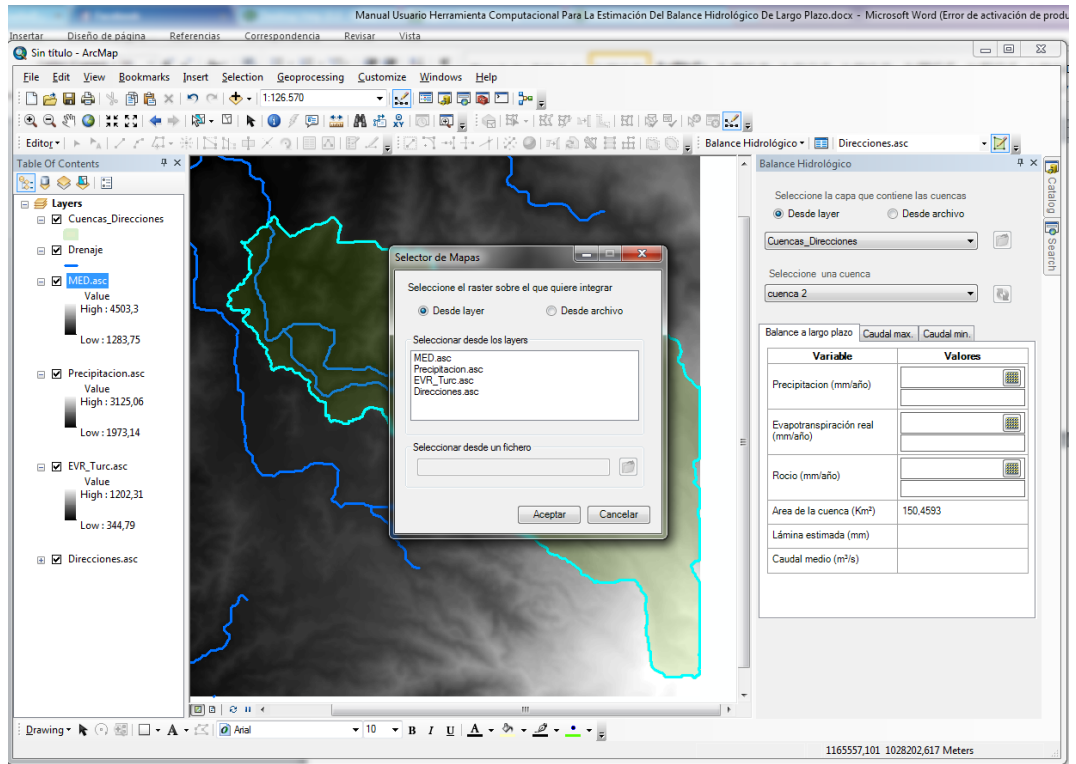
            MessageBox.Show(errorMessage, "Error", MessageBoxButtons.OK, MessageBoxIcon.Warning);
        }
        else
        {
            bool valid = false;
            Dictionary<string, List<string>> warningMessagesDictionary = new Dictionary<string, List<string>>();
            warningMessagesDictionary["Acumulador de Flujo"] = ValidateInformation.ValidateFlowAccumulator(this.FlowDirMap, this.RainfallMap, this.EvaporationMap, ref valid);

            if (valid)
            {
                FlowAccumulatorOperator.Generate(this.RainfallMap, this.EvaporationMap, this.FlowDirMap, this.FlowResMapPath, ref this.Flow_AreaValue, this.FlowResMapType);
                this.Close();
            }
            else
            {
                ValidateResultForm result = new ValidateResultForm();
                result.Fill(warningMessagesDictionary);
                result.ShowDialog();
            }
        }
    }
}
catch (Exception err)
{
}
```

4.8 SELECTOR DE MAPAS

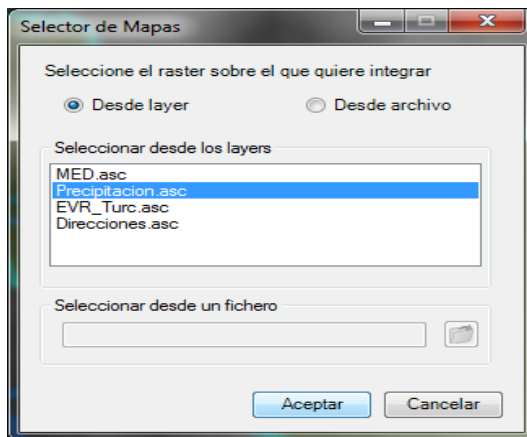
El selector de mapas es una ventana que contiene dos métodos para seleccionar un raster “*Desde layer*” y “*Desde archivo*”.

Gráfica 61. Selector de Mapas



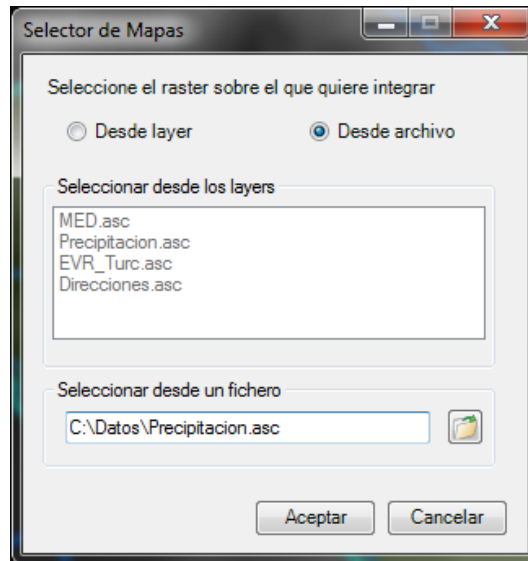
Por defecto se encuentra seleccionada la opción “Desde layer” y en un área de texto se listan los raster layer que se encuentra cargados en la tabla de contenido de ArcMap, al hacer clic sobre uno de estos raster y dando clic en el botón aceptar del selector de mapas se carga el raster.

Gráfica 62. Selección de un layer dentro del selector de mapas



Si se selecciona el método “Desde archivo” se desactiva el área de layers y se activa el botón “Abrir”. Al hacer clic en él se despliega el cuadro de dialogo “Abrir” al seleccionar un raster se diligencia el cuadro de texto en el área “Seleccionar desde un fichero”, al hacer clic en el botón “Aceptar” se cargara el raster.

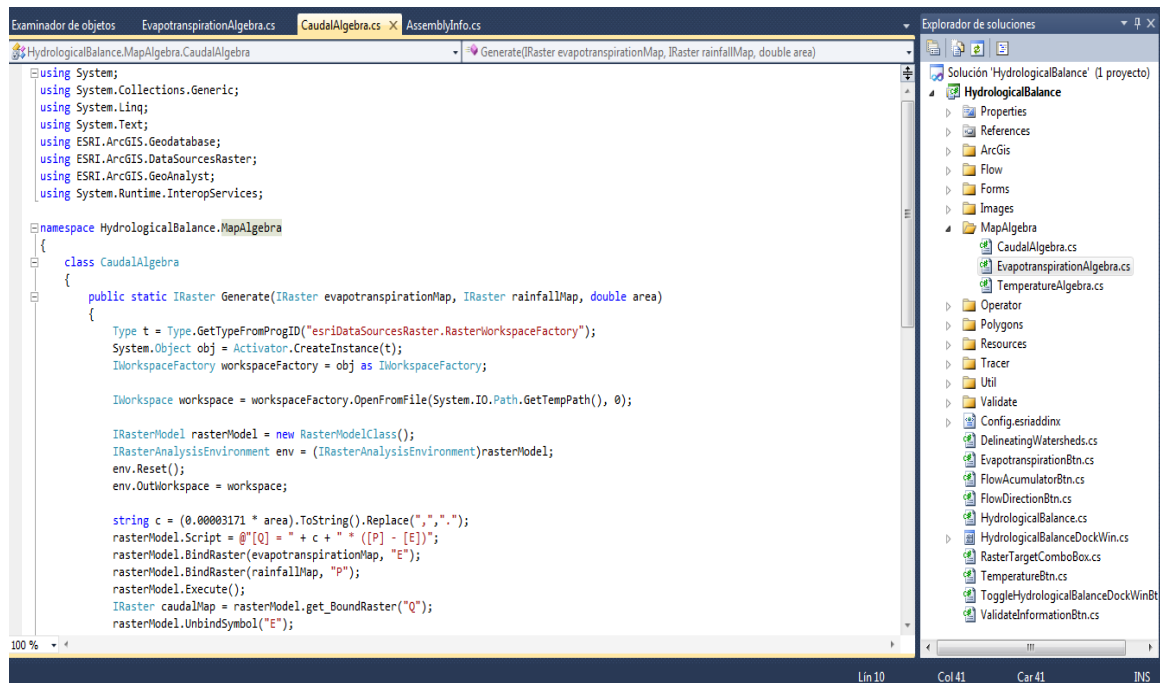
Gráfica 63. Selección de un archivo raster dentro del selector de mapas



5. ESTUDIO DE CASO

Para el desarrollo de la “ *Herramienta Computacional Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo*” se utilizó una serie de pruebas ensayo - error, para probar el desarrollo del código de programación (Diseño ventana acoplable del Balance Hidrológico, Selector de Mapas, Integrador sobre polígonos, operador, mapa de algebras, flujos, Algoritmo, Formulas y relaciones del balance hidrológico de largo plazo, entre otros). Hasta su consecución, en 7 versiones de línea de código hasta llegar viabilizada.

Gráfica 64. Línea de código algebra de mapas, “MapAlgebra”



```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;
using ESRI.ArcGIS.Geodatabase;
using ESRI.ArcGIS.DataSourcesRaster;
using ESRI.ArcGIS.GeoAnalyst;
using System.Runtime.InteropServices;

namespace HydrologicalBalance.MapAlgebra
{
    class CaudalAlgebra
    {
        public static IRaster Generate(IRaster evapotranspirationMap, IRaster rainfallMap, double area)
        {
            Type t = Type.GetTypeFromProgID("esriDataSourcesRaster.RasterWorkspaceFactory");
            System.Object obj = Activator.CreateInstance(t);
            IWorkspaceFactory workspaceFactory = obj as IWorkspaceFactory;

            IWorkspace workspace = workspaceFactory.OpenFromFile(System.IO.Path.GetTempPath(), 0);

            IRasterModel rasterModel = new RasterModelClass();
            IRasterAnalysisEnvironment env = (IRasterAnalysisEnvironment)rasterModel;
            env.Reset();
            env.OutWorkspace = workspace;

            string c = (0.00003171 * area).ToString().Replace(",",".");
            rasterModel.Script = @"[Q] = " + c + " * ([P] - [E])";
            rasterModel.BindRaster(evapotranspirationMap, "E");
            rasterModel.BindRaster(rainfallMap, "P");
            rasterModel.Execute();
            IRaster caudalMap = rasterModel.get_BoundRaster("Q");
            rasterModel.UnbindSymbol("E");
        }
    }
}
```

A continuación se muestra como ejemplo la clase “CaudalAlgebra”. “ *Herramienta Computacional Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo*’. Pero es necesario llevarlo a una etapa de comprobación aun mayor, en el cual se someta a las pruebas de aplicación, para ello presentamos el estudio de caso, con unas grillas de manera aleatoria suministradas por el director Proyecto de Grado de la Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, teniendo las siguientes consideraciones, procesos y procedimiento de uso a continuación enunciadas.

Es importante resaltar y mencionar que para la comprobación del por ciento (100%) de la herramienta desarrollada y teniendo presente que para el estudio de caso no se tenía la información de los parámetro regionalizados de **C_{media}** (c_{μ}),

C_desv (c_{σ}), **Fi_media** (ϕ_{μ}), **Fi_desv** (ϕ_{σ}), **Teta_media** (θ_{μ}) y **Teta_desv** (θ_{σ}), se realizó dicha comprobación utilizando la **“HERRAMIENTA COMPUTACIONAL PARA LA ESTIMACIÓN DEL BALANCE HIDROLÓGICO DE LARGO PLAZO UTILIZANDO ARGIS 10.1”**, y los Datos del Modulo 3 - Estimación de Caudales Hidrosig 4.0. , ello con fin lograr y comprobar por este medio la estimación de caudales Máximos para esas grillas o capas como se muestra a continuación (5.1.9,5.110) y se detalla mejor el Anexo H.

Para el desarrollo y comprobación de la herramienta en este ejemplo se tiene la siguiente información digital geográfica en grillas o capas:

En la carpeta Datos del modulo 3 - estimación de caudales⁹ encontrará diez (10) archivos en formato .ascii:

- a. **MED.asc** → Modelo de elevación digital -MED- para la región a 30 m.
- b. **Direcciones.asc** → Mapa de direcciones de drenaje con la convención de HydroSIG asociado al MED para la región.
- c. **Precipitacion.asc** → Representa el campo de precipitación promedio multianual en la región de estudio.
- d. **EVR_Turc.asc** → Representa el mapa de evapotranspiración real promedio en la región de estudio calculado por el método de Turc.
- e. **C_media.asc, C_desv.asc, Fi_media.asc, Fi_desv.asc, Teta_media.asc y Teta_desv.asc** → Parámetros para el cálculo de caudales máximos.

Para tener en cuenta, es importante considerar para el cálculo de caudales extremos con el uso de esta metodología es requisito haber cargado las capas mapas de precipitación y evapotranspiración real en la pestaña de “Balance a largo plazo”, así como haber definido previamente las cuencas.

Además los parámetros para el cálculo de caudales extremos son diferentes en el caso de caudales máximos o mínimos, pero aquí se usan los mismos a manera de ilustración, razón por lo cual pueden dar resultados poco coherentes con la realidad.

⁹ ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD NACIONAL. Manual software HicroSIG 4.0. Medellín Colombia. Disponible en Internet: <http://www.medellin.unal.edu.co>

5.1 DESARROLLO ESTUDIO DE CASO “CUENCA ARROYO LAS ANIMAS – DEPARTAMENTO DEL CESAR”

La Cuenca arroyo “LAS ANIMAS¹⁰” localizada en el municipio de Chiriguana departamento del Cesar se caracteriza por tener un relieve con pendientes que van desde planas hasta onduladas, sobre las cuales descansan innumerables ciénagas y pantanos, características que permiten en la zona condiciones climáticas muy homogéneas.

En el área municipal se encuentran alturas que varían de los 40 a 2500 msnm presentando mayores variaciones en la zona oriental del municipio, donde los suelos transcurren por un relieve colinado a montañoso.

Para el análisis climático, se mencionan y consideran las estaciones climatológicas que el IDEAM opera en el Municipio de Chiriguana y Poponte, consideran aspectos como temperatura, precipitación, distribución de las lluvias, brillo solar, evapotranspiración, humedad relativa, nubosidad y balance hídrico. Las características generales de las estaciones climáticas del municipio son:

Tabla 58. Las Características Generales De Las Estaciones Climáticas Del Municipio.

Estación	Tipo	Código	Corriente	Coordenadas	Elevación msnm
Chiriguana	Co	2502525	Ariguana	0923 N 7336 W	40
Poponte	Pm	2502069	Q. La Mula	0925 N 7320	500

La hidrología en el territorio municipal se encuentra surcado por los afluentes que conforman la cuenca del Río Cesar y aquellos que conforman la subcuenca de los ríos la Mula, Anime, Arroyo San Antonio, Caño Similoa, Paraluz y Ciénagas, las cuales en su conjunto forman parte del complejo cenagoso. Las cuencas hidrográficas en el municipio pertenece a la red hidrográfica de la margen oriental del río Cesar, la cual está formada por un sistema de ciénagas, cuencas y subcuencas que nacen y captan sus aguas en la vertiente occidental de la cordillera oriental drenando la zona noreste del municipio.

La **Subcuenca** del “*El arroyo las animas*” nace en las laderas de la cuchilla de Gonzalego entre los límites de la Jagua y Chiriguana a una altura de 600 msnm. Una vez ingresa al municipio de Chiriguana recibe las aguas de los arroyos Arenas Blancas, Caño Matazul, arroyo el Tesoro y arroyo Blanco, haciendo un recorrido de nor - occidente a occidente, en una longitud de 47 Km, recibe las

¹⁰ INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES DE COLOMBIA. IDEAM. Sistema Biofísico. Chiriguana. Disponible en Internet: [http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/biof%C3%ADsico_chiriguana%C3%A1_\(88_pag_234_kb\).pdf](http://cdim.esap.edu.co/BancoMedios/Documentos%20PDF/biof%C3%ADsico_chiriguana%C3%A1_(88_pag_234_kb).pdf)

aguas del caño San Antonio y desemboca a una altura de 50 msnm en el caño Guasimal que entrega sus aguas al caño Similoa hasta el Playón de la Tumba.

Afluentes: la subcuenca del Arroyo las Ánimas cuenta con los siguientes afluentes: arroyo Arenas Blancas, Caño Matazul, Arroyo el Tesoro y Arroyo Blanco.

Límites: la cuenca está limitada al norte por el arroyo San Antonio y la quebrada Paraluz al oeste con la cuenca del río Cesar; al sur con el Arroyo Similoa y la cuenca de la quebrada Mochila. Dentro de la cuenca se encuentran poblaciones importantes como arenas blancas, Los Motilones, la Tribuna, Puntetigre y los Cerrajones entre otras.

La red de drenaje se determina el número de orden de las corrientes de quebradas, arroyos y caños, y se mide la longitud total de cada corriente, reportando la distancia desde el nacimiento del río a cada uno de sus afluentes. Las Corrientes de la margen derecha son: Arroyo los Fondos y Arroyo Caño Hondo y En la izquierda lo alimenta el Caño Matazul, Arroyo Arenas Blancas, Caño Arenas, Arroyo Tesoro, Arroyo Pedral y Arroyo Maquencial; El tributario más importante de la quebrada las Animas por su longitud es el arroyo el tesoro y le sigue en importancia el arroyo Maquencial con 8 km de longitud.

Tomando de punto de partida con la información cartográfica digital dispuesta para el estudio de caso de esta región en particular, lo primero que se realiza es la configuración de la *Herramienta Computacional* correctamente “*Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo - HydrologicalBalance*” como se describe a continuación, procedemos a lo siguiente:

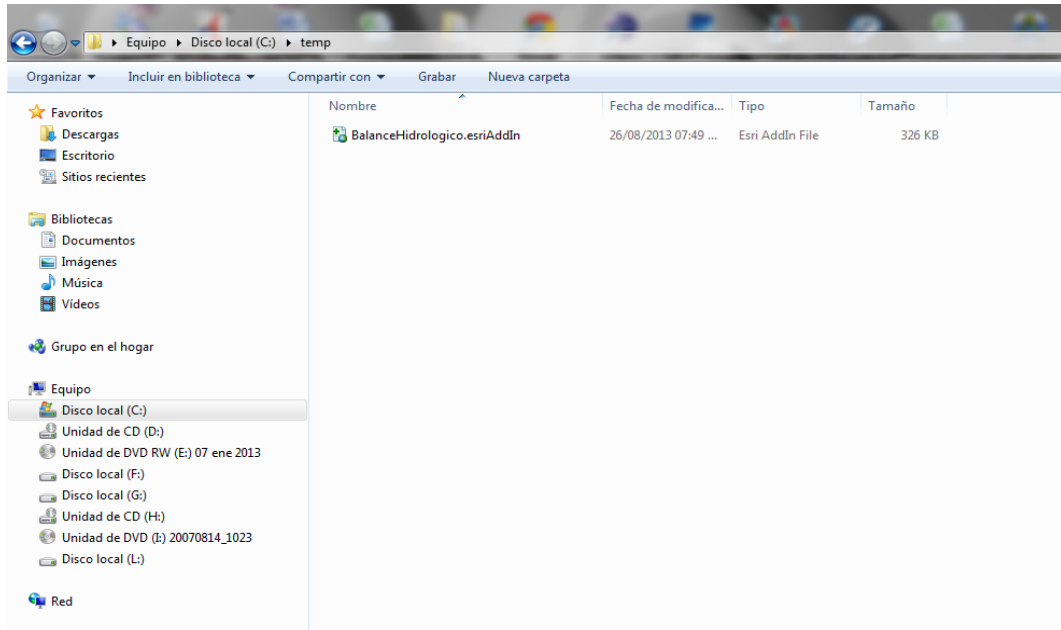
5.1.1 Instalación/Desinstalación/Actualización Add-In Balance Hidrológico:

Para instalar el Add-In de Balance Hidrológico basta con hacer doble clic sobre el archivo del Add-In en el explorador de Windows, al realizar esto los usuarios tienen la oportunidad de revisar el autor, la descripción, la versión, y la información de la firma digital del Add-In antes de instalarlo.

