

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL



**APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN INGENIERÍA CIVIL UTILIZANDO EL
SOFTWARE GV SIG**

PRESENTADO POR:

JOSÉ LUIS CARDOZA ARDÓN

PARA OPTAR AL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

CIUDAD UNIVERSITARIA, FEBRERO DE 2017

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR :

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIA GENERAL :

DRA. ANA LETICIA ZAVALETA DE AMAYA

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

DECANO :

ING. FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

SECRETARIO :

ING. JULIO ALBERTO PORTILLO

ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL

DIRECTOR :

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR FACULTAD
DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA ESCUELA
DE INGENIERÍA CIVIL

Trabajo de Graduación previo a la opción al Grado de:
INGENIERO CIVIL

Título :

**APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN
GEOGRÁFICA EN INGENIERÍA CIVIL UTILIZANDO EL
SOFTWARE GV SIG**

Presentado por :

JOSÉ LUIS CARDOZA ARDÓN

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor :

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

San Salvador, Febrero de 2017.

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Asesor:

ING. JORGE OSWALDO RIVERA FLORES

Agradecimientos.

- Agradecido con Dios todo poderoso por lograr culminar el trabajo de graduación denominado “APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS EN INGENIERIA CIVIEL UTILIZANDO EL SOFTWARE GVSIG”.
- Agradecimientos especiales al director del trabajo de graduación Ing Jorge Oswaldo Rivera Flores ya que su valioso aporte permitió que los objetivos de la tesis de alcanzaran con satisfacción.
- Agradecimientos mi familia por el aporte económico a lo largo de los años de estudio.

Resumen

El trabajo de graduación denominado “APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICOS EN INGENIERÍA CIVIL UTILIZANDO EL SOFTWARE GV SIG” es una guía para que los estudiantes, docentes y profesionales de ingeniería civil utilicen en sus trabajos ya sea en el ámbito académico o profesional.

En el desarrollo de la investigación de detallan diversas funciones del programa gv sig, que son de mucha utilidad en el ámbito de la gestión y formulación de proyectos, el trabajo de graduación nos presenta el desarrollo de dos proyectos el primero de ellos es la elaboración de un estudio hidrológico de un punto de interés, el segundo muestra las herramientas cartográficas que posee el software gv sig.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

ÍNDICE

CAPITULO I: GENERALIDADES	9
INTRODUCCIÓN.....	10
ANTECEDENTES.....	11
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	13
OBJETIVOS.....	15
OBJETIVO GENERAL.....	15
OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
ALCANCES.....	16
LIMITACIONES	17
JUSTIFICACIÓN	17
Capítulo II: USO GENERAL DE LOS SIG	20
QUE SON LOS SISTMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG).....	21
¿Qué es un SIG?	21
2.1.1.1 SIG como integrador de información.....	27
2.1.1.2 SIG como integrador de tecnología y personas	28
2.1.1.3 Componentes de un SIG	30
2.1.1.4 Datos	35
2.1.1.5 Procesos	36
2.1.1.6 Visualización y tecnología	38
2.2 Historia de los SIG	41
2.2.1 Orígenes de los SIG	42
2.2.3 Evolución de las tecnologías	47
2.2.3 Evolución de los datos	51
2.3 Sistema de coordenadas	53
2.3.1 Coordenadas geográficas.....	54
2.3.3Proyecciones cartográficas	61
2.3.4 Sistema UTM.....	66

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.4 Escala.....	72
3.1 Introducción al software GV SIG	76
3.1.1 Orígenes de GV SIG	76
3.1.2 Interfaz de GV SIG	76
3.1.3 Tipos de documentos.....	78
3.2 Proyectos	84
3.2.1 Herramientas de proyectos	84
3.2.2 Guardar cambios de un proyecto	85
3.3 Documento vista	88
3.3.1 Crear una vista propiedades de la vista	88
3.4 Sistemas de coordenadas	91
3.4.1 Cambiar el sistema de coordenadas de la vista	91
3.4.2 Definir un CRS de usuario	94
3.4.3 Reproyectar una capa	96
3.5 Capas.....	97
3.5.1 Crear nuevas capas	99
3.5.2 Exportar capa	100
3.6 Propiedades de la capa raster.....	102
3.6.1 Información general acerca de capa raster	102
3.6.2 Bandas.....	104
3.6.3 Transparencia.....	108
3.6.4 Realce.....	110
3.7 Uso de geoprociamiento	111
3.8 Ejemplo práctico	125
3.9 Imágenes satelitales en sasplanet.	164
3.10 Proyecto dos: generación de mapa de uso de suelos de San Salvador en gvsig	174
CAPITULO IV: DESCRIPCION DEL SEXTANTE DE GV SIG	188
4.1 Introducción al sextante de gvsig	189
4.2 Generar un modelo digital de elevaciones.	190
4.3.1 Generar MDE mediante rasterización	190

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.3.0 Filtrando una capa raster.....	195
4.4.0 Análisis del terreno, hidrología y más.....	200
4.4.1 Cálculo de pendientes y orientaciones.....	201
4.4.2 Cálculo de curvaturas.....	205
4.4.3 Análisis de iluminación.....	209
4.5.0 Cálculo de cuenca hidrológica.....	210
4.5.1 Preparar el MDE para el análisis hidrológico.....	211
4.5.2 Calcular la acumulación de flujo a partir del MDE preparado.....	213
4.5.3 Calcular la red de drenaje.....	215
4.5.4 Calcular las cuencas vertientes.....	219
4.5.5 Caracterización de cuencas.....	220
CAPITULO V: APLICACIÓN DEL SOFTWARE GV SIG EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL.....	223
5.1 Determinar las propiedades físicas de la cuenca del punto $x=482223.6$, $y=294843.11$, que pertenece a la zona metropolitana de San Salvador.....	224
5.1.2 Teoría general de estudios hidrológicos.....	224
5.3 Determinación de la cuenca de estudio.....	245
5.1.2Pendiente del Cauce Principal (Pm).....	255
5.3.2 Elevación media de la cuenca.....	256
5.2 Proyecto 2: Representacion cartografica en el software gvsig.....	291
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	303
Conclusiones:.....	304
Recomendaciones.....	306
Bibliografía:.....	307
Anexos.....	309

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

CAPITULO I: GENERALIDADES

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

INTRODUCCIÓN

La implementación de nuevas tecnologías para el desarrollo de nuestro país es un tema necesario para abordarlo, necesitamos apoyarnos en software para ser eficiente en nuestro trabajo, GVSIG nos presenta una plataforma en la cual podemos visualizar y manipular una gran cantidad de información.

El manual servirá como un apoyo a las asignaturas, topografía e hidrología, en donde se presentaran ejemplos prácticos, y el estudiante conocerá una forma más eficiente para realizar su trabajo; tener el conocimiento teórico es sumamente necesario; conocer las herramientas de GVSIG es importante para que puedan tener una segunda opción que les facilite los cálculos.

El manejo de una gran cantidad de información así como la visualización clara y concisa representan las ventajas de la utilización de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), es por eso que el trabajo está enfocado para desarrollar un manual práctico en donde el estudiante podrá hacer uso de la herramienta informática para el desarrollo de sus actividades académicas.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

ANTECEDENTES

Los sistemas de información geográfica (SIG) han tenido una participación considerable en el desarrollo de diversas disciplinas; tales como: agricultura, protección civil, hidrografía, geología, topografía, entre otros; países como: España, Inglaterra, Portugal y Republica Checa, utilizan este tipo de sistemas para integrar diversos componentes que permiten la organización, almacenamiento, manipulación y análisis de grandes cantidades de datos procedentes del mundo real que están vinculados a una referencia espacial, facilitando la incorporación de aspectos sociales-culturales, económicos y ambientales que conducen a la toma de decisiones de una manera más eficaz.

El año 1962 vio la primera utilización real de los SIG en el mundo, concretamente en Ottawa (Ontario, Canadá) y a cargo del Departamento Federal de Silvicultura y Desarrollo Rural. Desarrollado por Roger Tomlinson, el llamado Sistema de información geográfica de Canadá fue utilizado para almacenar, analizar y manipular datos recogidos para el Inventario de Tierras Canadá (Canada Land Inventory, CLI) - una iniciativa orientada a la gestión de los vastos recursos naturales del país con información cartográfica relativa a tipos y usos del suelo, agricultura, espacios de recreo, vida silvestre, aves acuáticas y silvicultura, todo ello a una escala de 1:50.000. Se añadió, así mismo, un factor de clasificación

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

para permitir el análisis de la información. Este tipo de sistemas fue creado con el propósito de almacenar la información de inventarios. El SIG es importante porque permite, entre otras cosas: recopilar, almacenar, procesar y visualizar información geográfica por medio de elementos tan simples como lo son: puntos, líneas y polígonos que en conjunto representan entidades geográficas y variables espaciales medibles y georreferenciados (ubicados).

En la medida en que podamos conocer y entender mejor el medio físico y natural donde nos desenvolvemos por medio del SIG, así también se podrá planear y planificar nuestras acciones y por consiguiente optimizar la toma de decisiones.

En El Salvador hicieron su aparición a principio de los años noventa. Muchos de ellos fueron componentes de proyectos de cooperación técnica internacional, principalmente en las ramas de agricultura, medio ambiente, desarrollo energético, infraestructura vial y levantamientos catastrales. Los fenómenos climáticos, vulcanológicos y tectónicos, partiendo del catastrófico Huracán Mitch en el año 1998 hasta llegar a los terremotos del 2001, despertaron la necesidad de contar con sistemas de información que permitieran proyectar modelos esquemáticos georeferenciados con los datos recolectados durante y después de las catástrofes.

En 1994 los SIG fueron utilizados en nuestro país para el desarrollo del primer sistema a nivel mundial dedicado especialmente al cultivo del café, realizado con

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

asesoría internacional en la Fundación Salvadoreña para Investigaciones del Café (PROCAFE). La introducción de esta tecnología dio lugar a la creación de poderosos sistemas en instituciones, cuyas acciones se basan en el uso de esta herramienta, tal es el caso del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), que cuenta con el Sistema de Información Ambiental (SIA); el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET); Vice Ministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano (VMVDU) con el desarrollo del Plan de Ordenamiento Territorial; el Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Registros (IGN-CNR); el Ministerio de Agricultura y Ganadería, (MAG) con el Programa Ambiental de El Salvador (PAES) y la incorporación en el año 2000, de esta tecnología, en la Universidad de El Salvador con fines educativos y de investigación científica en la Facultad de Agronomía y el Departamento de Ciencias Físicas de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Salvador es uno de los países más vulnerables a los fenómenos naturales; inundaciones, deslizamientos, terremotos; son algunos de los fenómenos que causan estragos en la vida de las personas, vemos que estos fenómenos se repiten con relativa frecuencia; mencionar la escasa investigación que como país hemos hecho en relación a la implementación de sistemas de información geográfica, que permita visualizar los puntos críticos para tomar las decisiones pertinentes de manera eficaz.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Debido a la necesidad de integrar el conocimiento científico a otras disciplinas, se hace necesario encontrar análisis que permitan manejar información con base espacial. Por esta razón, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son la herramienta idónea para estos proyectos ya que se puede utilizar información variada y de distintas fuentes que facilita el análisis simultáneo de un mismo problema.

La principal característica de un SIG es que está diseñado para trabajar con datos referenciados con respecto a coordenadas espaciales o geográficas así como trabajar con distintas bases de datos de manera integrada, permitiendo así generar información gráfica (mapas) útil para la toma de decisiones. Estos mapas ayudan a condensar varios aspectos de la realidad de una zona cuyo objetivo es reconocer la existencia de patrones espaciales sobre algún fenómeno de interés.

La implementación de nuevas tecnologías en el desarrollo de los proyectos de carreteras, agua potable, hidrología, saneamiento, monitoreo de movimiento de laderas, entre otros; es indispensable para observar los datos de una manera ordenada, el programa GV SIG nos proporciona una herramienta que podremos manipular gran cantidad de datos (de campo) y de esta manera contribuir a realizar los diseños de una manera más eficiente

El método de enseñanza-aprendizaje de igual debe de cambiar he ir encaminada a la implementación de nuevas herramientas para el claro entendimiento del

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

concepto de la asignatura, empleando el uso de aplicaciones que mejoren los procesos de diseño.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

- Elaborar un manual práctico para aplicaciones en ingeniería civil, utilizando el software denominado GV SIG para sistemas de información geográfica.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir en qué consisten los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y su aplicación en la ingeniería civil.
- Elaborar un manual del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados al desarrollo de proyectos de ingeniería civil
- Mostrar y explicar el método para generar mapas; que sirven para obtener una visión clara de los diversos fenómenos que son objetos de estudio utilizando el software GVSIG.
- Explicar en qué consiste el Modelo Digital de Elevaciones (MDE); para el desarrollo adecuado de proyectos utilizando el programa GVSIG.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Aplicar los Sistemas de Información Geográfica a proyectos específicos de ingeniería civil, los cuales serán definidos en el desarrollo de la investigación.
- Fomentar el aprendizaje y la importancia del uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG); en los estudiantes de ingeniería civil de la Universidad de El Salvador para el análisis y desarrollo de sus actividades académicas.

ALCANCES

- Se realizará una investigación bibliográfica con el propósito de adquirir el conocimiento teórico relacionado con los Sistemas de Información Geográfica; su historia, evolución, funcionamiento y características
- Servir como una guía que pueda ser utilizado por el profesor y el estudiante; con el fin de realizar los procesos de cálculo en proyectos de ingeniería civil de una manera eficiente y práctica
- Se llevarán a cabo tres ejemplos con fines académicos del análisis de proyectos de ingeniería civil, con el propósito de analizar las ventajas y beneficios que los Sistemas de Información nos proporcionan en el análisis e interpretación de los datos obtenidos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Se elaborará un manual, con los pasos necesarios para que el estudiante comprenda de una manera sencilla el manejo y manipulación del software, para que lo pueda utilizar en el desarrollo de sus tareas ex-aulas; y así tener una herramienta que le facilite el proceso desarrollo de sus proyectos en el ámbito profesional

LIMITACIONES

- Las escasas investigaciones que el país ha realizado en el desarrollo de proyectos en relación a sistemas de información geográfica.
- Falta disponibilidad de información geográfica digitalizada.
- Deficiencia en la formación académica de la carrera de Ingeniería Civil en el tema de análisis y planificación de proyectos aplicando los Sistemas de Información Geográfica (SIG), debido a que no se encuentra dentro los planes de estudios de la carrera.

JUSTIFICACIÓN

GV SIG es un proyecto de desarrollo de software para Sistemas de Información Geográfica basado en software libre, Permite acceder a información vectorial y rasterizada así como a servidores de mapas que cumplan las especificaciones del OGC (Open GeoSpatial Consortium).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Cuando hablamos de software libre nos referimos al conjunto de software que por elección manifiesta de su autor, puede ser copiado, estudiado, modificado, utilizado libremente con cualquier fin y redistribuido con o sin cambios o mejoras.

Esta es una de las principales razones por la cual utilizar GV SIG, ya que los softwares privativos tienen un valor elevado en el mercado.

Los SIG y las tecnologías relacionadas ayudan grandemente al manejo de grandes volúmenes de datos, éstos constituyen una herramienta cuyo gran potencial permite almacenar, consultar, analizar y desplegar la información estadística y geográfica que se considera relevante, así como desarrollar modelos y aplicaciones específicas, orientados a apoyar técnicamente los procesos de investigación y de toma de decisiones permitiendo un mejor manejo y control de las actividades humanas.

La modernización de las instituciones nacionales es algo sumamente importante para nuestra sociedad, tomar modelo de otras naciones que emplean estos sistemas para mejorar la calidad de vida de sus habitantes, con este programa podremos tener una visualización completa de las zonas que son de interés, ríos, quebradas, regiones; para diversidad de estudios, por ejemplo, zonas de recargas de pozos, estudios hidrológicos, zona de fallas geográficas, zonas de saneamiento básico, entre otros casos.

La importancia de la investigación es que las personas que lean este manual tengan a la mano una herramienta que faciliten sus actividades, basados en la

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

toma de datos en campo, procesamiento y ejecución de los modelos, en el software tenemos la facultad de tener una gran cantidad de información resumida en una misma ventana de trabajo, lo que facilita la toma de decisiones.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Capítulo II: USO GENERAL DE LOS SIG

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

QUE SON LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)

¿Qué es un SIG?

En 1854 el doctor John Snow, que intentaba identificar la fuente del brote de cólera que afectaba a un barrio de Londres, tuvo la idea de representar en un plano la situación de cada uno de los casos conocidos de incidencia de la enfermedad. A partir del resultado pudo localizar el pozo del que procedía el agua contaminada causante del brote. De haberse necesitado un análisis más complejo, y si se hubiera dispuesto de un SIG, la situación geográfica de cada incidencia podría haberse relacionado con las características del sujeto (sexo, edad, profesión, enfermedades previas, etc.) o del propio caso (fecha en la que fue detectada la enfermedad, síntomas, etc.), entre otras.

Un SIG (en inglés *GIS*, siglas de *Geographical Information System*) es una herramienta informática diseñada para el almacenamiento, visualización, gestión y análisis de información geográfica, es decir de información que está ligada a una referencia geográfica dada. Los SIG asocian informáticamente y de forma conjunta la situación espacial de los elementos que en el caso de John Snow serían los puntos en los que se detectó cada incidencia y la información temática asociada a ellos, es decir las características o los atributos de dichos elementos.

Un SIG trabaja a la vez con ambos tipos de información, espacial y temática, y debe ser capaz de integrar, almacenar, editar, analizar y compartir los datos, además de presentar los resultados obtenidos. Los SIG gestionan, por tanto, bases de datos gráficos y alfanuméricos vinculadas entre sí e integran funciones

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

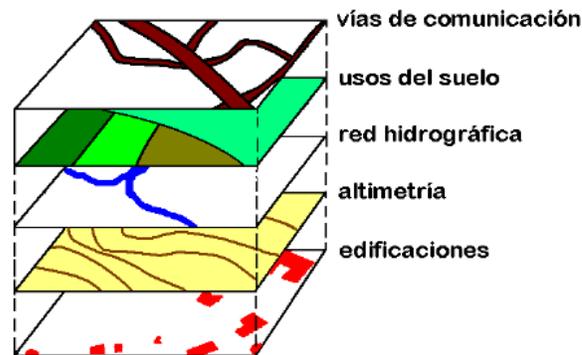
típicas de las bases de datos (consultas, análisis estadísticos, etc.) con las propias de la cartografía digital (visualización, análisis geográfico, etc.). Cada elemento gráfico en un SIG, por ejemplo una parcela, está asociado por un identificador común a los atributos que le corresponden (referencia, propietario, tipo, uso, etc.) de forma que accediendo al elemento se localizan sus atributos y a la inversa.

Los primeros SIG aparecieron en la década de los 70. Su tecnología ha evolucionado a un ritmo similar al de las ciencias que permiten estudiar la Tierra (Cartografía, Teledetección, Fotogrametría, Topografía, GPS, etc.) todas ellas impulsadas por el rápido desarrollo de la informática y las telecomunicaciones y, en la actualidad, es difícil encontrar un campo de actividad profesional o científico en el que no sean de utilidad. También es habitual emplear algunas de sus aplicaciones, como los callejeros o los navegadores, en nuestra vida diaria.

Hasta la aparición de los SIG la gestión de este tipo de datos se realizaba mediante los mapas temáticos, esto es, con información sobre papel estática y de contenido limitado. Superponiendo distintos mapas, trazados sobre papel transparente y a la misma escala, era posible estudiar algunos aspectos de los fenómenos cartografiados. La separación de la información en capas temáticas y el análisis basado en la superposición de capas (fig. 2.1), o en operaciones realizadas con distintas capas, se ha transmitido a los SIG y es un procedimiento habitual en ellos. Este análisis espacial, que antes tenía un uso limitado por sus

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

dificultades y su rigidez, se ha convertido, gracias a los SIG, en un elemento fundamental en la sociedad de la información.



En la figura 2.1 se muestran diferentes tipos de capas que contienen información específica.

Un SIG es, ante todo, una herramienta para gestionar datos, analizarlos y obtener resultados de ese análisis, es decir para resolver problemas concretos. No se debe perder de vista este carácter, poniendo el énfasis no en la herramienta en sí sino el uso que se hace de ella y en el beneficio que pueda obtenerse de ese uso. Por otra parte, tanto los mapas clásicos como la información geográfica gestionada por un SIG no son más que representaciones o modelos de la realidad y los resultados de su análisis serán tan válidos como lo sea el propio modelo.

En un SIG se suelen distinguir los siguientes componentes:

- Hardware.- El ordenador u ordenadores en los que funciona el sistema y sus periféricos (de entrada y de salida); también las unidades de almacenamiento.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Software.- Existen muchos programas de distintas casas comerciales y algunos en software libre. La elección del software depende de las aplicaciones concretas para las que se vaya a emplear y del tipo de análisis que se requiera de él. Los usuarios experimentados suelen utilizar varios programas distintos.
- Datos.- La información es la base de todo el sistema y el elemento más costoso. La información geográfica resulta difícil de generar y de actualizar.
- Metodología.- Los procedimientos que se establezcan para el desarrollo de un proyecto mediante SIG. Estarán determinados por el plan de trabajo que se diseñe en función de los objetivos del proyecto.
- Personas.- Todos los que vayan a trabajar con el SIG, tanto técnicos especializados como público en general. Estos últimos tienen que tener acceso a la información, lo que supondrá que determinadas funciones del programa deben ser fáciles de emplear pero también requerirá de ellos una cierta formación.

Muchos autores de textos sobre SIG hacen referencia al carácter multidisciplinar que es característico de estos sistemas. Su desarrollo solo ha sido posible gracias a las aportaciones de distintas ciencias y tecnologías, entre las cuales ya hemos citado algunas, y en sus aplicaciones cabe la participación de expertos de muy diversos campos, muchos de ellos sin relación directa alguna con la Cartografía. Estas aplicaciones son muy variadas y entre ellas podemos citar:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Generación y mantenimiento de cartografía automatizada
- Prevención de riesgos naturales: incendios, terremotos, desertización, etc.
- Proyectos de ingeniería
- Medio ambiente: seguimiento y análisis de fenómenos de contaminación, análisis de impactos ambientales, ubicación de plantas de tratamiento de residuos
- Inventario, gestión y mantenimiento de bienes protegidos (fig. 2.2)
- Gestión territorial; catastro
- Ingeniería del transporte: gestión del tráfico y del transporte público, análisis de rutas óptimas, etc.

Estas son las funciones propias de us SIG:

- Captura, edición y almacenamiento de la información: funciones que permitan adquirir información geográfica, espacial y temática, depurar sus errores y almacenarla en capas de forma que resulte coherente
- Análisis de la información, desde la visualización y la realización de consultas sencillas a la elaboración de modelos complejos: funciones que permiten procesar los datos, extraer información no evidente y generar nueva información que ayude a la toma de decisiones

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

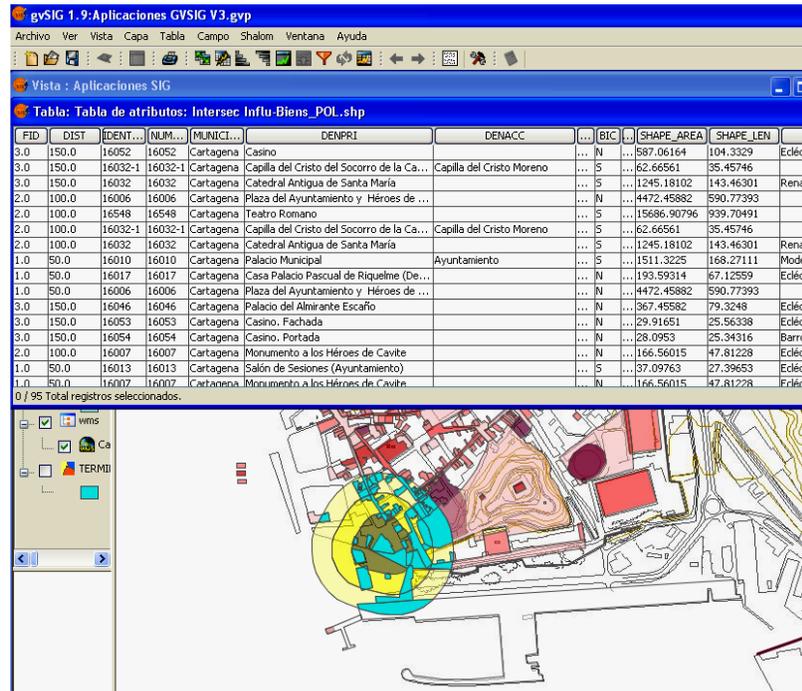


Figura2.2. En la figura se muestra una tabla de atributos y sus respectivos elementos así como una distribución de lotes

- Salida: generación de resultados gráficos o alfanuméricos como mapas, informes, etc.

La gran aportación de los SIG es la gestión integrada de grandes cantidades de datos, cada uno referido a una ubicación geográfica concreta, que se organizan y se almacenan en capas temáticas diferentes. La potencia de un determinado SIG depende en buena medida de su capacidad para realizar análisis complejos sobre esta información, relacionando entre sí las distintas capas de información disponibles.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.1.1.1 SIG como integrador de información

Si bien un SIG tiene una inherente naturaleza integradora y esta puede enfocarse desde muchos puntos de vista tal y como vemos en este apartado, el elemento tal vez más relevante en este sentido es la propia información que un SIG maneja y las características de esta. Conceptualmente, el verdadero pilar de esa naturaleza integradora del SIG reside en la información geográfica con la que se trabaja, que provee la amalgama adecuada para que un SIG sea un sistema sólido y cohesionado, confiriéndole a su vez sus propias características y su interés como herramienta polivalente. Muchas disciplinas trabajan con información de distinta naturaleza. En ellas, no siempre resulta sencillo buscar elementos en común para poder unir y coordinar toda esa información bajo un único punto de vista conceptual. En otras ocasiones, disciplinas que en la práctica presentan una interacción real (puede decirse que, de un modo u otro, todas las disciplinas están interrelacionadas) resultan difíciles de integrar desde el punto de vista teórico, y no es sencillo ponerlas en un marco común de trabajo. Por ejemplo, información de tipo sociológico como la tasa de analfabetismo e información de carácter físico o biológico como puede ser la acidez del suelo, no parecen sencillas de combinar para la realización de algún análisis común. De existir alguna relación entre ellas (o de no existir, y pretender demostrar que son variables independientes), es necesario buscar un punto de enlace entre ambas informaciones para poder estudiar esta. Un nexo que las une es el hecho de que están asociadas a una localización en el espacio, ya que una serie de datos de

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

tasa de analfabetismo corresponderán a una serie de lugares, del mismo modo que lo harán los valores de acidez del suelo. El hecho de que ambas informaciones tienen a su vez carácter geográfico va a permitir combinarlas y obtener resultados a partir de un análisis común. El SIG es, en este contexto, el marco necesario en el que incorporar esa información georreferenciada y trabajar con ella.

2.1.1.2 SIG como integrador de tecnología y personas

Puede pensarse que los SIG son meramente herramientas informáticas y que la única tecnología que reside tras ellas es la propia tecnología informática. Sin embargo, el papel integrador de los SIG hace que sean la herramienta elegida para la gestión de resultados y elementos producidos por otras tecnologías, muchas de las cuales se encuentran actualmente en pleno desarrollo. La popularización de los SIG y su mayor presencia en una buena parte de los ámbitos de trabajo actuales han traído como consecuencia una mayor conciencia acerca de la importancia de la componente espacial de la información, así como sobre las posibilidades que la utilización de esta ofrece. Por ello, una gran parte de las tecnologías que han surgido en los últimos años (y seguramente de las que surjan en los próximos) se centran en el aprovechamiento de la información espacial, y están conectadas en mayor o menor medida a un SIG para ampliar su alcance y sus capacidades. Por su posición central en el conjunto de todas las tecnologías, los SIG cumplen además un papel de unión entre ellas,

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

conectándolas y permitiendo una relación fluida alrededor de las funcionalidades y elementos base de un Sistema de Información Geografía.

Los SIG como integración de personas.

Ya sabemos que la información georrefenciada es muy numerosa y variada. Esto significa que son muchos los tipos de personas que pueden emplearla y, por tanto, que pueden emplear un SIG para el trabajo con ella. La presencia del SIG como puerta de acceso a esa información es un punto común a todas esas distintas personas, y un Sistema de Información Geográfica es también un elemento integrador a nivel humano y profesional. Dentro incluso de un mismo campo de aplicación, son varios los grupos de personas que van a estar implicados en el desarrollo inicio de una tarea dada con la ayuda de un SIG. Desde la creación del dato geográfico hasta la obtención de un resultado final son muchas las operaciones que se llevan a cabo, y estas las desarrollan profesionales de distinta especialización y con herramientas particularmente adaptadas a dichas operaciones.

Con la aparición de los SIG, todos los profesionales dentro de esa cadena que va desde la creación del dato hasta las operaciones finales que se realizan sobre estos tienen una herramienta común de trabajo, pues un SIG puede utilizarse para desarrollar parcial o totalmente las tareas correspondientes a cada uno de ellos. El SIG es empleado para crear cartografía, para almacenar, gestionar y

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

consultar esta, así como para realizar análisis más complejos en base a ella y crear resultados.

Las funciones básicas que un SIG ha de cumplir, que ya vimos en el momento de dar una definición de estos, cubren en realidad un rango amplio de trabajo, y engloban las necesidades de usuarios que con anterioridad no tenían entre sí un marco de trabajo común tan definido. Esto tiene como consecuencia que existe una mejor coordinación entre ellos, pues es la propia herramienta quien establece las características de la relaciones existentes, y estas no dependen ya únicamente del propio ámbito de aplicación. No obstante, aparece una mayor necesidad de organización, y como veremos más adelante, esta organización es una de las partes básicas del sistema SIG y un elemento necesario para su buen funcionamiento.

2.1.1.3 Componentes de un SIG

Como ya hemos visto, en su concepción actual los SIG son sistemas complejos que integran una serie de distintos elementos interrelacionados. El estudio de todos y cada uno de estos elementos es el fundamento para el estudio global de los Sistemas de Información Geográfica, y de ese modo se aborda a lo largo de este libro, mostrando las propias características de cada elemento y los conceptos necesarios para entender las relaciones entre ellos. Una forma de entender el sistema SIG es como formado por una serie de subsistemas, cada uno de ellos encargado de una serie de funciones particulares. Es habitual citar tres subsistemas fundamentales:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Subsistema de datos. Se encarga de las operaciones de entrada y salida de datos, y la gestión de estos dentro del SIG. Permite a los otros subsistemas tener acceso a los datos y realizar sus funciones en base a ellos.
- Subsistema de visualización y creación cartográfica. Crea representaciones a partir de los datos (mapas, leyendas, etc.), permitiendo así la interacción con ellos. Entre otras, incorpora también las funcionalidades de edición.
- Subsistema de análisis. Contiene métodos y procesos para el análisis de los datos geográficos.

La figura 2.3 muestra el esquema de estos tres subsistemas y su relación. Para que un SIG pueda considerarse una herramienta útil y válida con carácter general, debe incorporar estos tres subsistemas en cierta medida

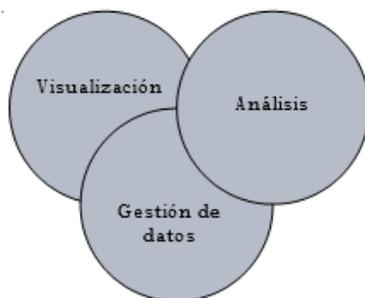


Figura 2.3 Esquema de un SIG con sus tres subsistemas fundamentales: datos, visualización y análisis

Otra forma distinta de ver el sistema SIG es atendiendo a los elementos básicos que lo componen. Cinco son los elementos principales que se contemplan tradicionalmente en este aspecto (Figura 2.4):

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- ✓ Datos. Los datos son la materia prima necesaria para el trabajo en un SIG, y los que contienen la información geográfica vital para la propia existencia de los SIG.
- ✓ Métodos. Un conjunto de formulaciones y metodologías a aplicar sobre los datos.
- ✓ Software. Es necesaria una aplicación informática que pueda trabajar con los datos e implemente los métodos anteriores.
- ✓ Hardware. El equipo necesario para ejecutar el software.
- ✓ Personas. Las personas son las encargadas de diseñar y utilizar el software, siendo el motor del Sistema SIG.

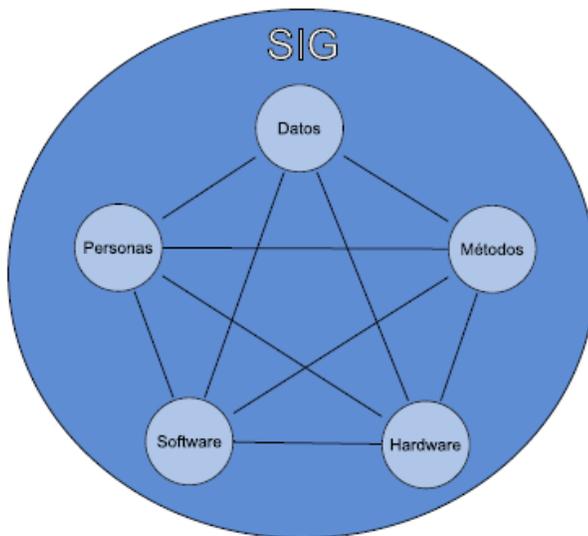


Figura 2.4 Elementos que forman el sistema SIG

El hardware no es un elemento especialmente particular en el caso de un SIG, y las aplicaciones SIG que encontramos actualmente en el mercado en todas sus variedades (que son las que el lector de este libro va a utilizar

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

habitualmente) se ejecutan en su mayoría sobre ordenadores personales sin requerimientos altamente específicos. Más aún, la expansión de las tecnologías SIG ha alcanzado hoy en día otros ámbitos como las plataformas móviles, haciendo de estas unas tecnologías poco específicas en lo que a hardware se refiere. Por esta razón, no es necesario tratar en detalle esta pieza del sistema SIG, siendo más adecuado tratar el resto de elementos, más característicos e importantes para el aprendizaje de los conceptos SIG y la descripción de estos. Por su parte, las personas tienen importancia tanto de forma individual como en su conjunto, siendo diferentes las necesidades que plantean como usuarios y beneficiarios de un SIG.

En la sociedad actual, las tecnologías y planteamientos colaborativos han calado hondo en el ámbito SIG, y la información geográfica es, por su propia naturaleza, propensa a ser compartida y utilizada por diferentes personas con fines muy distintos. Es por ello que el aspecto de mayor relevancia respecto a las personas como partes del sistema SIG es el de sus relaciones y su organización, siendo además en este campo donde se han producido en mayor medida los últimos avances, y donde ha tenido lugar un cambio más profundo, no ya solo dentro de los SIG, sino también en otras tecnologías de similar índole.

Las personas a su vez dan forma a los distintos ámbitos de trabajo, definiendo estos en función de sus necesidades. Puede tratarse el conjunto de campos de especialización como un nuevo elemento del sistema SIG, en lugar de

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

incorporarlo dentro de otro. Algunos autores proponen modificar el esquema clásico de cinco elementos para reflejar más correctamente la nueva realidad de los SIG. Por ejemplo, propone un esquema como el mostrado en la figura 2.5.

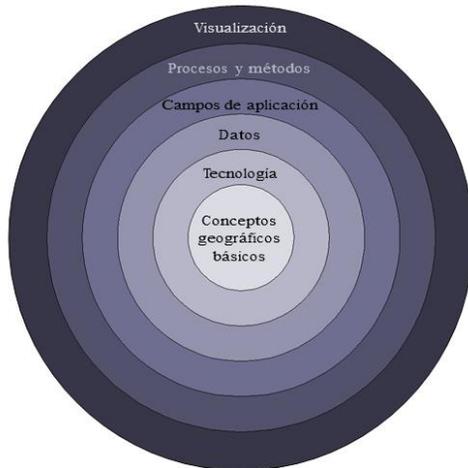


Figura 2.5 Una división distinta del sistema SIG

Esto contrasta con el hecho de que, a pesar de que las capacidades de los SIG son mucho más amplias que las relacionadas con la visualización, muchos usuarios usan estas por encima de las restantes, desconociendo incluso en muchos casos gran parte de las otras capacidades que un SIG puede brindarles. Correcto o no, desde el punto de vista del usuario medio, las capacidades de visualización están en primera línea del conjunto de funcionalidades de un SIG.

Abordar el estudio de un SIG acudiendo al esquema clásico de cinco elementos deja de lado la visualización, en cuanto que la engloba como una funcionalidad derivada de dichos elementos en su conjunto pese a que esta tiene unas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

características peculiares en el entorno de un SIG y una vital importancia en la concepción actual de este.

Con todo lo anterior, resulta más conveniente para su estudio práctico adoptar una evolución del esquema clásico de cinco elementos, y establecer unos nuevos componentes, cada uno de los cuales actúa como un pilar conceptual sobre el que ha de sustentarse el estudio de la disciplina de los SIG. Estos componentes son cinco:

- Datos.
- Procesos. Métodos enfocados al análisis de los datos.
- Visualización. Métodos y fundamentos relacionados con la representación de los datos.
- Tecnología. Software y hardware SIG
- Factor organizativo. Engloba los elementos relativos a la coordinación entre personas, datos y tecnología, o la comunicación entre ellos, entre otros aspectos.

A modo de introducción, se describen a continuación algunas ideas básicas de cada uno de estos componentes.

2.1.1.4 Datos

Los datos son necesarios para hacer que el resto de componentes de un SIG cobren sentido y puedan ejercer su papel en el sistema. La información geográfica, la verdadera razón de ser de los SIG, reside en los datos, y es por ello que el

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

conocimiento exhaustivo de los datos y su naturaleza resulta obligado para una buena comprensión los propios SIG. Son muchas las facetas de los datos que deben estudiarse, y todas ellas con una gran importancia. Por un lado, es necesario conocer las características fundamentales del dato geográfico que utilizamos en un SIG, es decir, su forma y sus propiedades. De ellas dependen, por ejemplo, los procesos que podremos o no realizar con los datos, y en general todo cuanto podemos esperar de ellos. Prescindiendo del hecho de que se trata de un dato geográfico, es relevante conocer como los datos se gestionan y almacenan en un entorno digital, aspectos de corte puramente informático que desarrolla la disciplina de la gestión de bases de datos. Cuando las ideas fundamentales al respecto se aplican al caso particular de los datos geográficos, surgen conceptos que resultan básicos para un buen uso de un SIG, y que además van siendo cada vez más relevantes a medida que los volúmenes de datos de que se dispone van aumentando. Al igual que aumenta el volumen de datos, lo hacen los orígenes de estos y las formas en que la información geográfica puede recogerse. Un aspecto clave para una utilización correcta de un SIG es saber integrar datos de distinta procedencia, para lo cual es vital entender como esta afecta a las propias características de dichos datos.

2.1.1.5 Procesos

El análisis es una las funcionalidades básicas de los SIG, y una de las razones fundamentales que llevaron al desarrollo de estos. Un ordenador es una herramienta con enorme capacidad de cálculo, y esta puede aplicarse a los datos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

espaciales para obtener resultados de muy diversa índole. En mayor o menor medida, un SIG siempre incorpora una serie de formulaciones que permiten la obtención de resultados y el análisis de los datos espaciales. Estas formulaciones representan procesos que pueden ser sumamente sencillos o enormemente complejos, y que pueden resultar de aplicación en uno u otro campo, o incluso con carácter general. Su origen puede ser muy variado, y no derivan necesariamente del ámbito puro de la geografía, sino que pueden ir desde simples consultas o mediciones a elaborados modelos que empleen datos de variables muy numerosas y arrojen resultados complejos. La estadística, entre otras ciencias, puede aportar al ámbito SIG muchas de sus ideas, y estas, adaptadas al marco de la información georreferenciada, constituir en el SIG un nuevo conjunto de procesos de análisis. Las ventajas de la incorporación de todos estos procesos en una única herramienta, el SIG, van desde la automatización de tareas a la aparición de nuevos procesos que, aprovechando la gran capacidad de cómputo de la plataforma en la que se ejecuta el SIG, producen resultados que no podrían ser obtenidos de otro modo. Bien sea por la complejidad propia de los procesos o por el nivel de precisión al que se trabaja, existen muchos procesos que mediante el uso de cartografía clásica y sin el apoyo de medios informatizados no pueden realizarse. El SIG abre un campo de actuación en el que la práctica totalidad de ideas y formulaciones de análisis pueden plasmarse y aplicarse con carácter práctico.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.1.1.6 Visualización y tecnología

Cualquier tipo de información puede ser representada de forma gráfica, lo cual habitualmente facilita la interpretación de dicha información o parte de esta. Gran parte de las características de la información (por ejemplo, la presencia de patrones sistemáticos), son más fáciles de estudiar cuando se apoyan sobre algún elemento visual, pues este añade un nuevo punto de vista.

En el caso particular de la información geográfica, la visualización no solo es una forma más de trabajar con esa información, sino que resulta la forma principal, no ya por ser la que en general hace más fácil e intuitivo el tratamiento de esa información, sino porque es aquella a la que estamos más acostumbrados. La información geográfica tiene una inherente naturaleza visual, ya que el espacio en sí es entendido de forma gráfica por el ser humano. Junto a esto, no debemos olvidar que la información geográfica se ha almacenado de forma tradicional de modo también visual, a través de mapas. Un mapa es en sí una representación visual de la información geográfica.

Al contrario que un mapa, que de por sí es de naturaleza gráfica, en un SIG trabajamos con datos de tipo puramente numérico, ya que es así como el ordenador puede manejarlos, y la información geográfica debe almacenarse de este modo. Para poder presentar una utilidad similar a la de un mapa en lo que a la presentación de la información respecta, un SIG debe incluir capacidades que generen representaciones visuales a partir de esos datos numéricos, aprovechando en la medida de lo posible las propias capacidades del medio

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

informático en que se trabaja para hacer estas representaciones más potentes como transmisoras de información.

Es deseable igualmente que el SIG sea capaz de generar cartografía clásica, y que incorpore métodos para el diseño cartográfico y la creación de mapas impresos, pues estos no pierden su vigencia pese a la existencia de los SIG.

La visualización de la información geográfica se rige por los mismos conceptos y principios que se emplean para la confección de cartografía impresa, y estos deben ser conocidos por el usuario de SIG, ya que una de las tareas de este es el diseño cartográfico y las preparación de los elementos de visualización para poder realizar su trabajo sobre las representaciones creadas. A los conceptos tradicionales hay que sumar algunas ideas nuevas, ya que un SIG es capaz de generar representaciones más avanzadas (por ejemplo, representaciones tridimensionales). A esto hay que sumar la presencia de un elemento característico y de gran importancia como es la elevada interactividad que toda representación gráfica lleva asociada dentro de un SIG, y que constituye una gran diferencia frente al carácter estático de la cartografía clásica.

Por todo ello, la visualización debe considerarse como un componente fundamental del sistema SIG en su concepción actual, y particularmente uno con especial interés desde el punto de vista del usuario directo de tecnologías SIG.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tecnologías de los SIG

Incluimos en este elemento tanto el hardware sobre el que se ejecutan las aplicaciones SIG, como dichas aplicaciones, es decir el software SIG. Ambos forman un binomio tecnológico en el que encontramos diversas alternativas, y que se enriquece diariamente con la rápida evolución del mercado tecnológico. En lo que a hardware respecta, es el elemento físico del sistema SIG, y conforma la plataforma sobre la que tiene lugar el trabajo con un SIG. La utilización de un SIG hoy en día se puede llevar a cabo en ordenadores personales o estaciones de trabajo. Estas últimas han cobrado importancia muy rápidamente en los últimos tiempos, especialmente en lo que al acceso a datos se refiere.

Además de la propia plataforma, el hardware incluye una serie de periféricos para tareas más concretas. De uso habitual en el trabajo con SIG son los periféricos para entrada de datos geográficos y la creación de cartografía.

Más recientemente, la aparición de Sistemas de Navegación Global como el GPS (que pueden a su vez considerarse como otro tipo de periféricos) ha creado una parcela tecnológica con gran relación con los SIG, convirtiendo a estos en herramientas ideales para la gestión de los datos de dichos sistemas. Incluso, la combinación de SIG y GPS sobre un único elemento de hardware ha dado lugar a herramientas como los navegadores GPS, que han supuesto un hito no solo desde el punto de vista técnico, sino también desde un enfoque social, pues acercan las tecnologías SIG a usuarios no expertos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Por su parte, el software es el encargado de operar y manipular los datos. El software SIG también ha sufrido una gran evolución, y bajo el paraguas de esa denominación encontramos desde las aplicaciones clásicas que permiten visualizar, gestionar y analizar los datos geográficos, hasta herramientas más especializadas que se centran en alguno de estos campos, o bien componentes que pueden incluso pasar a formar parte de otras aplicaciones fuera del ámbito SIG, pero que puntualmente requieren algunas de sus funcionalidades, especialmente las relacionadas con la visualización de cartografía digital.

2.2 Historia de los SIG

El desarrollo sufrido por los SIG desde sus orígenes hasta nuestros días es enorme. La popularización de las tecnologías y los esfuerzos de desarrollo llevados a cabo por un amplio abanico de ciencias beneficiarias de los SIG, todos han contribuido a redefinir la disciplina e incorporar elementos impensables entonces. No obstante, los componentes principales que identifican el núcleo principal de un SIG se mantienen a lo largo de todo ese desarrollo, y es su aparición la que define el momento inicial en el que podemos situar el origen de los SIG. Este momento surge al inicio de la década de los sesenta como resultado de unos factores que convergen para dar lugar al desarrollo de los primeros SIG. Estos factores son principalmente dos: la necesidad creciente de información geográfica y de una gestión y uso óptimo de la misma, y la aparición de los primeros computadores. Estos mismos factores son los que desde entonces han seguido impulsando el avance de los SIG, ya que el interés en el estudio y

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

conservación del medio se incrementa paulatinamente también hoy en día, y ello crea una situación ideal para la evolución de las técnicas y herramientas empleadas, muy particularmente de los SIG.

2.2.1 Orígenes de los SIG

Las bases para la futura aparición de los SIG las encontramos algunos años antes de esa década de los sesenta, con el desarrollo de nuevos enfoques en cartografía que parecen predecir las necesidades futuras que un manejo informatizado de esta traerá. Los trabajos desarrollados por John K. Wright en la Sociedad Geográfica Americana, en especial la publicación de su obra *Elements of Cartography* en 1953, son particularmente importantes. Obras como esta va ampliando el campo de la geografía cuantitativa hasta que este alcanza un nivel donde puede plantearse, una vez que la informática alcanza una cierta madurez, la unión de ambas disciplinas. La primera experiencia relevante en esta dirección la encontramos en 1959, cuando Waldo Tobler define los principios de un sistema denominado MIMO (map in-map out) con la finalidad de aplicar los ordenadores al campo de la cartografía. En él, establece los principios básicos para la creación de datos geográficos, su codificación, análisis y representación dentro de un sistema informatizado. Estos son los elementos principales del software que integra un SIG, y que habrán de aparecer en todas las aplicaciones desarrolladas desde ese momento.

El primer Sistema de Información Geográfica formalmente desarrollado aparece en Cañada, al auspicio del Departamento Federal de Energía y Recursos. Este

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

sistema, denominado CGIS (Canadian Geographical Information Systems), fue desarrollado a principios de los 60 por Roger Tomlinson, quien dio forma a una herramienta que tenía por objeto el manejo de los datos del inventario geográfico canadiense y su análisis para la gestión del territorio rural. El desarrollo de Tomlinson es pionero en este campo, y se considera oficialmente como el nacimiento del SIG. Es en este momento cuando se acuña el término, y Tomlinson es conocido popularmente desde entonces como (el padre del SIG).

La aparición de estos programas no solo implica la creación de una herramienta nueva, sino también el desarrollo de técnicas nuevas que hasta entonces no habían sido necesarias. La más importante de ellas es la codificación y almacenamiento de la información geográfica, un problema en absoluto trivial que entonces era clave para lograr una usabilidad adecuada del software.

Simultáneamente a los trabajos canadienses, se producen desarrollos en Estados Unidos, en el seno del Harvard Laboratory, y en el Reino Unido dentro de la Experimental Cartography Unit. Ambos centros se erigen también como principales desarrolladores de software para la producción, manejo y análisis de información geográfica durante aquellos años.

En el Harvard Laboratory, ve la luz en 1964 SYMAP, un aplicación que permitía la entrada de información en forma de puntos, líneas y áreas, lo cual se corresponde a grandes rasgos con el enfoque que conocemos hoy en día como vectorial. En la imagen 2.6 puede verse que los resultados cartográficos de este

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

software son aún de poca calidad. No obstante, el interés que despertaron las novedosas capacidades del programa para la generación de cartografía impulsó el desarrollo posterior y la evolución hacia sistemas más avanzados.

En 1969, utilizando elementos de una versión anterior de SYMAP, David Sinton, también en el Harvard Laboratory, desarrolla GRID, un programa en el que la información es almacenada en forma de cuadrículas. Hasta ese momento, la estructura de cuadrículas regulares era solo utilizada para las salidas de los programas, pero no para la entrada y almacenamiento de datos. Son los inicios de los Sistemas de Información Geográfica.

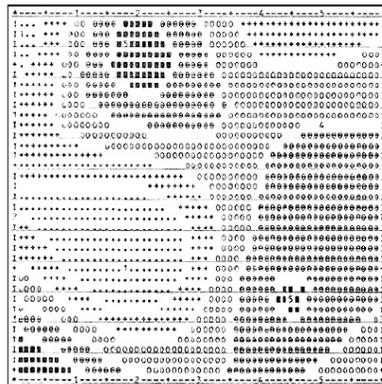


Figura 2.6 Mapa generado por SYMAP

SYMAP evoluciona y nuevos programas aparecen, tales como SYMVU (Figura 2.7), con capacidad de representación tridimensional, o CALFORM, con nuevas capacidades de representación y de generación de resultados impresos. GRID da lugar a IMGRID (Interactive Manipulation GRID), que sentará la base para el trabajo de Dana Tomlin con su paquete MAP, el cual incluye todos los elementos que hoy en día son imprescindibles para el análisis ráster.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

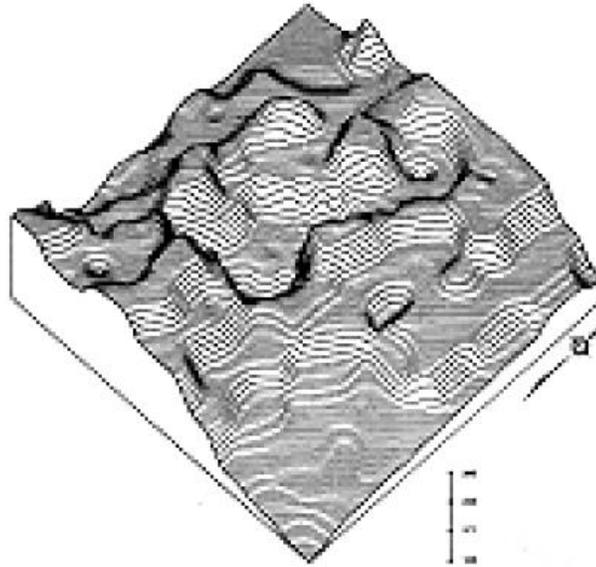


Figura 2.7 Representación tridimensional creada por SYMVU

Si la década de los sesenta es la de los pioneros y las primeras implementaciones, la de los setenta es la de la investigación y el desarrollo. A partir de los SIG primitivos se va dando forma a un área de conocimiento sin duda con gran futuro, y se elabora una base sólida de conocimiento y de herramientas aptas para un uso más genérico. Sin haber entrado aún en la época del uso masivo y generalizado, los primeros paquetes comienzan a distribuirse y pasan a incorporarse a la comunidad cartográfica, lejos ya de ser el producto de unos pocos pioneros.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

A partir de este punto, el campo de los SIG recorre sucesivas etapas hasta nuestros días (Figura 2.8), evolucionando muy rápidamente ante la influencia de numerosos factores externos. Desde este punto, vamos a estudiar como esos factores han ido a su vez evolucionando y cómo su influencia ha condicionado el rumbo seguido por los SIG. Distinguiremos los siguientes elementos:

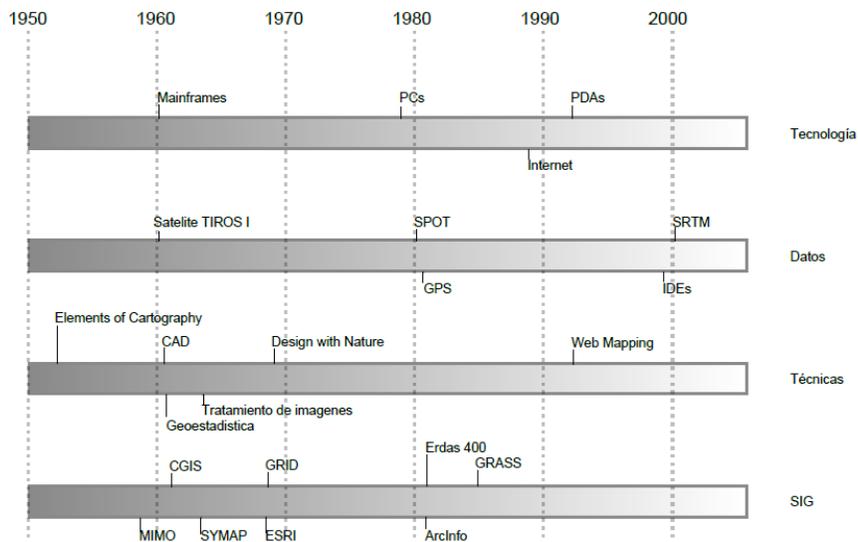


Figura 2.8. Esquema temporal de la evolución de los SIG.

- La evolución del SIG como disciplina. Cómo ha cambiado la presencia social de los SIG y su relación con otras disciplinas científicas, tanto influenciándolas como siendo influenciado por ellas.
- La evolución de la tecnología. Cómo ha variado el software SIG, así como las computadoras, periféricos y elementos informáticos de los que depende para su funcionamiento.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- La evolución de los datos. Cómo ha cambiado la generación de datos, su almacenamiento, y cómo esto ha condicionado el desarrollo de nuevas soluciones para su manejo
- La evolución de las técnicas y formulaciones. Desde los elementos básicos de la cartografía cuantitativa, cómo se han desarrollado nuevos conceptos, enfoques, teorías o ramas de conocimiento de nueva aparición, que han dejado su huella en la evolución de los SIG.

2.2.3 Evolución de las tecnologías

La tecnología sobre la que se basan los SIG es clave para entender todo lo relacionado con ellos, especialmente su evolución a lo largo del tiempo. Desde los primeros SIG muy lejos del alcance de un usuario medio, hasta las aplicaciones de escritorio o los elementos derivados de los SIG que son de uso habitual hoy en día, se ha producido un cambio enorme que, como cabe esperar, es paralelo al que la propia tecnología ha sufrido.

Tres son los bloques principales del desarrollo informático con una influencia más marcada en el campo de los Sistemas de Información Geográfica.

- ✓ Salidas gráficas. Sin las capacidades de representación gráficas de hoy en día, puede parecerse imposible el uso de un SIG, ya que, aunque los procesos de análisis son una parte imprescindible y definitoria del mismo y pueden llevarse a cabo sin necesidad de visualización, esta visualización es una herramienta fundamental de un SIG. No obstante, tanto los

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

primeros ordenadores como las primeras impresoras dedicadas a la impresión de mapas carecían de dichas capacidades.

La evolución de las capacidades gráficas, intensa desde esos inicios hasta nuestros días y aún muy activa, ha sido seguida de cerca por los SIG, que progresivamente van incorporando mejoras tanto en la representación en pantalla como en la generación de mapas impresos.

- ✓ Almacenamiento y acceso de datos. Desde el inicio, el almacenamiento y acceso de datos ha sido un problema clave en el cual se han producido grandes avances. Por una parte, los problemas asociados a los grandes volúmenes de información. Por otra, los relacionados con la lectura de estos, que ha de realizarse de forma fluida pese a dicho volumen. A medida que han ido aumentando las capacidades de almacenamiento y lectura, ha ido aumentando paralelamente el tamaño de los datos manejados, así como los soportes utilizados para ellos, y esta evolución paralela ha de continuar y condicionar la forma que adopten los SIG.
- Entrada de datos. Los datos geográficos utilizados en los primeros años de los SIG eran datos en papel que se digitalizaban y almacenaban mecánicamente en tarjetas perforadas en un único proceso mecánico. Hoy en día, y aunque veremos que las fuentes de datos han sufrido por su parte una gran evolución, sigue siendo necesaria la digitalización de una gran cantidad de datos. Desde esos sistemas mecánicos de tarjetas hasta los modernos equipos, la aparición de scanners de gran precisión y

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

técnicas de digitalización automáticas, entre otros, ha cambiado completamente el ámbito de la entrada de datos para su uso en un SIG.

Además del avance de estos factores, la evolución general de los ordenadores afecta a todos los elementos de software que se ejecutan sobre ellos. De las grandes computadoras se pasa a los PC (computadoras personales), y los programas tales como los SIG realizan también esa transición de una a otra plataforma.

La elaboración y análisis de cartografía se convierte a finales de los años 80 en una tarea que puede ya llevarse a cabo en equipos personales (PC) de bajo costo, lejos de las grandes máquinas y equipos dedicados de alto costo.

En 1978, la recientemente creada empresa ERDAS adapta para el PC un software de análisis de imágenes denominado IMGGRID, y comienza a distribuir este junto con un hardware relativamente asequible para uso personal. El ERDAS 400 System se convierte así en el primero de su clase con esas características.

A mitad de los 80, ArcInfo y ERDAS comienzan a distribuirse de forma conjunta en un producto comercial que integra el análisis vectorial con el tratamiento de imágenes dentro del entorno de un PC.

La evolución de las plataformas no se detiene ahí. Las tendencias actuales apuntan a llevar los SIG de forma genérica a plataformas móviles tales como

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

PDA, especialmente indicadas para la toma de datos en campo. La combinación de PDA y GPS se demuestra altamente práctica en este aspecto.

Elementos de SIG se incluyen también en los navegadores GPS cada día más populares, confirmando la tendencia de adaptar los SIG a los dispositivos portátiles, tanto para el análisis como para la consulta de la información geográfica.

La aparición de Internet es un hecho que ha modificado todos los aspectos de la sociedad actual, estén relacionados o no con ámbito científico. Los SIG no son, como cabe esperar, una excepción a esto, e Internet ha jugado un papel decisivo en redefinir el concepto de SIG que hoy conocemos.

El primer atlas digital en línea es el Atlas Nacional de Canadá, que se encuentra disponible desde 1994. Otros como MultiMap o MapQuest, que alcanzan gran popularidad, aparecen en 1996 y establecen la línea a seguir por otros servicios de Internet relacionados con la información geográfica.

En 2005 aparece Google Maps, que además de ofrecer servicios de cartografía permite desarrollar nuevas aplicaciones sobre dichos servicios a través de una interfaz de programación abierta y documentada. Los conceptos de la Web 2.0 se adaptan así al ámbito de los SIG. El número de ideas y funcionalidades basados en Google Maps crece exponencialmente desde prácticamente su nacimiento, extendiendo la tecnología SIG a campos casi insospechados y muy distintos de los que originalmente constituían el ámbito de uso de los SIG.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.2.3 Evolución de los datos

Los datos son el elemento principal del trabajo dentro de un SIG. Sin ellos, no tiene sentido un Sistema de Información Geográfica. Esta relación entre los datos y los elementos de software y hardware empleados en su manejo ha ejercido una notable influencia en el desarrollo de las tecnologías SIG y, recíprocamente, estas han definido el marco de trabajo para los avances en los tipos de datos.