Pasos para la instalación

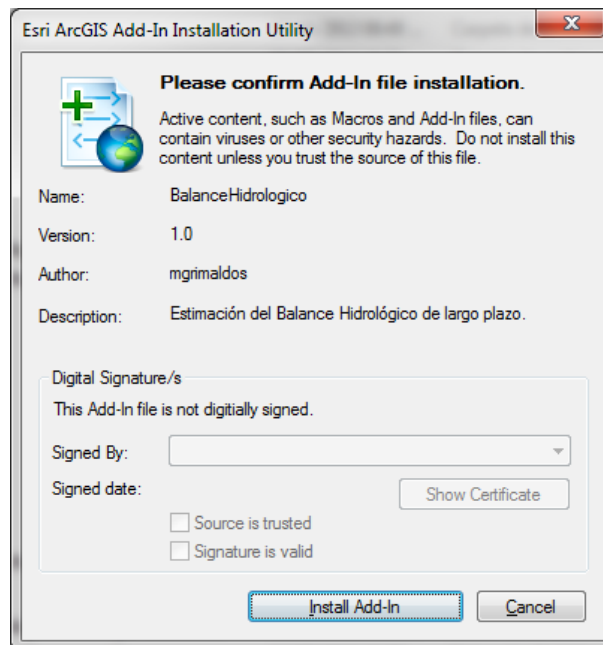
1. En un explorador de windows ubicar el archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”.

Gráfica 65. Archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”



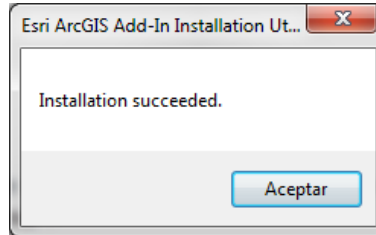
2. Hacer doble clic sobre el archivo “BalanceHidrologico.esriAddIn”, con lo cual se abre la siguiente ventana, donde se debe hacer clic en el botón “Install Add-In”.

Gráfica 66. Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS



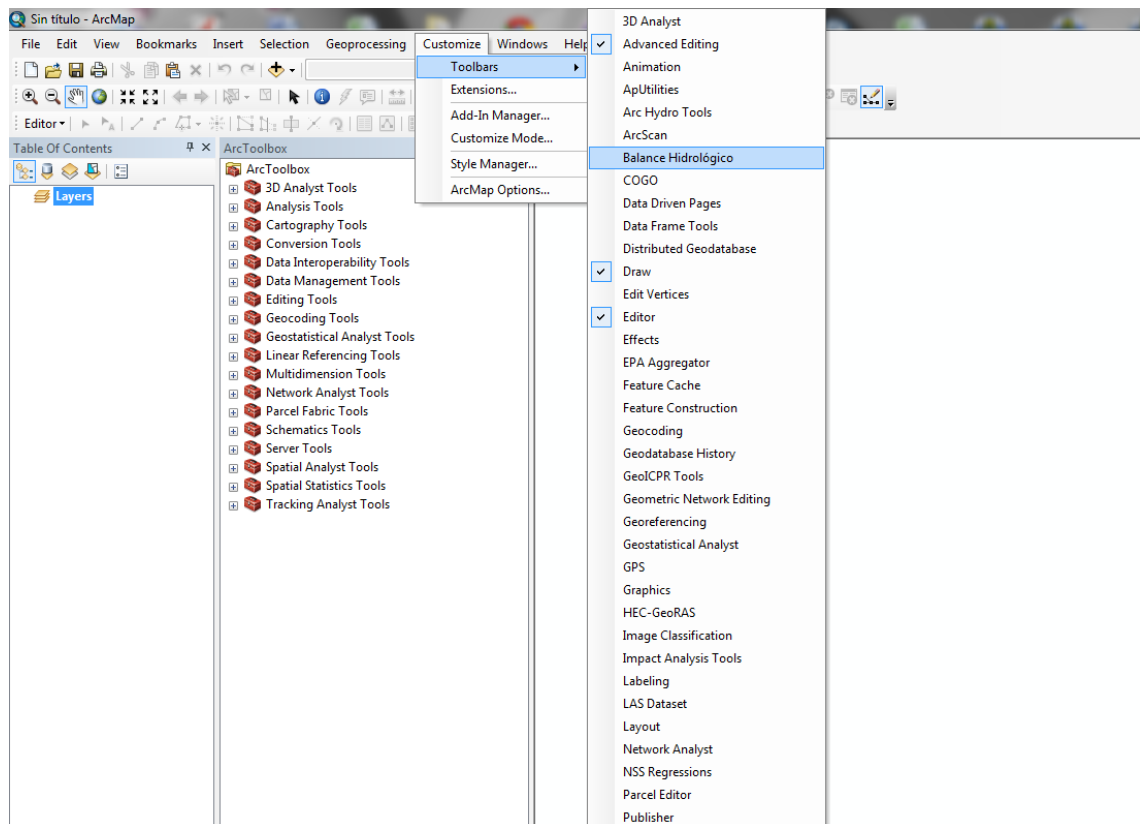
3. Aparece un cuadro de dialogo que indica que la instalación del Add-In fue satisfactoria, hacer clic en el botón “Aceptar”.

Gráfica 67. Mensaje de la Utilidad de Instalación de Add-in ArcGIS



4. Abrir ArcMap, ir al menú Customize - Toolbars y hacer clic sobre “Cartografía UAECD”, como lo muestra la siguiente figura.

Gráfica 68. Adición de la barra de Herramientas en ArcMap



5. Aparece la barra de herramientas “Balance Hidrológico”.

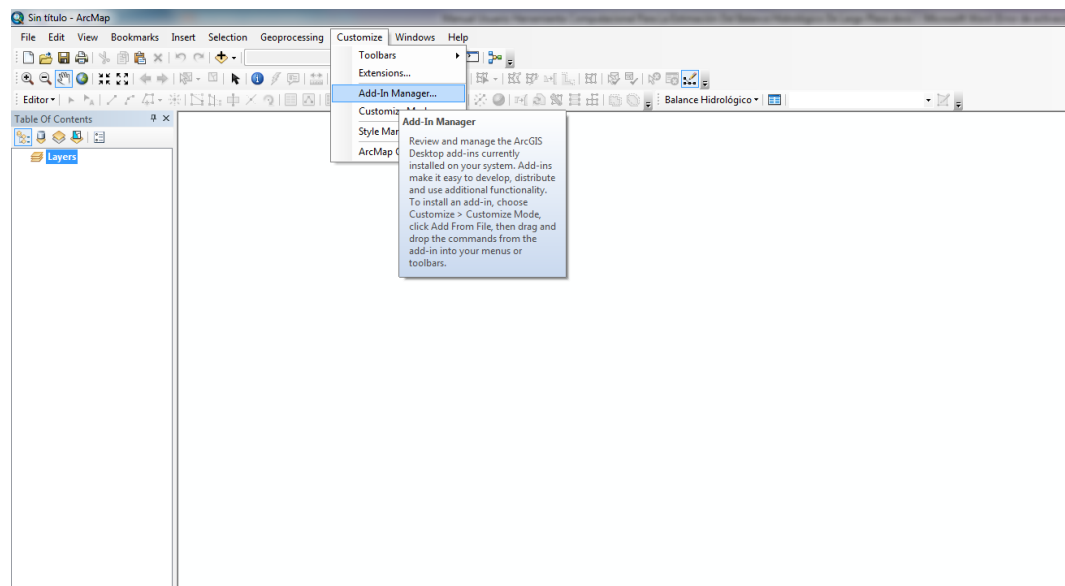
Gráfica 69. Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”



Pasos para la desinstalación:

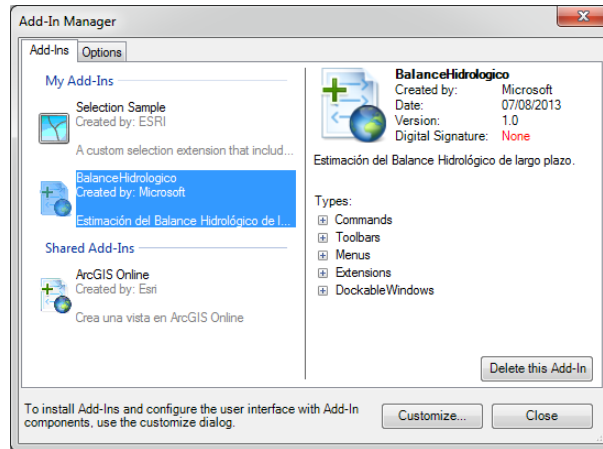
1. En ArcMap, ir al menú Customize y hacer clic en Add-In Manager..., como lo muestra la siguiente gráfica.

Gráfica 70. Navegar al Add-In Manager



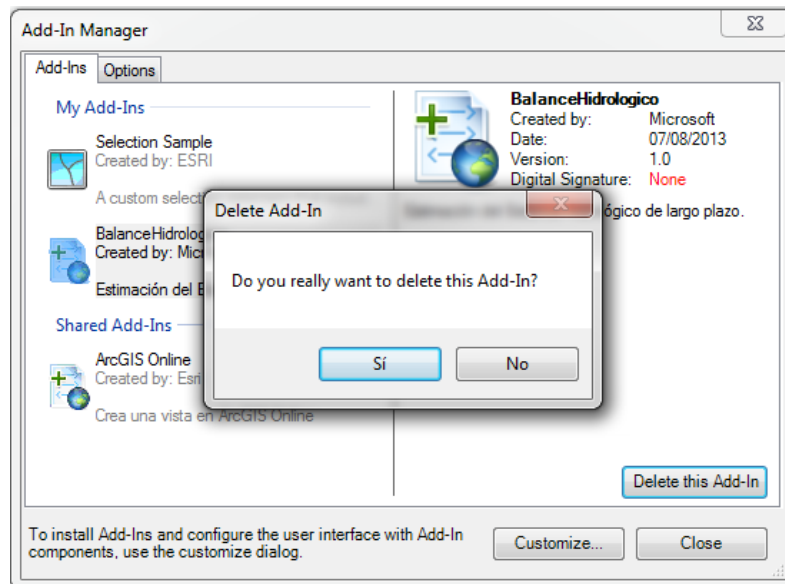
2. Se abre el Add-In Manager que contiene los Add-Ins Instalados, seleccionar “BalanceHidrologico” y dar clic en “Delete This Add-In”.

Gráfica 71. Add-In Manager



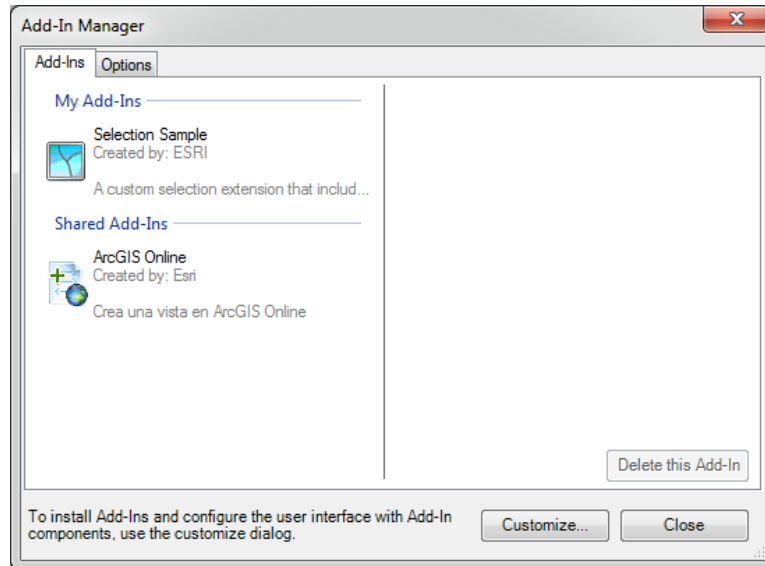
3. Aparece un cuadro de dialogo que indica si realmente se quiere desinstalar el Add-In, dar clic en "Si".

Gráfica 72. Mensaje del Add-In Manager



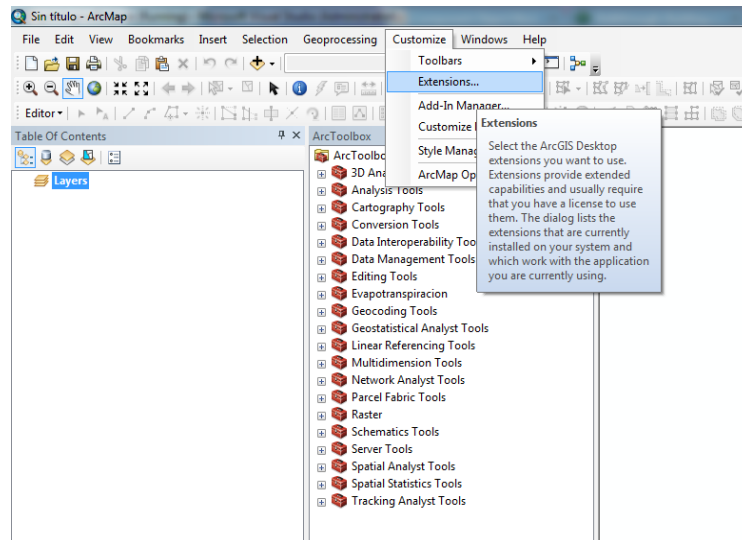
4. En el Add-In Manager desaparece el Add-In Cartografía UAEDC.

Gráfica 73. Add-In Manager



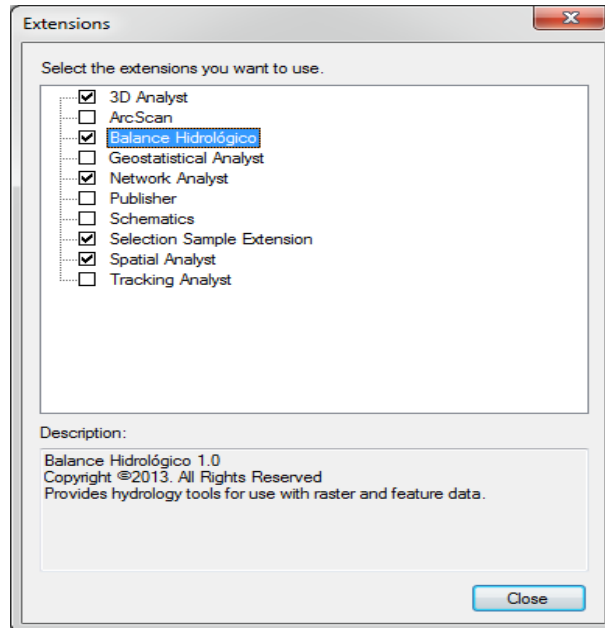
5.1.2 Activación de la extensión: Para activar o desactivar la extensión balance hidrológico se debe ingresar al menú “Extensions”

Gráfica 74. Menú de Extensiones en ArcMap



Nota: Para el correcto funcionamiento de la extensión Balance Hidrológico es necesario activar la extensión “Spatial Analyst” de ArcGIS.

Gráfica 75. Ventana de activación/desactivación de extensiones de ArcGIS



5.1.3 Barra de herramientas (toolbox): Las barras de herramientas pueden ser flotantes o estar acopladas a las aplicaciones de escritorio, igual que cualquier barra de herramientas de la aplicación. Las barras de herramientas también pueden estar activadas de forma que aparezcan cuando se inicie una aplicación de escritorio. En la siguiente tabla se muestran los componentes que almacena la barra de herramientas del add-in Balance Hidrológico.

Gráfica 76. Componentes Barra de Herramientas “Balance Hidrológico”

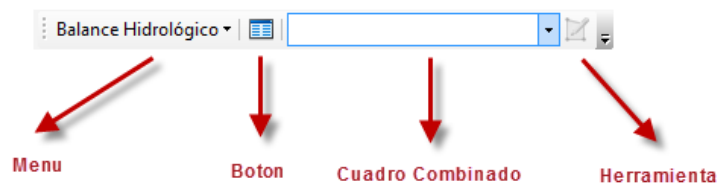


Tabla 59. Componentes de la barra de herramientas

COMPONENTE	NOMBRE
Menú	Balance Hidrológico
Botón	Balance Hidrológico
Cuadro Combinado	Raster de direcciones activo
Herramienta	Delinear Cuencas

5.1.4 Cuadros combinados (combo boxes): El cuadro combinado empleado en el add-in Balance Hidrológico no es editable y se diligencia automáticamente al cargar elementos a la tabla de contenido de ArcMap, en la siguiente tabla se describe su funcionalidad.

Tabla 60. Cuadros Combinados

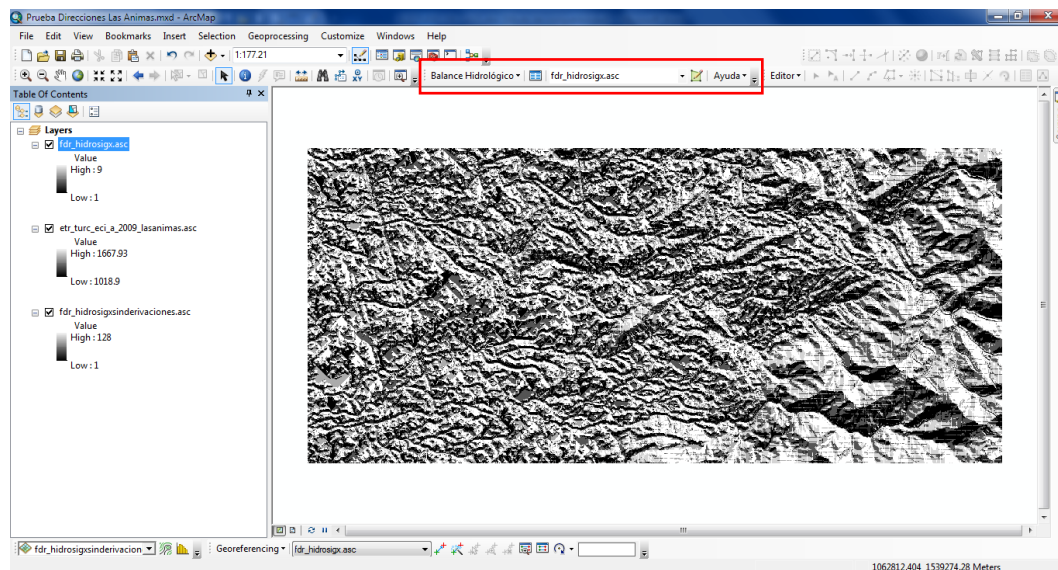
NOMBRE	FUNCIÓN
Raster de direcciones activo	Proporcionar una lista de rasters de direcciones válidos, que se encuentran cargados en la tabla de contenido de una sesión de ArcMap.

En la siguiente imagen se observa el funcionamiento del cuadro combinado, al cargar tres raster a la tabla de contenido, al cuadro combinado se agrega únicamente el Raster *“fdr_hidrosigx.asc” las Animas (Direcciones.asc)* que fue el que se determinó que correspondía a un Raster de direcciones de flujo.

Esta validación la realiza de la siguiente manera:


1. Recorre todos los layers de la tabla de contenido y determina cuales corresponden a Raster Layers.
2. Para cada Raster Layer se obtienen las estadísticas del valor mínimo y el valor máximo, con estas estadísticas descarta los Raster layers cuyo valor mínimo sea igual al valor máximo (Raster constante)
3. Con las estadísticas determina si los valores mínimo y máximo se encuentran entre 1 y 9, de ser así se adiciona al cuadro combinado.

Gráfica 77. Cuadro combinado Raster de direcciones de flujo “fdr_hidrosigx.asc” las Animas (Direcciones.asc)



5.1.5 Herramientas: Una herramienta es muy similar a un botón. Sin embargo, la herramienta requiere primero la interacción del usuario con la pantalla de la aplicación de escritorio y, dependiendo de esa interacción, ejecuta alguna lógica de negocio. En la siguiente tabla se presenta una descripción general de la funcionalidad de la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

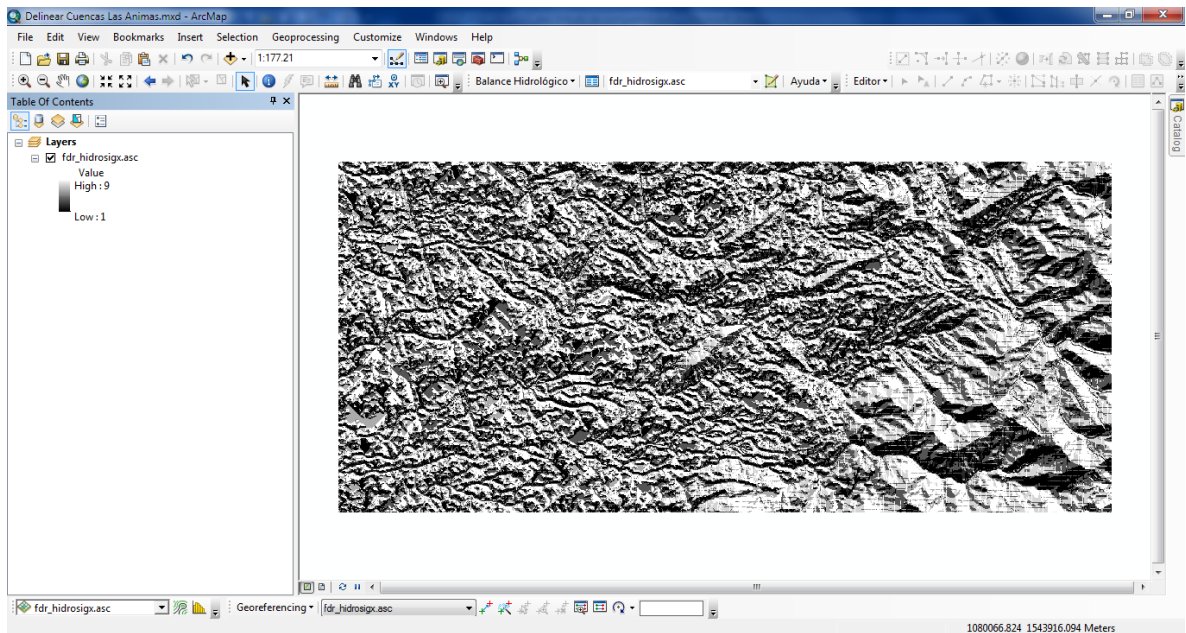
Tabla 61. Herramientas

BOTON	NOMBRE	FUNCIÓN
	Delinear Cuencas	Permite trazar cuencas automáticamente a partir de un raster de direcciones de drenaje, mediante la definición interactiva de un punto que representa su salida. El resultado es una cuenca en formato vectorial.