En los orígenes, los primeros SIGs dieron solución al problema de la codificación de datos, e intentaron adaptar la cartografía disponible. Los primeros datos geográficos con los que se trabajaba provenían de la digitalización de cartografía impresa. Las primeras bases de datos geográficas contenían mapas escaneados y elementos digitalizados en base a estos. A partir de este punto, no obstante, van apareciendo nuevas fuentes de datos cuya estructura es más adecuada para su tratamiento informatizado, y al tiempo que los SIG se adaptan a estas, surge una relación bidireccional que resulta beneficiosa para ambos.

Un avance primordial en este sentido lo constituye el lanzamiento de los primeros satélites de observación terrestre. Las técnicas existentes para la toma de fotografías aéreas, desarrolladas principalmente con fines militares durante la Primera Guerra Mundial, pasan a ser aplicadas a escala global con la aparición de satélites destinados a estos efectos. El 1960, el primer satélite de observación meteorológico, el TIROS I , es lanzado al espacio. Dos años después, Rusia lanza su satélite Kosmos, y en 1974 el primer prototipo del satélite SMS-1 es puesto en órbita.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El 1980 se funda SPOT, la primera compañía mundial en ofrecer con carácter comercial imágenes procedentes de satélite para toda la superficie terrestre. A este hecho le seguirá el lanzamiento de un buen número de nuevos satélites con o sin fines comerciales. Los productos de la teledetección pasan a constituir una fuente de negocio, al tiempo que se incorporan como elementos básicos del análisis geográfico.

Las tecnologías de posicionamiento y localización son otra fuente de datos de primer orden. En 1981, el sistema GPS pasa a ser plenamente operativo, y en 2000 se amplía la precisión de este para uso civil. Este último hecho aumenta la penetración de la tecnología, pudiendo ya ser empleado el sistema para el desarrollo de elementos como navegadores GPS u otros productos derivados, hoy en día de uso común. Al igual que las aplicaciones, los distintos tipos de datos geográficos digitales se van asentando y popularizando, recibiendo progresivamente más atención y medios. El Servicio Geográfico Estadounidense (USGS) publica en 1976 los primeros Modelos Digitales de Elevaciones (MDE), en respuesta a la gran importancia que este tipo de dato tiene dentro del nuevo contexto del análisis geográfico.

La evolución de los datos de elevación a nivel global llega a un punto histórico en el año 2000 con la Shuttle Radar Topographic Mission (SRTM). La SRTM es un proyecto conjunto dirigido entre la NASA y la National Imagery and Mapping Agency (NIMA), cuyo objetivo es ofrecer información altitudinal de un 80% de la

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

superficie terrestre a una resolución de un segundo de arco (aproximadamente, 30 metros).

La aparición de nuevas técnicas tales como el LIDAR abre nuevos caminos en cuanto a la precisión que puede obtenerse en la caracterización del terreno, posibilitando nuevos usos y análisis antes no planteados.

La evolución de los datos no es solo una evolución técnica, sino también de carácter social y organizativo. En la denominada era de la información, el papel de los datos es tenido cada vez más en cuenta, y los esfuerzos para coordinar la enorme cantidad de datos espaciales y sus numerosas procedencias se hacen cada vez más relevantes. Se empieza a entender que resulta necesario formular estrategias adecuadas para la gestión de los datos espaciales. Estas estrategias pasan por la creación de las denominadas Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

2.3 Sistema de coordenadas

La característica principal de la información georreferenciada es que tiene una localización en el espacio, particularmente en el espacio terrestre. Esta localización se ha de dar por medio de unas coordenadas que la definan de forma adecuada, lo cual implica la necesidad de establecer un sistema en base al cual expresar dichas coordenadas.

Disponiendo de un modelo preciso para definir la forma de la Tierra, podemos establecer ya un sistema de codificar cada una de las posiciones sobre su

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

superficie y asignar a estas las correspondientes coordenadas. Puesto que la superficie de referencia que consideramos es un elipsoide, lo más lógico es recurrir a los elementos de la geometría esférica y utilizar estos para definir el sistema de referencia. De ellos derivan los conceptos de latitud y longitud, empleados para establecer las coordenadas geográficas de un punto. No obstante, la geometría plana resulta mucho más intuitiva y práctica que la geometría esférica para realizar ciertas tareas, y a raíz de esto surgen las proyecciones cartográficas, que tratan de situar los elementos de la superficie del elipsoide sobre una superficie plana, y que son los que se emplean para la creación de cartografía. Al aplicar una proyección cartográfica, las coordenadas resultantes son ya coordenadas cartesianas.

2.3.1 Coordenadas geográficas

El sistema de coordenadas geográficas es un sistema de coordenadas esféricas mediante el cual un punto se localiza con dos valores angulares:

- La latitud **a** es el ángulo entre la línea que une el centro de la esfera con un punto de su superficie y el plano ecuatorial. Las líneas formadas por puntos de la misma latitud se denominan paralelos y forman círculos concéntricos paralelos al ecuador. Por definición la latitud es de 0° en el ecuador, que divide el globo en los hemisferios norte y sur. La latitud puede expresarse especificando si el punto se sitúa al norte o al sur, por ejemplo

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

24°, 21' 11" N, o bien utilizando un signo, en cuyo caso los puntos al Sur del ecuador tienen signo negativo.

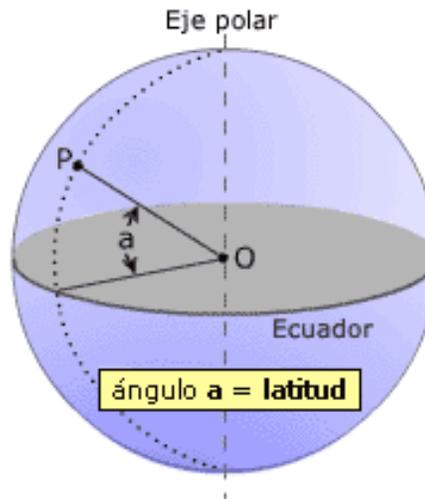


Imagen 2.9 Esquema general del valor angular denominado latitud

- la longitud **b** es el ángulo formado por la línea que une el centro de la esfera con un punto de su superficie y un plano que contiene una línea que une los polos tomada como referencia. Las líneas formadas por puntos de igual longitud se denominan meridianos y convergen en los polos. Como meridiano de referencia internacional se toma aquel que pasa por el observatorio de Greenwich, en el Reino Unido. Este divide a su vez el globo en dos hemisferios: el Este y el Oeste. La longitud puede expresarse especificando si el punto se sitúa al Este o al Oeste, por ejemplo: 32° , 12' 43" E, o bien utilizando un signo, en cuyo caso los puntos al Oeste del meridiano de referencia tienen signo negativo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

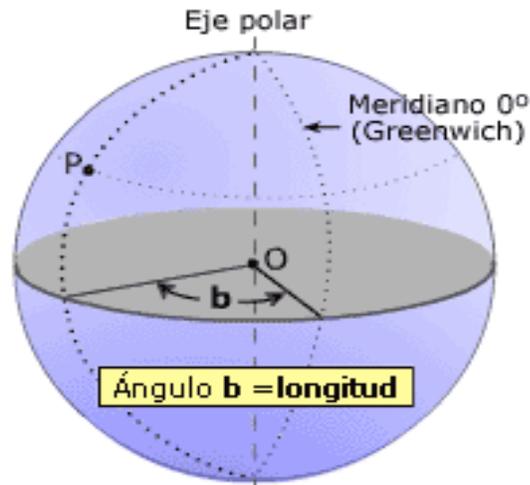


Imagen 2.10 Esquema general del valor angular denominado longitud

- ❖ Los meridianos se definen como las líneas de intersección con la superficie terrestre, de los infinitos planos que contienen el eje de la tierra.

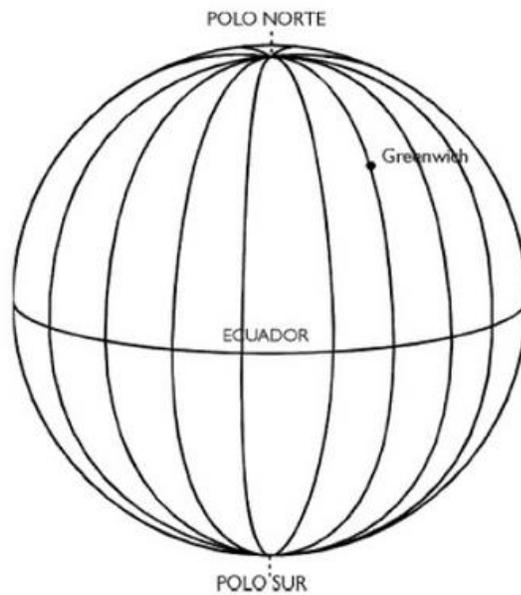


Imagen 2.11 Meridianos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El sistema toma como origen para designar la situación de una posición geográfica un determinado meridiano, denominado **meridiano 0°**, cuyo nombre toma el de una ciudad inglesa por el que pasa; “**GREENWICH**”.

La existencia de este meridiano divide al globo terráqueo en dos zonas; las situadas al Oeste (W) del meridiano 0°, y las situadas al Este (E).

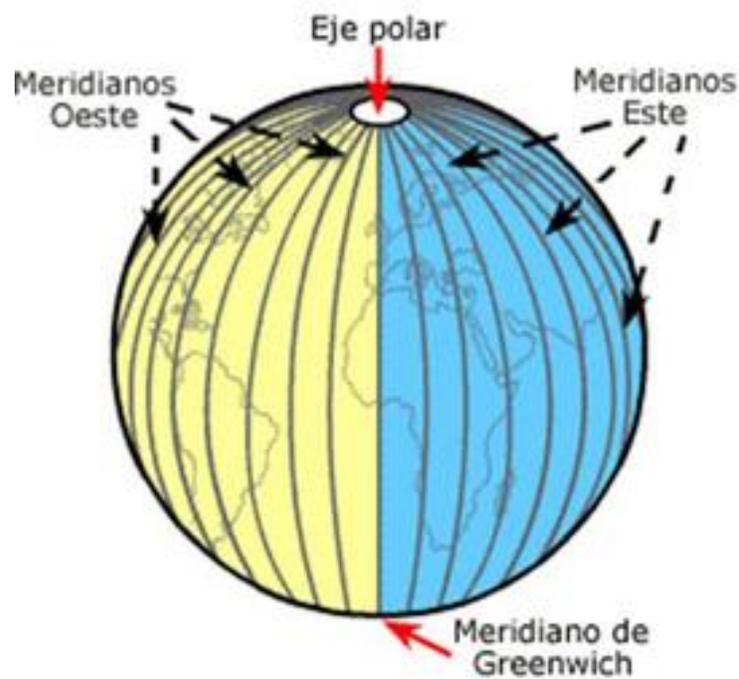


Imagen 2.12 Distribución de los meridianos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

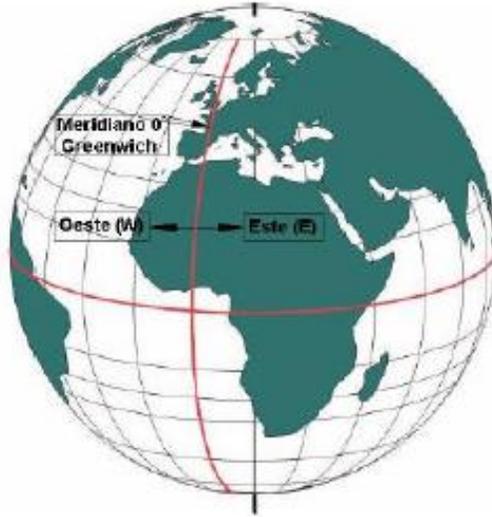


Imagen 2.13 Meridiano de Greenwich

- ❖ Los paralelos se definen como las líneas de intersección de los infinitos planos perpendiculares al eje terrestre con la superficie de la tierra.

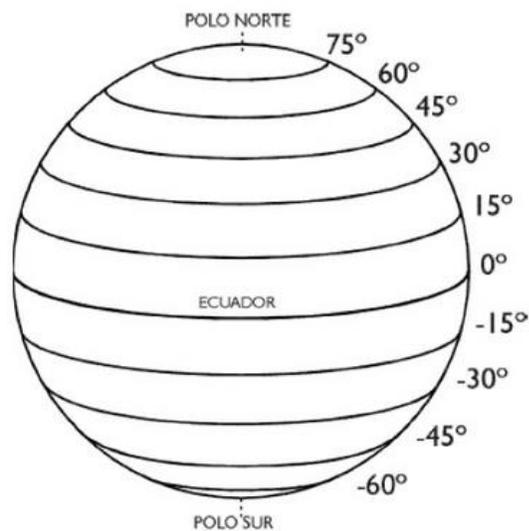


Imagen 2.14 Paralelos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Se definen sobre el globo terráqueo los paralelos, creándose el paralelo principal aquel que se encuentra a la máxima distancia del centro de la tierra. A este paralelo de mayor radio se le denomina “**ECUADOR**”, que divide el globo en dos casquetes o hemisferios; el hemisferio norte y el hemisferio sur. Paralelos geoméricamente a él, se trazan el resto de los paralelos, de menor radio, tanto en dirección al Polo Norte como al Polo Sur.

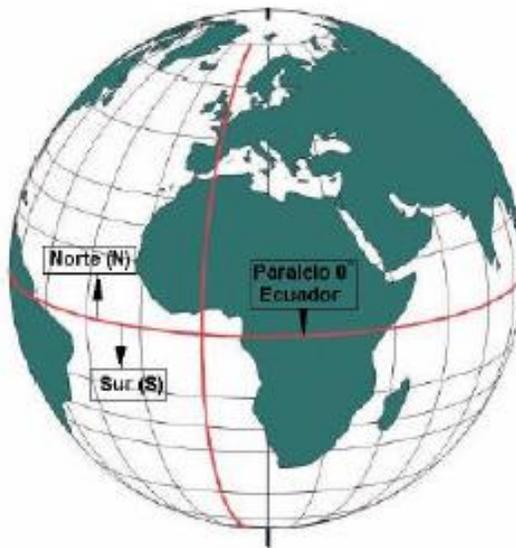


Imagen 2.15 Ecuador

Este paralelo principal, o **ECUADOR**, se toma como origen en el sistema de referencia creado, de modo que se designa la situación de un punto haciendo referencia a su situación respecto de estos dos casquetes.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Una vez que tenemos establecida una red de meridianos y paralelos, la situación geográfica de un punto viene definida por su longitud y su latitud, con referencia a la red creada.

Las coordenadas geográficas resultan de gran utilidad, especialmente cuando se trabaja con grandes regiones. No obstante, no se trata de un sistema cartesiano, y tareas como la medición de áreas o distancias es mucho más complicada. Si bien la distancia entre dos paralelos es prácticamente constante (es decir, un grado de latitud equivale más o menos a una misma distancia en todos los puntos), la distancia entre dos meridianos no lo es, y varía entre unos 11.3 kilómetros en el Ecuador hasta los cero kilómetros en los polos, donde los meridianos convergen.

La tabla 2.1 recoge las coordenadas geográficas de algunas ciudades importantes, a modo de ejemplo.

Ciudad	Latitud	Longitud
Badajoz	38.53 N	6.58 O
Barcelona	41.23 N	2.11 E
Cadiz	36.32 N	6.18 O
Girona	41.59 N	2.49 E
Granada	37.11 N	3.35 O
Madrid	40.24 N	3.41 O
Segovia	40.57 N	4.07 O
Valencia	39.28 N	0.22 O
Zaragoza	41.39 N	0.52 O

Tabla 2.1: Coordenadas geográficas de algunas ciudades

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.3.3 Proyecciones cartográficas

A pesar de su innegable utilidad y la potencia que nos brindan para la localización de cualquier punto sobre la superficie terrestre, un sistema de coordenadas esféricas tiene inconvenientes que no pueden obviarse. Por una parte, estamos más acostumbrados a la utilización de sistemas cartesianos en los cuales la posición de un punto se define mediante un par de medidas de distancia “x” e “y”. Esta forma es mucho más sencilla e intuitiva, y permite una mayor facilidad de operaciones.

Por otro lado, si necesitamos crear una representación visual de la información cartográfica, lo habitual es hacerlo en una superficie plana, ya sea a la manera clásica en un pliego de papel o, usando las tecnologías actuales, en un dispositivo tal como una pantalla. Por todo ello, se deduce que existe una necesidad de poder trasladar la información geográfica (incluyendo, por supuesto, la referente a su localización) a un plano, con objeto de poder crear cartografía y simplificar gran número de operaciones posteriores. El proceso de asignar una coordenada plana a cada punto de la superficie de la Tierra (que no es plana) se conoce como proyección. Más exactamente proyección es la correspondencia matemática biunívoca entre los puntos de una esfera o elipsoide y sus transformados en un plano. Es decir, una aplicación “f” que a cada par de coordenadas geográficas (x;y) le hace corresponder un par de coordenadas cartesianas (x; y), según:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

$$x = f(\phi, \lambda) ; y = f(\phi, \lambda) \quad (2.1)$$

De igual modo, las coordenadas geográficas puede obtenerse a partir de las cartesianas según:

$$\phi = g(x, y) ; \lambda = g(x, y) \quad (2.2)$$

Se puede pensar que podemos obtener una representación plana de la superficie de una esfera o un elipsoide si tomamos esta y la extendemos hasta dejarla plana. Esto, sin embargo, no resulta posible, ya que dicha superficie no puede desarrollarse y quedar plana. Por ello, hay que buscar una forma distinta de relacionar los puntos en la superficie tridimensional con nuevos puntos en un plano.

La figura 2.15 muestra un esquema del concepto de proyección, esbozando la idea de cómo puede establecerse la correspondencia entre puntos de la esfera y del plano. En ella vemos cómo el concepto de proyección se asemeja a la generación de sombras, ya que a partir de un foco se trazan las trayectorias de una serie de rayos que unen dicho foco con los puntos a proyectar, y después se determina el punto de contacto de esos rayos con la superficie plana. Aunque no todas las proyecciones siguen necesariamente este esquema, una parte de ellas sí que se fundamentan en un razonamiento similar a este, y el esquema mostrado

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

sirve bien para entender el concepto y el paso de coordenadas de una superficie tridimensional a una bidimensional.

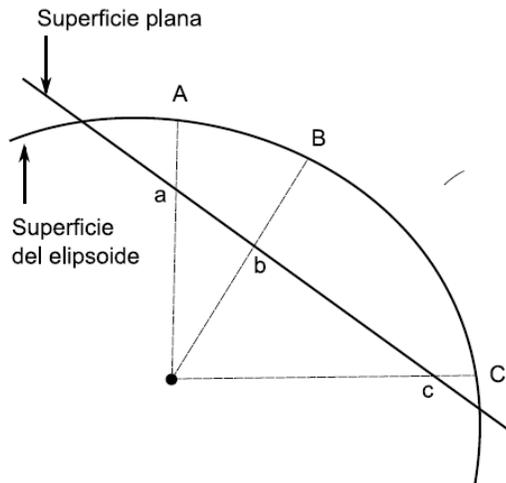


Figura 2.16: Esquema del concepto de proyección. A los puntos A;B y C sobre la superficie del elipsoide les asocian equivalentes a; b y c sobre un plano.

Veremos en los siguientes puntos las diferentes modificaciones que pueden introducirse sobre la forma anterior de proyectar, y que dan lugar a tipos distintos de proyecciones. Puede apreciarse igualmente en la figura que se producen distorsiones al realizar la proyección. Es decir, que ciertas propiedades no se reproducen con fidelidad al pasar puntos desde la superficie curva al plano. Por ejemplo, la distancia entre los puntos A y B no es igual a la existente entre los puntos a y b. Con independencia de las características propias de la proyección, siempre existen distorsiones. Esto es así debido a que la esfera, como se ha dicho, no es desarrollable, mientras que el plano sí lo es, y por ello en el paso de coordenadas de uno a otra han de aparecer inevitablemente alteraciones.

Tipos de proyecciones

Las proyecciones se clasifican según la superficie sobre la que se proyectan los puntos. En el esquema de la figura 2.10, el plano de proyección es ya de por sí bidimensional. No obstante, puede realizarse la proyección sobre una superficie tridimensional, siempre que esta, a diferencia de la esfera, sí sea desarrollable. Es decir, que pueda (desenrollarse) y convertirse en un plano sin necesidad de doblarse o cortarse. Estas otras superficies pueden emplearse también para definir una proyección, de la misma forma que se hace con un plano. Las superficies más habituales son el cono y el cilindro (junto con, por supuesto, el plano), las cuales, situadas en una posición dada en relación al objeto a proyectar (esto es, la Tierra), definen un tipo dado de proyección. Distinguimos así los siguientes tipos de proyecciones:

- Cónicas. La superficie desarrollable es un cono (Figura 2.17), que se sitúa generalmente tangente o secante en dos paralelos a la superficie del elipsoide. En este último caso, la distorsión se minimiza en las áreas entre dichos paralelos, haciéndola útil para representar franjas que no abarquen una gran distancia en latitud, pero poco adecuada para representación de grandes áreas. Algunas de las proyecciones más conocidas de este grupo son la proyección cónica equiárea de Albers y la proyección conforme cónica de Lambert.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

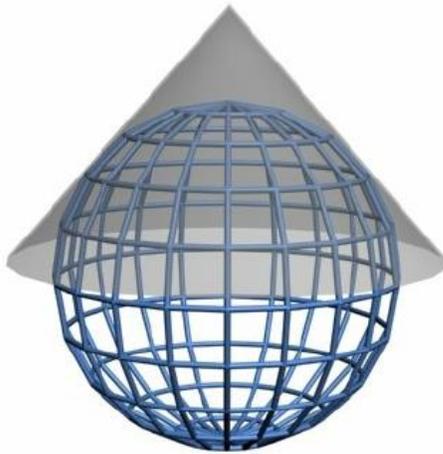


Figura 2.17: Esquema de una proyección cónica

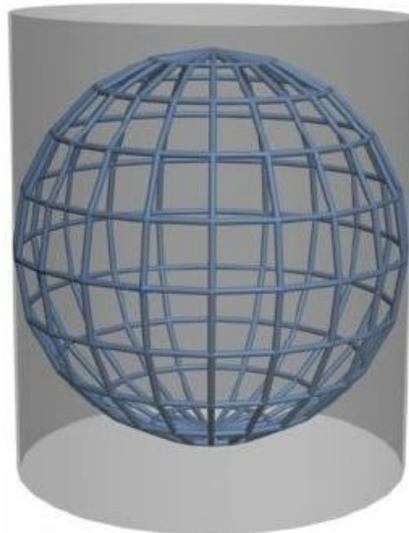


Figura 2.18: Esquema de una proyección cilíndrica

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Cilíndricas. La superficie desarrollable es un cilindro (Figura 2.18). Al proyectar, los meridianos se convierten en líneas paralelas, así como los paralelos, aunque la distancia entre estos últimos no es constante.

En su concepción más simple, el cilindro se sitúa de forma tangente al ecuador (proyección normal o simple), aunque puede situarse secante y hacerlo a los meridianos (proyección transversal) o a otros puntos (proyección oblicua).

La proyección de Mercator, la transversa de Mercator, la cilíndrica de Miller o la cilíndrica equiárea de Lambert son ejemplos relativamente comunes de este tipo de proyecciones.

- Planas o azimutales. La superficie desarrollable es directamente un plano. Según el esquema de la figura 2.18, tenemos distintos tipos en función de la posición del punto de fuga.
- Gnómica o central. El punto de fuga se sitúa en el centro del elipsoide.
- Estereográfica. El plano es tangente y el punto de fuga se sitúa en las antípodas del punto de tangencia. La proyección polar estereográfica es empleada habitualmente para cartografiar las regiones polares.

2.3.4 Sistema UTM

De entre los cientos de proyecciones que existen actualmente, algunas tienen un uso más extendido, bien sea por su adopción de forma estandarizada o sus propias características.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Estas proyecciones, que se emplean con más frecuencia para la creación de cartografía, son también las que más habitualmente vamos a encontrar en los datos que empleemos con un SIG, y es por tanto de interés conocerlas un poco más en detalle. En la actualidad, una de las proyecciones más extendidas en todos los ámbitos es la proyección universal transversa de Mercator, la cual da lugar al sistema de coordenadas UTM. Este sistema, desarrollado por el ejército de los Estados Unidos, no es simplemente una proyección, sino que se trata de un sistema completo para cartografiar la práctica totalidad de la Tierra. Para ello, esta se divide en una serie de zonas rectangulares mediante una cuadrícula y se aplica una proyección y unos parámetros geodésicos concretos a cada una de dichas zonas. Aunque en la actualidad se emplea un único elipsoide (WGS-84), originalmente este no era único para todas las zonas. Con el sistema UTM, las coordenadas de un punto no se expresan como coordenadas terrestres absolutas, sino mediante la zona correspondiente y las coordenadas relativas a la zona UTM en la que nos encontremos.

La cuadrícula UTM tiene un total de 60 husos numerados entre “1” y “60”, cada uno de los cuales abarca una amplitud de 6° de longitud. El huso “1” se sitúa entre los 180° y 174° O, y la numeración avanza hacia el Este. En latitud, cada huso se divide en 20 zonas, que van desde los 80°S hasta los 84°N. Estas se codifican con letras desde la “C” a la “X”, no utilizándose las letras “I” y “O” por su similitud con los dígitos 1 y 0. Cada zona abarca 8 grados de longitud, excepto la X que se prolonga unos 4 grados adicionales.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La figura 2.19 muestra un esquema de la cuadrícula UTM.

Una zona UTM se localiza, por tanto, con un número y una letra, y es en función de la zona como posteriormente se dan las coordenadas que localizan un punto. Estas coordenadas se expresan en metros y expresan la distancia entre el punto y el origen de la zona UTM en concreto. El origen de la zona se sitúa en el punto de corte entre el meridiano central de la zona y el ecuador. Por ejemplo, para las zonas UTM en el huso 31, el cual va desde los 0° hasta los 6°, el origen se sitúa en el punto de corte entre el ecuador y el meridiano de 3° (Figura 2.20).

Para evitar la aparición de números negativos, se considera que el origen no tiene una coordenada “X” de 0 metros, sino de 500000. Con ello se evita que las zonas al Este del meridiano central tengan coordenadas negativas, ya que ninguna zona tiene un ancho mayor de 1000000 metros (el ancho es máximo en las zonas cerca del ecuador, siendo de alrededor de 668 kilómetros).

De igual modo, cuando se trabaja en el hemisferio sur (donde las coordenadas “Y” serán siempre negativas), se considera que el origen tiene una coordenada “Y” de 10000000 metros, lo cual hace que todas las coordenadas referidas a él sean positivas.

Para las zonas polares no resulta adecuado emplear el sistema UTM, ya que las distorsiones que produce son demasiado grandes. En su lugar, se utiliza el sistema UPS (Universal Polar Stereographic).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Figura 2.19: Representación parcial de la cuadrícula UTM en Europa

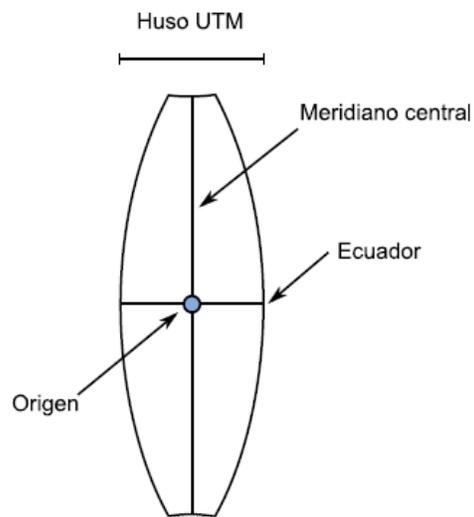


Figura 2.20 Determinación del origen de una zona UTM

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

2.3.1 Transformación y conversión de coordenadas

Una situación muy habitual en el trabajo con un SIG es disponer de cartografía en varios sistemas de coordenadas en un mismo sistema pero con parámetros diferentes (por ejemplo, diferente datum). Para poder emplear toda esa cartografía de forma conjunta, resulta necesario trabajar en un sistema único y bien definido, lo cual hace necesario convertir al menos una parte de ella. Este cambio de coordenadas puede ser obligatorio a cualquier escala de trabajo, ya que las diferencias en el sistema escogido pueden aparecer por circunstancias muy diversas, incluso si todos los datos tienen un origen común. Así, al reunir información de varios países para crear en un SIG un mapa de todo un continente, es probable que los datos de cada país estén referidos a un sistema distinto, pero incluso trabajando en un área más reducida podemos encontrar una situación similar.

Distinguimos dos tipos de operaciones a realizar con coordenadas: Conversión de coordenadas. Los sistemas de origen y destino comparten el mismo datum. Es una transformación exacta y se basa en la aplicación de fórmulas establecidas que relacionan ambos sistemas. Transformación de coordenadas. El datum es distinto en los sistemas de origen y destino. Las proyecciones cartográficas, vistas en un punto anterior, son una forma particular de conversión de coordenadas. Un SIG ha de estar preparado para trabajar con cartografía en cualquiera de los sistemas de referencia más habituales y, más aún, para facilitar

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

al usuario la utilización de todo tipo de información geográfica con independencia del sistema de coordenadas que se emplee. Para ello, los SIG incorporan los procesos necesarios para efectuar cambios de coordenadas, de forma que para unos datos de partida se genera un nuevo conjunto de datos con la misma información pero expresada en un sistema de coordenadas distinto. Otra forma en la que los SIG pueden implementar estas operaciones es mediante capacidades de transformación y conversión, es decir, en tiempo real. De este modo, pueden introducirse en un SIG datos en sistemas de coordenadas variados, y el SIG se encarga de cambiar estos a un sistema de referencia base fijado de antemano. Este proceso tiene lugar de forma transparente para el usuario, que tiene la sensación de que todos los datos estaban originalmente en el sistema de trabajo escogido.

2.3.2 Codificación del sistema de referencia

Debido al elevado número de distintos sistemas de referencia existentes, resulta fácil perderse en ellos a la hora de tener que trabajar con cartografía en distintos sistemas. Si bien es cierto que existe un esfuerzo integrador para tratar de homogeneizar el uso de sistemas de referencia, también existen esfuerzos para intentar facilitar la gestión de estos y que no resulte tan complejo combinar cartografía producida utilizando sistemas de coordenadas diferentes.

Uno de los intentos más exitosos en este sentido es el desarrollado por el consorcio petrolífero European Petroleum Survey Group (EPSG), el cual,

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

consciente de la necesidad de disponer de información acerca de los distintos sistemas de coordenadas y de que esta información fuera de fácil acceso y manejo, ha elaborado un esquema de codificación específico. Este esquema asocia a cada sistema de coordenadas un código (conocido como código EPSG) que la idéntica. Paralelamente, se han documentado en un formato común las características principales de todos estos sistemas, así como las formulaciones que permiten transformar coordenadas entre ellos.

2.4 Escala

El concepto de escala es fundamental a la hora de trabajar con cartografía, y es uno de los valores básicos que definen toda representación cartográfica. Esta representación ha de tener un tamaño final manejable, con objeto de que pueda resultar de utilidad y permitir un uso práctico, pero el objeto que se cartografía (un país, un continente o bien la Tierra al completo) es un objeto de gran tamaño. Esto hace necesario que, para crear un mapa, se deba reducir o bien el objeto original o bien el objeto ya proyectado, dando lugar a una versión (reducida) que ya cumple con los requisitos de tamaño adecuado.

Es decir, imaginemos que aplicamos una proyección cónica sobre el elipsoide, empleando para ello un cono que cubra dicho elipsoide, el cual tendrá que ser, lógicamente de gran tamaño . Al desarrollarlo, el plano que obtenemos tiene miles de kilómetros de lado. Debemos fabricar una versión (a escala) de este, que será la que ya podamos utilizar.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En este contexto, la escala no es sino la relación de tamaño existente entre ese gran mapa que se obtiene al desarrollar nuestro cono de proyección y el que finalmente manejamos, de tamaño más reducido. Conociendo esta relación podemos ya conocer las verdaderas magnitudes de los elementos que vemos en el mapa, ya que podemos convertir las medidas hechas sobre el mapa en medidas reales. Es importante recordar que esas medidas no son tan “reales”, puesto que la propia proyección las ha distorsionado, pero sí que son medidas en la escala original del objeto cartografiado.

La escala se expresa habitualmente como un denominador que relaciona una distancia medida en un mapa y la distancia que esta medida representa en la realidad. Por ejemplo, una escala 1:50000 quiere decir que 1 centímetro en un mapa equivale a 50000 centímetros en la realidad, es decir a 500 metros. Conociendo este valor de la escala podemos aplicar sencillas reglas de tres para calcular la distancia entre dos puntos o la longitud de un elemento dado, sin más que medirlo sobre el mapa y después convertir el resultado obtenido en una medida real.

A pesar de que la escala es imprescindible para darle un uso práctico todo mapa, y cualquier usuario de este debe conocer y aplicar el concepto de escala de forma precisa, los SIG pueden resultar engañosos al respecto. Aunque la escala como idea sigue siendo igual de fundamental cuando trabajamos con información geográfica en un SIG, las propias características de este y la forma en la que

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

dicha información se incorpora en el SIG pueden hacer que no se perciba la escala como un concepto tan relevante a la hora de desarrollar actividad con él.

En realidad, el concepto de escala no es único, sino que tiene múltiples facetas. Por una parte la escala cartográfico, que es la mera relación entre el tamaño en el mapa y la realidad.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

: CAPITULO III: USO GENERAL DEL SOFTWARE GV SIG

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.1 Introducción al software GV SIG

gvSIG Desktop (gvSIG, en adelante) es un Sistema de Información Geográfica en software libre. Es decir, una aplicación informática orientada a representar, editar, analizar y gestionar información desde el punto de vista de las relaciones espaciales. La licencia de gvSIG es GNU/GPL v.3. que otorga al usuario los derechos de libre uso, estudio, mejora y distribución.

3.1.1 Orígenes de GV SIG

La primera versión de gvSIG apareció en octubre de 2004 y su origen se encuentra en la migración a software libre de la Generalitat Valenciana, una administración regional de España. Desde el año 2010 el proyecto es gestionado por la Asociación gvSIG. Desarrollado bajo los valores de la colaboración y el conocimiento compartido, gvSIG ha evolucionado rápidamente y en pocos años se ha convertido en una de las aplicaciones más utilizadas para gestión de información geográfica.

3.1.2 Interfaz de GV SIG

Veamos los principales componentes de la interfaz de gvSIG (Software libre):

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

1. Barra de menús.
2. Barra de botones.
3. Gestor de proyecto. Permite gestionar todos los documentos que componen un proyecto.
4. Espacio de trabajo. En este espacio podremos tener abiertos los distintos documentos de un proyecto y trabajando con ellos.
5. Barra de estado. Espacio destinado a dar información al usuario.

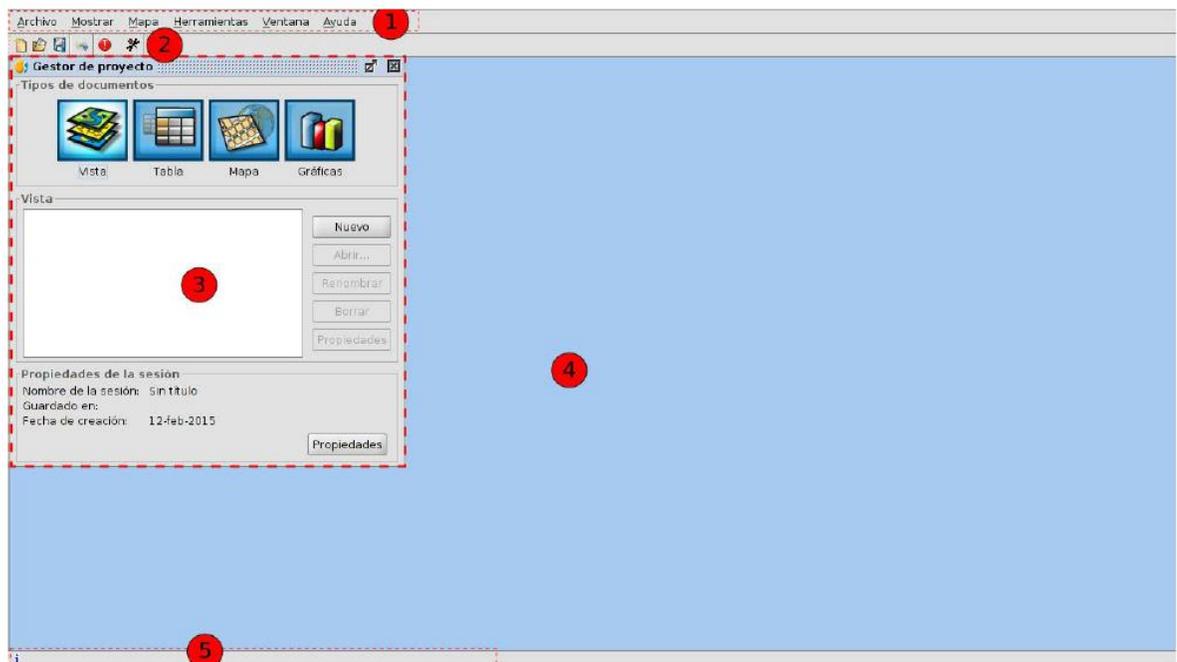


Imagen 3.1 Interfaz de gv sig 2.2.0

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.1.3 Tipos de documentos

En gvSIG encontramos los siguientes documentos:

- **Vistas:** Permite trabajar con datos gráficos. La información geográfica se representa como un conjunto de capas.
- **Tablas:** Permite trabajar con datos alfanuméricos.
- **Mapas:** Permite diseñar mapas con los distintos elementos cartográficos que componen un plano (vista, leyenda, escala) para su impresión o exportación a PDF.
- **Gráficas:** Permite realizar gráficas a partir de la información alfanumérica.

Vocabulario de términos utilizados en gvSIG

Es aconsejable que el usuario de gvSIG se familiarice con los siguientes términos:

- ✓ **Proyecto (.gvproj):** Los proyectos de gvSIG permiten guardar las sesiones de trabajo en un fichero con extensión .gvproj. Un proyecto de gvSIG contiene los orígenes de la información (rutas a ficheros, a bases de datos, enlaces web) y el trabajo realizado sobre estos datos (leyendas, etiquetados, mapas diseñados, gráficas realizadas,).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- ✓ **Capa:** La información con componente geográfica se representa como capas. Cada capa representa un conjunto determinado de datos. Las capas pueden representar la información mediante colecciones de puntos, líneas o polígonos, superficies continuas como modelos digitales de elevación o imágenes ráster (fotografías aéreas o imágenes de satélite).
- ✓ **Tabla de contenidos (TOC):** Es el área donde se encuentra el listado de capas disponibles para una Vista. Permite cambiar la posición de las capas (el orden en el TOC se corresponde al orden de visualización), activar o desactivar su visualización, y mostrar mediante una leyenda como cada capa representa la información.
- ✓ **WMS:** Web Map Service, servicio de visualización estándar del OGC (Open Geospatial Consortium). Representa la información geográfica en formato de imagen como PNG, GIF o JPEG.
- ✓ **WMTS:** Web Map Tiled Service, servicio de visualización estándar del OGC. Utiliza teselación para mejorar la velocidad de respuesta respecto al WMS. Representa la información geográfica en formato de imagen.
- ✓ **WFS:** Web Feature Service, servicio estándar del OGC para el acceso a información vectorial.
- ✓ **WCS:** Web Coverage Service, servicio estándar del OGC de acceso a datos ráster.
- ✓ **OSM:** Acceso a servicios de teselas de OpenStreetMap.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- ✓ **CRS:** Coordinate Reference System. Sistema de referencias coordinado o, como se denomina más habitualmente, sistema de referencia.

Las opciones anteriormente son capas previamente generadas de regiones definidas en estos momentos veremos un caso particular.

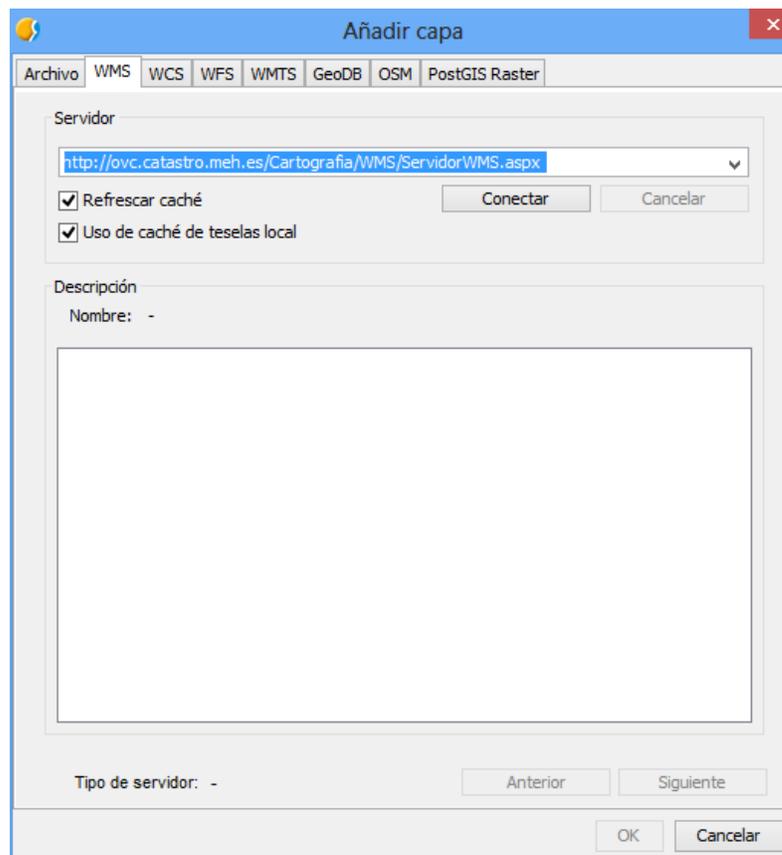


Imagen 3.2 capa WMS

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La capa está contenida en la siguiente dirección web <http://ovc.catastro.meh.es/Cartografia/WMS/ServidorWMS.aspx>, damos clic en conectar y veremos la información del servidor.

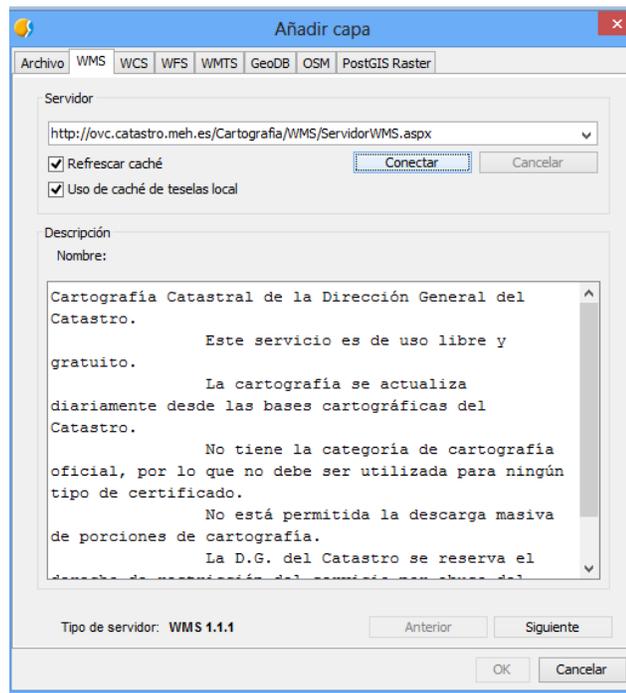


Imagen 3.3 Servidor WMS

Click en siguiente:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

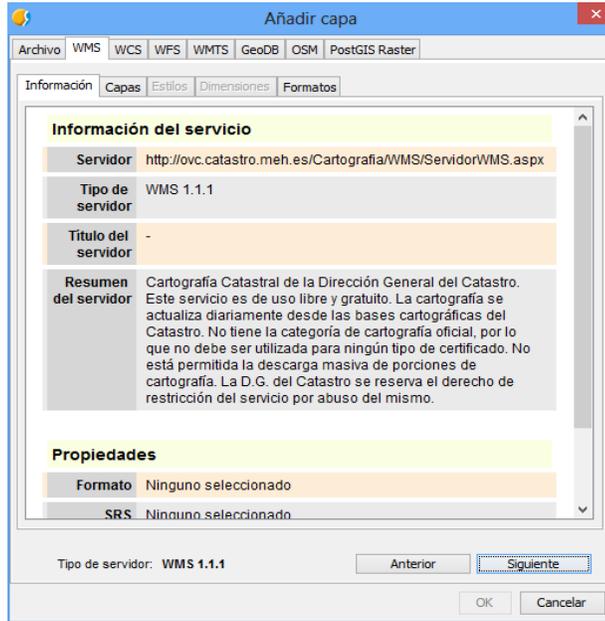


Imagen 3.4 Información general del servidor WMS

Los servidores de forma característica poseen una gran cantidad de capas se selecciona la capa de interés que en este caso es catastro. Clik en siguiente

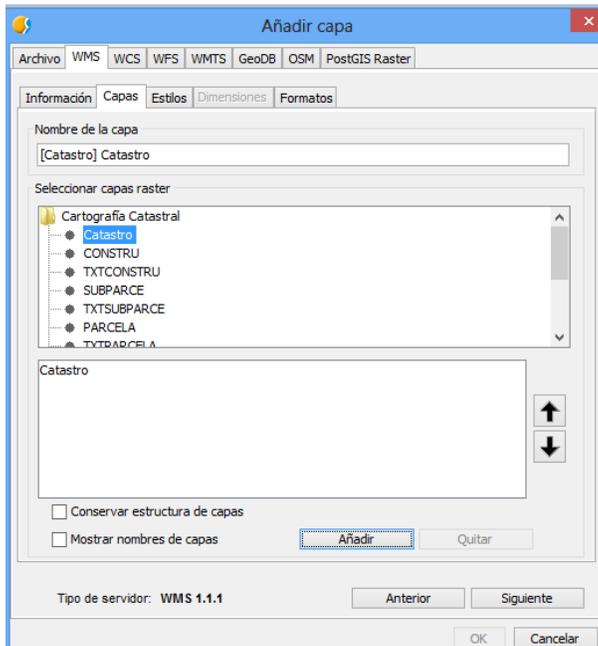
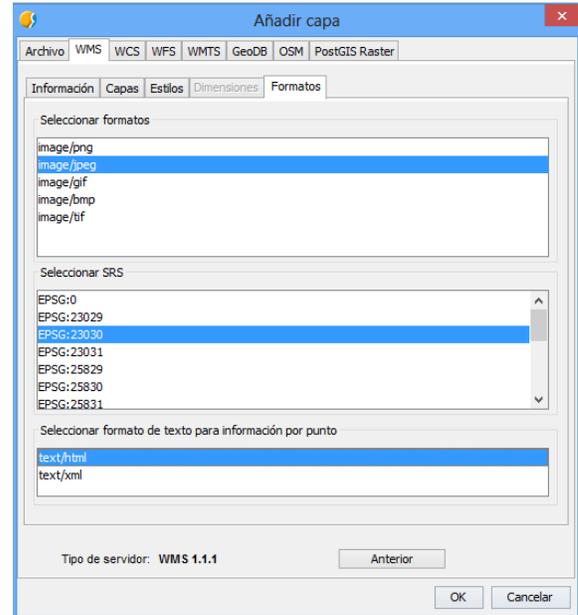


Imagen 3.5 Capa de interés.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 3.6 Formatos de salida



En esta opción seleccionamos el formato que deseamos que tenga nuestra capa generada con la proyección cartográfica de España.

El resultado de añadir capa usando un servidor WMS de muestra a continuación.

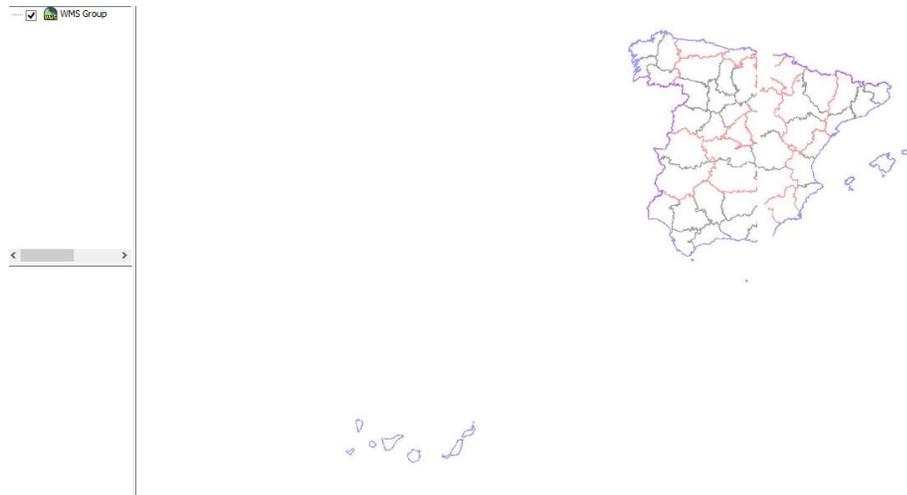


Imagen 3.7 Catastro de provincias de España

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.2 Proyectos

3.2.1 Herramientas de proyectos

Los proyectos en gvSIG tienen extensión .gvsproj. En el menú “*Archivo*” se encuentran las principales herramientas relacionadas con los proyectos. También tenemos la barra de botones correspondiente.

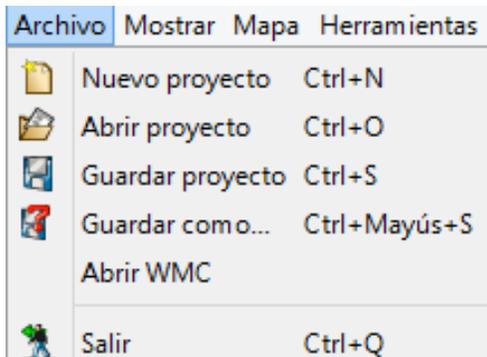


Imagen 3.8: Menú archivo

Menú archivo en esta opción podemos encontrar los comandos correspondientes para crear un nuevo proyecto, abrir uno ya existe, guardar los cambios del proyecto que se está trabajando.

La barra de botones  nos permite realizar las acciones de abrir un proyecto existente, guardar los cambios en un proyecto o crear un nuevo proyecto de una forma más inmediata.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Veamos cada una de las herramientas disponibles:

Icono	Herramienta	Tecla rápida	Descripción
	Nuevo proyecto	Ctrl+N	Crea un nuevo proyecto
	Abrir proyecto	Ctrl+O	Abre un proyecto nuevo
	Guarda proyectos	Ctrl+S	Guarda la sesión de trabajo. Si se está trabajando con un proyecto nuevo nos solicitará el nombre con el que se guardará el proyecto (con la extensión .gvsproj). Si se está trabajando con un proyecto ya existente, actualiza los cambios de la sesión de trabajo.
	Guardar como..	Ctrl+Shift+S	Guarda la sesión de trabajo en un nuevo archivo, solicitando el nombre del mismo.

3.2.2 Guardar cambios de un proyecto

Cuando se cierra una sesión de trabajo en gvSIG aparece una ventana que pregunta si se desean guardar cambios en el proyecto.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

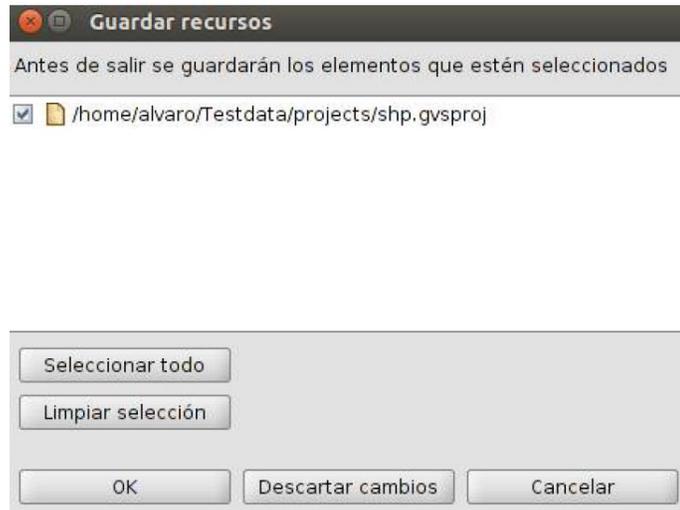


Imagen 3.9 Cuadro de dialogo que aparece cuando cerramos la ventana de trabajo de gv sig

Por defecto gvSIG tendrá activadas todas las casillas relacionadas con cambios que ha habido en el proyecto y que pueden ser guardados. Estos cambios además de hacer referencia al proyecto, muestran aquellas capas y tablas que estaban en modo edición antes de querer cerrar el proyecto.

Los botones “Seleccionar todo” y “Limpiar selección” permiten activar y desactivar las casillas de verificación existentes.

Las opciones disponibles son:

- Aceptar: guarda los cambios de los elementos que estén activados.
- Descartar cambios: no se guarda ningún cambio, independientemente de que los elementos estén o no activados.
- Cancelar: permite cerrar la ventana y volver a la sesión de trabajo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.2.3 Cambios de ruta al abrir un proyecto

Un proyecto de gvSIG guarda las rutas a las distintas fuentes de datos utilizadas en dicho proyecto. Puede ocurrir que alguna de las rutas a una determinada fuente de datos haya sido modificada después de la última sesión. Por ejemplo, puede haber cambiado el nombre de una carpeta donde se ubicaba una de las capas utilizadas.

En este caso gvSIG avisa de que existe este problema.

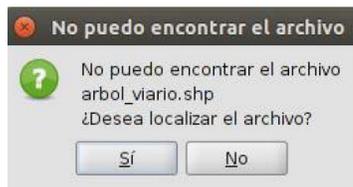


Imagen 3.10: Cuadro de dialogo relacionado con la búsqueda de un proyecto

Si seleccionamos “Sí” se mostrará una nueva ventana que permitirá localizar la actual ubicación del archivo. Si se selecciona “No” el proyecto se abrirá, sin mostrar la información relativa a la capa no encontrada.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

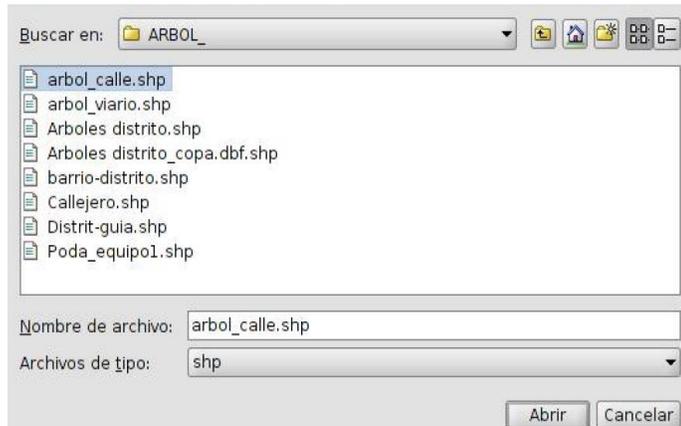


Imagen 3.11: Búsqueda de un proyecto

3.3 Documento vista

3.3.1 Crear una vista propiedades de la vista

Para crear una nueva Vista en un proyecto de gvSIG, desde el “Gestor de proyecto”:

1. Seleccionamos el icono de Vista.
2. Pulsamos el botón “Nuevo”. Automáticamente se abre la Vista que acabamos de crear.

Por defecto una nueva Vista adopta el nombre “*Sin título*”. Podemos cambiar el nombre pulsando el botón “*Renombra*” del “Gestor de proyecto” (teniendo la Vista que queremos renombrar seleccionada). Se mostrará una ventana de diálogo donde se solicita el nuevo nombre:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

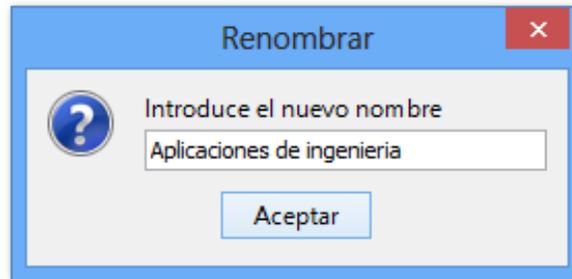


Imagen 3.12 Cuadro de dialogo que se utiliza para cambiar el nombre de una vista

Mediante el botón “borrar” del Gestor de proyecto se eliminan las Vistas seleccionadas.

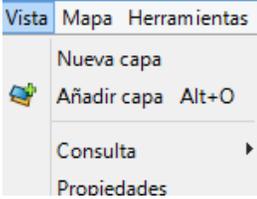
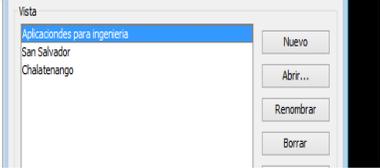
Mediante el botón “abrir” del Gestor de proyecto se abren las Vistas seleccionadas.

Propiedades de la vista.

Podemos acceder a la ventana de configuración de las propiedades de la Vista a través de:

- En un documento Vista abierto, en el menú “*Vista/Propiedades*”
- Desde el “Gestor de proyecto” y teniendo la Vista seleccionada, pulsando el botón “Propiedades”

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Menú (Documento de Vista)	Botón (Gestor de proyecto)
	

Las opciones de configuración de la ventana de propiedades de la Vista son:

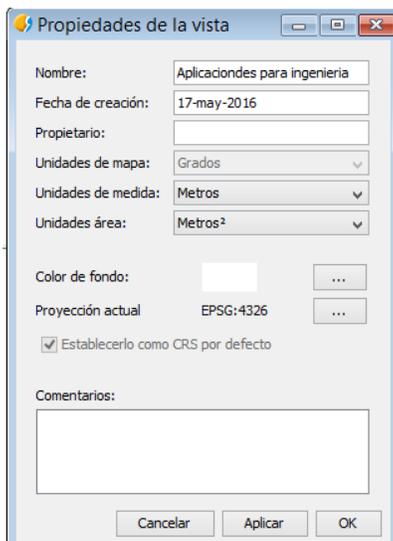


Imagen 3.13: Información básica de la vista

- **Nombre:** nombre de la Vista. Permite renombrar la Vista.
- **Fecha de creación:** fecha de creación de la Vista.
- **Propietario:** espacio opcional para indicar al creador de la Vista.
- **Unidades de mapa, de medida y área:** desplegables donde podremos seleccionar las unidades de trabajo (metros, millas, yardas,...).
- **Color de fondo.** Por defecto el color de fondo es el blanco. Permite cambiar el color de fondo de la Vista. Mostrará una nueva ventana con

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- **Proyección actual:** Por defecto la proyección por defecto es EPSG:4326. Permite seleccionar otra proyección. Mostrará una nueva ventana (ver apartado “Sistema de coordenadas”).
- **Comentarios:** permite añadir comentarios libres sobre la Vista. pestañas para las distintas opciones de selección de color.

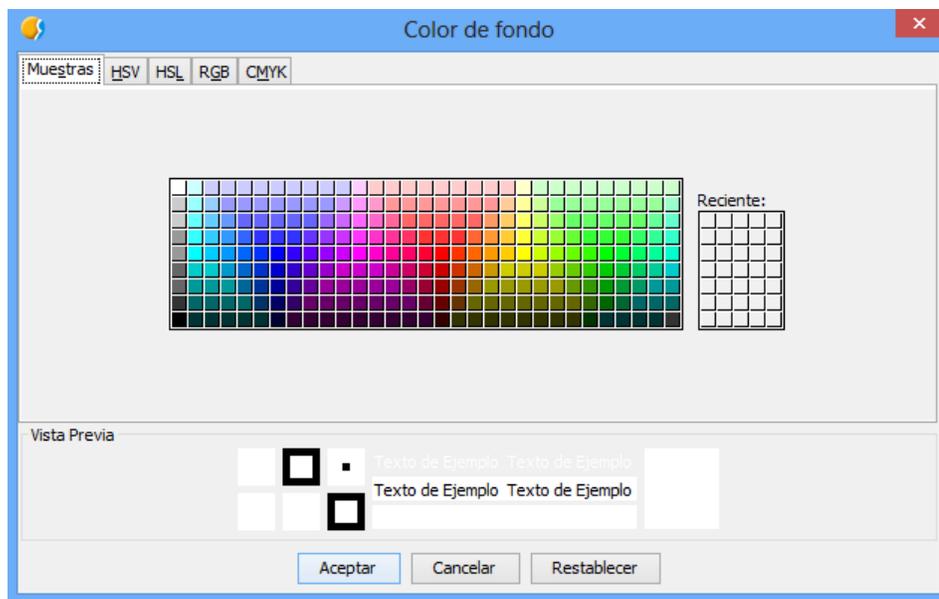


Imagen 3.14 Ventana para cambiar el color de fondo de la vista

3.4 Sistemas de coordenadas

3.4.1 Cambiar el sistema de coordenadas de la vista

Para visualizar los datos correctamente, cada Vista utiliza un sistema de coordenadas.