5.1.6 Procedimiento para delinear cuencas: Para delinear cuencas se debe seguir el procedimiento descrito a continuación.

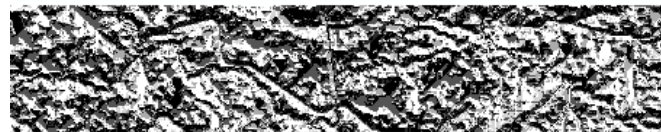
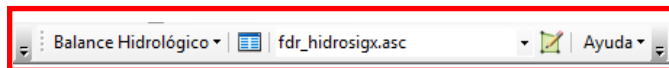
1. Cargar un Raster de direcciones de flujo valido en una sesión de ArcMap (Para más detalles de su generación).

Gráfica 78. Raster de direcciones cargado (fdr_hidrosig.asc) en una sesión de ArcMap Estudio de caso Las Ánimas



Si el Raster es válido se carga en el cuadro combinado “Raster de direcciones activo” y se activa la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

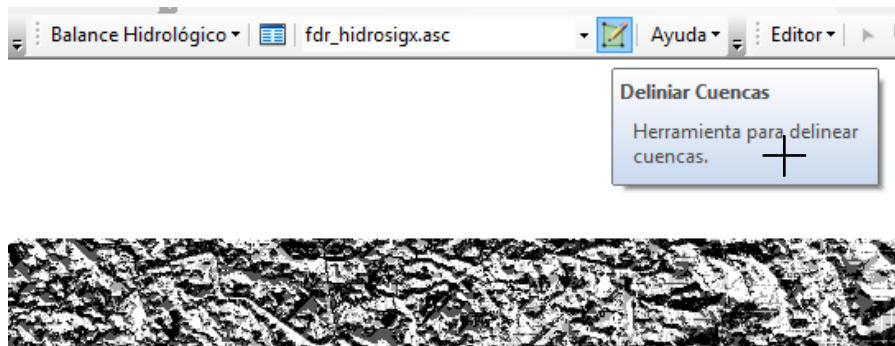
Gráfica 79. Raster cargado en el cuadro combinado Raster de direcciones activo (fdr_hidrosig.asc) Estudio de caso Las Ánimas



2. Hacer clic en la herramienta “*Delinear Cuencas*”.

La herramienta aparecerá presionada y el cursor al moverse sobre el área del mapa cambiara de aspecto.

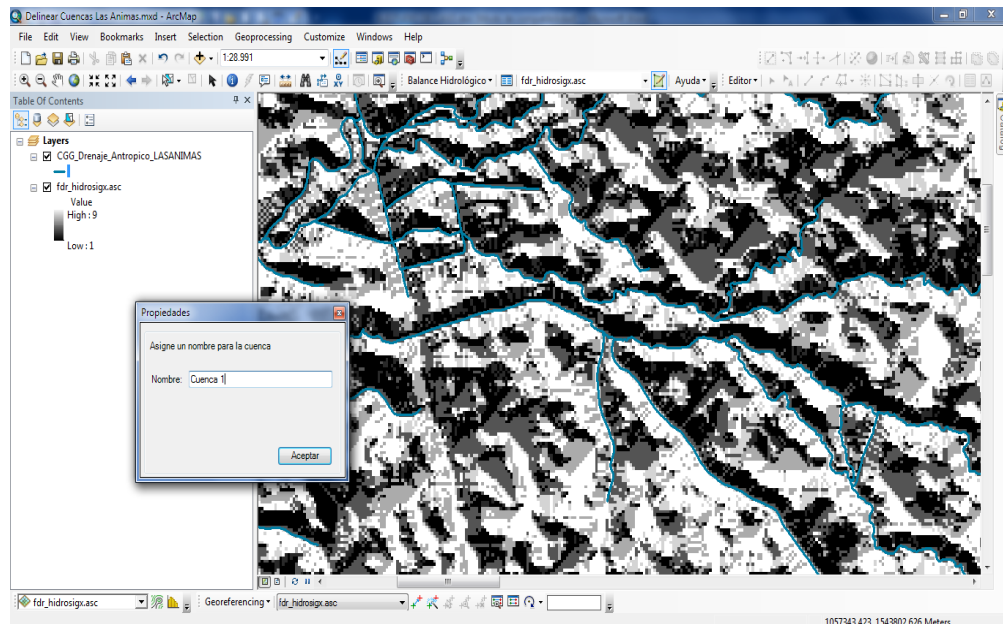
Gráfica 80. Herramienta Delinear Cuencas seleccionada



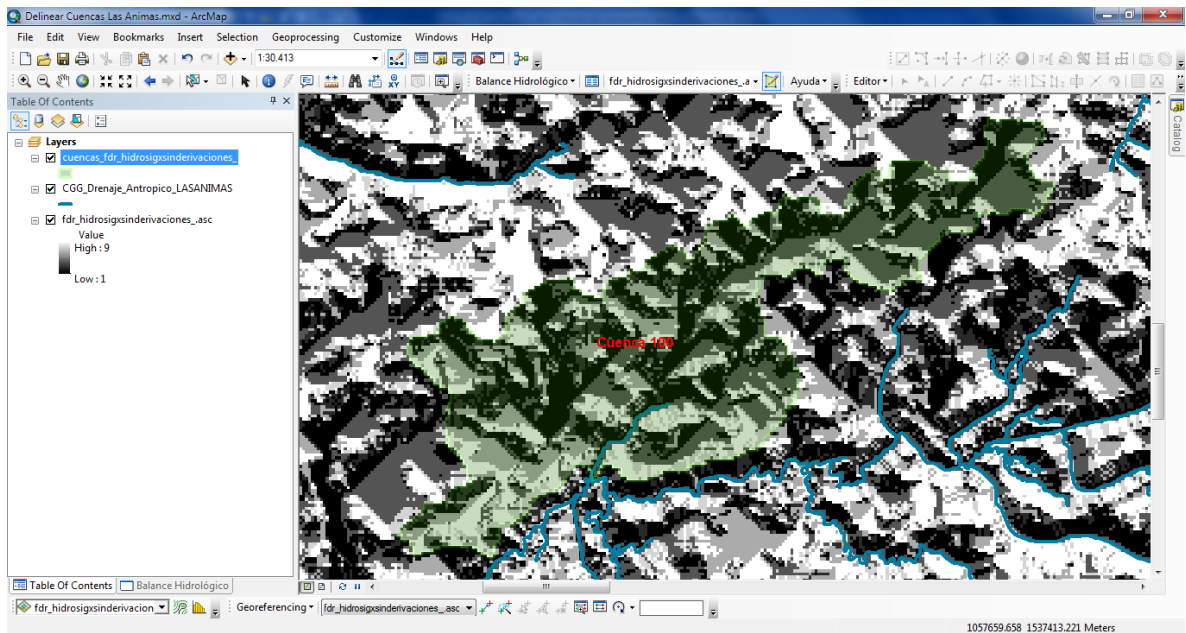
3. Hacer clic sobre un pixel en el mapa de direcciones.

Aparecerá una ventana donde se solicita el nombre de la cuenca a delinear. Ingrese un nombre.

Gráfica 81. Ventana para nombrar cuencas (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas

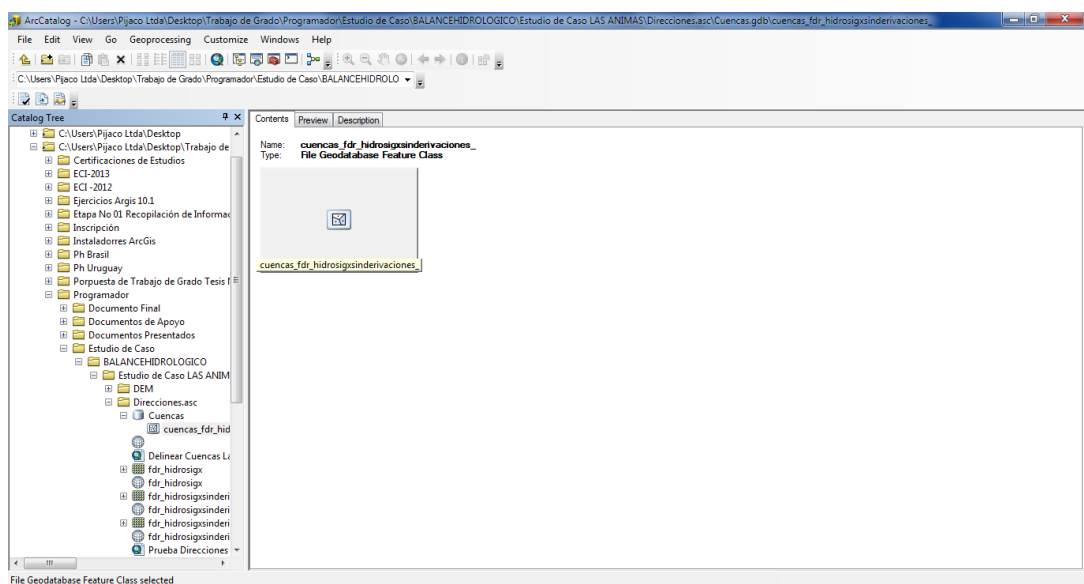


Gráfica 82. Cuenca delineada y almacenada en geodatabase cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas



La cuenca se almacenara en una file geodatabase llamada “Cuenclas” (en la misma ruta donde se encuentra el raster de direcciones), en un feature class nombrado con el prefijo “cuencas_” seguido por el nombre del raster de direcciones.

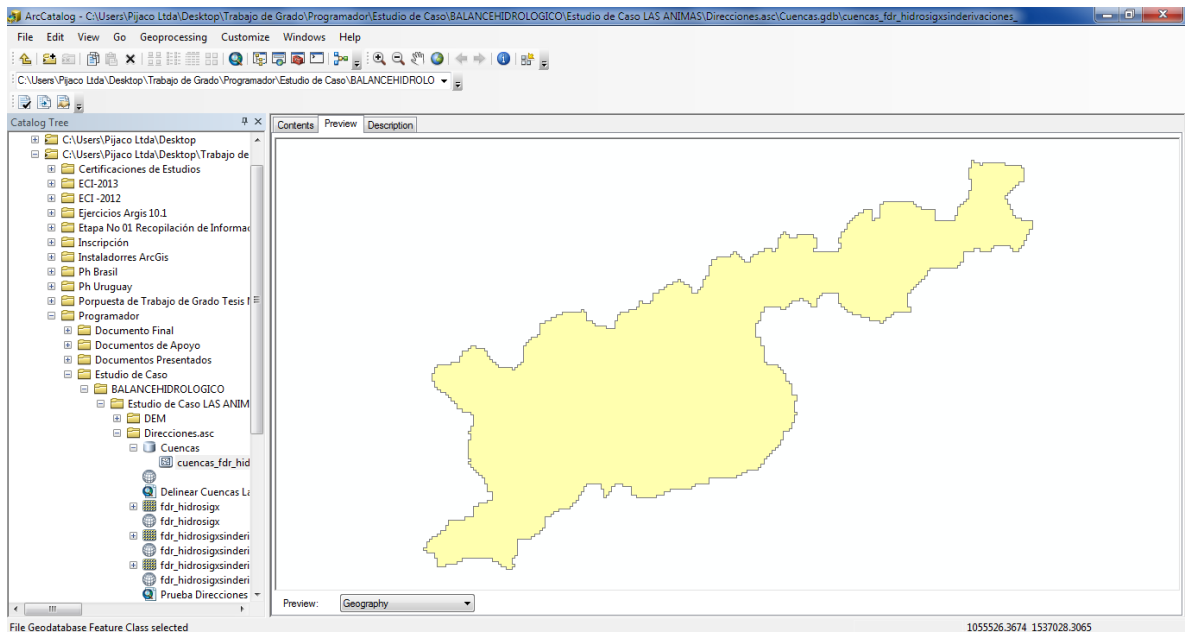
Gráfica 83. Ubicación Feature Class de cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas



Gráfica 84. Ubicación Feature Class Preview Tabla - cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas

OBJECTID *	SHAPE *	name	dem_col	dem_row	x_coord	y_coord
1	Polygon	Cuenca 100	247	448	1057692.346427	1536021.197665

Gráfica 85. Ubicación Feature Class Preview Geográfico - cuencas_fdr_hidrosigxsinderivaciones_ (cuenca 100) Estudio de Caso las Animas



5.1.7 Botones: Un botón es la forma más simple de funcionalidad que se puede utilizar para ejecutar alguna lógica de negocios haciendo clic en él.

Tabla 62. Botones de la barra de herramientas

BOTON	NOMBRE	FUNCIÓN
	Balance Hidrológico	Muestra/oculta la ventana acoplable del Balance Hidrológico

5.1.8 Balance Hidrológico a largo plazo estudio de caso Las Ánimas: Se estimó caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo a la salida de una cuenca previamente trazada.


Tiene como insumos los raster de precipitación y evapotranspiración. Para cada uno de estos se realizan análisis estadísticos (sumatoria de la variable, valor medio, mínimo y máximo) para los pixeles que se encuentran dentro del área que delimita la cuenca de entrada.

Con las estadísticas calculadas se realiza la estimación del caudal medio dada la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

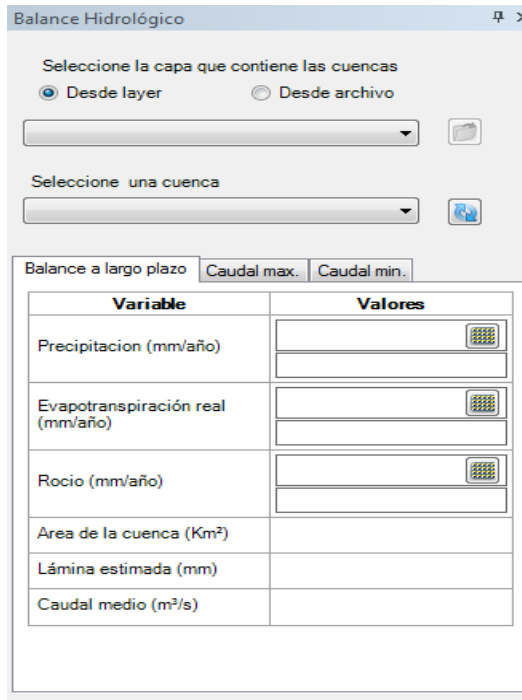
El procedimiento se describe a continuación:

Nota 1: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “*selector de mapas*”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Si no se encuentra visible la ventana acoplable, hacer clic sobre el botón  “Balance Hidrológico” de la barra de herramientas.

Se despliega la ventana acoplable “*Balance Hidrológico*” la cual contiene 3 pestañas, por defecto se encuentra seleccionada la pestaña “*Balance a largo plazo*”, de no encontrarse seleccionada haga clic sobre esta pestaña.

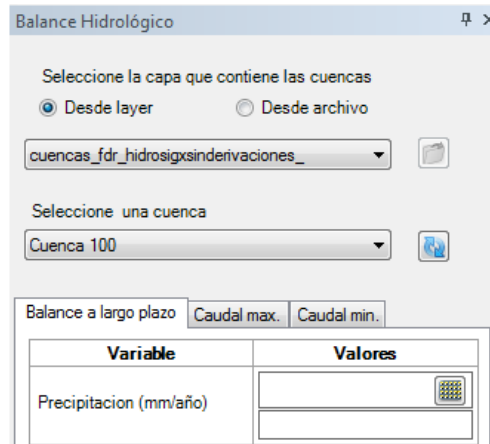
Gráfica 86. Ventana desplegable Balance Hidrológico




Variable	Valores
Precipitacion (mm/año)	<input type="text"/>
Evapotranspiración real (mm/año)	<input type="text"/>
Rocio (mm/año)	<input type="text"/>
Área de la cuenca (Km²)	<input type="text"/>
Lámina estimada (mm)	<input type="text"/>
Caudal medio (m³/s)	<input type="text"/>

2. Seleccionar la capa que contiene las cuencas por uno de los métodos disponibles, “Desde layer” o “Desde archivo”.
3. Si se seleccionó el método “Desde layer”, se debe tener cargado en la tabla de contenido un Feature Layer con cuencas válidas y seleccionar en el cuadro cambiando el feature layer.

Gráfica 87. Cuadro combinado de Layers de cuencas

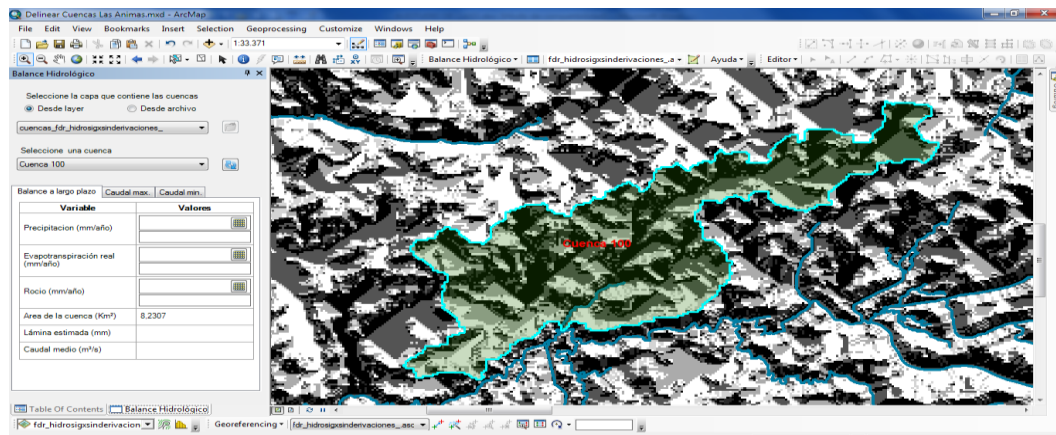



4. Si se seleccionó el método “Desde archivo”, se activa el botón  “Abrir”.

Al hacer clic en él se despliega el cuadro de dialogo “Abrir” se debe seleccionar un feature class con cuencas validas (posiblemente generadas en una sesión anterior).

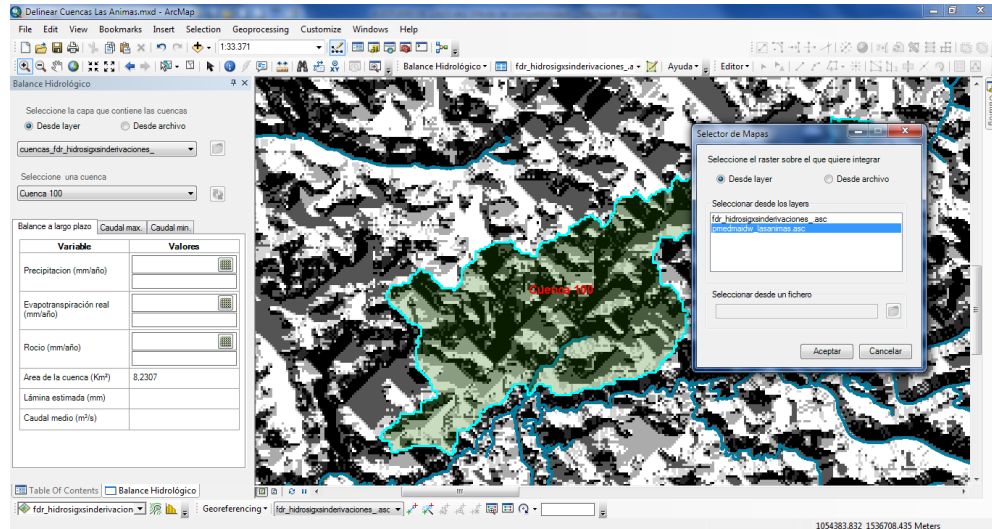
5. Del cuadro combinado de cuencas seleccionar la cuenca sobre la cual se desea realizar el cálculo.

Gráfica 88. Selección de una cuenca (Cuenca 100 Estudio de Caso Las Animas)



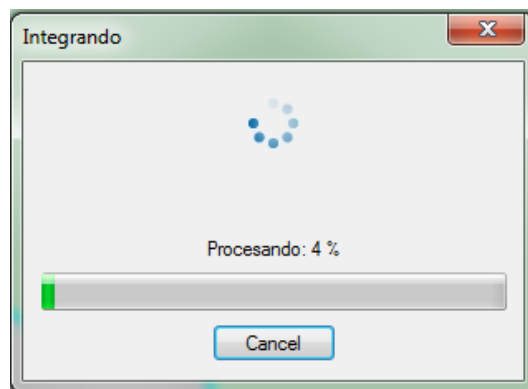
6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de precipitación haciendo clic en el botón .