Determina la proyección cartográfica de la Vista.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El sistema de coordenadas de la Vista no necesita ser igual a los datos que se vayan a utilizar en dicha Vista, ya que gvSIG dispone de opciones de reproyección.

Por defecto las Vistas de gvSIG utilizan la proyección “EPSG:4326”. Desde las “Propiedades” de la Vista podemos cambiar el sistema de coordenadas de una Vista y realizar transformaciones geográficas.

Al abrir el cuadro de diálogo de Proyección, denominado “Nuevo CRS” de Coordinate Reference System, nos mostrará un listado de los sistemas de coordenadas utilizados recientemente.



Imagen 3.15 Selección de sistema de coordenadas

Mediante el desplegable “Tipo” accedemos al resto de opciones que gvSIG ofrece para seleccionar un sistema de coordenadas: EPSG, CRS, ESRI, IAU2000 y CRS de usuario. EPSG contiene los sistemas de coordenados oficiales más utilizados.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tipo: EPSG			
Criterio de búsqueda... <input checked="" type="radio"/> Por código <input type="radio"/> Por nombre <input type="radio"/> Por área			
<input type="button" value="Buscar"/> <input type="text"/>			
Código	Nombre	Tipo	Área

Imagen 3.16 Búsqueda la zona geográfica de interés

1. Debemos indicar el criterio de búsqueda (código, nombre o área).
2. Escribimos la cadena de texto que queremos buscar, ya sea un código, un nombre o un área geográfica.
3. Pulsamos al botón “*Buscar*”. A continuación se mostrará el listado de los sistemas de coordenadas que contienen la cadena de texto indicada.
4. Seleccionamos del listado de posibles el CRS que queremos aplicar a la Vista y pulsamos “*OK*”.

INFORMACION DEL CRS	
Código del CRS seleccionado: 4326	Repositorio: EPSG
Nombre del CRS: WGS84	Proyectado: No
Nombre del datum: WorldGeodeticSystem1984	
Elipsoide: WGS84	
Semieje mayor	6378137.0
Inverso del aplanamiento	298.257223563
Meridiano origen: Greenwich	
Longitud del meridiano	0.0
Cadena proj4: +proj=longlat +ellps=WGS84	

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 3.17 Información del CRS correspondiente

3.4.2 Definir un CRS de usuario

Permite la definición de CRS de usuario. Al seleccionar Tipo “CRS de usuario” en la ventana de “Nuevo CRS” se muestran las siguientes opciones:



Imagen 3.18 Cuadro de dialogo donde definimos el CRS de usuario

La pestaña CRS de usuario permite seleccionar entre tres opciones para crear el CRS:

- **A partir de definiciones de usuario.** Se introduce manualmente toda la información. Al seleccionar esta opción los paneles de las pestañas “Datum” y “Sistema de Coordenadas” aparecen vacíos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- **A partir de un CRS Existente.** Permite seleccionar un CRS de la EPSG pulsando el botón “...” y cargar sus datos de “Datum” y “Sistema de Coordenadas”, permitiendo crear el nuevo CRS a partir de estos datos.
- **A partir de una cadena wkt.** Similar a la opción anterior, carga los datos e “Datum” y “Sistema de Coordenadas” del CRS definido por la cadena wkt introducida. Los datos contenidos en el panel “Datum” y “Sistema de Coordenadas” se muestran en las siguientes imágenes:

The screenshot shows the 'CRS Usuario' dialog box with the following fields filled:

- Nombre:** WGS84
- Código:** 1
- Datum:**
 - Nombre del Datum: WorldGeodeticSystem1984
- Elipsoide:**
 - Nombre del Elipsoide: WGS84
 - Definir por: a, inv_f a, b
 - Semieje Mayor ...: 6378137.0 (Metros)
 - Inverso del Apl...: 298.257223563
 - Semieje Menor ...: 356752.314245179
- Meridiano:**
 - Nombre del Me...: Greenwich
 - Longitud: 0.0 (grados)

Buttons at the bottom: Cancelar, Anterior, Siguiente.

Imagen 3.19 Llenados de datos del Datum del sistema requerido por el usuario.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 3.20: Cuadro para referenciar nuestro sistema de coordenadas.

Parámetro	Valor	Unidades
Meridiano central	0.0	Degree
Falso este	0.0	Meters
Falso norte	0.0	Meters

Una vez definidos los distintos parámetros pulsamos el botón “Finalizar” que aparece en el panel de “Sistema de Coordenadas” y tendremos nuestro nuevo CRS de usuario creado.

3.4.3 Reproyectar una capa

Cuando añadimos capas a una Vista que tienen distinto CRS que el de la Vista tenemos la opción de reprojectarlas. Para ello simplemente indicaremos la proyección de la capa y si es necesaria una transformación geográfica.

La ventana a la que se accede para reprojectar una capa es similar a la ventana de “Nuevo CRS”, añadiendo la función de aplicar una transformación geográfica.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.5 Capas

El software trabaja con dos tipos de capas (raster y vectoriales), las capas raster son las que están relacionadas con las imágenes satelitales, modelos de elevación digital, fotografías aéreas, entre otros casos; por otro lado las capas vectoriales son aquellas las cuales tienen componentes geométricos, tales como, puntos, líneas, polígonos; a continuación se verán ejemplos de lo antes mencionado.

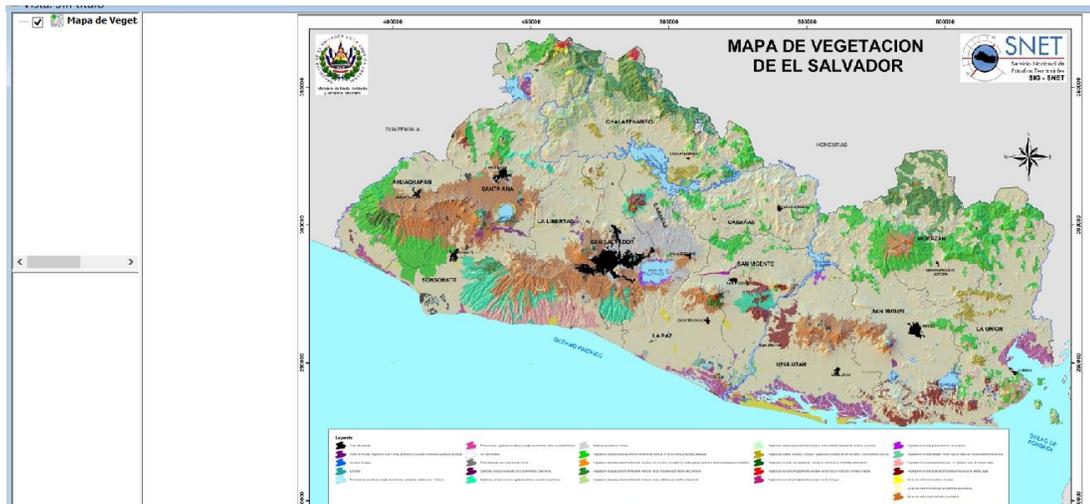


Imagen 3.21 Capa raster

La imagen anterior corresponde al mapa de vegetación de la república de El Salvador, teniendo como icono  que representa las capas raster en gvSIG.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

A continuación veremos un ejemplo de capa vectorial:

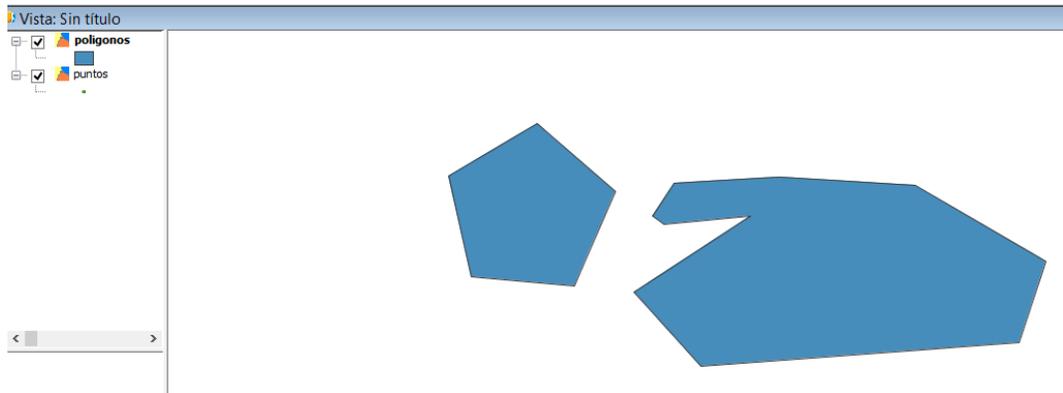


Imagen 3.22 Capas vectoriales

Como ya se había mencionado las capas vectoriales son aquellas capas que contienen información geométrica en una tabla de atributos y su icono es 

Tabla de atributos: poligonos

	AREA	PERIMETER
1	55.577,378	898,658
2	175.101,648	2.043,901

Imagen 3.23 Tabla de atributos de capa vectorial

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.5.1 Crear nuevas capas

Permite crear una nueva capa de formato shapefile.

Disponible desde el menú “*Capa/Nueva capa*”.

La interfaz va guiando en los pasos para crear la nueva capa:

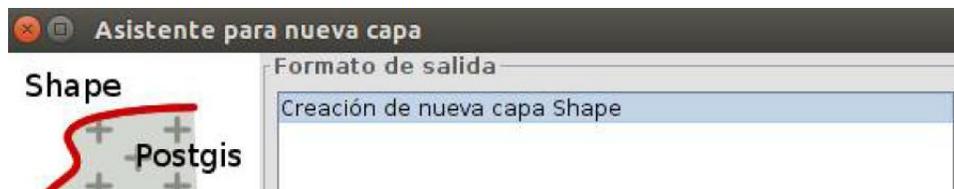


Imagen 3.24 creación de una capa Shape

1. Debemos seleccionar “*Creación de nueva capa Shape*” y pulsar el botón “*Siguiente*”.

2. Fichero de salida. Permite indicar el nombre y la ruta donde se guardará la nueva capa. Una vez definido se debe pulsar el botón “*Siguiente*”.

Nombre	Tipo	length	Tipo geom.	Dimensiones	CRS	PK	Oblig.
GEOMETRY	Geometry	No aplicable	SURFACE	GEOM2D	EPSG:4326	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

The table shows a dropdown menu for "Tipo geom." with the following options: POINT, CURVE, SURFACE, and MULTIPOINT. The "SURFACE" option is currently selected.

Imagen 3.25: En la imagen se elige el tipo geométrico de la capa a crear

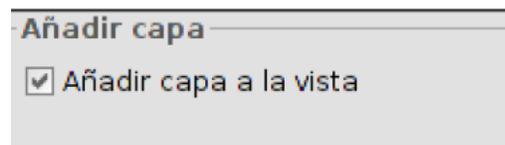
“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3. Permite definir el tipo de capa:

- Point: Punto
- Curve: Línea
- Surface: Polígono
- Multipoint: Multipunto

4. Con el botón “Añadir campo” se pueden añadir campos de atributos a la nueva capa. Una vez definido el tipo de geometría y los posibles campos adicionales, se debe pulsar el botón “*Siguiente*”.

Imagen 3.26 Selección añadir capa



5. Por último se da la opción de añadir la nueva capa a la Vista. Para finalizar se debe pulsar el botón “*Terminar*”.

3.5.2 Exportar capa

3.5.2.1 Exportar capa a shp

Permite exportar una capa vectorial. Pueden exportarse todos los elementos de una capa o una selección de ellos. Los formatos soportados para realizar la exportación son kml, dxf, shp y PostGIS.

Disponible desde el menú “*Capa/Exportar a...*” Abre una ventana nueva que permite seleccionar el formato de exportación.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.27: Selección del formato a exportar

Una vez seleccionado el formato, pulsando el botón “Siguiente” se va guiando en los pasos de la exportación. Las opciones de exportación dependen del formato seleccionado.

3.5.2.2 Exportar capa a shp

Permite exportar una capa vectorial a shapefile.

La interfaz va guiando en los pasos para realizar la exportación:

1. En primer lugar se debe seleccionar el nombre y ubicación de la nueva capa. Una vez definido se debe pulsar el botón “*Siguiente*”.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

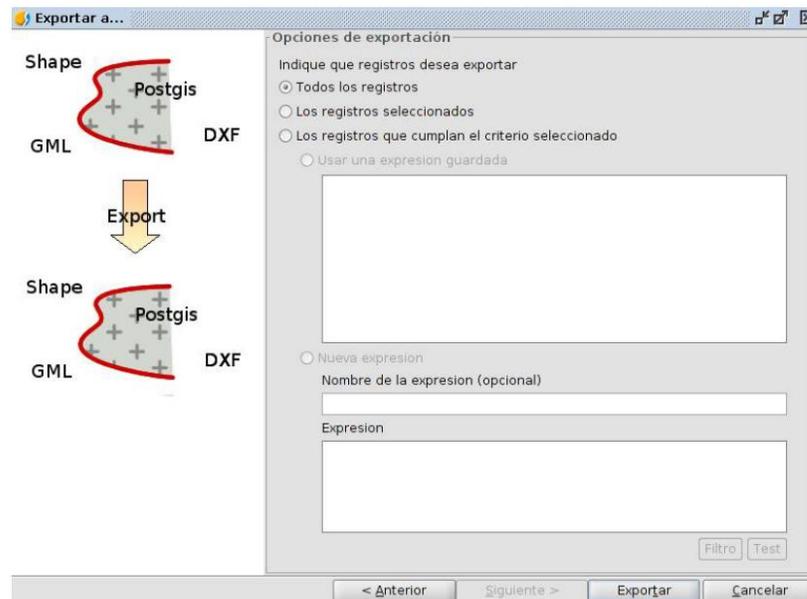


Imagen 3.28: Cuadro de diálogo de exportar al formato anteriormente indicado.

2. Opciones de exportación. Permite indicar si se desea exportar todos los elementos de la capa original, aquellos que están seleccionados o los que cumplen un criterio seleccionado. En este último caso permite introducir expresiones de filtrado. Para finalizar la exportación se debe pulsar el botón “Exportar”.

3.6 Propiedades de la capa raster

3.6.1 Información general acerca de capa raster

Permite modificar las propiedades generales del raster. Permite configurar un rango de escalas de visualización de la imagen, configurar los valores NoData y consultar y recalcular las estadísticas de la imagen.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Su interfaz es la siguiente:

Rango de escalas

No mostrar la capa cuando la escala sea:

Mayor de 1: (Escala máxima)

Menor de 1: (Escala mínima)

NoData

Tratar los valores NoData como transparentes

Valor: Guardar Eliminar

Valor por defecto Restaurar

Estadísticas

Banda 1

Mínimo: 514.0
Máximo: 2410.0
Mínimo RGB: 0.0
Máximo RGB: 0.0
Media: 1410.9055247992521
Varianza: 182468.80240074173

Recalcular estadísticas

Imagen: 3.29: Ventana que nos permite la edición y la configuración de la capa raster.

1. Rango de escalas. Permite ocultar la capa cuando la escala de visualización está por encima o debajo de los rangos definidos.
2. Permite definir y tratar los valores NoData como transparentes, activando la casilla de verificación.
3. Estadísticas de la capa, clasificadas por banda. Puede darse el caso de que las estadísticas estén mal generadas o no estén calculadas, en cuyo caso, se ofrece la posibilidad de volver a calcularlas apretando el botón "Recalcular estadísticas". En cada banda veremos la siguiente información:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Mínimo: Valor mínimo de la banda.
- Máximo: Valor máximo para dicha banda.
- Mínimo RGB: Valor mínimo en RGB de la banda.
- Máximo RGB: Valor máximo en RGB para dicha banda.
- Media: Muestra la media de todos los valores de la banda.
- Varianza: Muestra la varianza de la banda.

3.6.2 Bandas

Permite modificar el modo en el que se visualiza cada una de las bandas que componen la imagen. Permite realizar composiciones utilizando las distintas bandas de las que se compone un ráster. También puede añadir más bandas desde otros ficheros. Esto resulta útil al trabajar con imágenes tipo Landsat, donde cada banda llega en un fichero distinto.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La interfaz es la siguiente:

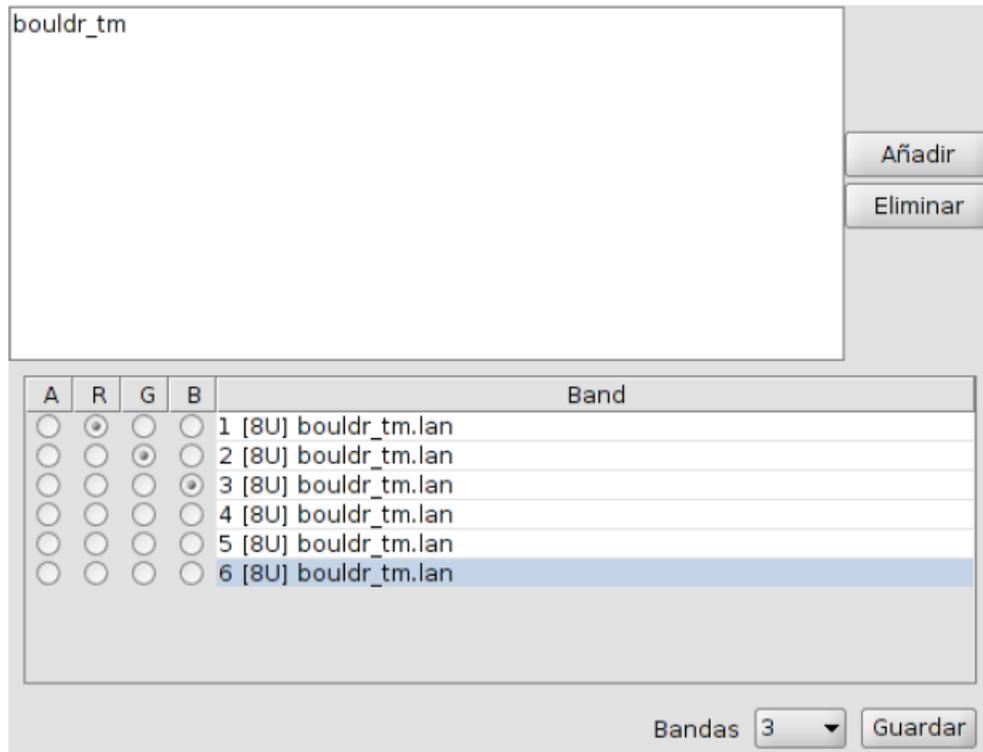


Imagen 3.30: Interfaz de las bandas de la capa ráster.

En la parte superior aparece una lista con los ficheros de los que consta la capa. Aquí se pueden añadir más ficheros teniendo en cuenta que debe haber relación entre ellos, es decir, deben corresponder a la misma extensión geográfica. Esto es útil para cargar en una misma capa varios ficheros de un mismo sensor donde cada fichero representa a una banda.

En la parte inferior podremos seleccionar el orden de visualización. Por defecto, el orden de visualización es asignado por la interpretación de color de las bandas,

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

siempre que exista esta información. Desde el selector de visualización de bandas podremos cambiar este orden de visualización marcando con los botones la banda que queramos que se visualice en rojo (R), verde (G), azul(B), o alpha(A). Si pulsamos el botón de "Guardar" salvará la interpretación de color que tengamos en ese momento en la imagen. Esto significa que la próxima vez que la abramos con gvSIG se visualizarán las bandas en el orden que teníamos indicado cuando le dimos a "Guardar".

A continuación mostraremos una imagen donde se puede apreciar el uso de las bandas con una imagen satelital.

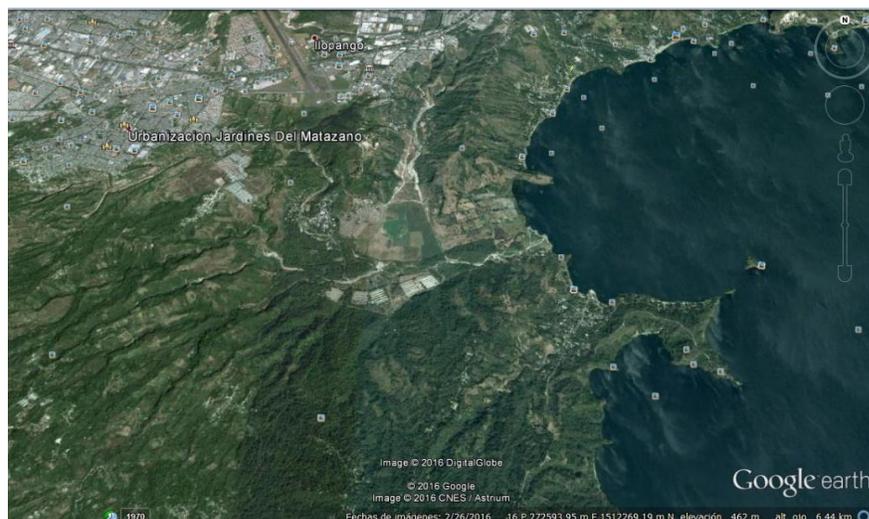


Imagen 3.31 Imagen tomada de Google earth

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Se carga la imagen como capa de gv sig. Una vez cargada la imagen satelital se selecciona la capa y se da clic derecho si se selecciona propiedades de la capa raster.

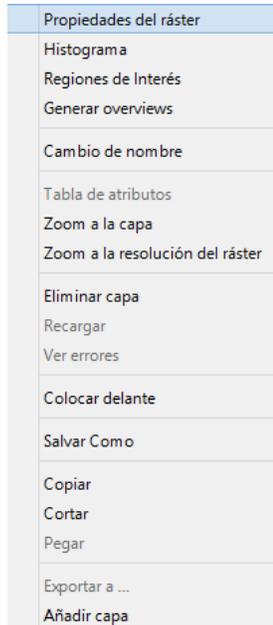


Imagen 3.32 Propiedades de la capa raster

Nos aparecerá el siguiente cuadro de dialogo:

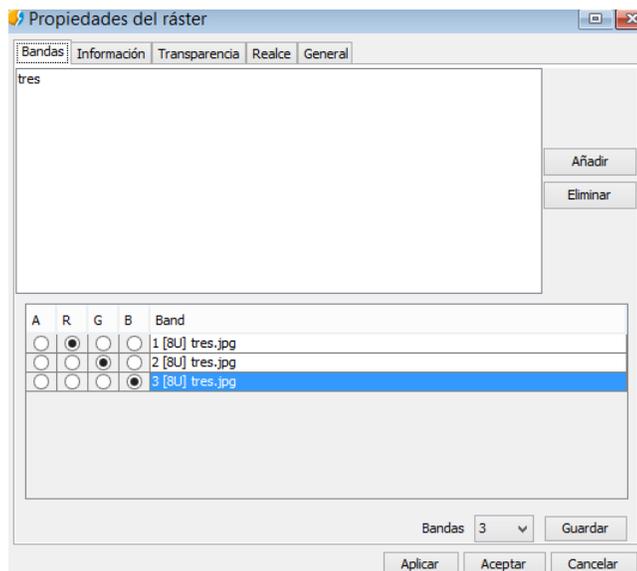


Imagen 3.33 Gestor de bandas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

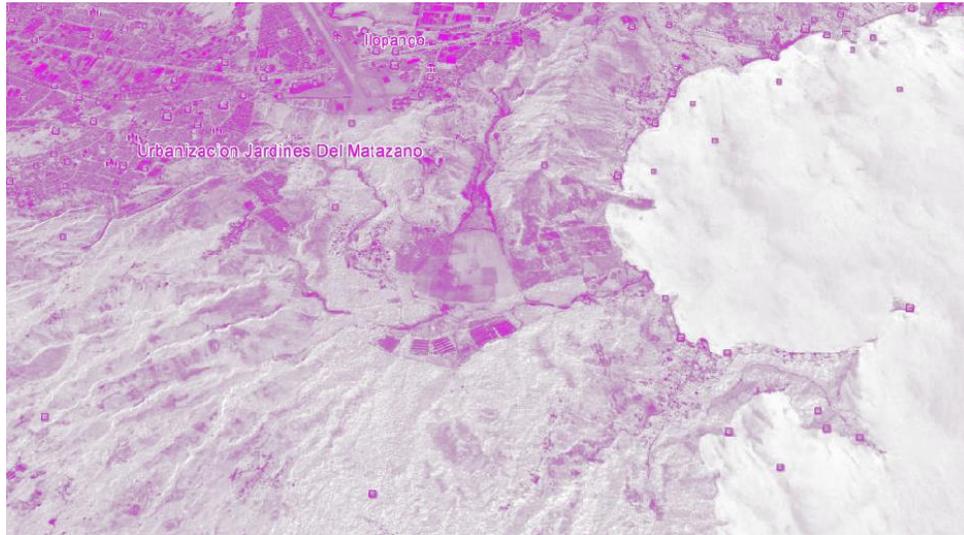


Imagen 2.34 Aplicación de bandas.

En la imagen anterior podemos apreciar diversos panoramas, por una parte zona de morado denso que representa la zona en donde hay una gran concentración de obra gris (construcciones), otra donde el morado toma una tonalidad clara y es la zona de verde (área de cultivos), y también se puede apreciar una zona de color blanco que representa a un cuerpo de agua.

3.6.3 Transparencia

Proporciona herramientas para modificar los niveles de transparencia que se pueden aplicar a una cobertura ráster.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La interfaz es la siguiente:

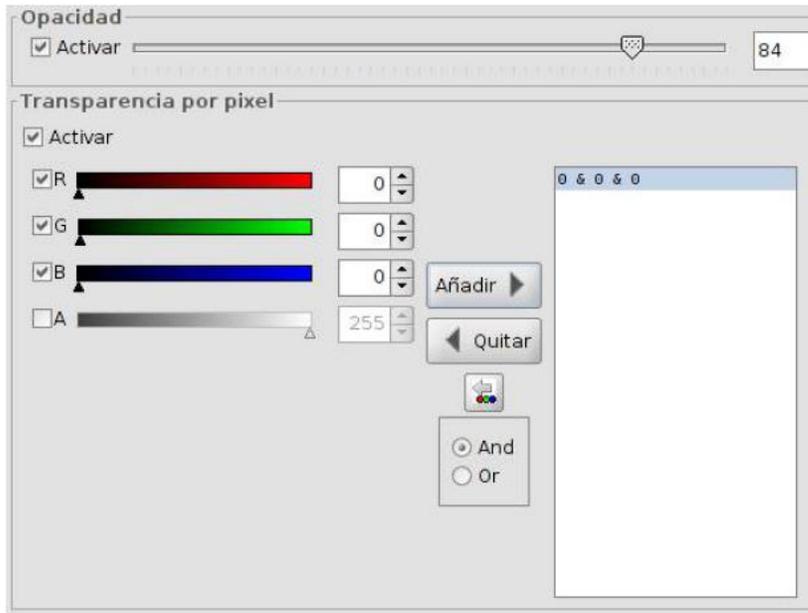


Imagen 3.35: Interfaz de la transparencia de la capa ráster.

Por un lado se encuentra la opción de “*Opacidad*”, que indica el porcentaje de opacidad de esta sobre las anteriores. A menor porcentaje de opacidad, mayor porcentaje de transparencia. Se activa marcando la casilla de verificación “*Activar*” e indicando el grado de opacidad de la capa, bien numéricamente o bien mediante la barra deslizador.

Por otro lado se encuentra la “*Transparencia por píxel*” que permite que los grupos de color indicados sean completamente transparentes. Es útil, por ejemplo, para quitar las ‘cuñas’ en las ortofotos o escenas de satélite, o para

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

eliminar los bordes entre imágenes de un mosaico. Se activa marcando la casilla de verificación “*Activar*”.

3.6.4 Realce

Proporciona una herramienta para realizar realces sobre la cobertura ráster. Permite realizar modificaciones en el brillo, contraste y realce de la imagen. Esta última opción es indispensable para poder visualizar correctamente imágenes de 16 bits por plano de color. La interfaz es la siguiente:

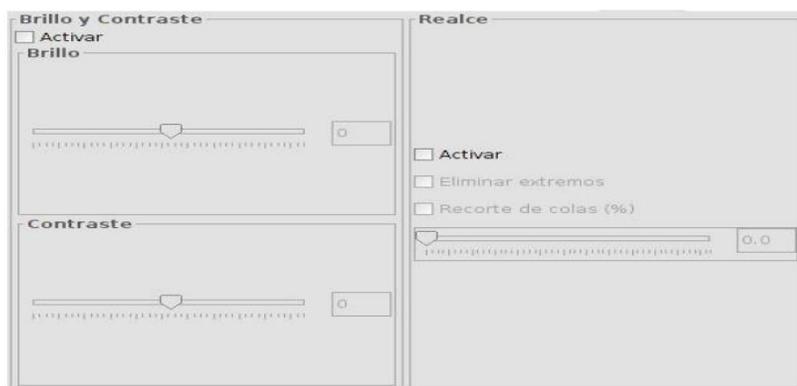


Imagen 3.36 Interfaz del realce de la capa ráster

En la parte izquierda del diálogo aparecen los controles para modificar el brillo y el contraste. Por defecto deben aparecer desactivados y si queremos empezar a manipularlos tendremos que seleccionar la casilla de verificación de “*Activar*”.