Gráfica 89. Selección de precipitación (Cuenca 100 Estudio de Caso Las Animas)



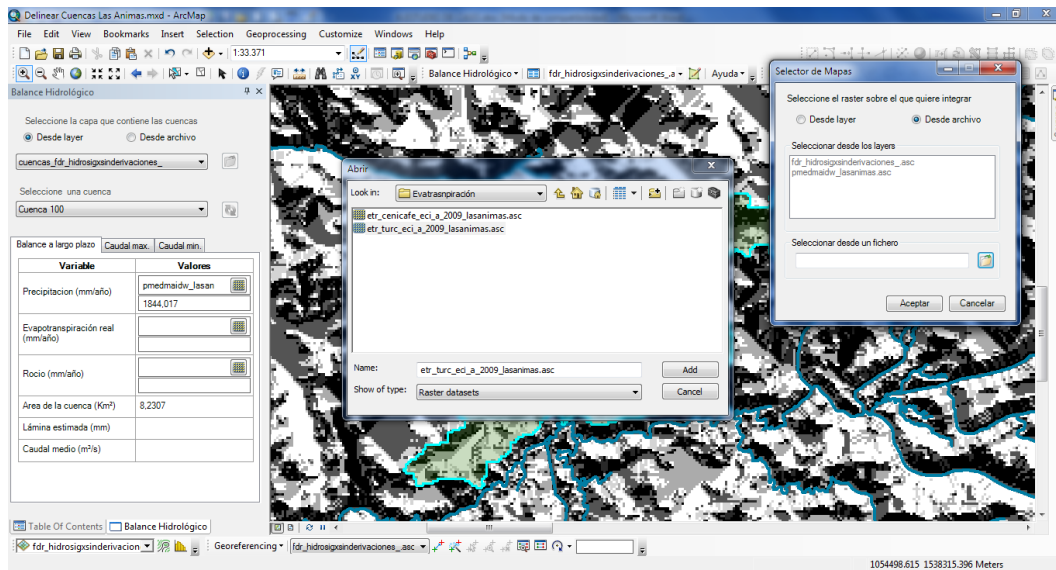
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.

Gráfica 90. Ventana de progreso en los procesos de integración



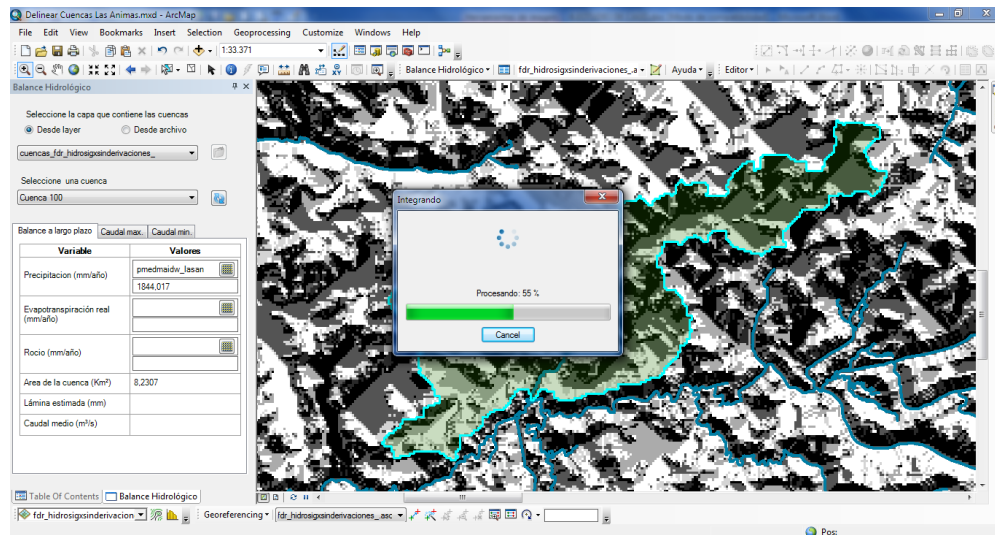
7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Evapotranspiración haciendo clic en el botón .

Gráfica 91. Ventana de selección raster de Evapotranspiración Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas



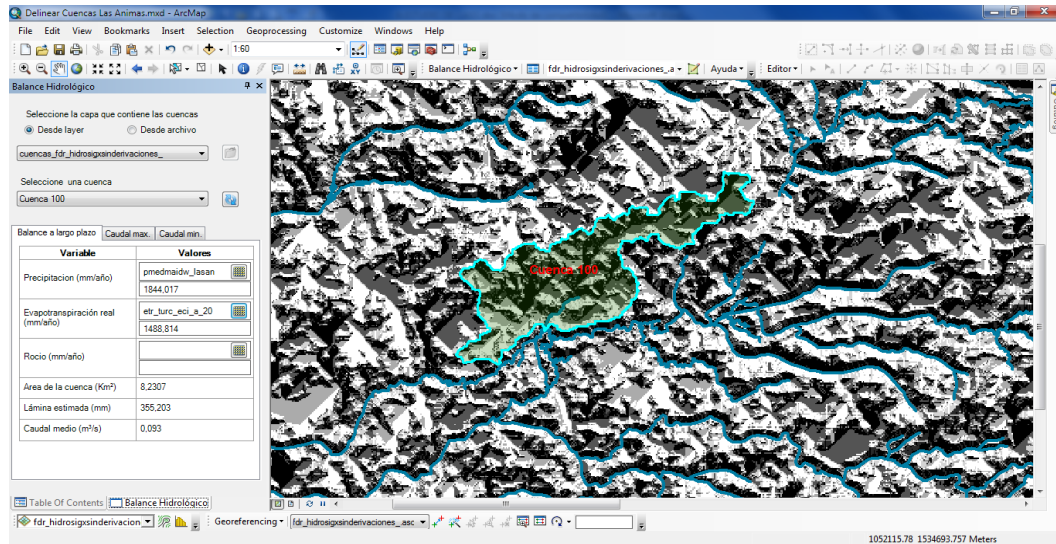
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.

Gráfica 92. Ventana de progreso en los procesos de integración Evapotranspiración Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas

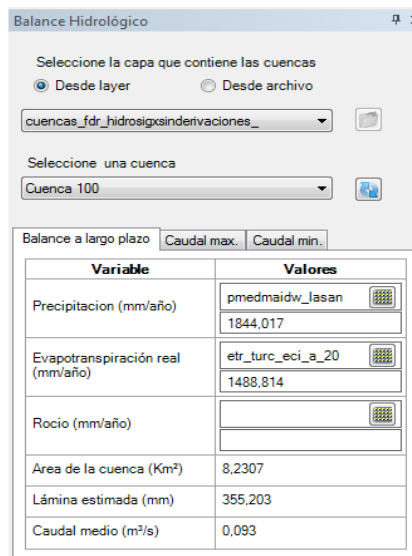


Si se encuentra seleccionada una cuenca, cuando se encuentran cargados los raster de Precipitación y Evapotranspiración se diligencian de manera automática los campos “Lámina Estimada” y “Caudal medio”.


Gráfica 93. Resultados de progreso en los procesos de integración Precipitación, Evapotranspiración Estimación Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas



Gráfica 94. Resultados de progreso en los procesos de integración



Precipitación (mm/año), Evapotranspiración real (mm/año), Área de la Cuenca (km²), Lamina estimada (mm), Estimación Balance a Largo Plazo Estudio de Caso Las Animas Caudal Medio (m³/s).

- Opcionalmente, seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Evapotranspiración haciendo clic en el botón .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster de precipitación.

5.1.9 Caudal máximo estudio de caso Las Animas: Para la estimación de este ítem, se establece que no se suministro las grillas (Las Animas) requeridas por los cual lo realizamos utilizando los datos de la capacitación para el manejo y uso de HIDROSIG 4.0 Modulo 3 – Estimación de Caudales. A continuación se presentan los procedimientos y procesos para el desarrollo del ejemplo.

Para estimar caudales máximos para diferentes periodos de retorno en diferentes cuencas hidrográficas se debe considerar lo siguiente.

Nota 1: Para este cálculo es necesario que se encuentre calculado el caudal medio previamente.

Gráfica 95. Resultados Del Progreso En La Estimación Del Caudal Medio Previamente.

The screenshot shows the 'Balance Hidrológico' window with the following configuration and data:

- Selecione la capa que contiene las cuencas: Desde layer, Desde archivo
- cuencas_Direcciones (dropdown menu)
- Selecione una cuenca: Cuenca 400 (dropdown menu)
- Balance a largo plazo: **Caudal max.** (selected tab), Caudal min.

Variable	Valores
Precipitación (mm/año)	Precipitacion.asc 2705,698
Evapotranspiración real (mm/año)	EVR_Turc.asc 851,806
Rocio (mm/año)	
Area de la cuenca (Km ²)	102,3093
Lámina estimada (mm)	1853,892
Caudal medio (m ³ /s)	6,014

Nota 2: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “Selector de Mapas”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Seleccionar la pestaña “Caudal max.” de la ventana acoplable Balance Hidrológico.

Gráfica 96. Pestaña Caudal máximo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico

Balance a largo plazo		Caudal max.	Caudal min.
Media		C_m	
		θ_m	
		ϕ_m	
Desviación (m³/s)		C_d	
		θ_d	
		ϕ_d	
Caudal máximo (m³/s)	Distribución		
	Periodo de retorno		

2. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C media haciendo clic en el botón C_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C media.

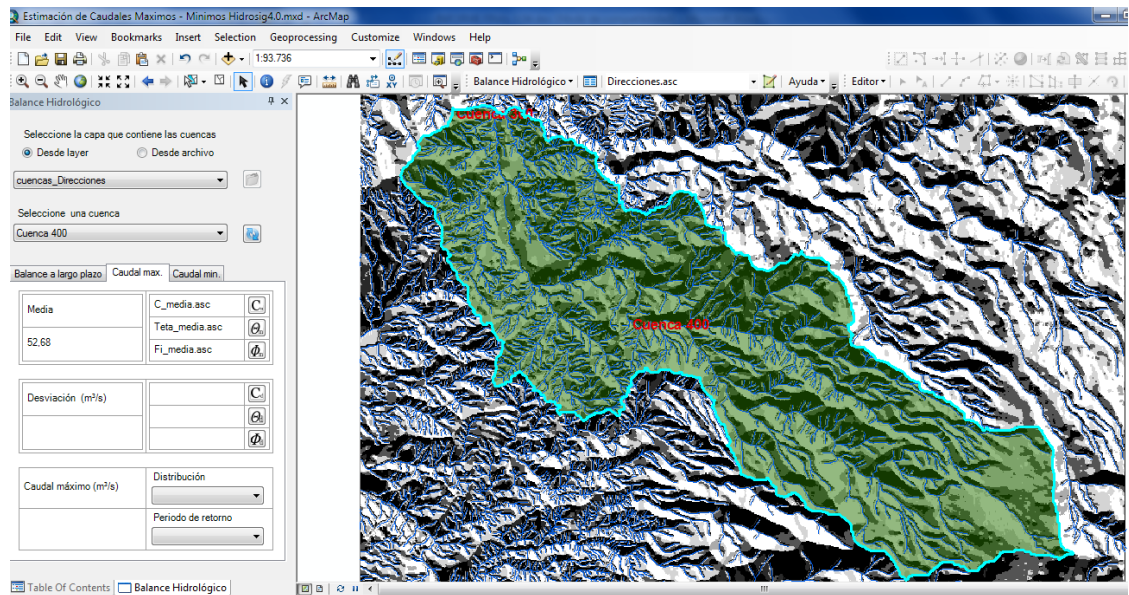
3. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta media haciendo clic en el botón θ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta media.

4. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi media haciendo clic en el botón ϕ_m .

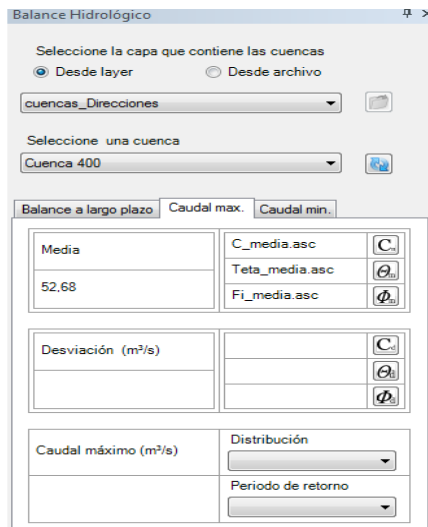
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi media.

Gráfica 97. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Máximo.



Si se encuentran cargados los rasters C media, Teta Media y Fi media se diligencia el campo “Media”.

Gráfica 98. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Máximo Parámetros Regionalizados de “Media”.



5. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C desviación haciendo clic en el botón C_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C desviación.

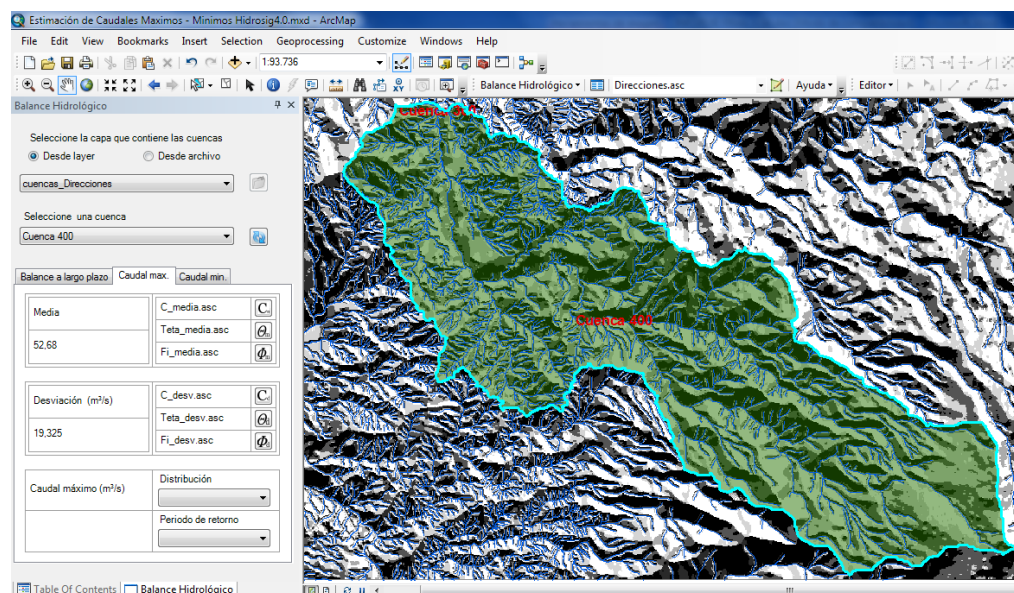
6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta desviación haciendo clic en el botón Θ .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta desviación.

7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi desviación haciendo clic en el botón Φ .

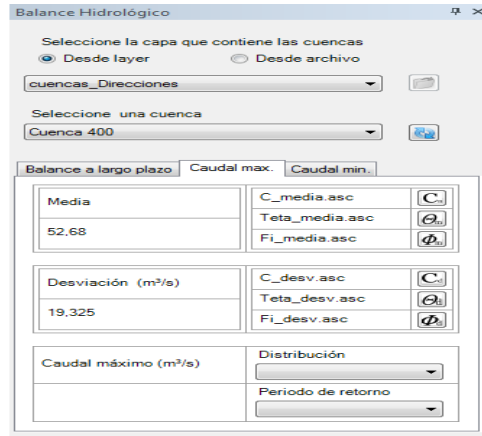
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi desviación.

Gráfica 99. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Máximo.



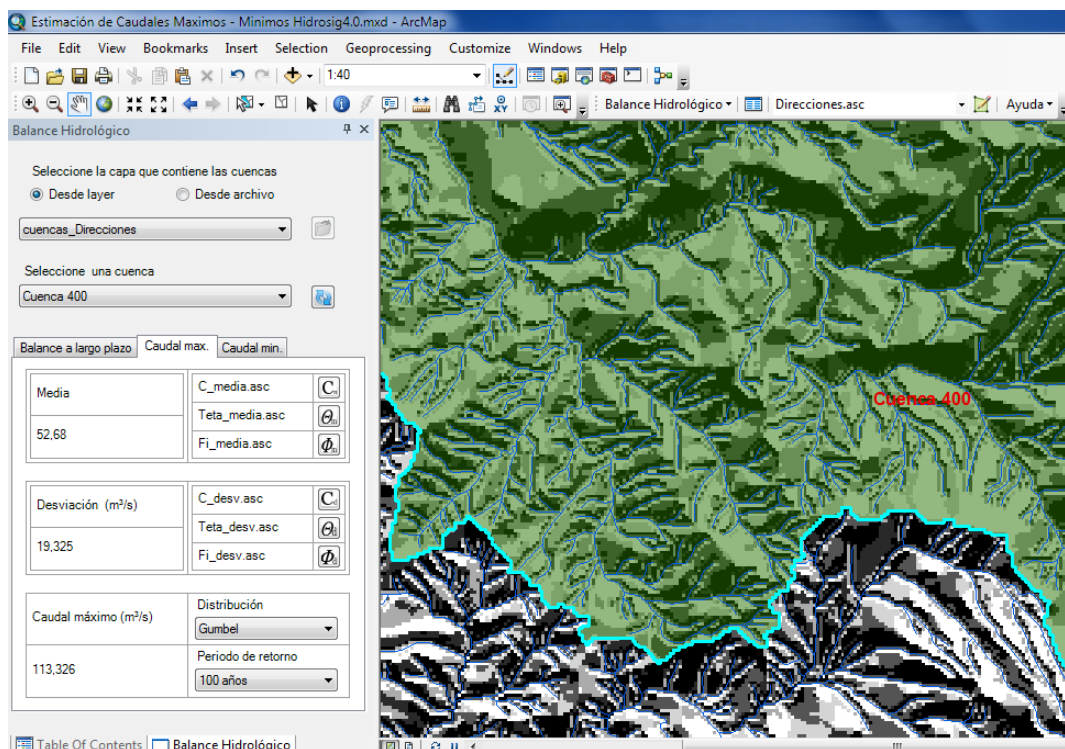
Si se encuentran cargados los rasters C desviación, Teta desviación y Fi desviación se diligencia el campo “Desviación”.

Gráfica 100. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Máximo Parámetros Regionalizados de “Desviación”.

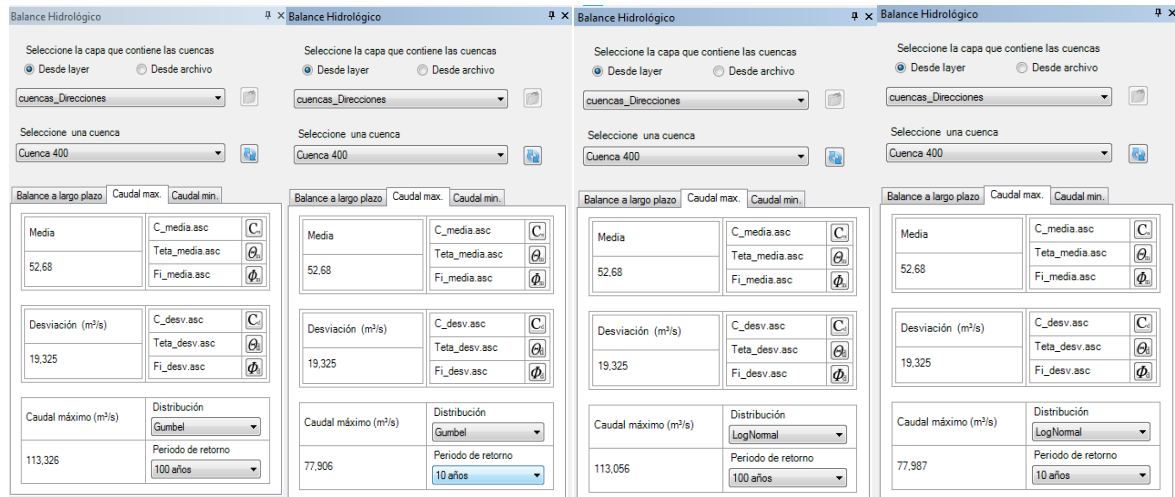


- Con los campos “Media” y “Desviación” calculados, seleccionar de los cuadros combinados la distribución y el periodo de retorno para obtener el campo “Caudal máximo”.

Gráfica 101. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1. Estimación De Caudal Máximo, Distribución Gumbel Para Periodo De Retorno 100 Años.



Gráfica 102. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1. Estimación De Caudal Máximo, Distribución Gumbel, LogNormal Para Periodo De Retorno 100 y 10 Años.



5.1.10 Caudal mínimo estudio de caso Las Animas: Para la estimación de este ítem, se establece que no se suministro las grillas (Las Animas) requeridas por los cual lo realizamos utilizando los datos de la capacitación para el manejo y uso de HIDROSIG 4.0 Modulo 3 – Estimación de Caudales. A continuación se presentan los procedimientos y procesos para el desarrollo del ejemplo.

Para estimar caudales mínimos para diferentes periodos de retorno en diferentes cuencas hidrográficas se debe considerar lo siguiente.

Nota 1: Para este cálculo es necesario que se encuentre calculado el caudal medio previamente. Ver Gráfica 95. Resultados Del Progreso En La Estimación Del Caudal Medio Previamente.

Nota 2: En el siguiente procedimiento se hace referencia a una utilidad llamada “Selector de Mapas”, una descripción detallada del funcionamiento de esta utilidad es presentado en el anexo A.

1. Seleccionar la pestaña “Caudal mim.” de la ventana acoplable Balance Hidrológico.

Gráfica 103. Pestaña Caudal mínimo dentro de la ventana acoplable Balance Hidrológico

The screenshot shows a software window titled 'Balance a largo plazo' with three tabs: 'Balance a largo plazo', 'Caudal max.', and 'Caudal min.'. The 'Caudal min.' tab is active. The window is organized into three main sections. The first section, labeled 'Media', has three input fields on the left and three buttons labeled C_m , θ_m , and ϕ_m on the right. The second section, labeled 'Desviación (m³/s)', also has three input fields on the left and three buttons labeled C_d , θ_d , and ϕ_d on the right. The third section, labeled 'Caudal mínimo (m³/s)', has two dropdown menus: 'Distribución' and 'Periodo de retorno'.

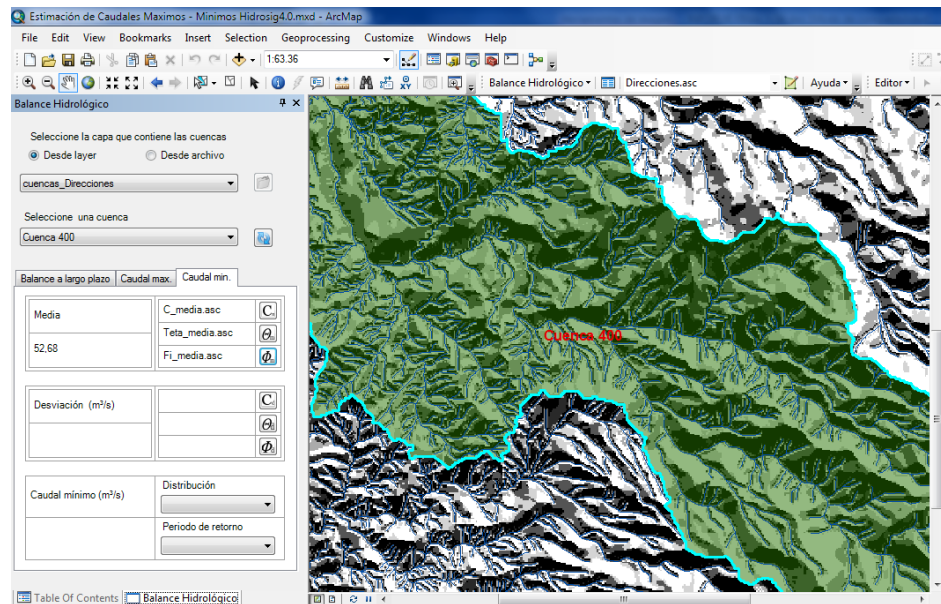
2. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C media haciendo clic en el botón C_m . Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C media.
3. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta media haciendo clic en el botón θ_m .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta media.

4. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi media haciendo clic en el botón ϕ_m .

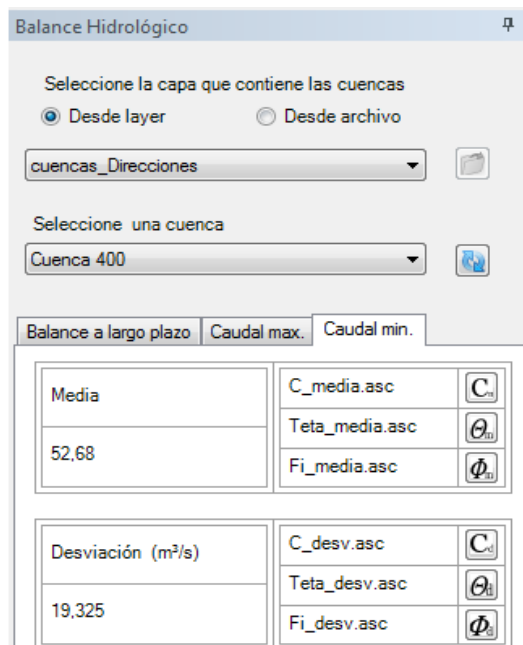
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi media.

Gráfica 104. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Mínimo.



Si se encuentran cargados los rasters C media, Teta Media y Fi media se diligencia el campo “Media”.

Gráfica 105. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Mínimo Parámetros Regionalizados de “Media”.



5. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de C desviación haciendo clic en el botón C_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster C desviación.

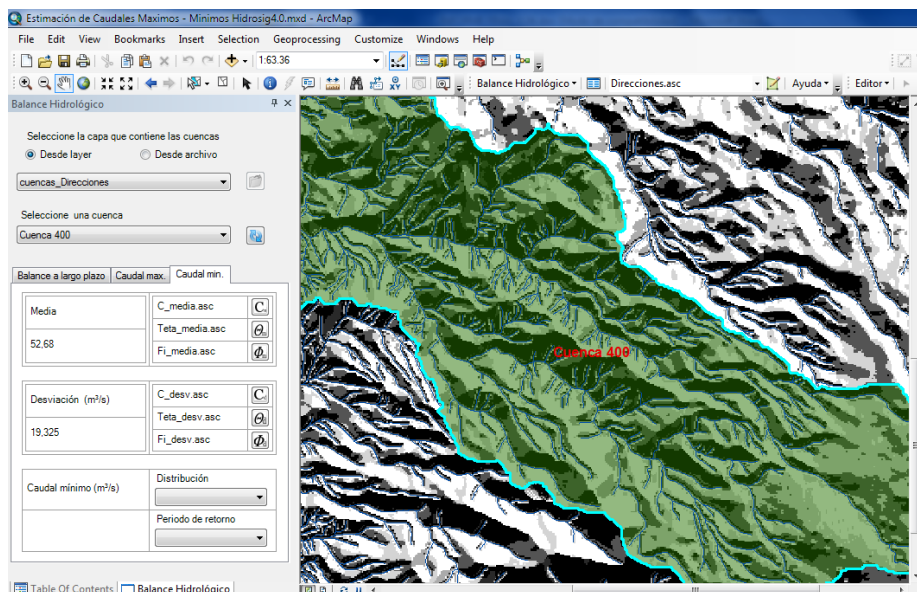
6. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Teta desviación haciendo clic en el botón θ_d .

Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Teta desviación.

7. Seleccionar mediante el selector de mapas el raster de Fi desviación haciendo clic en el botón ϕ_d .

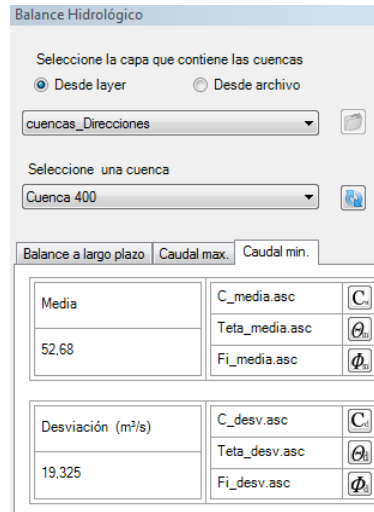
Se despliega una ventana de progreso que al llegar al 100% se oculta y en la ventana acoplable se despliega el valor de la integración del polígono de la cuenca sobre el raster Fi desviación.

Gráfica 106. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Mínimo.



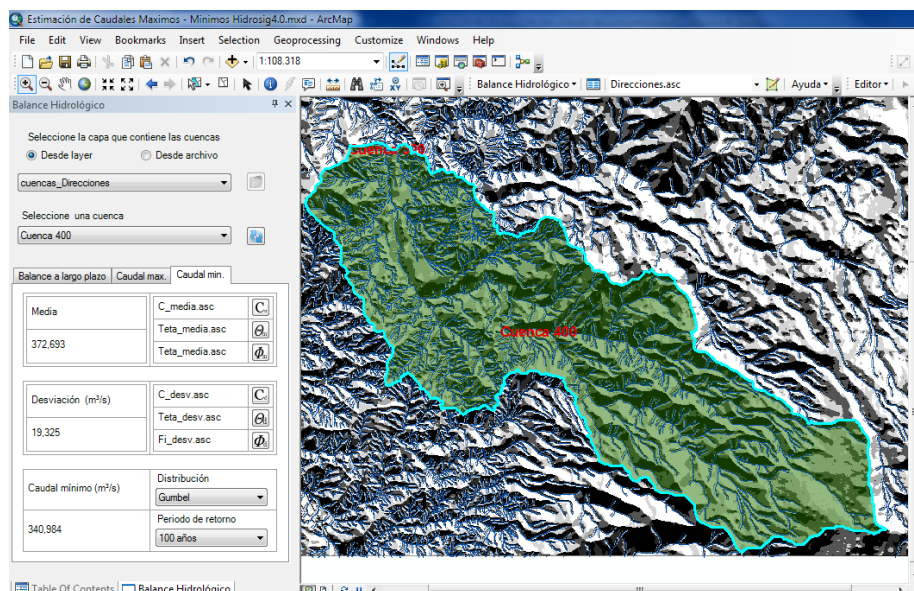
Si se encuentran cargados los rasters C desviación, Teta desviación y Fi desviación se diligencia el campo “Desviación”.

Gráfica 107. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1 Para La Estimación De Caudal Mínimo Parámetros Regionalizados de “Desviación”.

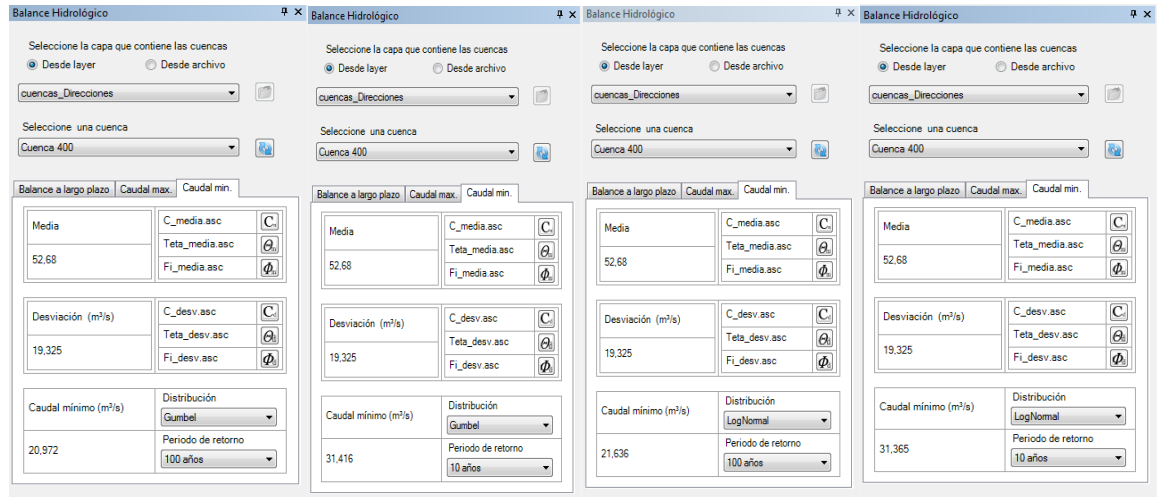


8. Con los campos “Media” y “Desviación” calculados, seleccionar de los cuadros combinados la distribución y el periodo de retorno para obtener el campo “Caudal mínimo”.

Gráfica 108. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1. Estimación De Caudal Mínimo, Distribución Gumbel Para Periodo De Retorno 100 Años.




Gráfica 109. Caudal Extremos Usando La Herramienta Computacional “Balance Hidrológico” Arcgis 10.1. Estimación De Caudal Mínimo, Distribución Gumbel, LogNormal Para Periodo De Retorno 100 y 10 Años.



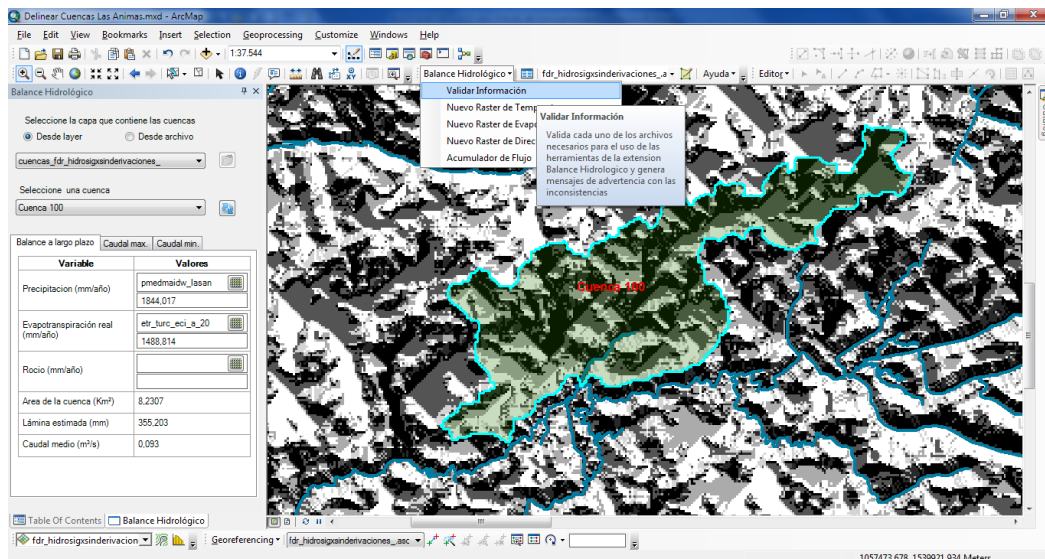
5.1.11 Menú: Utilizando herramienta computacional creada y desplegando a través del menú Balance Hidrológico para estudio de caso Las Animas tenemos:

Tabla 63. Funcionalidades del menú Balance Hidrológico

NOMBRE	FUNCIÓN
Validar Información	Informa sobre posibles errores o advertencias en la información de entrada de las demás funcionalidades del menú.
Nuevo Raster Temperatura	A partir de información de elevación genera un raster de Temperatura.
Nuevo Raster de Evapotranspiración	Genera un raster de Evapotranspiración por el método de Turc.
Nuevo Raster de Direcciones de Flujo	Genera un raster de Direcciones de Flujo con una estructura determinada para el uso en la extensión Balance Hidrológico.
Acumulador de Flujo	Genera un raster que contiene los valores acumulados de caudales medios.

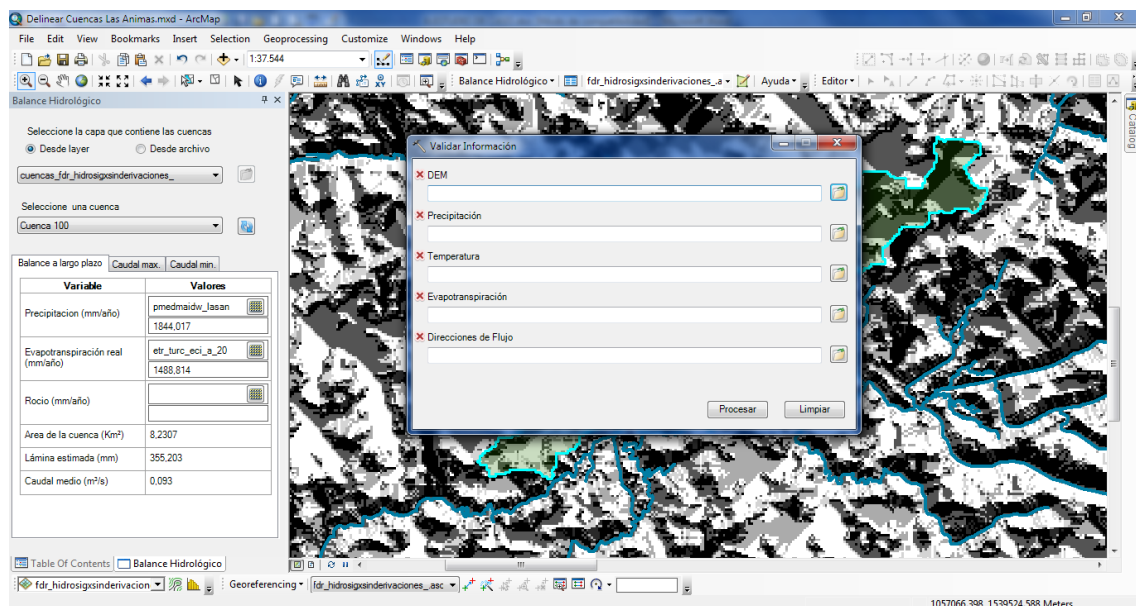
Nota: Para cargar los insumos de las distintas funcionalidades de la barra de herramientas “Balance Hidrológico”. Se debe hacer clic sobre el botón “Abrir”  y seleccionar la ubicación del insumo. De manera alternativa se puede cargar un layer cargado en la tabla de contenido de ArcMap y arrástralo hasta el cuadro de texto de determinado insumo.

Gráfica 110. Opciones del Menú Balance Hidrológico.



5.1.12 Validar Información estudio de caso Las Ánimas: Se realizan las validaciones descritas a continuación y se presenta en pantalla un reporte de los errores o advertencias encontradas. Todas las demás funcionalidades del menú “Balance Hidrológico” realizan internamente las mismas validaciones acá presentadas.

Gráfica 111. Validar Información Menú Balance Hidrológico Estudio de Caso Las Animas



5.1.13 Sistema de referencia: Para todos los procesamientos los datos de entrada deben compartir el mismo sistema de referencia. Realizar proyecciones de los datos al vuelo o de manera permanente dentro de los cálculos en especial si los rasters son de gran tamaño es una tarea muy costosa en procesamiento. Se valida que el sistema de coordenadas de los insumos sea proyectado y que todos los insumos tengan el mismo sistema de referencia.

5.1.14 Resolución Espacial: Se indica cual es la resolución espacial de los rasters de entrada, es necesario en los cálculos que los insumos tengan la misma resolución espacial, el usuario puede emplear las opciones de re-muestreo que brinda ArcGIS, si no se realiza el remuestreo por parte del usuario, al ejecutar un procesamiento si las entradas no cuentan con la misma resolución espacial se realizan re-muestreos de la información.

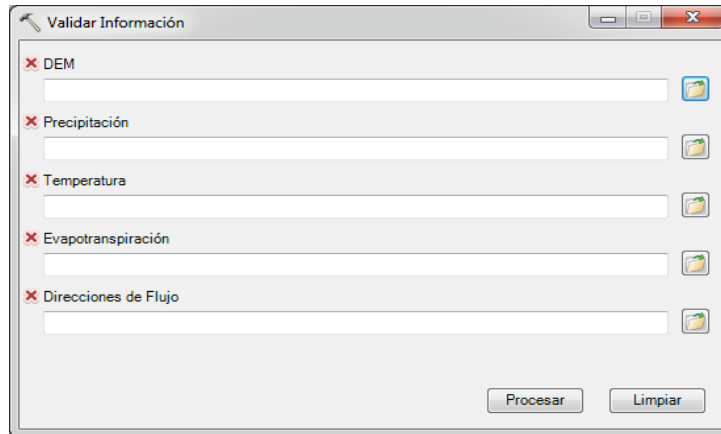
5.1.15 Extensión Espacial: Para un conjunto de datos de entrada se muestra cual es la extensión espacial sobre la cual se realizarán los cálculos, en todos los casos será la intersección de las entradas.

El procedimiento se describe a continuación:

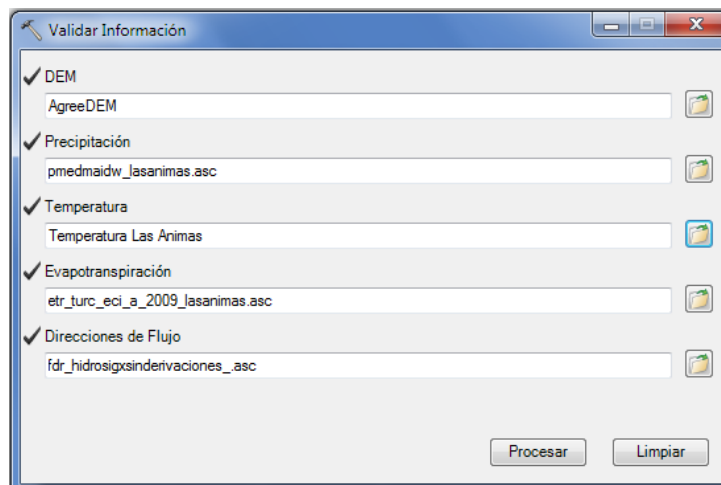
Nota: Todos los parámetros son opcionales pero se debe cargar por lo menos un raster para ejecutar la funcionalidad de *“Validar Información”*.

- Cargar un raster de Elevación.