En la parte de la derecha permite aplicar el realce lineal. Este es una simplificación del realce radiométrico lineal para poder controlar la visualización de imágenes con tipos de dato distintos de byte. Por defecto los controles de este realce aparecerán desactivados a no ser que la imagen sea de tipo de dato distinto de byte; en ese caso se asignará automáticamente en la carga del ráster. Es recomendable solo usar este interfaz para variar los valores asignados

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

automáticamente. Si se quiere asignar un realce y tener flexibilidad en su aplicación es más apropiado el uso de la funcionalidad "*Realces Radiométricos*".

Este realce asigna los datos del intervalo de entrada a un rango entre 0 y 255 para poder visualizarlo.

La opción "*Eliminar extremos*" no tiene en cuenta para la correspondencia de valores los datos más extremos (máximo y mínimo) de los que aparecen en el ráster.

La opción "*Recorte de colas (%)*" ordena los datos de la imagen por valores de menor a mayor. Después aplica el porcentaje indicado por la derecha y por la izquierda. Los valores que quedan en la parte exterior del porcentaje son eliminados y se aplicará la correspondencia de valores solo en los que quedan en el interior. El efecto que produce es el de haber desplazado el máximo y mínimo.

3.7 Uso de geoprocesamiento

En este apartado aprenderemos a utilizar varias herramientas importantes en la edición de capas.

Este geoproceso genera "zonas de influencia" alrededor de las geometrías de elementos vectoriales (puntos, líneas y polígonos) de una "**capa de entrada**", creando una nueva capa vectorial de polígonos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Veremos a continuación un caso práctico de lo que son las áreas de influencia.

Primero añadimos la capa *municipios* que tiene contenido la división de los departamentos del país. Creamos una nueva capa se curva y editamos la misma.

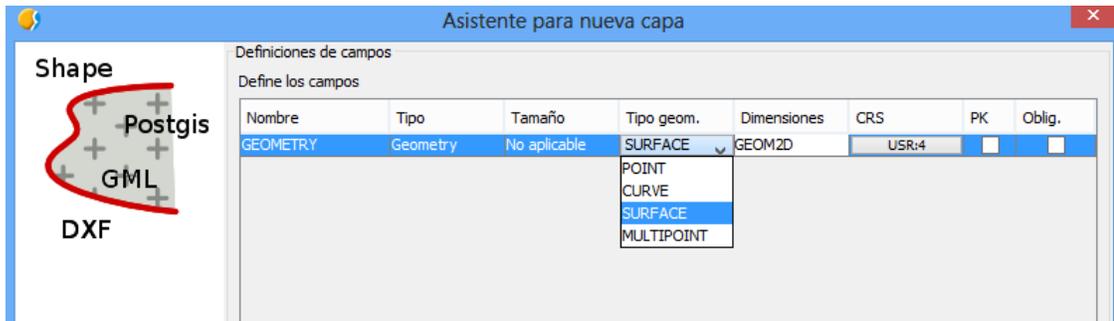
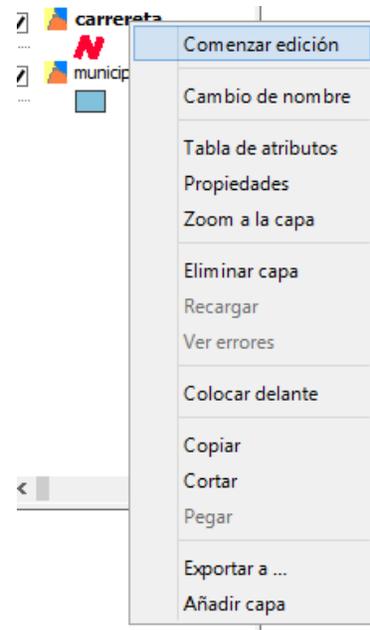


Imagen 3.37 creación de capa

Imagen 3.38 Edición de capa



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Al momento de comenzar la edición de la capa se activa los botones de procesos geométricos,  el caso que veremos a continuación es de una carretera que se realizará en el país y observaremos el área de influencia que tiene este proyecto así como los departamentos afectados por el mismo.

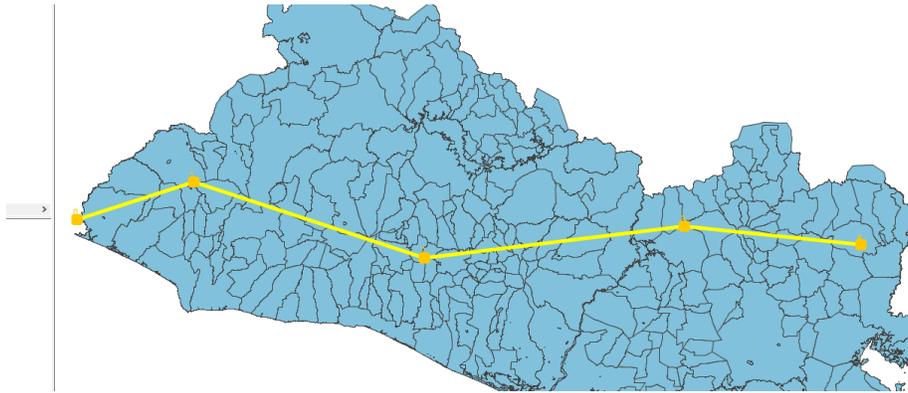


Imagen 3.39: Área del proyecto

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La zona amarilla es el área destinada a la ejecución el proyecto a continuación veremos el área de influencia de este proyecto, terminamos edición en la capa. Abrimos la caja de herramientas y seleccionamos la opción buffer.

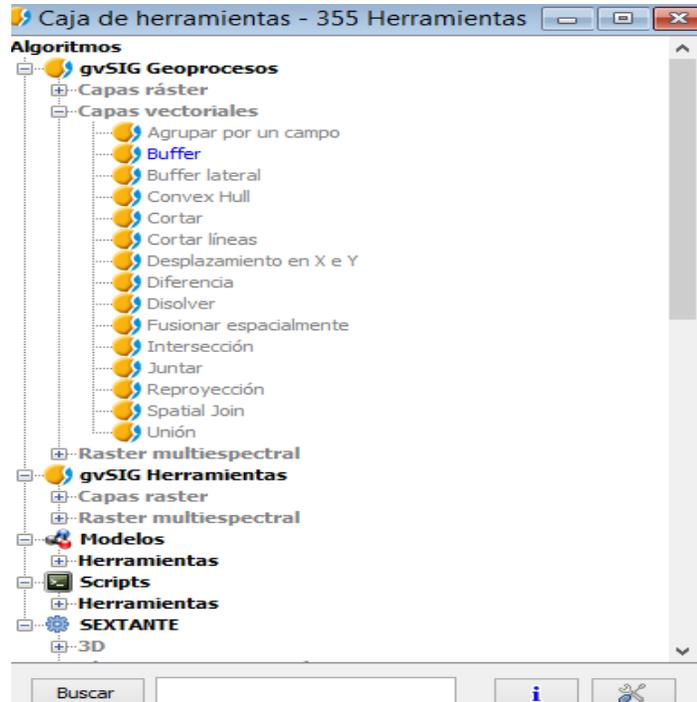


Imagen 3.40 Buffer

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Damos doble clic a la opción y llenamos los campos de la siguiente manera.

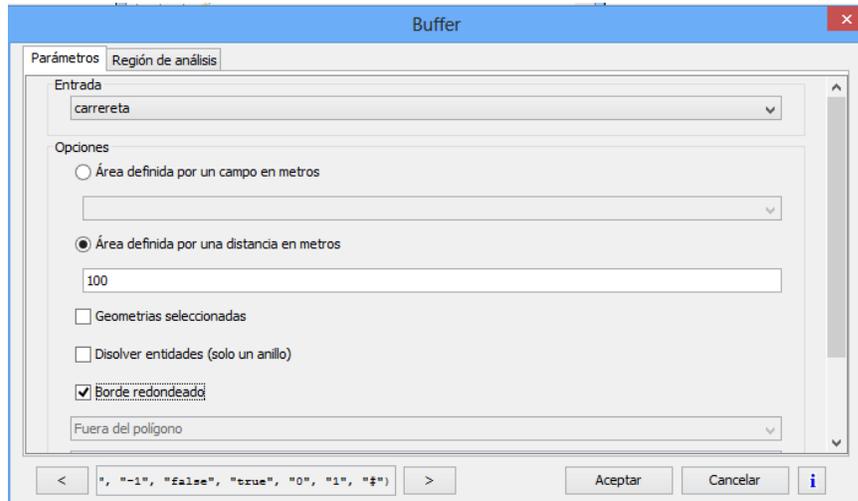


Imagen 3.41: Configuración de buffer.

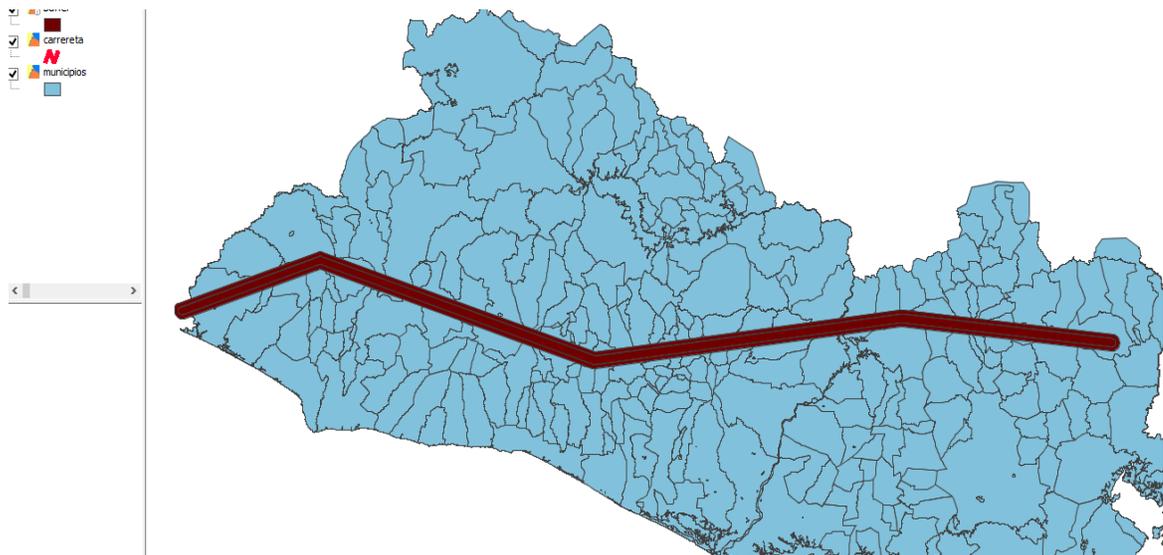


Imagen 3.42: Área de influencia de la carretera.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El siguiente ejemplo es de un caso que deseamos trabajar con un área o región específica, en este caso deseamos trabajar con el municipio de *Atiquizaya*, cargamos la capa de *municipios*; en esta tabla tenemos la información de todos los municipios del país pero como solamente nos interesa el municipio antes mencionada lo buscamos en su tabla de atributos.

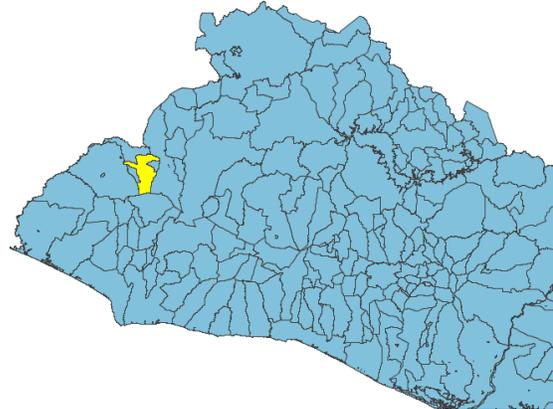
	AREA	DM_ID	CDPTO	CMUN	DPTO	MUNIC	PERIMETER	ID_OFICIAL
1	248.006.6...	0101	01	01	AHUACHA...	AHUACHA...	87.715,000	0101
2	38.865.37...	0102	01	02	AHUACHA...	APANECA	34.094,205	0102
3	65.544.85...	0103	01	03	AHUACHA...	ATIQUIZAYA	54.598,344	0103
4	69.083.22...	0104	01	04	AHUACHA...	CONCEPC...	45.906,998	0104
5	8.355.492...	0105	01	05	AHUACHA...	EL REFUGIO	14.158,793	0105
6	78.920.32...	0106	01	06	AHUACHA...	GUAYMAN...	41.274,765	0106
7	177.960.0...	0107	01	07	AHUACHA...	JUJUTLA	94.405,485	0107
8	247.908.1...	0108	01	08	AHUACHA...	SAN FRAN...	120.521,842	0108
9	44.279.31...	0109	01	09	AHUACHA...	SAN LORE...	50.087,565	0109
10	24.388.27...	0110	01	10	AHUACHA...	SAN PEDR...	28.014,801	0110
11	165.386.9...	0111	01	11	AHUACHA...	TACUBA	88.651,595	0111
12	10.074.23...	0112	01	12	AHUACHA...	TURIN	18.156,316	0112
13	101.830.4...	0201	02	01	SANTA ANA	CANDELA...	60.939,285	0202
14	145.907.3...	0202	02	02	SANTA ANA	COATEPE...	80.470,981	0203
15	184.878.2...	0203	02	03	SANTA ANA	CHALCHU...	97.530,829	0204
16	60.075.43...	0204	02	04	SANTA ANA	EL CONGO	53.146,966	0205
17	48.135.67...	0205	02	05	SANTA ANA	EL PORVE...	31.858,357	0206
18	52.124.53...	0206	02	06	SANTA ANA	MASAHUAT	36.348,805	0207
19	648.048.3...	0207	02	07	SANTA ANA	METAPAN	205.788,975	0208
20	48.664.93...	0208	02	08	SANTA ANA	SAN ANTO...	38.769,239	0209
21	19.260.70...	0209	02	09	SANTA ANA	SAN SEBA...	22.451,278	0210
22	400.975.4...	0210	02	10	SANTA ANA	SANTA ANA	142.973,138	0201
23	50.869.21...	0211	02	11	SANTA ANA	SANTA RO...	42.418,472	0211
24	41.221.98...	0212	02	12	SANTA ANA	SANTIAG...	26.545,055	0212
25	168.293.2...	0213	02	13	SANTA ANA	TEXISTEP...	81.568,092	0213
26	161.171.6...	0301	03	01	SONSONATE	ACAJUTLA	94.744,607	0302

1 / 263 Total registros seleccionados.

Imagen 3.43: Tabla de atributos de la capa municipios.

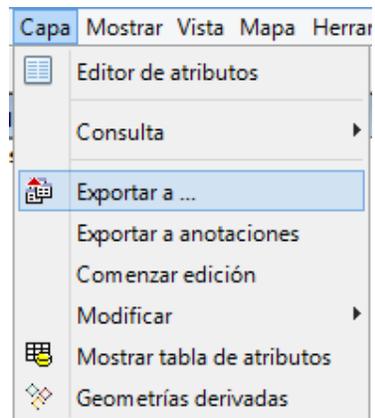
“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 3.44: Municipio de Atiquizaya



Como el objetivo es tener el municipio separado de los demás municipios lo que haremos a continuación es exportarlo a un archivo shape. Para eso vamos al menú capa exportar a.

Imagen 3.45: Exportar capa



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Luego seleccionamos formato shape.

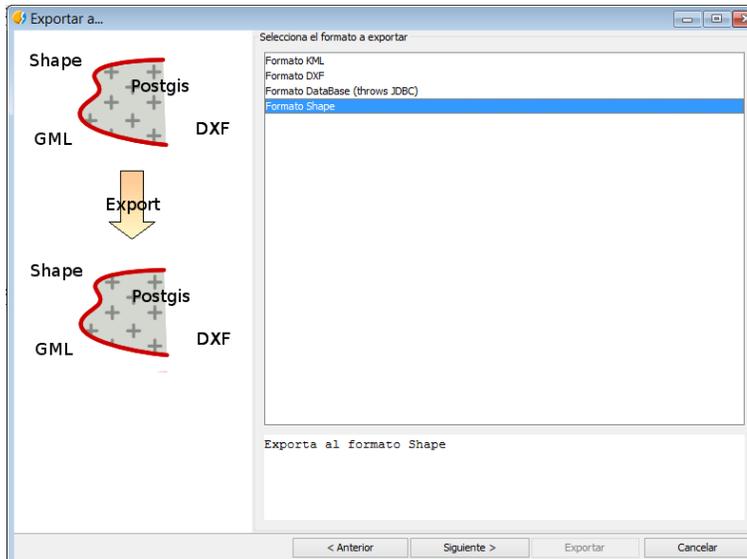


Imagen 3.46: Exportar a Shape.

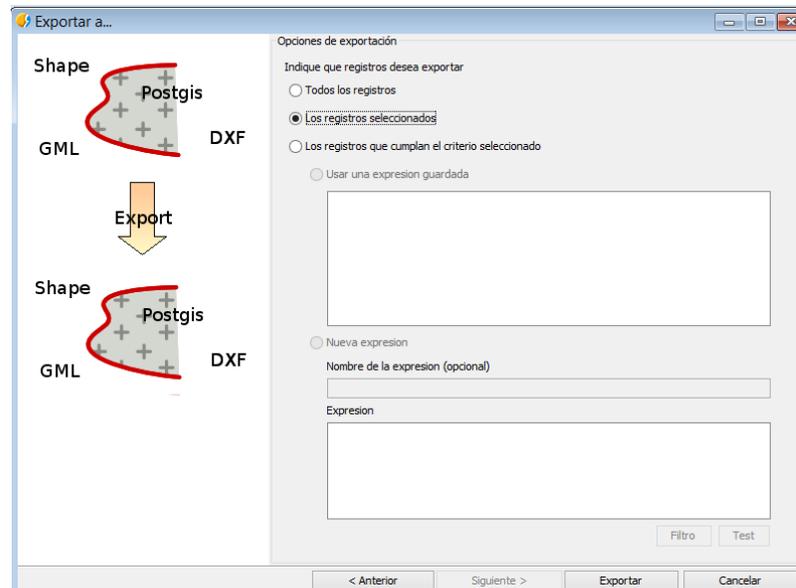


Imagen 3.47: Generar archivo Shape.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Es importante seleccionar la opción *Los registros seleccionados* para que únicamente se exporte el municipio de interés.



Imagen 3.48: Municipio de Atiquizaya

La siguiente herramienta del geoproceso es la de **cortar** para ello necesitamos dos capas vectoriales (**municipios y cuenca**), abrimos la caja de geoproceso y en el grupo **Capa Vectoriales**, seleccionamos cortar.

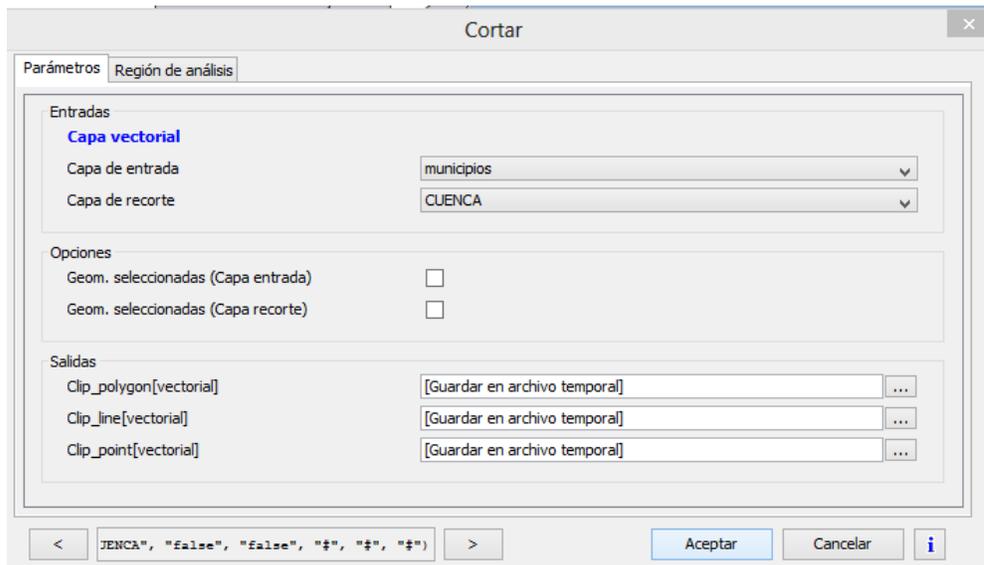


Imagen 3.49
Opción cortar

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.50 Capas cortadas

Esencialmente lo que hace la opción cortar es crear otra capa con la información de la capa recortada, esto es importante en el caso que solo deseemos ver la información contenida en una zona específica.

Continuando con las herramientas de capas vectoriales seleccionamos la opción diferencia, y completamos la información según se muestra.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.51 Capa de municipio y capa de cuenca

Esta es la vista de las dos capas que nos servirán de base en el análisis de algunas de las funciones de geoprocetos.

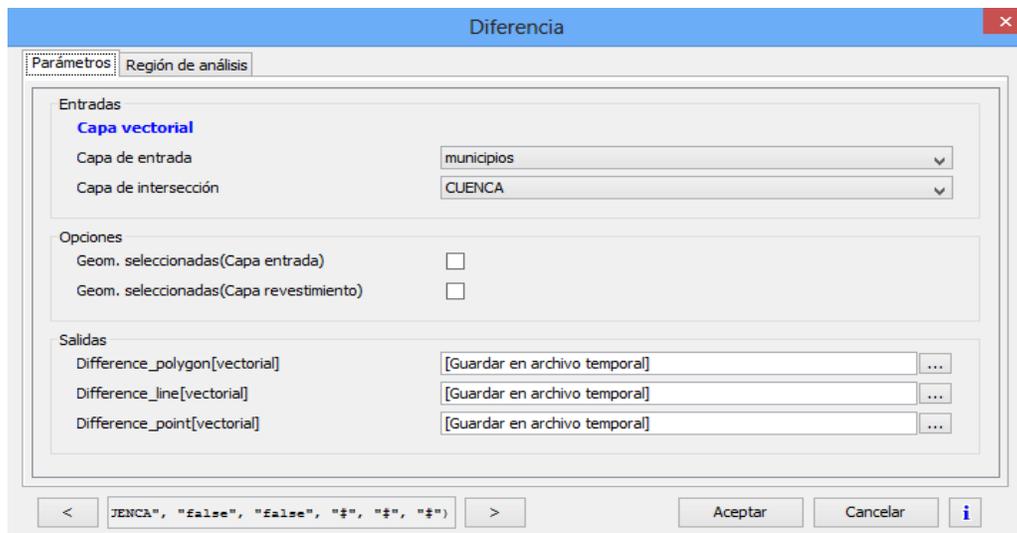


Imagen 3.52 Opción diferencia

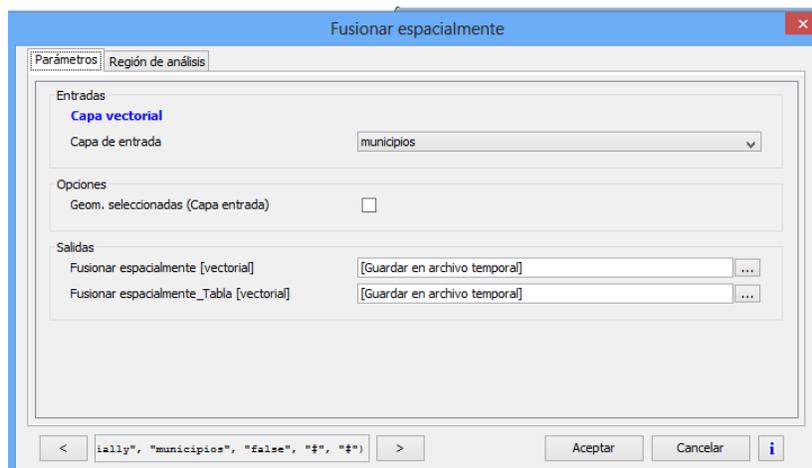
“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.53 Diferencia entre capas vectoriales

Esta opción nos permite crear una capa en donde podemos visualizar todos los parámetros no comunes entre las dos capas.

Ahora analizaremos la opción ***Fusionar espacialmente***.



**Imagen 3.54
Fusionar
espacialmente**

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

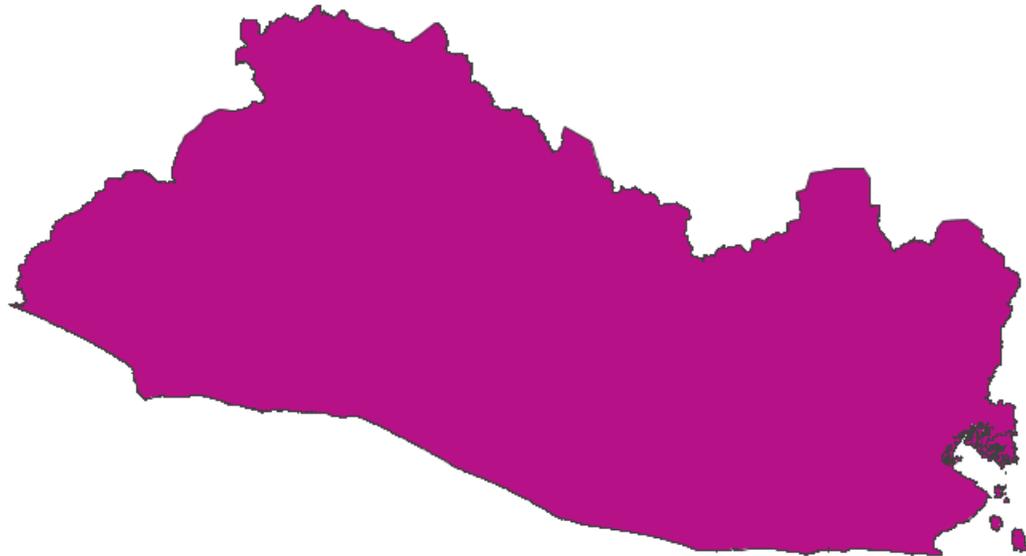


Imagen 3.55 Capa fusionada

Como podemos observar en la imagen anterior la fusión espacial nos crea un elemento continuo es decir nos genera una nueva capa sin las divisiones iniciales.

Continuando con el análisis de los geoprocesos para las capas vectoriales la siguiente opción a analizar será ***juntar***.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

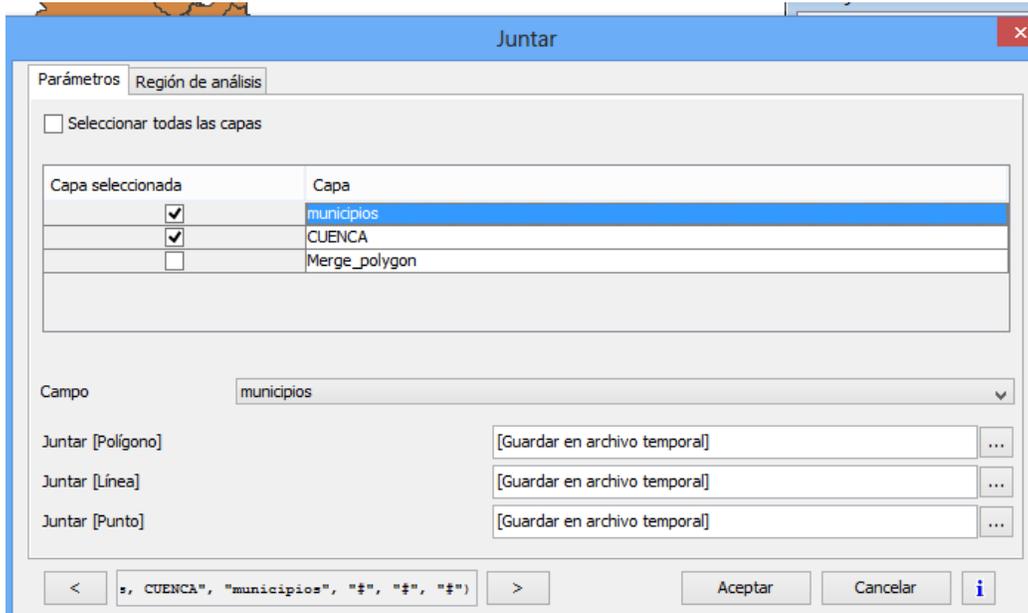


Imagen 3.56 Juntar capa

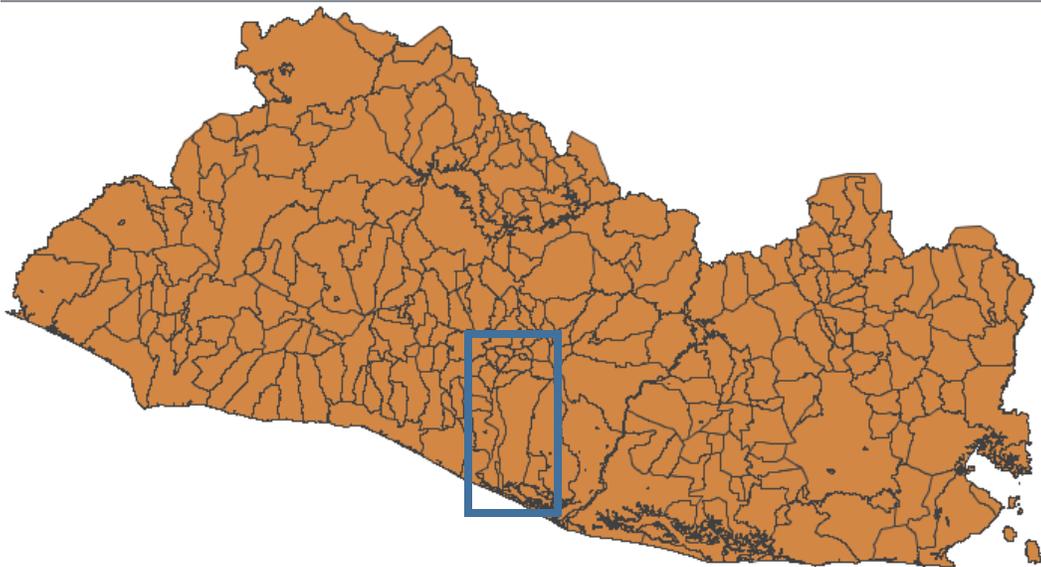


Imagen 3.57: Capas vectoriales juntas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Lo que hizo esta opción es que la capa cuenca se agregó a la capa de municipios, ahora la capa cuenca es un elemento más de la capa municipios.