- Cargar un raster de Precipitación.
- Cargar un raster de Temperatura.
- Cargar un raster de Evapotranspiración.
- Cargar un raster de Direcciones de Flujo.
- Dar clic en el botón *“Procesar”*.
- El resultado de la validación se presentara en pantalla.
- Al terminar de inspeccionar los resultados dar clic en el botón *“Aceptar”*.

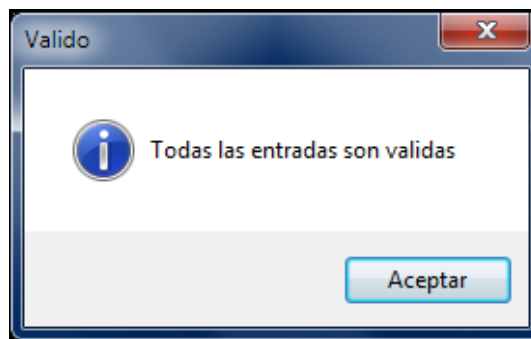
Gráfica 112. Ventana Validar Información



Gráfica 113. Ventana Información Validada



Gráfica 114. Información Validada



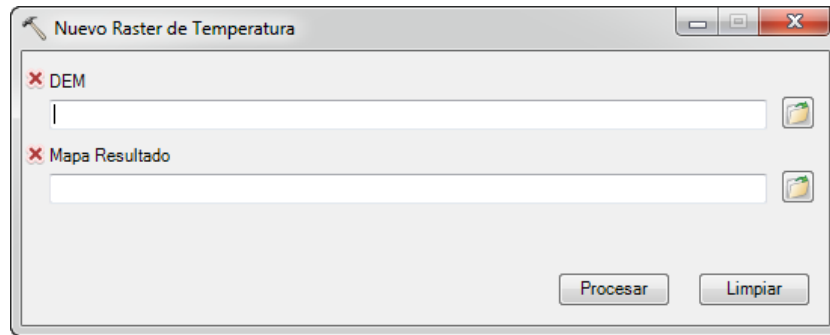
5.1.16 Nuevo Raster Temperatura estudio de caso Las Animas: Para la estimación de raster Temperatura de “las Animas” se calcula el raster promedio anual de temperatura superficial del aire (T en °C) empleando la siguiente relación con la altura (H en m sobre el nivel del mar).


$$T = 29.42 - 0.0061H$$

El procedimiento se describe a continuación:

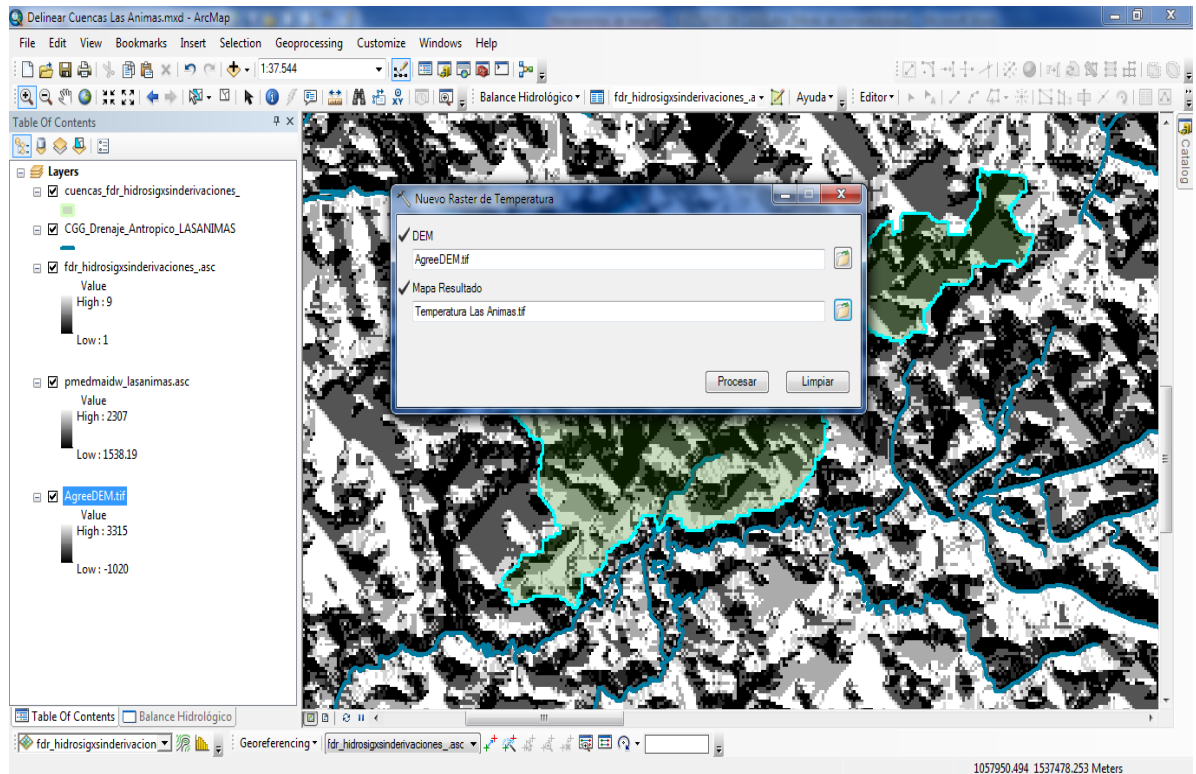
1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster de Temperatura*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster de Temperatura*”.

Gráfica 115. Ventana Nuevo Raster de Temperatura

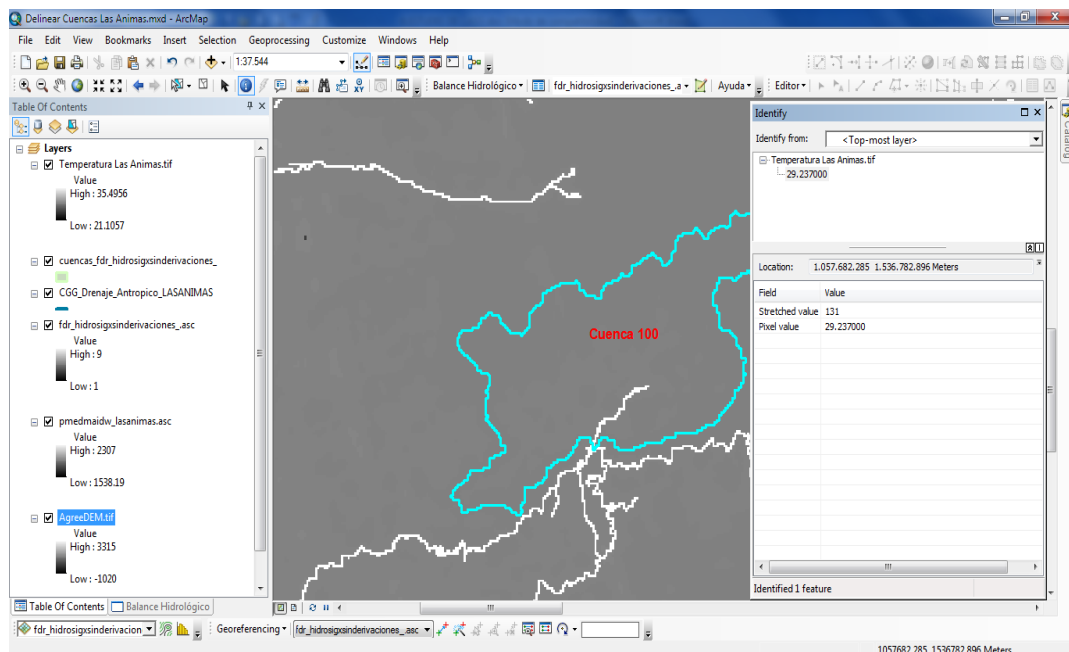


2. Seleccionar un raster de Elevación (DEM).
3. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
4. Dar clic en el botón “*Procesar*”.
5. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

Gráfica 116. Ventana Raster de Temperatura estudio de caso Las Ánimas



Gráfica 117. Raster de Temperatura estudio de caso Las Ánimas



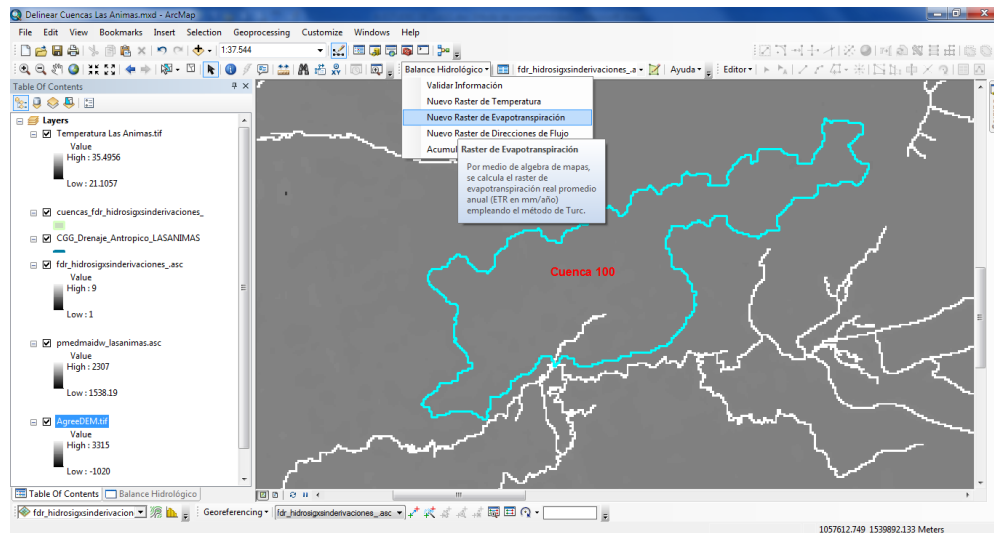
5.1.17 Nuevo Raster Evapotranspiración estudio de caso Las Animas: Para la estimación de raster Evapotranspiración de “las Animas” esta variable se Por calcula medio de algebra de mapas, se calcula el raster de evapotranspiración real promedio anual (ETR en mm/año) empleando el método de Turc, el cual se muestra a continuación:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \frac{P^2}{L^2}}} \quad \text{Si} \quad P/L > 0.316.$$

$$ETR = P \quad \text{Si} \quad P/L < 0.316$$

Donde P es la precipitación media anual y L es una función de T que viene dada por la formula $L = 300 + 25T + 0.05T^3$

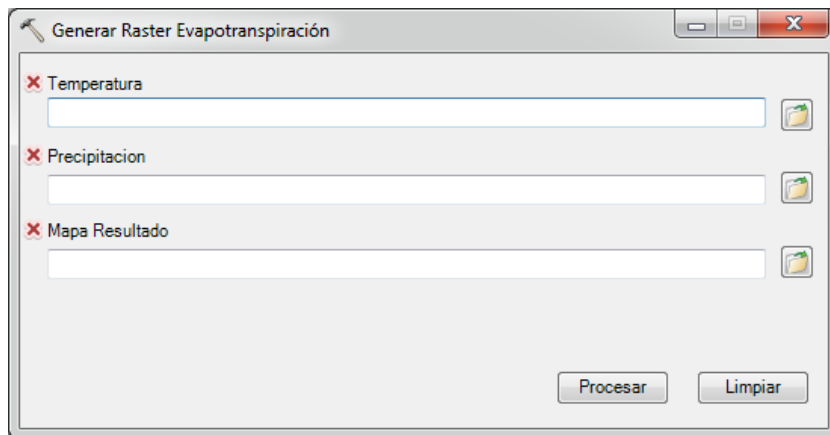
Gráfica 118. Nuevo Raster Evapotranspiración estudio de caso Las Animas




El procedimiento se describe a continuación:

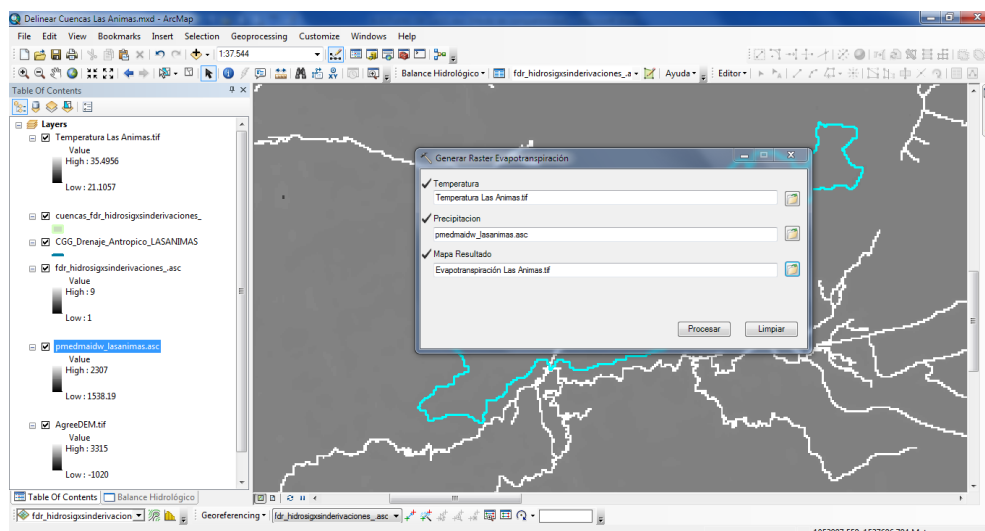
1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”.

Gráfica 119. Ventana Generar Raster Evapotranspiración

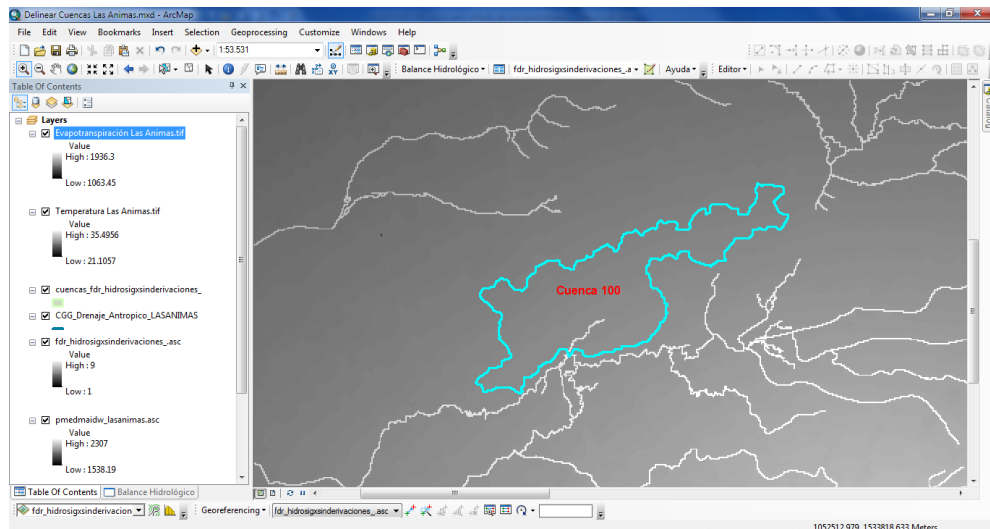


2. Seleccionar un raster de Temperatura.
3. Seleccionar un raster de Precipitación.
4. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
5. Dar clic en el botón “Procesar”.
6. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

Gráfica 120. Ventana de Raster de Evapotranspiración estudio de caso Las Ánimas



Gráfica 121. Raster de Evapotranspiración estudio de caso Las Ánimas. – Estimación Automatizada para ArcGIS 10.1 utilizando algebra de mapas



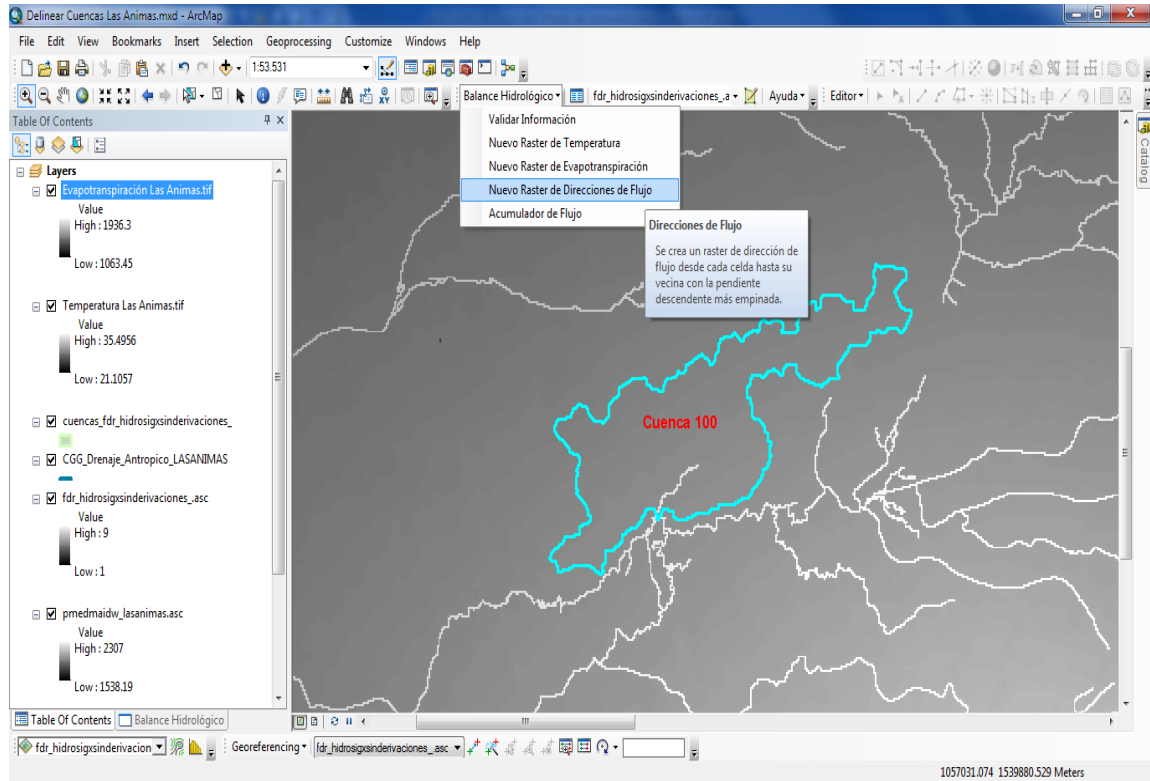
5.1.18 Nuevo Raster de Direcciones de Flujo estudio de caso Las Ánimas: Para este proceso se crea un raster de dirección de flujo desde cada celda hasta su vecina con la pendiente descendente más empinada, este modelo de flujo se denomina D8 y determina que el drenaje de cualquier celda del DEM se supone dirigido hacia la celda más baja entre las ocho adyacentes. Los valores para cada dirección desde el centro son:

Gráfica 122. Esquema de la dirección de flujo– sistema utilizado por HidroSIG

7	8	9
4		6
1	2	3

Por ejemplo, si la dirección de la caída más empinada fuera hacia la izquierda de la celda de procesamiento actual, la dirección de flujo estaría codificada como 4.

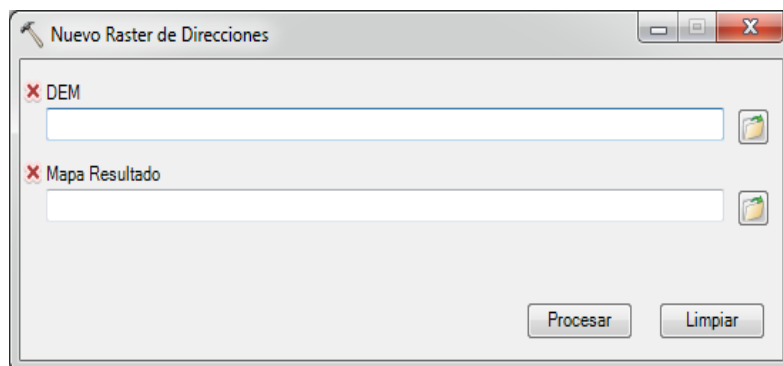
Gráfica 123. Nuevo raster de Direcciones de Flujo estudio de caso Las Animas




El procedimiento se describe a continuación:

1. Dar clic en el menú en “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”, aparecerá la ventana “*Nuevo Raster Evapotranspiración*”.

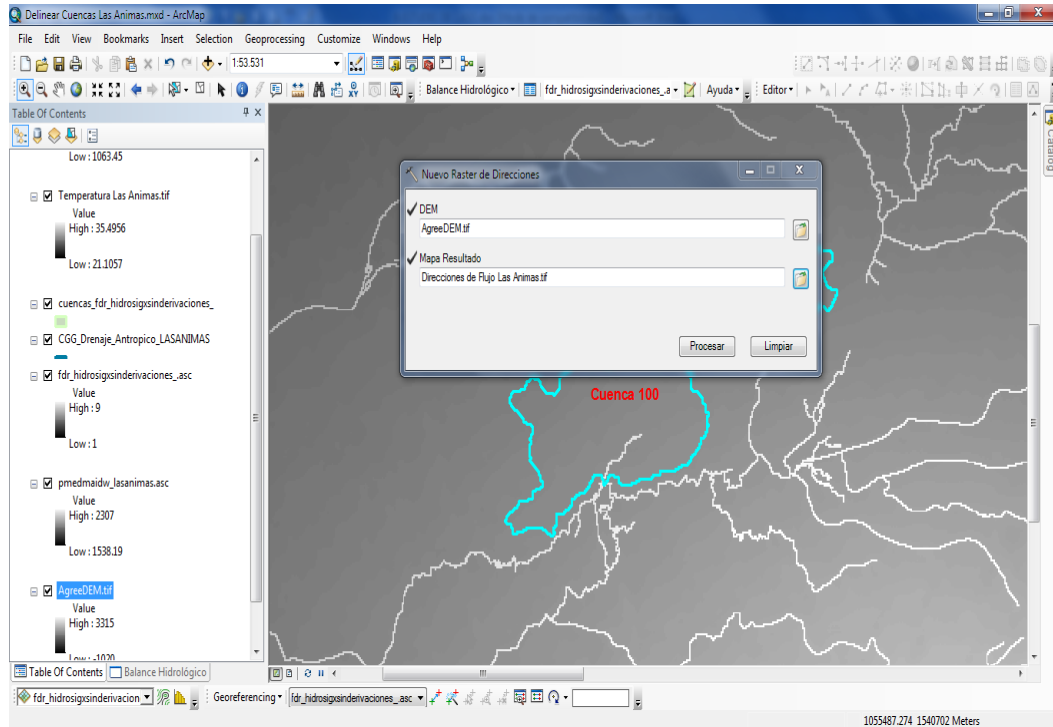
Gráfica 124. Ventana Raster de Direcciones



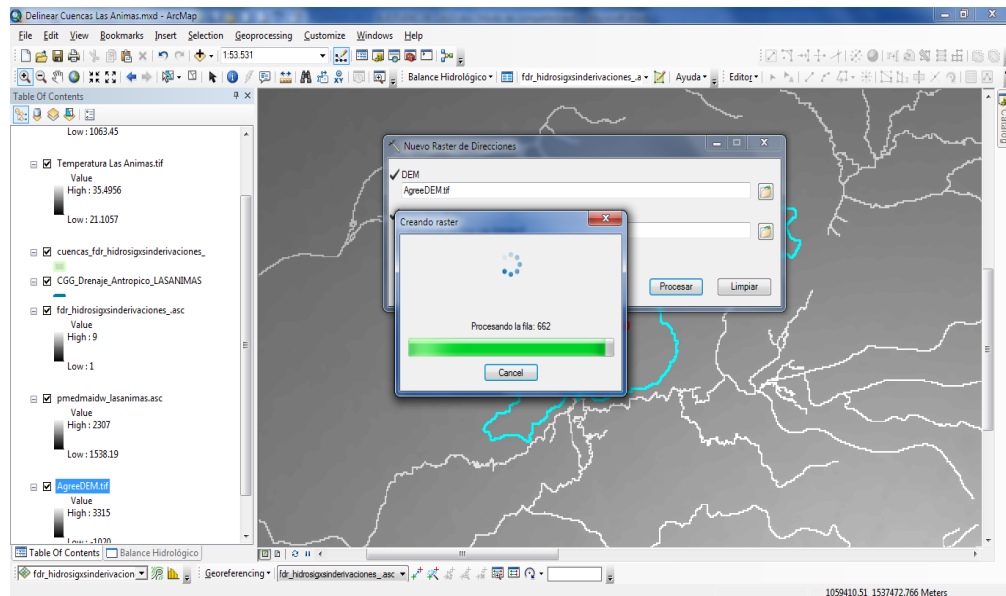
2. Seleccionar un raster de Elevación (DEM).
3. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.

4. Dar clic en el botón “Procesar”.
5. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

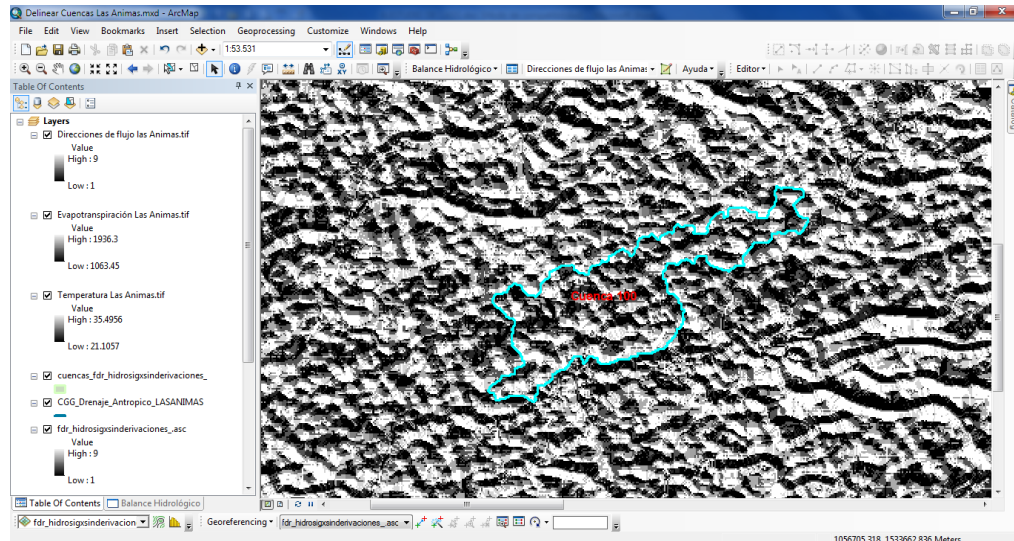
Gráfica 125. Ventana Nuevo Raster de Direcciones estudio de caso Las Animas



Gráfica 126. Creando Raster de Direcciones de flujo estudio de caso Las Animas



Gráfica 127. Raster de Direcciones de flujo estudio de caso Las Animas



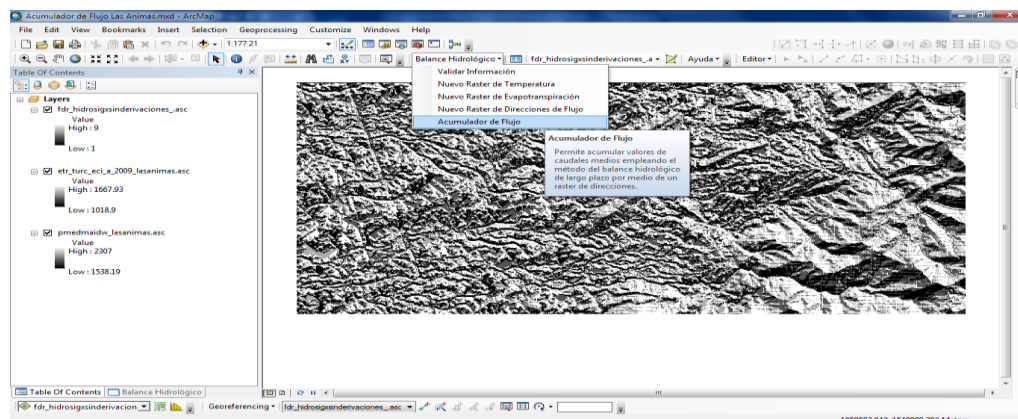
5.1.19 Acumulador de Flujo estudio de caso Las Ánimas: Para la estimación de acumulador de flujo este proceso permite acumular valores de caudales medios empleando el método del balance hidrológico de largo plazo por medio de un raster de direcciones.

Tiene como insumos los raster de precipitación, evapotranspiración y dirección de flujo. Con los raster de precipitación y evapotranspiración se calcula para cada celda el valor del caudal medio dado por la siguiente fórmula:

$$3.171E-05 * \text{BasinArea} * (\text{Precipitation.mean} - \text{Evaporation.mean})$$

Se itera sobre las celdas del raster de direcciones para asignar valores de caudales medios acumulados al raster de salida.

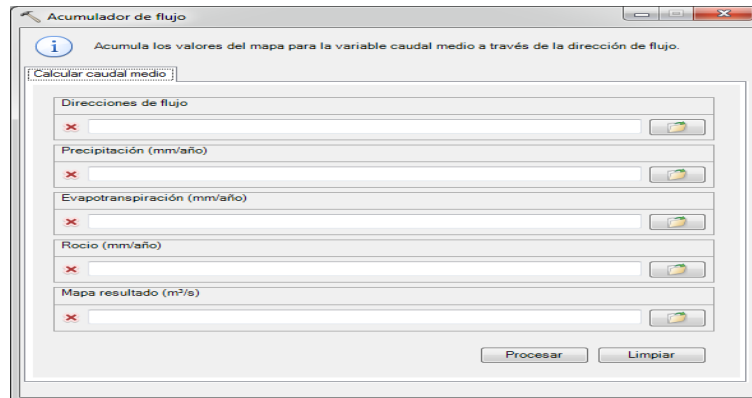
Gráfica 128. Acumulador de Flujo estudio de caso Las Animas




El procedimiento se describe a continuación:

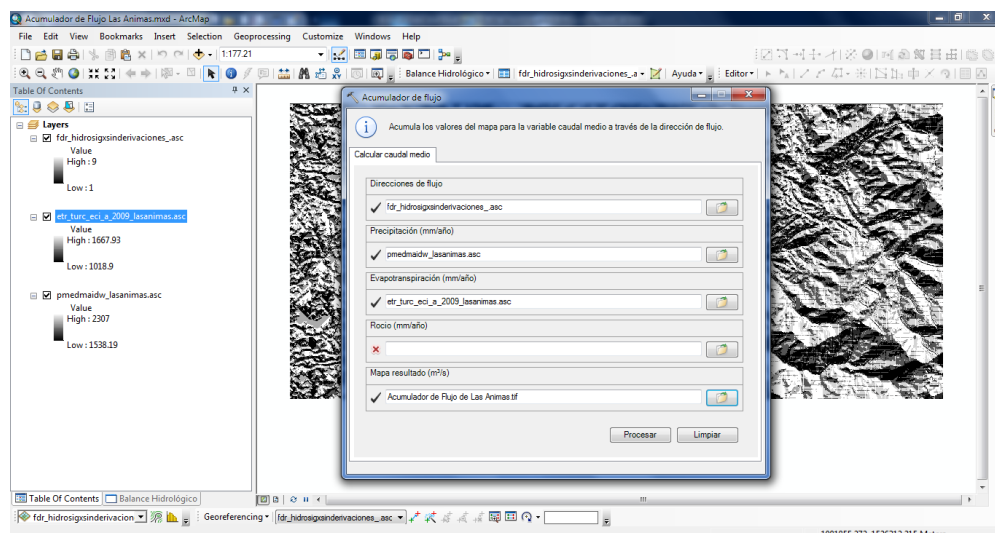
1. Dar clic en el menú en “Acumulador de flujo”, aparecerá la ventana “Acumulador de flujo”.

Gráfica 129. Ventana del Acumulador de flujo

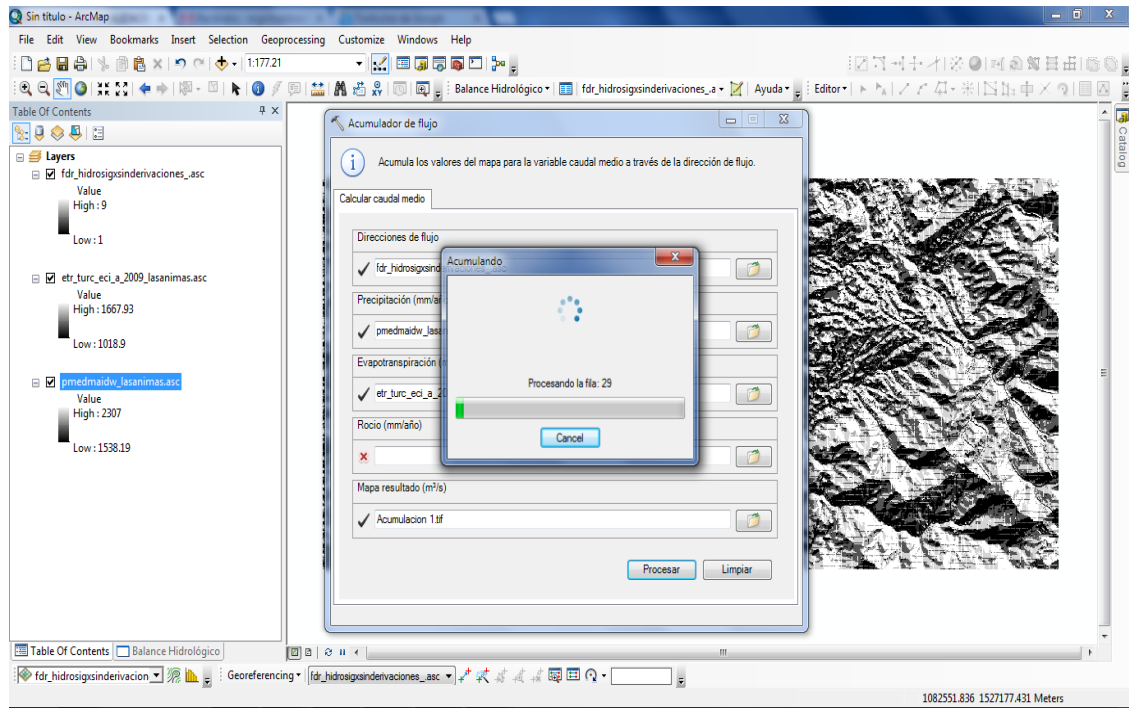


2. Seleccionar un raster de Direcciones de flujo.
3. Seleccionar un raster de Precipitación.
4. Seleccionar un raster de Evapotranspiración.
5. Dar clic en el botón  y seleccionar la ubicación el nombre y el formato del raster de salida.
6. Dar clic en el botón “Procesar”.
7. El resultado se carga en la tabla de contenido de ArcMap.

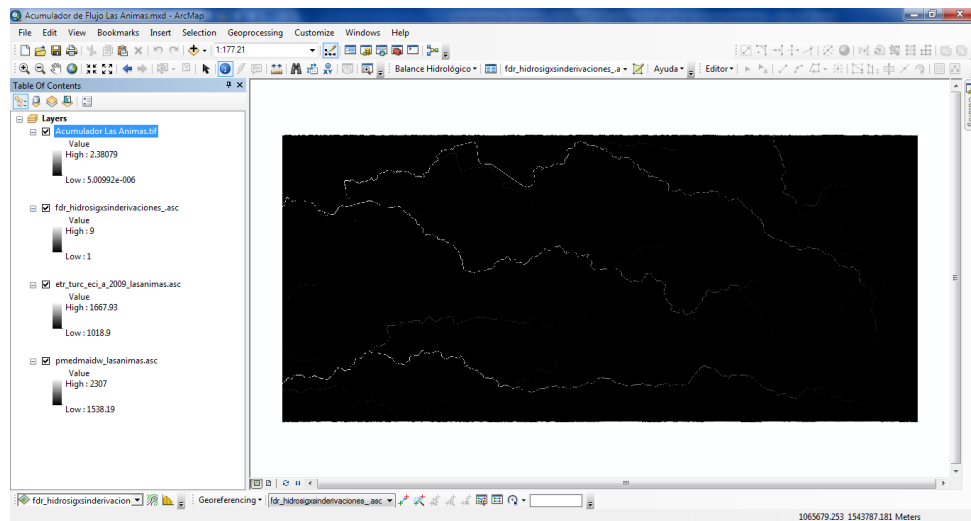
Gráfica 130. Ventana del Acumulador de flujo estudio de caso Las Animas



Gráfica 131. Procesando Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas



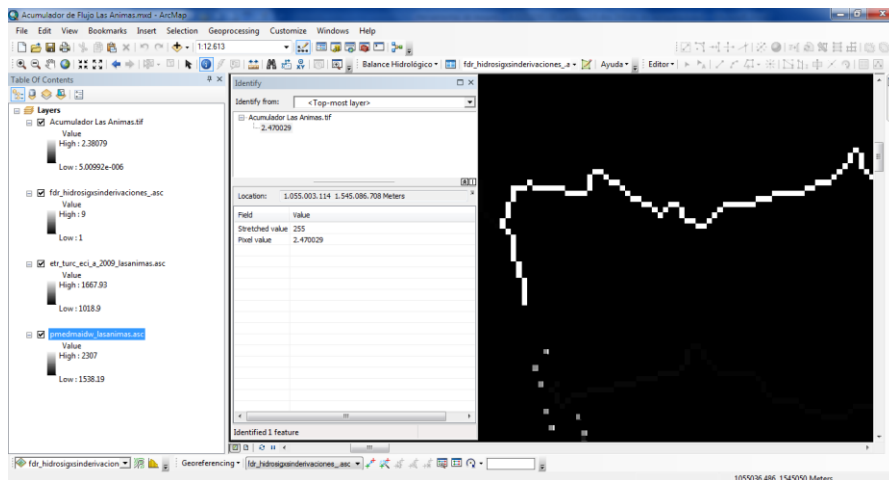
Gráfica 132. Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas



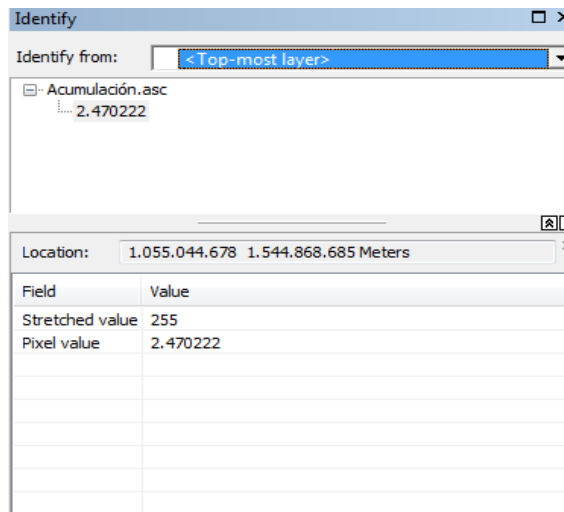
5.2 COMPARACIONES HIDROSIG 4.0 ESTUDIO DE CASO LAS ANIMAS

Los resultados fueron comparados y comprobados por HidroSIG 4.0, Para el contraste de datos, en análisis comparativo, si en la evaluación representa una diferencia de los resultados. El algoritmo trabaja las mismas relaciones geoestadísticas, matemáticas y de cálculo integral y correlaciones en estimación de cada método utilizado para el balance. Los resultados son iguales y en ciertos aspectos ofrecen versatilidades en la operación y manejo de los datos numérico dentro del entorno ESRI.