3.8 Ejemplo práctico

En esta parte del trabajo se presentaran un ejemplo práctico donde mostraremos la forma de utilizar los parámetros mostrados en los incisos anteriores.

Configuración del sistema de coordenadas

Al momento de abrir el programa gv sig nos aparece la siguiente ventana:

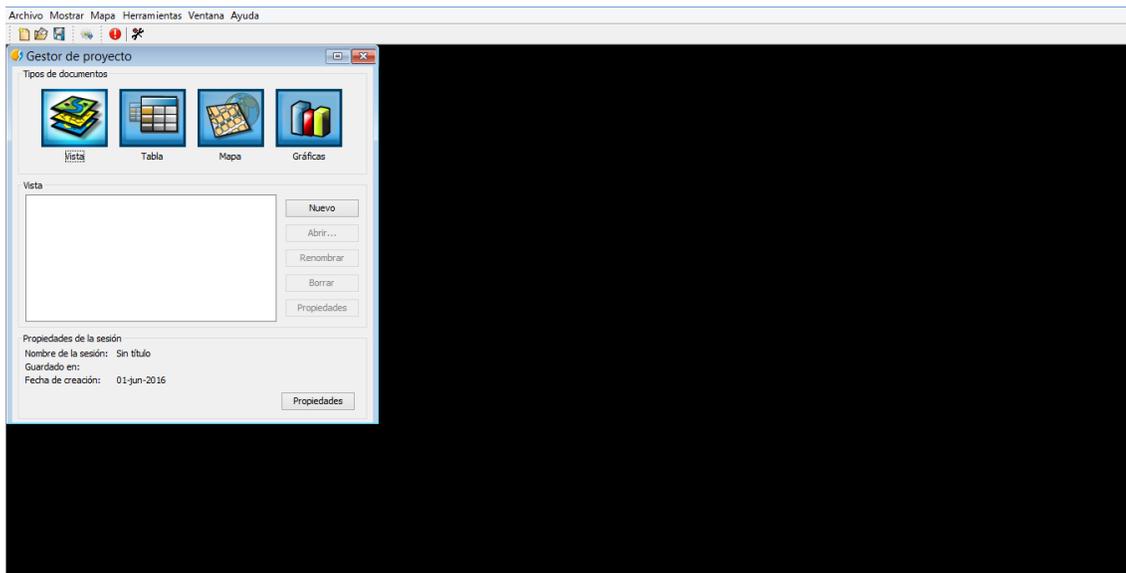


Imagen 3.58: Entorno del programa gv sig

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Lo primero que debemos hacer es dar click en nuevo y nos aparecerá la siguiente ventana:

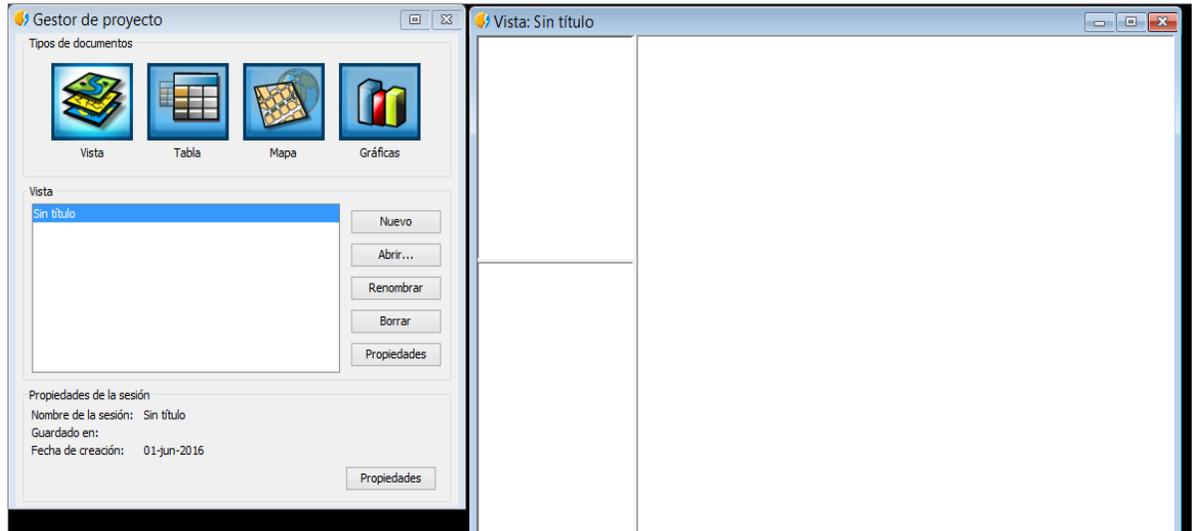


Imagen 3.59: Creación de la vista en el ejemplo práctico

Como podemos ver nos aparece una vista sin título y dando click en el botón “renombrar” cambiamos el nombre de la vista por “ejemplo1”

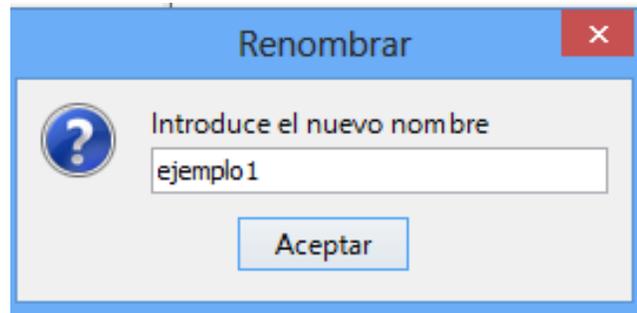


Imagen 3.60: Renombrar la vista a *ejemplo1*

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Posteriormente seleccionamos la vista creada y hacemos click en el botón de “propiedades”, apareciendo el siguiente cuadro de dialogo.

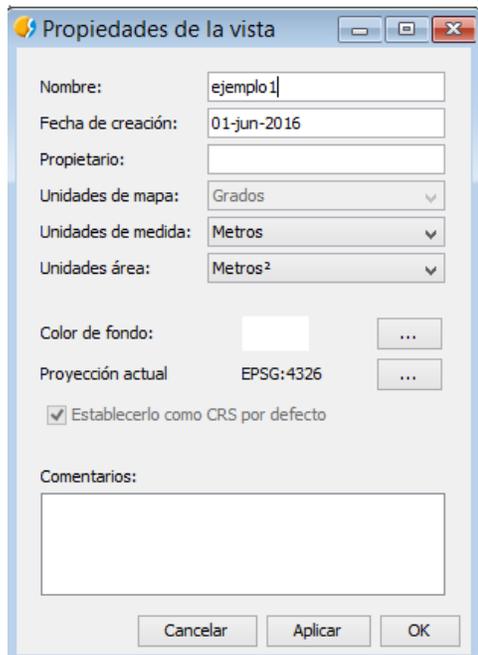


Imagen 3.61: Propiedades de la vista

En el cuadro de dialogo anterior damos click en el botón “...” correspondiente a la proyección actual para hacer los cambios correspondientes a la proyección.

Aparecerá el cuadro de dialogo siguiente, en donde en el menú desplegable seleccionaremos la opción “CRS usuario”.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

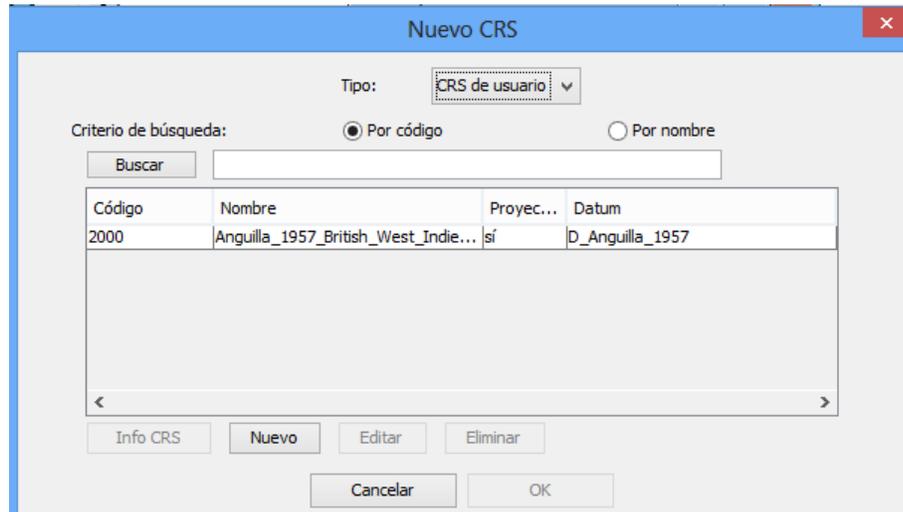


Imagen 3.62 Cuadro de dialogo creación de un nuevo CRS usuario

Damos click en nuevo, y nos aparecen tres opciones para hacer la representación explicaremos cada una de ellas, en la primer opción *A partir de definiciones de usuarios*, nosotros haremos toda la configuración y la colocación de la información geográfica que nos corresponde. Damos click en siguiente.

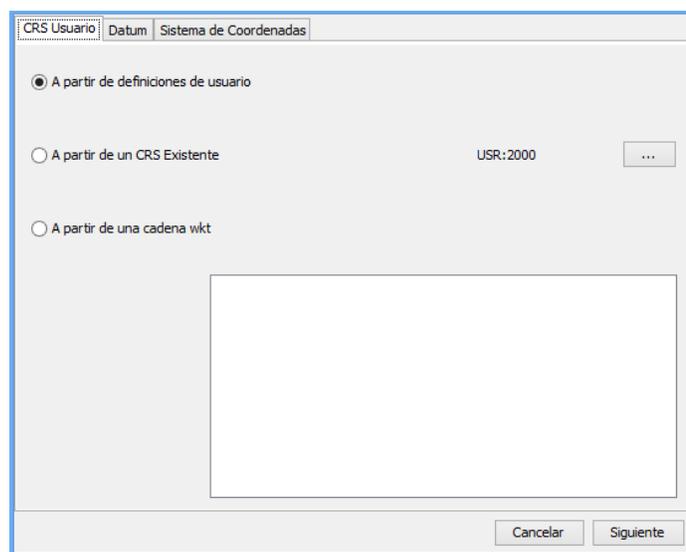


Imagen 3.63: Creación de CRS DE usuario

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Nos aparecerá la siguiente ventana:

Definición de un nuevo CRS por el usuario

CRS Usuario Datum Sistema de Coordenadas

Nombre: UES Código: 1

Datum

Nombre del Datum

Elipsoide

Nombre del Elipsoide

Clarke1866

Definir por a, inv_f a, b

Semieje Mayor (a) 6378206.4 Metros

Inverso del Aplanam... 294.9786982138982

Semieje Menor (b) 6356583.8 Metros

Meridiano

Nombre del Meridiano Greenwich

Longitud 0.0 grados

Cancelar Siguiente

Imagen 3.64: Dedición de un CRS por el usuario

Cambiamos el nombre del datum.

Criterio de búsqueda: Por código Por nombre Por área

Buscar 4267

Tipo	Área	Descripción
Geographic 2D	North America - NAD27	North and central America: Antigua and Barbuda, Bahamas...

Info CRS

Cancelar OK

Imagen 3.65: Definición de datum

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El datum NAD 27 (4267) es correspondiente a la región norte y Centro América y Antigua y Barbuda. El nombre del Elipsoide y buscamos el elipsoide “clarke 1866”, luego damos click en siguiente.

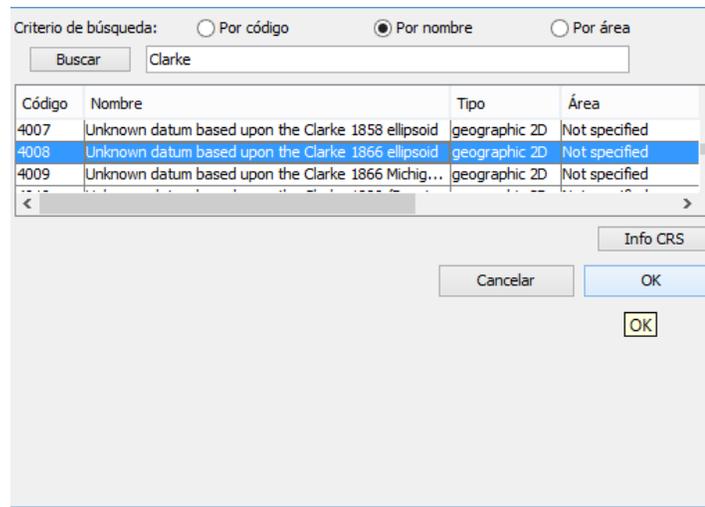


Imagen 3.66: Importación de elipsoide

Seleccionamos por nombre, para buscar la elipsoide por nombre escribimos “Clarke”, luego seleccionamos la elipsoide Clarke 1866 que es la correspondiente de nuestro país.

Llenamos el contenido de la siguiente manera, colocamos el nombre de la proyección, luego buscamos la proyección “Cónica Conforme a Lambert” y llenamos los espacios de la siguiente manera:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

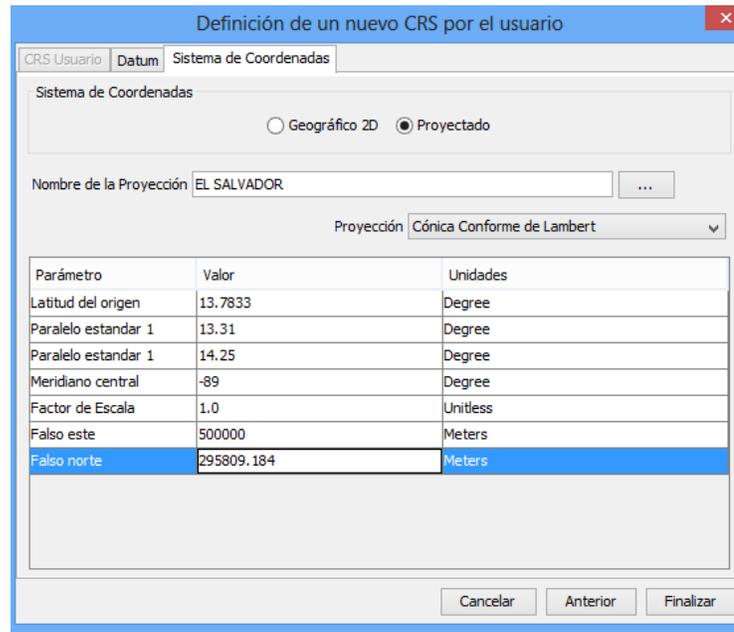


Imagen 3.67: Definición de un CRS por el usuario

Damos click en finalizar y ya tenemos nuestra proyección configurada a nuestro país.

La configuración de la proyección de nuestro sistema de coordenadas es una de las opciones más importante que posee el gvSIG, ya que nos permite visualizar los elementos (capas) en su posición real en el espacio.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

A continuación se muestra la información general de la proyección generada.

The image shows a software dialog box with the following content:

Meridiano origen: Greenwich	
Longitud del meridiano	0.0

Proyección: Lambert_Conformal_Conic

Parámetros

semi_mayor	6378137.0
semi_minor	6356752.314140356
central_meridian	-89.0
latitude_of_origin	13.7833
standard_parallel_1	13.31
scale_factor	1.0
false_easting	500000.0
false_northing	2958099.184
standard_parallel_2	14.25

Cadena proj4: +proj=lcc +lat_0=13.7833 +lat_1=13.31 +lat_2=14.25 +lon_0=-89 +k_0=1 +x_0=500000 +y_0=2958099.184 +ellps=GRS80 +units=m

OK

Imagen 3.68: Cuadro resumen de información ingresada por el usuario.

Ahora explicaremos como realizar la referencia por un a partir de un CSR existente, para el caso de nuestro país buscaremos el EPSG 5460.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

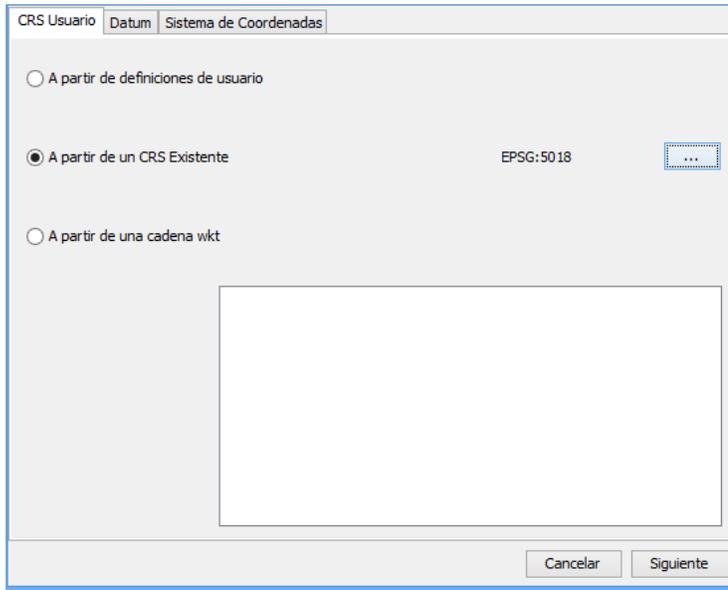


Imagen 3.69: Configuración de CRS existente

Buscamos por código y

digitamos 5460. Seleccionamos la proyección para nuestro país su

continuamos.

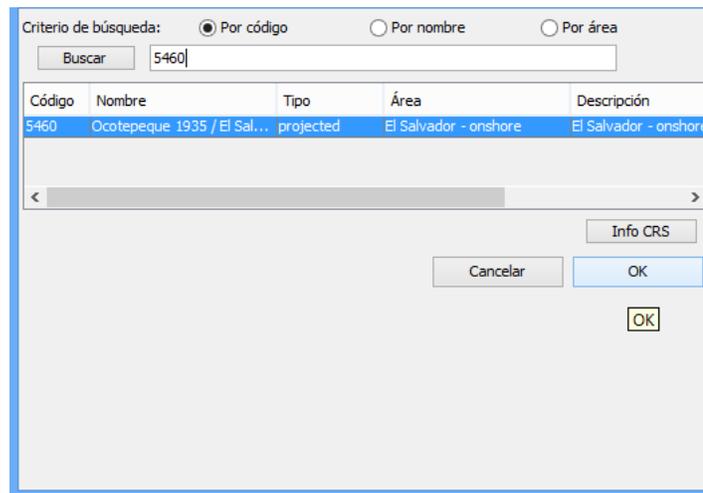


Imagen 3.70: Importar CRS existente.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Por ultimo explicaremos como realizar la proyección “A partir de una cadena wkt”

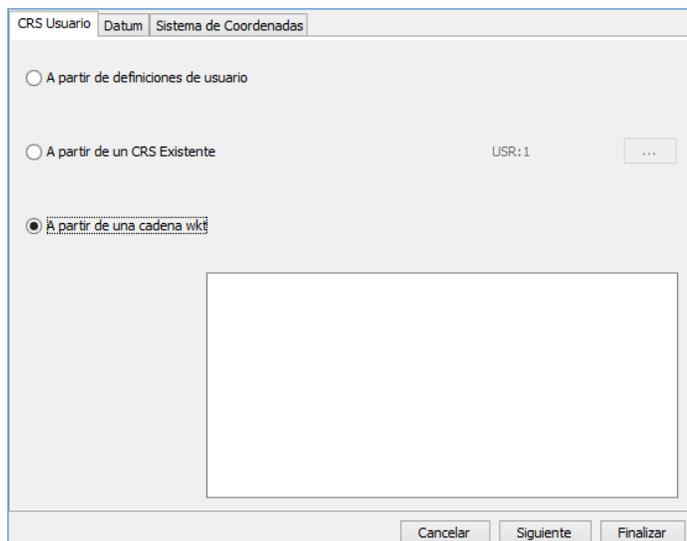


Imagen 3.71: Selección de cadena wkt.

Nos referimos a la página web: <http://spatialreference.org/ref/sr-org/6796/>, seleccionamos *well known Text as HTML*.

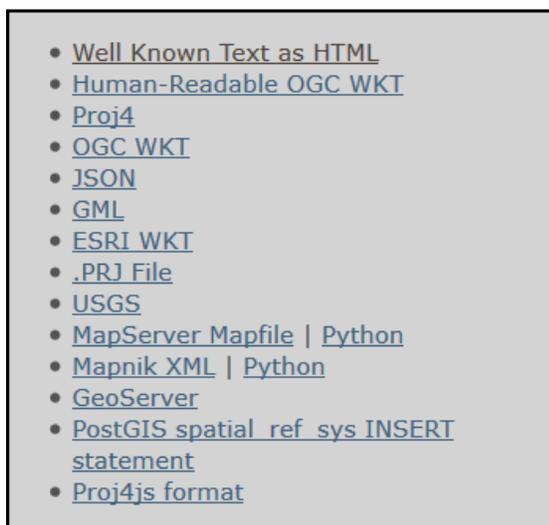


Imagen 3.72: Lista de documentos para cadena wkt.

Al hacer click en ese vínculo nos aparecerá la siguiente información:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La evolución de los datos y optación de los mismos es un paso importante en el desarrollo de los proyectos en gv sig, a lo largo de los años las compañías que generan información cartográfica han utilizado la plataforma que les brinda el internet para proceder a publicar información cartográfica, estor esta razón que en la actualidad existen gran cantidad de servidores en línea que nos brindan información cartográfica.

```
PROJCS["NAD27 / El Salvador",
  GEOGCS["NAD27",
    DATUM["North_American_Datum_1927",
      SPHEROID["Clarke 1866", 6378206.4, 294.97869821388982,
        AUTHORITY["EPSG", "7008"]],
      AUTHORITY["EPSG", "6267"]],
    PRIMEM["Greenwich", 0,
      AUTHORITY["EPSG", "8901"]],
    UNIT["degree", 0.01745329251994328,
      AUTHORITY["EPSG", "9122"]],
    AUTHORITY["EPSG", "4267"]],
  UNIT["metre", 1,
    AUTHORITY["EPSG", "9001"]],
  PROJECTION["Lambert_Conformal_Conic_2SP"],
  PARAMETER["latitude_of_origin", 13.7833333],
  PARAMETER["central_meridian", -89],
  PARAMETER["scale_factor", 0.99989906],
  PARAMETER["false_easting", 500000],
  PARAMETER["false_northing", 295809.184],
  PARAMETER["standard_parallel_1", 14.25],
  PARAMETER["standard_parallel_2", 13.3166667],
  AUTHORITY["EPSG", "32062"],
  AXIS["X", EAST],
  AXIS["Y", NORTH]]
```

Imagen 3.73: Cadena wkt.

Marcamos toda cadena y copiamos y pegamos en gv sig.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

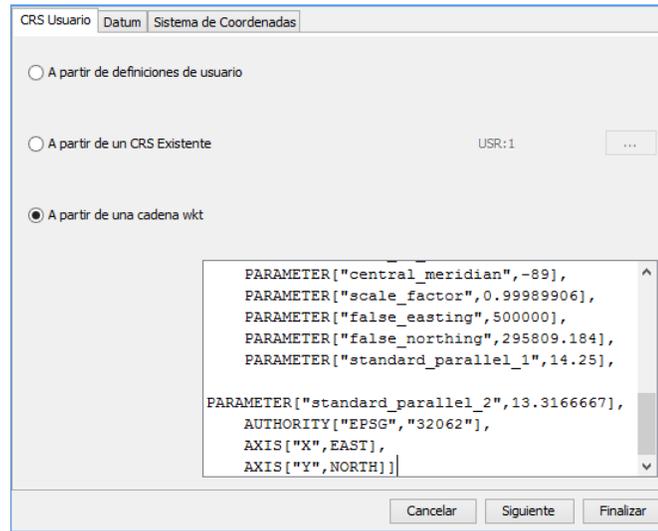


Imagen 3.74: Selección de cadena wkt.

Pegamos la cadena y damos click en finalizar.

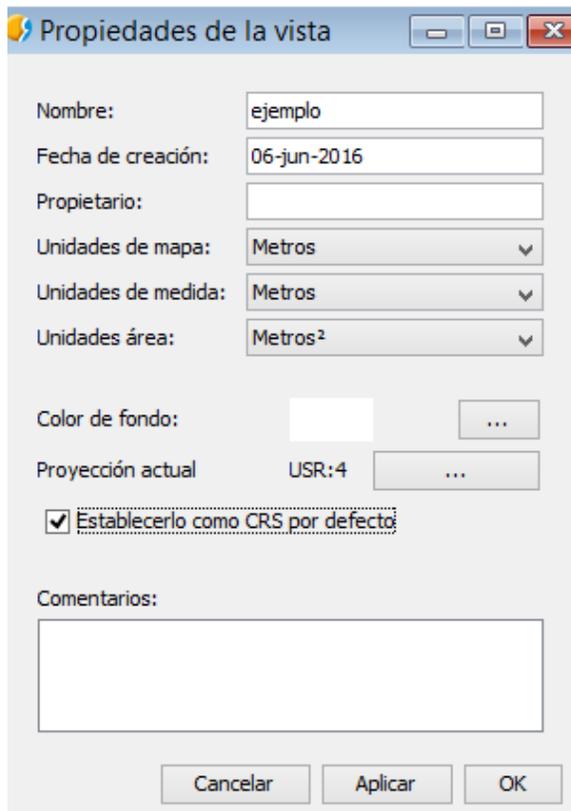


Imagen 3.75: Configuración de sistema de referencia

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En la imagen anterior seleccionamos la opción de *Establecerlo como CRS por defecto*, y de esta manera siempre que comencemos a trabajar en nuevos proyectos el programa este referenciado a nuestro país.

Cargar una tabla de Excel a gvSIG

La información espacial del proyecto que se presentará a continuación es de un levantamiento topográfico, a continuación se presenta la hoja en excel.

1	id	norte	este	ele	des
2	1	328170	445815	402	PLG
3	2	328216.49	445798.08	396.18	PLG
4	3	328046.02	445914.18	418.25	PLG
5	4	328121.31	445925.97	430.76	PLG
6	5	328217.19	445901.63	402.51	PLG
7	10	328144.1	445831.35	403.01	CALLE
8	11	328145.87	445834.9	402.83	CALLE
9	12	328146.34	445836.23	401.53	CANAL
10	13	328132.24	445834.89	403.44	NI
11	14	328134.36	445840.19	403.11	NI
12	15	328135.94	445843.09	401.83	NI
13	16	328138.65	445845.6	402.89	NI
14	17	328148.84	445838.89	403.28	NI
15	18	328157.18	445839.94	405.96	NI
16	19	328148.54	445842.21	406.66	NI
17	20	328143.63	445846.63	407.23	NI
18	21	328139.76	445850.17	406.9	NI
19	22	328144.03	445852.47	407.94	NI
20	23	328145.63	445855.68	407.86	NI
21	24	328148.7	445853.92	406.79	NI
22	25	328155.79	445849.26	406.15	NI
23	26	328162.67	445845.19	405.93	NI

Imagen 3.76 Información geográfica

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La imagen anterior muestra nuestra nube de puntos con su información geográfica específica.

Para realizar los siguientes procesos necesitamos que nuestra tabla cuente con la correspondientes coordenadas (X,Y,Z). La información que tenemos en archivo con extensión **.xls** es necesario que la guardemos como un archivo **csv (delimitado por comas)**. El proceso de cambio de formato es con el fin de que el programa gvsig interprete y analice todos los parámetros de la base de datos.

Libro de Excel
Libro de Excel habilitado para macros
Libro binario de Excel
Libro de Excel 97-2003
Datos XML
Página web de un solo archivo
Página web
Plantilla de Excel
Plantilla de Excel habilitada para macros
Plantilla de Excel 97-2003
Texto (delimitado por tabulaciones)
Texto Unicode
Hoja de cálculo XML 2003
Libro de Microsoft Excel 5.0/95
CSV (delimitado por comas)
Texto con formato (delimitado por espacios)
Texto (Macintosh)
Texto (MS-DOS)
CSV (Macintosh)
CSV (MS-DOS)
DIF (formato de intercambio de datos)
SYLK (vínculo simbólico)
Complemento de Excel
Complemento de Excel 97-2003
PDF
Documento XPS
Hoja de cálculo Open XML

Imagen 3.77 Formato de archivo

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El paso que haremos a continuación es abrir el archivo **csv** con un procesador de texto.

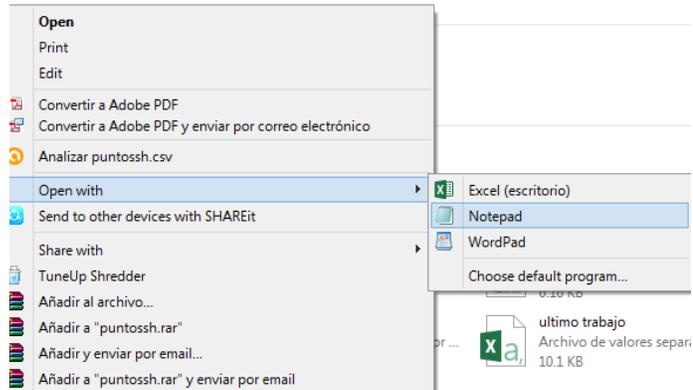


Imagen 3.78 Abrir achivo csv con Notepad

Nos aparecerá la siguiente ventana:

```
id.norte.este.ele.des
1.328170.445815.402.PLG
2.328216.49.445798.08.396.18.PLG
3.328046.02.445914.18.418.25.PLG
4.328121.31.445925.97.430.76.PLG
5.328217.19.445901.63.402.51.PLG
10.328144.1.445831.35.403.01.CALLE
11.328145.87.445834.9.402.83.CALLE
12.328146.34.445836.23.401.53.CANAL
13.328132.24.445834.89.403.44.NI
14.328134.36.445840.19.403.11.NI
15.328135.94.445843.09.401.83.NI
16.328138.65.445845.6.402.89.NI
17.328148.84.445838.89.403.28.NI
18.328157.18.445839.94.405.96.NI
19.328148.54.445842.21.406.66.NI
20.328143.63.445846.63.407.23.NI
21.328139.76.445850.17.406.9.NI
22.328144.03.445852.47.407.94.NI
23.328145.63.445855.68.407.86.NI
24.328148.7.445853.92.406.79.NI
25.328155.79.445849.26.406.15.NI
26.328162.67.445845.19.405.93.NI
27.328163.82.445854.65.405.61.NI
28.328162.93.445860.25.406.56.NI
29.328160.35.445862.99.405.35.NI
30.328161.52.445865.55.405.39.NI
```

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 3.79 Información espacial en Notepad

El objetivo de abrir la tabla en el procesador de texto es hacer unos pasos previos para que el programa no tenga ningún problema en la lectura de los datos, cambiaremos las “,” en “;” y los “.” en “,” usamos el menú edición.