Gráfica 133. Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas ArcGIS 10.1



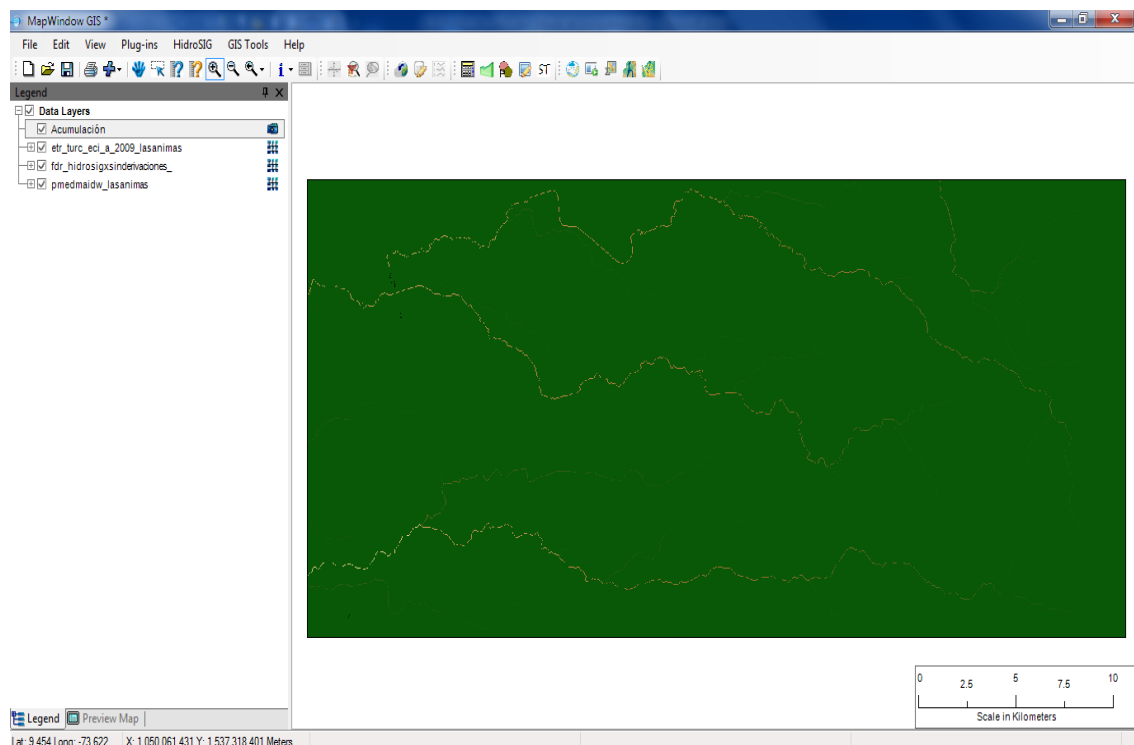
Gráfica 134. Identify Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas ArcGIS 10.1



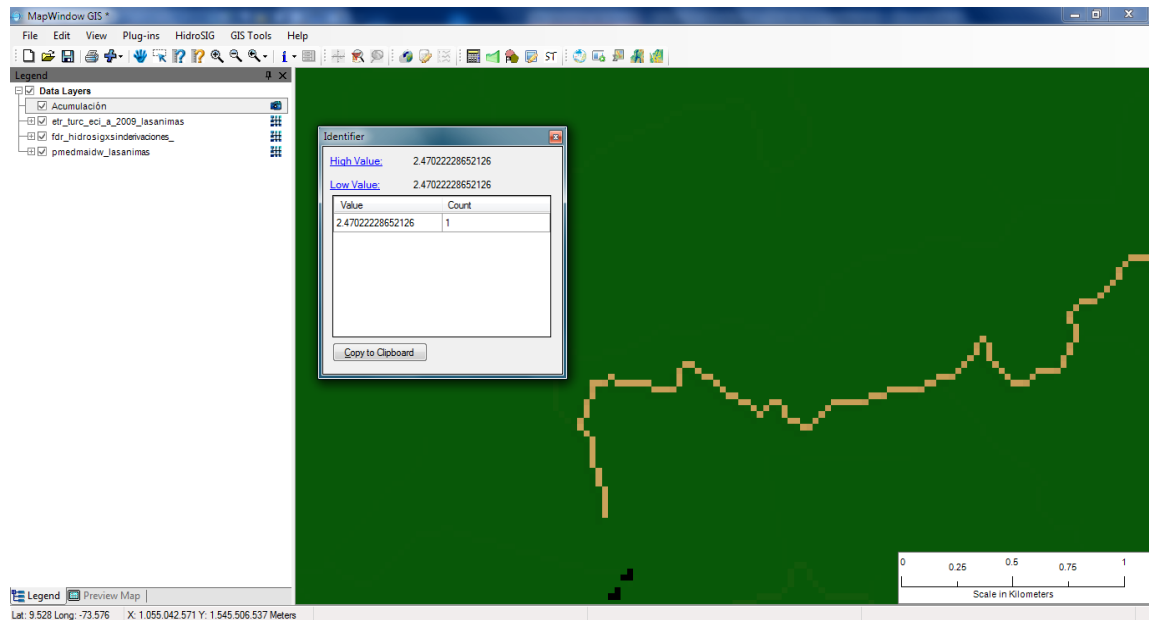
Para el estudio de caso la cuenca del arroyo Las Animas a continuación presentamos una tabla de comparación (Tabla 63. Comparación de los resultados obtenidos) de las coordenadas indicando x, y, z entre los cálculos completos utilizados por HidroSIG y el Add-in; identificando al menos tres (3) puntos diferentes de las grillas suministradas por la ECI después de realizar el balance hidrológico a largo Plazo. Se obtuvieron los datos para una zona sobre la cuenca las Ánimas y se realizó el cálculo correspondiente. Se compararon los valores obtenidos en HidroSIG con el Add-in de ArcGis.

El alcance de este proyecto estriba en la determinación de caudales medios a través del método de balance hidrológico a largo plazo, sin embargo en desarrollo de la herramienta se encontró la facilidad de estudiar el código desarrollado en HIDROSIG 4.0, para estimar los caudales máximos y mínimos para aportar un valor agregado al alcance propio de este trabajo dirigido; se realizó un ejemplo con las grillas de la base de datos de la Universidad Nacional Colombia Sede Medellín de HIDROSIG 4.0, El presentado en el Anexo H – Ejemplo estimación de caudales Máximos y Mínimos.

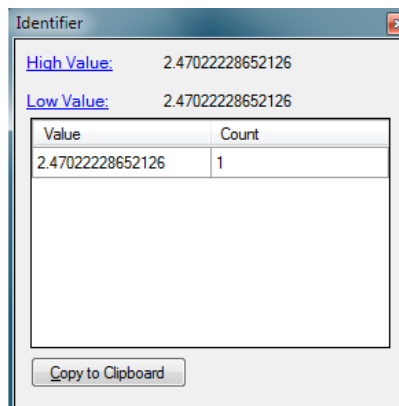
Gráfica 135. Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HidroSIG



Gráfica 136. Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HidroSIG



Gráfica 137. Identify Valor Aleatorio de Acumulador de flujo estudio de caso Las Ánimas HidroSIG



Para el estudio de caso, de la cuenca del arroyo Las Animas se identifico al menos 3 puntos diferentes indicando en una tabla las coordenadas x, y, z, luego realizar el balance hidrológico con las grillas suministradas por la Escuela Colombiana Ingeniería y realizar el cálculo completo utilizando HidroSIG y el Add-in, se presenta una tabla de comparación de los resultados obtenidos para los puntos.

Tabla 64. Comparación de los resultados obtenidos.

Punto 01

AddIn		HidroSIG 4.0		Diferencia
X	1.055.063.148	X	1.055.063.148	
Y	1.544.847.784	Y	1.544.847.784	
Z	129	Z	129	

0,000971

Punto 02

AddIn		HidroSIG 4.0		Diferencia
X	1.051.138.794	X	1.051.138.794	
Y	1.544.333.704	Y	1.544.333.704	
Z	170	Z	170	

0,001339

Punto 03

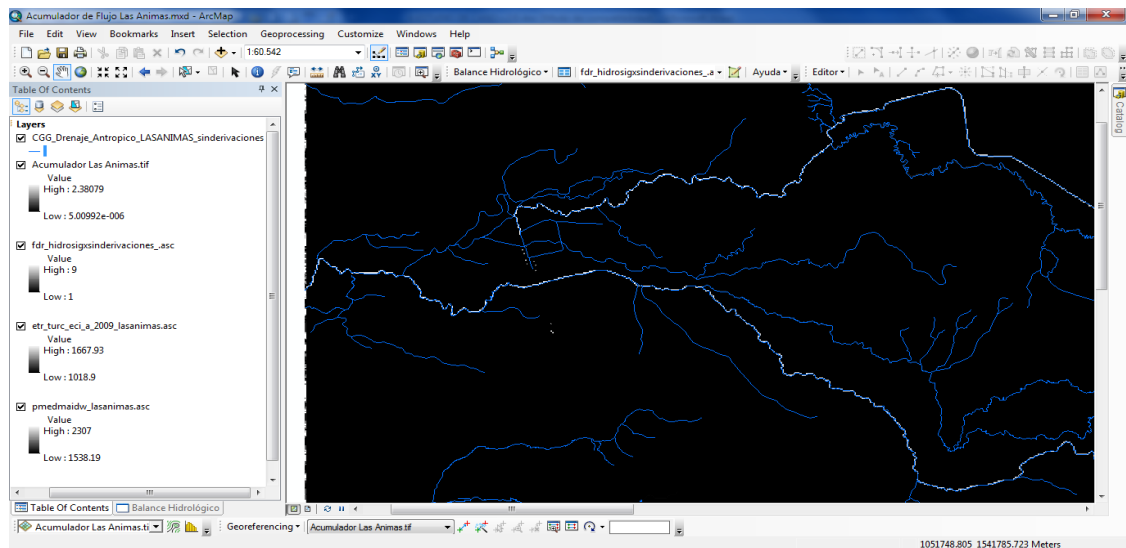
AddIn		HidroSIG 4.0		Diferencia
X	1.050.892.549	X	1.050.892.549	
Y	1.543.720.954	Y	1.543.720.954	
Z	173	Z	173	

0,00136

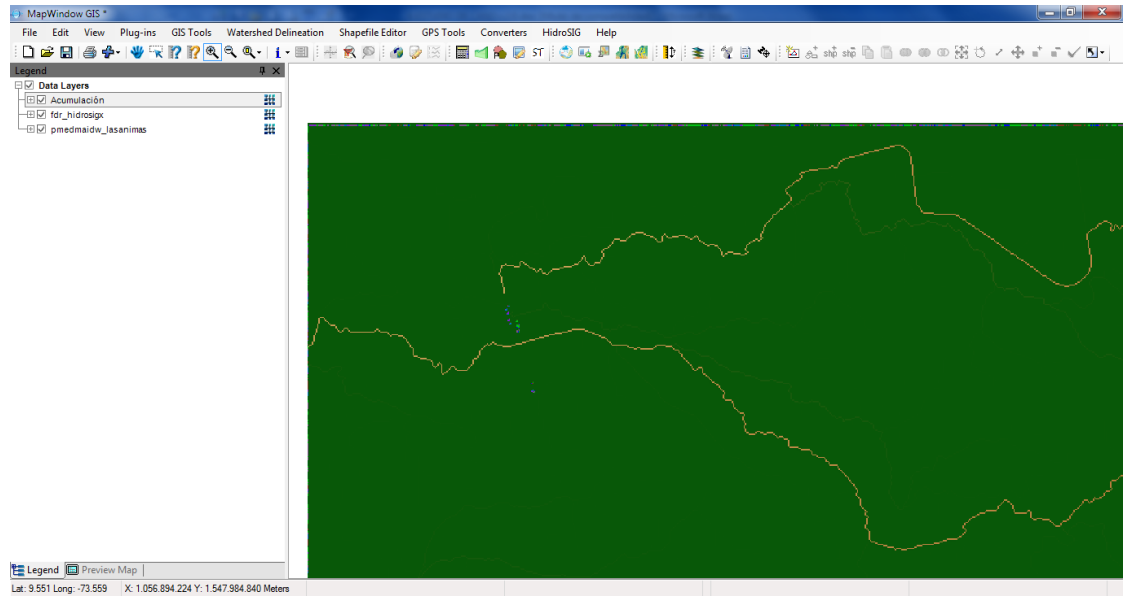
Las diferencias se basan sobre los datos de acumulación de cada punto después de realizar el balance hidrológico obtenido de AddIn Vs Hidrosig 4.0 punto 1(2.471193,2.470222), punto 2 (2.307074,2.305735), punto 3 (2.3388, 2.33744).

Su diferencia radica en el raster de direcciones suministrado tiene algunos pixeles con valores "no data", entonces se controlo la acumulación en el Addin en dichos pixeles sea cero.

Gráfica 138. Desarrollo en ArcGis Addin



Gráfica 139. Desarrollo en ArcGis HydroSig



6. RECOMENDACIONES

Realizar las respectivas actualizaciones y ediciones conforme al uso desarrollo del add-in para ArcGIS desktop, versión de la Herramienta Computacional Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo Versión 1.0, entregada por este proyecto.

Para el uso y funcionamiento adecuado, realizar lectura del manual de usuario con detenimiento y atención, haciendo caso de las recomendaciones y configuraciones de la herramienta para su correcto funcionamiento, en especial con el tema instalación, desinstalación, configuración básicas del sistema, de las referencias espaciales, las proyecciones geográficas, sistemas de coordenadas entre otros.

Para solucionar las limitaciones propias de la administración de los SIG, a un nivel superior de uso, será necesario realizar las soluciones a los problemas contando con el desarrollo propio de la plataforma ArcGIS 10.1 o su versión superior, por ejemplo es el caso para lidiar con las diferentes resoluciones de tamaño espacial, se tendrá que dejar la más pequeña resolución y realizar un remuestreo.

Es importante establecer que la versión de la Herramienta Computacional Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo Versión 1.0, fue creada para la versión de ArcGIS 10.1 y/o versiones subsecuentes para su operación y funcionamiento normal

Para la edición, actualización del código es necesario tener en cuenta que la modificaciones realizadas al código y que no se hayan tenido en backup afectara la herramienta sino se guarda una copia de la versión de código anterior, la recomendación es que debe realizase el proceso diseño desde el diagrama de flujo y el modelo de clases, antes de alterar el código, de igual manera el código viene integrado por paquetes (Package AddIn), los cuales pueden ser editados.

7. CONCLUSIONES

La herramienta para la estimación del balance hidrológico de largo plazo (código "HydrologicalBalance") es una herramienta computacional que se creó con el apoyo de la ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERÍA JULIO GARAVITO, a nivel de maestría en Ingeniería Civil, con Énfasis En Recursos Hidráulicos Y Medio Ambiente en el Centro De Estudios Hídricos, con el propósito de realizar una propuesta de desarrollo en sistemas de información geográfico (SIG) aplicado al ingeniería civil para optimizar y automatizar procesos de manejo de recursos hidrológicos y geográficos, accesible a no programadores para ingenieros que manejen temas de recursos hídricos, que no tengan una amplia experiencia y manejo de SIG , en específico en manejo de ArcGIS en versión 10.1 en adelante. Evidentemente el punto de partida de experiencias exitosas fue fundamentado e influenciado por la Universidad Nacional sede Medellín, Escuela de Geociencias y medio ambiente a través de Hidrosig 4.0.

La herramienta para la estimación del balance hidrológico de largo plazo, tiene una serie de desarrollos informáticos acordes a las tecnologías de avance en el sentido de la ciencias de la Geomática, que están a la vanguardia del desarrollo de Sistemas de Información Geográficos (SIG) actual, en esa dirección fue construida empleando un modelo de add-in para ArcGIS desktop, este modelo provee un framework declarativo para crear una colección de personalizaciones empaquetadas dentro de un archivo comprimido (.esriAddIn). Específicamente la herramienta corresponde a una extensión para ArcMap (ArcMap Add-in).

Esto permite a los add-ins proporcionar una visión simple y ligera para las personalizaciones más comunes de ArcGIS (botones, herramientas, cuadros combinados, barras de herramientas o de menú, ventanas acoplables y extensiones para la aplicación y el editor) y se pueden compartir mediante correo electrónico, carpetas compartidas en red y descargas públicas. (ESRI).

El add-in se generó con el lenguaje de programación C# del framework .Net, empleando la librería de objetos COM de ArcGIS llamada ArcObjects, el SDK de ArcObjects incluye un asistente para generar y actualizar los componentes del Add-In. Para las ediciones, actualizaciones, adiciones, mejoras y desarrollos complementes tras versiones consecutivas la oportunidad de brindar un avance científico sólido en sucesión con la teoría de sistemas y la lógica de lenguaje, acorde con los requerimientos y necesidades actuales y futuros. Retos de integración a otro software de ingeniería hídrica, facilidad, ligereza y simplicidad.

El software empleado en la implementación fue Microsoft Visual Studio 2010, ArcObjects SDK for the, Microsoft .NET Framework 10.1, ArcGIS for Desktop (Con

la extensión Spatial Analyst), los desarrollos acordes a las novedades¹¹ introducidas por ArcGIS for Desktop y Server en 10.1, por ESRI, principalmente en los siguientes aspectos automatización de flujos de trabajo de mapas en ArcGIS 10.1, distribución de mapas y datos en ArcGIS 10.1, las geodatabases en ArcGIS 10.1, a bases de datos en ArcGIS 10.1, edición en ArcGIS 10.1, Novedades para los rásteres y datos de imagen en ArcGIS 10.1, Novedades para los metadatos en ArcGIS 10.1, Novedades en la caja de herramientas Análisis, Novedades de la caja de herramientas Administración de datos, Novedades de la caja de herramientas Geostatistical Analyst, Novedades para los SIG móvil, ello establece una línea solida de desarrollo sobre las reformas y novedades incluidas por casa matriz, que aseguran el desarrollo posterior de la herramienta computación.

El usuario de la herramienta computacional tendrá la oportunidad de realizar sus operaciones con la enormes facilidades de la plataforma actual ArcGIS 10.1 en los siguientes aspectos desarrollados por el add-in Balance Hidrológico a continuación se enuncian las funcionalidades existentes más relevantes haciendo referencia de manera general a los componentes de la implementación empleados por cada funcionalidad: Activación de la extensión, Barra de Herramientas (Toolbox), Cuadros combinados (Combo Boxes), Herramientas, Botones. Garantiza el entorno de administrador de escritorio y ventanas desplegadas, ello con el propósito de acercar a los usuarios que no son expertos en manejo de SIG, y conducirlos al uso y funcionalidad en el área de recursos hídricos.

Este trabajo ofrece una propuesta inicial de desarrollo en la plataforma ESRI , con el firme propósito de que sea desarrollado tomando como árbol de necesidades obvias para que los consecutivos módulos se acoplen a este, ello teniendo como insumo el aporte de la teoría lógica de programación y el código generado.

La herramienta computación creada ofrece la superación de las limitaciones informáticas más apremiantes dadas, con la ayuda y el avance tecnológico actual, para enfrentar y atender otros retos teóricos actuales geomáticos. Además constituye una mejora notable en automatización y optimización de procesos como por ejemplo la teoría algebra de mapas y geoestadística incorporados en esta propuesta y declaradas en las líneas de código “HydrologicalBalance”.

El código fuente de la “Herramienta Computacional Para La Estimación Del Balance Hidrológico De Largo Plazo Versión 1.0, en ArcGis 10.1” está abierto a todas las modificaciones, actualizaciones, desarrollos y mejoras, tales como la inclusión de métodos alternativos para la generación de grillas de evapotranspiración, temperaturas entre otros aspectos de interés.

¹¹ ESRI. Novedades en ArcGIS 10.1. Copyright © 1995-2012 Esri. Todos los derechos reservados. Disponible en Internet: <http://www.gep.uchile.cl/Biblioteca/SIG/whatsnewinarcgis.pdf>

BIBLIOGRAFÍA

DEPARTMENT OF THE ARMY CORPS OF ENGINEERS INSTITUTE FOR WATER RESOURCES. Hydrologic Engineering Center. 609 Second Street Davis, CA 95616-4687. Disponible en Internet: <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ra>

ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD NACIONAL. HigoSIG 4.0. Medellín Colombia. Disponible en Internet: <http://www.medellin.unal.edu.co/~hidrosig/>

UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MEDELLÍN Y EPM AGUAS. Estudio de Oferta y demanda hídrica.2004.

ESCUELA DE GEOCIENCIAS Y MEDIO AMBIENTE. UNIVERSIDAD NACIONAL. Manual software HigoSIG 4.0. Medellín Colombia. Disponible en Internet: <http://www.medellin.unal.edu.co>

POVEDA, G., JI VÉLEZ, DO MESA, Y CO-AUTORES. Vinculación Balances Hídricos a largo plazo y de escala estadística para estimar los flujos del río a lo largo de la red de drenaje de Colombia. . Revista de Ingeniería Hidrológica, ASCE, 12 (1), 4-13, enero-febrero 2007

POVEDA, G., DO MESA, JI VÉLEZ, Y CO-AUTORES. HidroSIG: Un atlas digital interactivo de Colombia hidro-climatología, Diario de Hidroinformática, 9 (2), 145-156, 2007.

ESRI. Novedades en ArcGIS 10.1. Copyright © 1995-2012 Esri. Todos los derechos reservados. Disponible en Internet: <http://www.gep.uchile.cl/Biblioteca/SIG/whatsnewinarcgis.pdf>

ESRI. Support ArcGIS 10.1. Copyright © 1995-2012 Esri. Todos los derechos reservados. Disponible en Internet: <http://support.esri.com/en/knowledgebase/Gisdictionary/browse>

BARÓN, Alicia. Modelos geoespaciales de la distribución de las variables climatológicas en el territorio colombiano. Meteorol. Colomb. 7:81-89. ISSN 0124-6984. Bogotá, D.C. – Colombia. 2003. Disponible en Internet: http://www.geociencias.unal.edu.co/Unciencias/data-file/user_23/file/METEOROLOGIA /08%20BARON%20MODEL.pdf

ANEXOS

ARVHIVO	FORMATO	DETALLES
Anexo A. Manual de Usuario	Digital. Pdf	CD
Anexo B. Código fuente de la herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo versión 1.0.	Digital.rar	CD
Anexo C. Archivo Digital del Add-In Balance Hidrológico (add-in para ArcGIS desktop)	Digital. esriAddIn	CD
Anexo D. Estudio de Caso "LAS ANIMAS"	Digital.rar	CD
Anexo E. Componentes del modelo.	Impreso - Digital	Impreso medio pliego
Anexo F. Modelo de clases Addin	Impreso - Digital	Impreso medio pliego
Anexo G. Diagrama con componentes del Addin	Impreso - Digital	Impreso medio pliego
Anexo H. Ejemplo estimación de caudales Máximos y Mínimos con el uso de la herramienta "Add-in Balance Hidrológico ArcGis 10.1"- Datos del Modulo 3 - Estimacion de Caudales Hidrosig 4.0.	Digital.rar	CD

Anexo A. Manual de Usuario

Anexo B. Código fuente de la herramienta computacional para la estimación del balance hidrológico de largo plazo versión 1.0

Anexo C. Archivo Digital del Add-In Balance Hidrológico (add-in para ArcGIS desktop)

Anexo D. Estudio de Caso "LAS ANIMAS"

Anexo E. Componentes del modelo.

Anexo F. Modelo de clases Addin

Anexo G. Diagrama con componentes del Addin

Anexo H. Ejemplo estimación de caudales Máximos y Mínimos con el uso de la herramienta "Add-in Balance Hidrológico ArcGis 10.1"- Datos del Modulo 3 - Estimacion de Caudales Hidrosig 4.0.