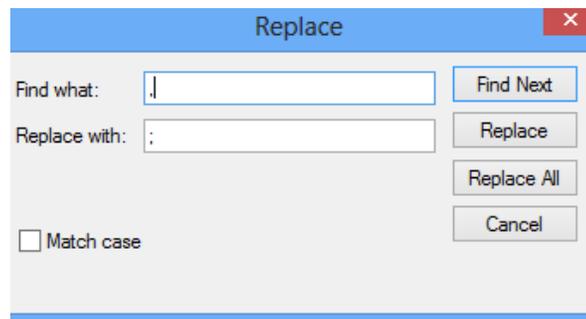


Imagen 3.80 Reemplazar “,” por “;”

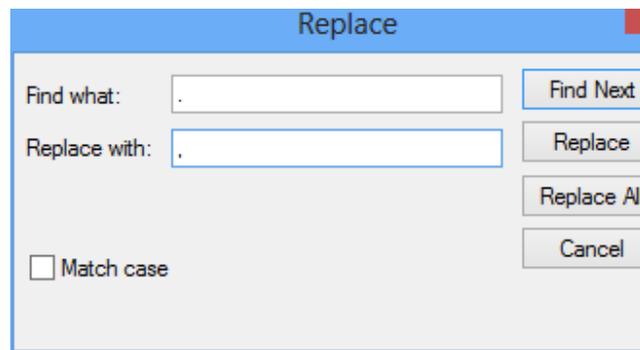


Imagen 3.80 Reemplazar “.” Por “,”

El hecho de realizar el cambio de punto a comas es porque gv sig interpreta la coma como la separación de las unidades y de los números decimales.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Una vez tengamos realizados estos cambios estamos listos para abrir la tabla con la información espacial en gv sig.

Entorno de gv sig:



Imagen 3.81 Gestor de proyectos de gv sig

En el gestor de proyectos del software seleccionamos Tabla y damos clic en Nuevo.

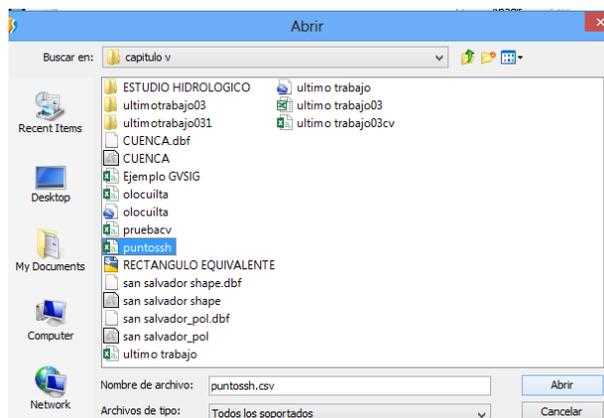


Imagen 3.82 Cargar tabla csv

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Cargamos y añadimos la tabla, se mostrará la tabla con la información correspondiente.

Imagen 3.83 Información espacial en gvSIG

	id	norte	este	ele	des
1	1	328.170,000	445.815,000	402,000	PLG
2	2	328.216,500	445.798,094	396,180	PLG
3	3	328.046,031	445.914,188	418,250	PLG
4	4	328.121,312	445.925,969	430,760	PLG
5	5	328.217,188	445.901,625	402,510	PLG
6	10	328.144,094	445.831,344	403,010	CALLE
7	11	328.145,875	445.834,906	402,830	CALLE
8	12	328.146,344	445.836,219	401,530	CANAL
9	13	328.132,250	445.834,875	403,440	NI
10	14	328.134,375	445.840,188	403,110	NI
11	15	328.135,938	445.843,094	401,830	NI
12	16	328.138,656	445.845,594	402,890	NI
13	17	328.148,844	445.838,875	403,280	NI
14	18	328.157,188	445.839,938	405,960	NI
15	19	328.148,531	445.842,219	406,660	NI
16	20	328.143,625	445.846,625	407,230	NI
17	21	328.139,750	445.850,156	406,900	NI
18	22	328.144,031	445.852,469	407,940	NI

Ya hemos cargado la información geográfica correspondiente, ahora procederemos a generar una capa vectorial de puntos; utilizando el menú **vista** la opción **añadir capa de eventos**.

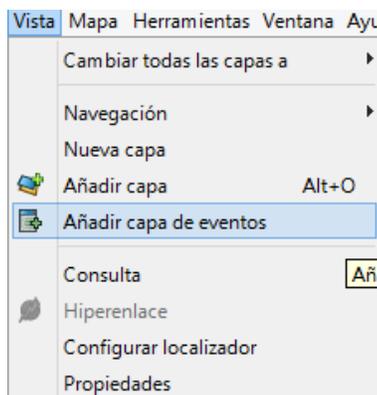


Imagen 3.84 Añadir capa de eventos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.85 Transformación de archivo

En la ventana anterior nos aparece las tablas que hemos cargado la seleccionamos y damos clic en siguiente.

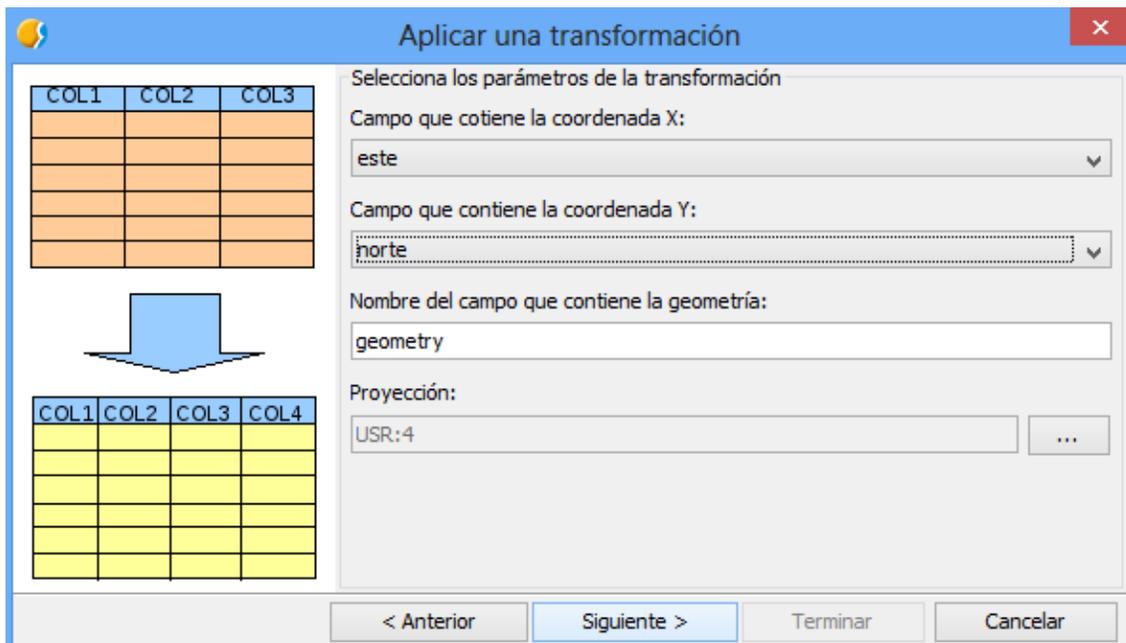


Imagen 3.86 Selección de coordenadas X e Y

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En el paso anterior seleccionamos las columnas de nuestra tabla que contiene la información de la ordenada “X” y de la ordena “Y”

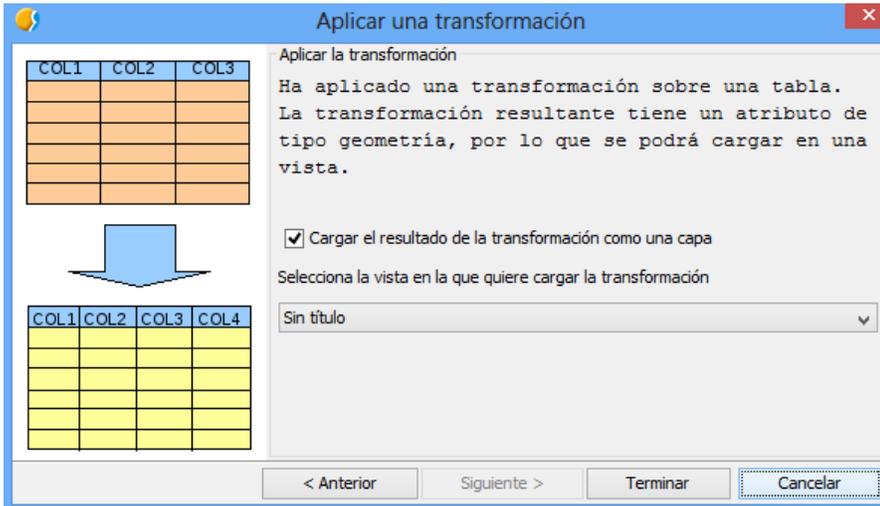


Imagen 3.87
Terminar proceso

Al finalizar podemos observar nuestra nube de puntos y nuestra capa creada.

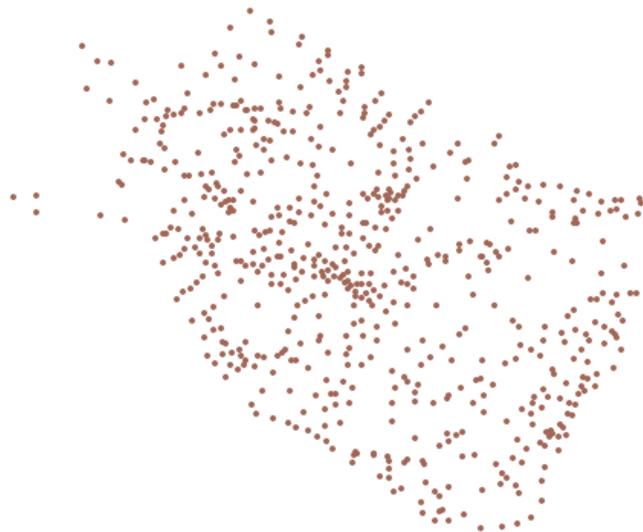


Imagen 3.88 Nube de puntos proyecto 3

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Para tener la capa de puntos como un archivo **shape** es necesario exportar la capa.

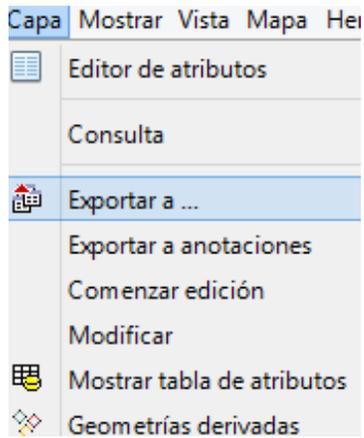


Imagen 3.89 Exportar a....

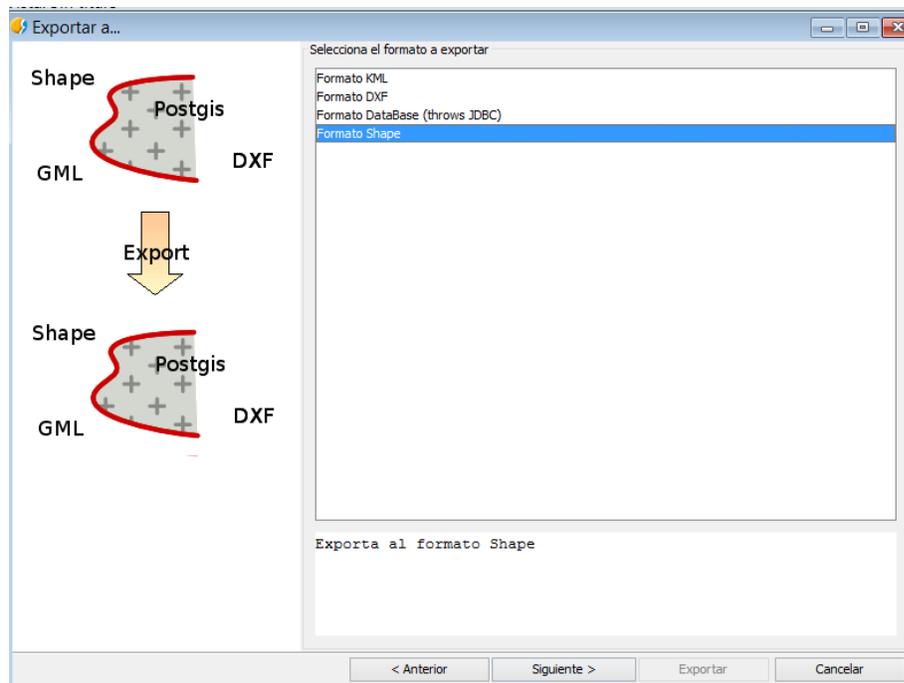


Imagen 3.90 Formato shape

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

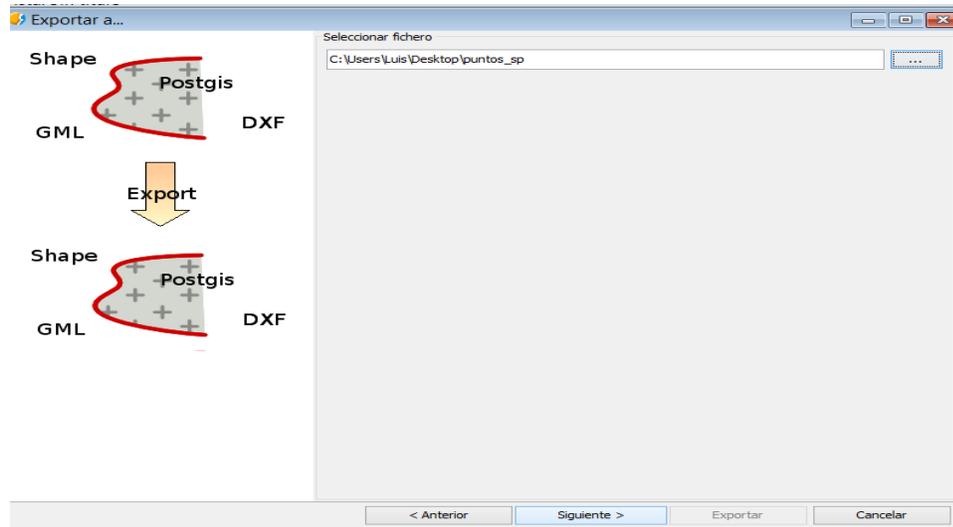


Imagen 3.91 Ruta de la capa shape.

Clic en siguiente:

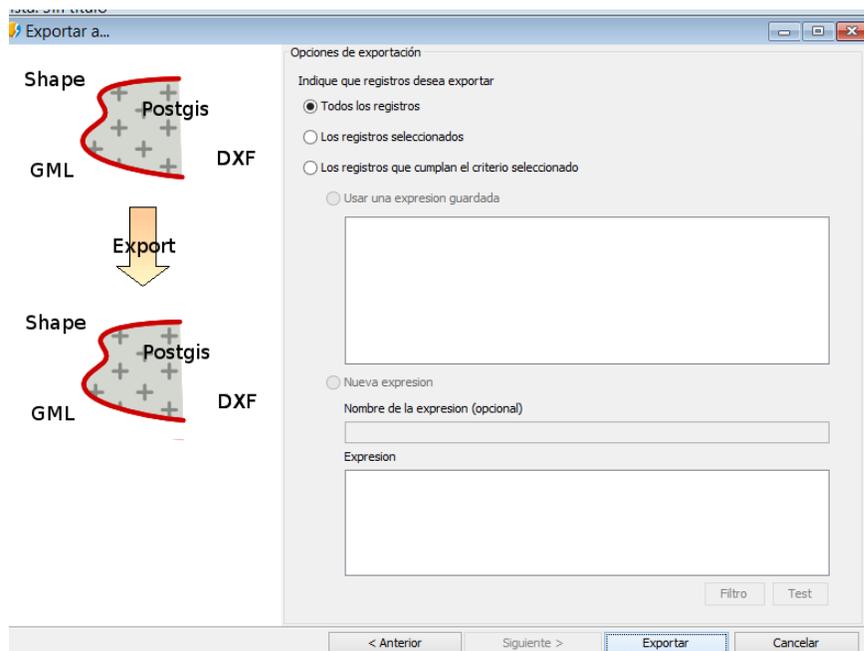
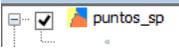


Imagen 3.92 Opciones de exportación

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Al hacer clic en exportar tendremos nuestra capa de puntos de nuestra capa de eventos en un archivo shape, que podemos trabajar en las próximas sesiones de

trabajo. 

Una vez hecho todos estos pasos procedemos a utilizar las herramientas de SEXTANTE; para la generación de curvas de nivel y de perfiles.

IMPORTANTE: Para poder generar un Modelo Digital de Elevaciones es necesario vincular el archivo a generar con un archivo de extensión .tif, por esa razón es necesario cargar el archivo MED_SS que corresponde a un modelo de elevación del Municipio de San Salvador.

Para generar el modelo de elevación digital a partir de una capa de puntos procedemos a realizar la siguiente rutina.

En la caja de geoprocesamiento seleccionamos el grupo **Rasterizar e interpolar** luego clic en **Rasterizar Capa Vectorial**.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

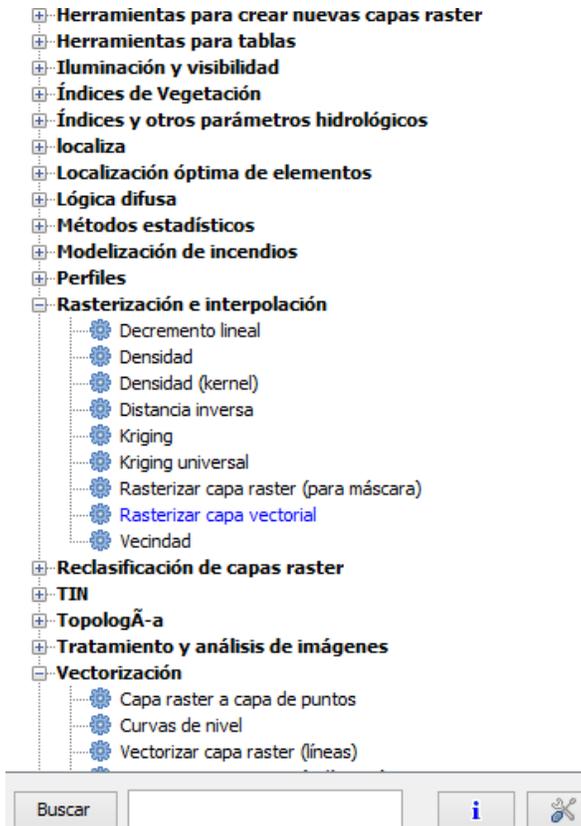


Imagen 3.93 Rasterizar capa vectorial

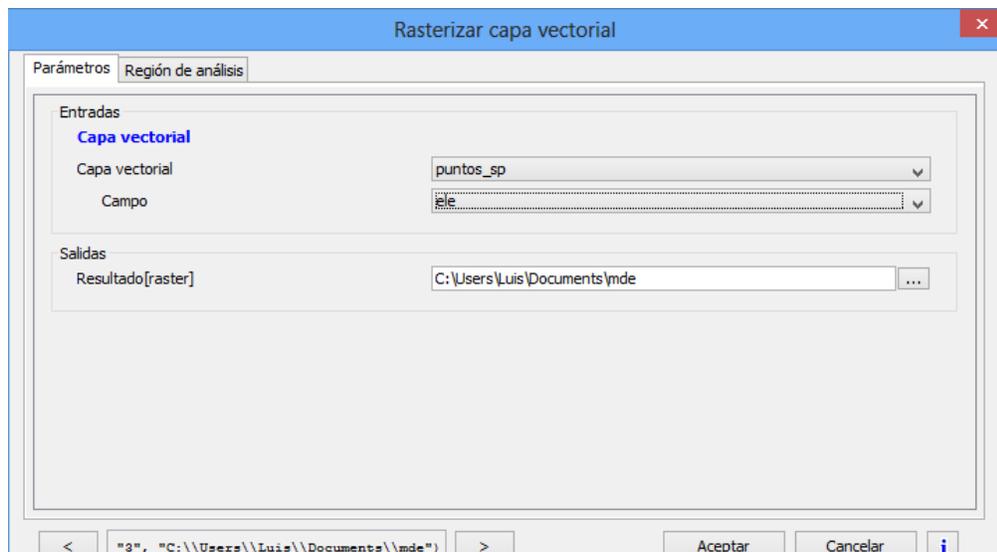


Imagen 3.94 Rasterizar capa vectorial.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En el campo capa vectorial seleccionamos la capa puntos y en opción campo seleccionamos la columna que contiene los datos de elevación de nuestros puntos.

Luego seleccionamos **Región de análisis** y lo configuramos como se muestra a continuación.

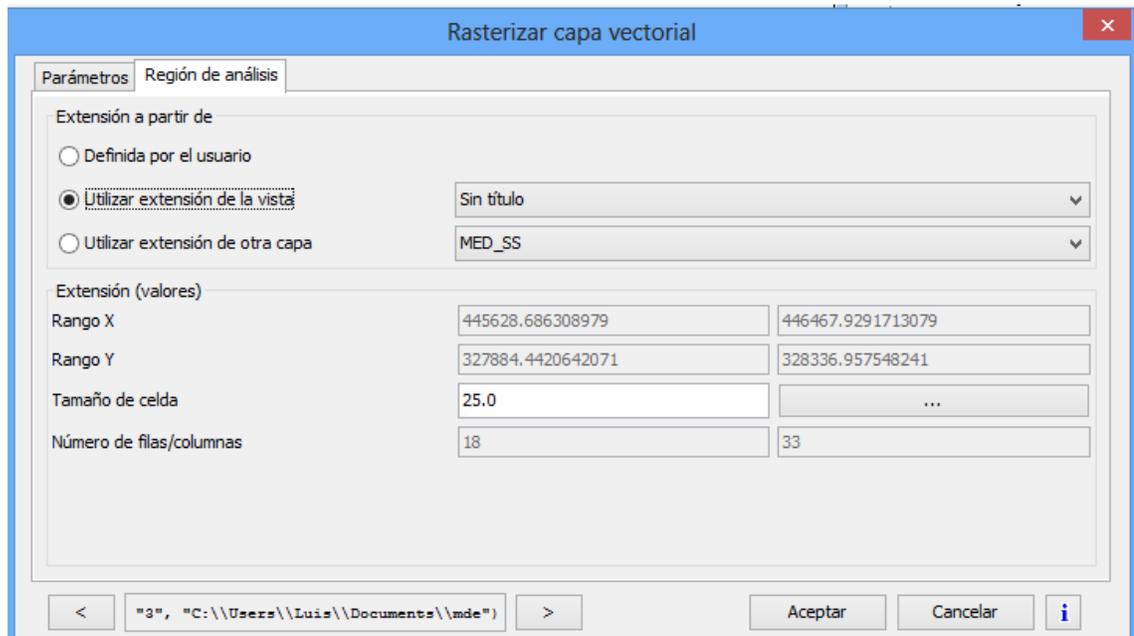


Imagen 3.95 Región de análisis

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En la figura anterior seleccionamos **Utilizar extensión de la vista**, esto con el objetivo de que la capa a generar conserve los valores de coordenadas de capa de puntos, y seleccionamos el archivo de extensión **.tif** esto con el fin que el programa lo relacione los dos archivos.

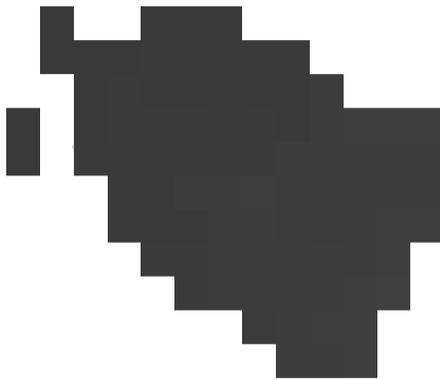


Imagen 3.96 Modelo digital de elevación de nuestra capa de puntos

Ahora rellenaremos las celdas sin datos de la capa rasterizada:

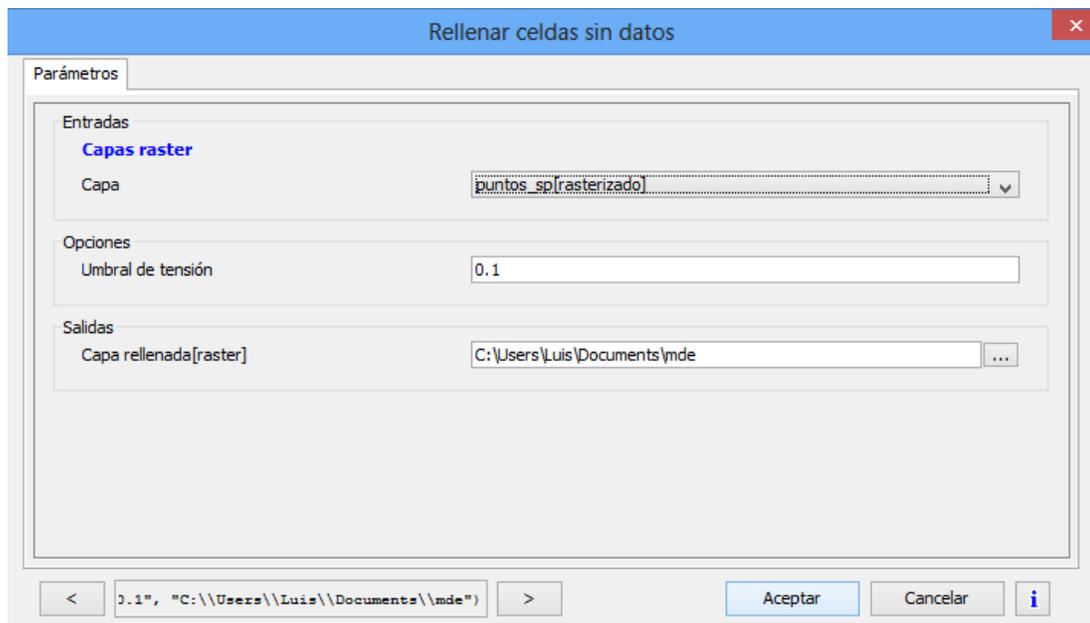


Imagen 3.97 Rellenar celdas sin datos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.98 Modelo digital de elevación rellenado

Luego de generar el modelo digital de elevación y rellenarlo es preciso generar las curvas de nivel de nuestro proyecto.

Para eso necesitamos ir al grupo **Vectorización**.

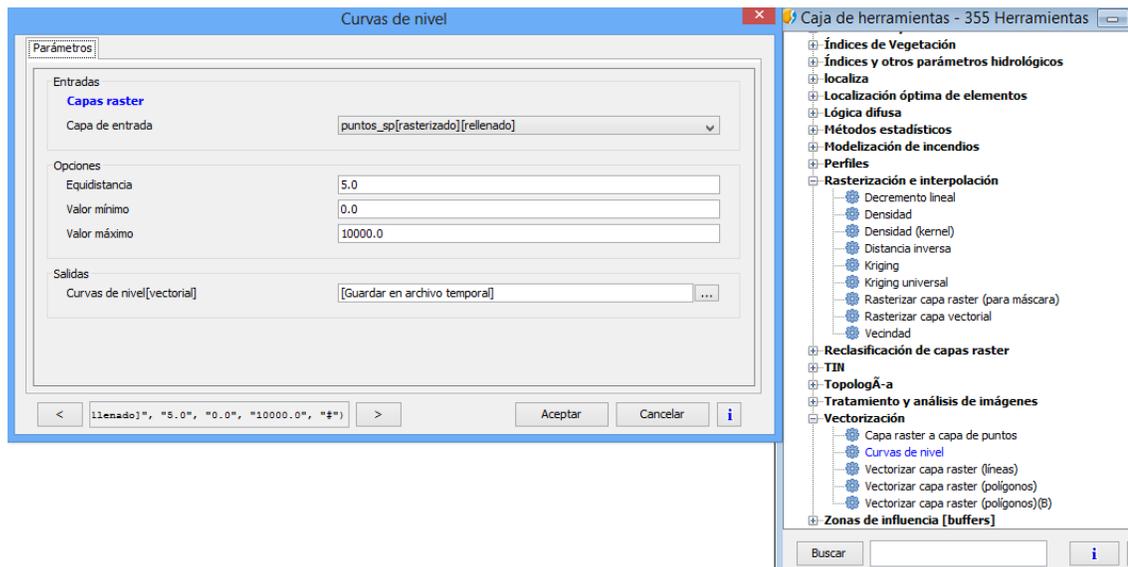


Imagen 3.99 Curvas de nivel

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Seleccionamos la capa de puntos rasterizada y rellenada, luego seleccionamos las equidistancias a las que estarán las curvas de nivel, este caso estará en cada 5 metros.



Imagen 3.100 Curvas de nivel cada 5 metros.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tabla de atributos: Curvas de nivel

	ID	Elevation
1	0	400,000
2	2	400,000
3	4	405,000
4	6	405,000
5	8	410,000
6	10	415,000
7	12	420,000
8	14	420,000
9	16	425,000
10	18	425,000
11	20	425,000
12	22	430,000
13	24	430,000
14	26	435,000

Imagen 3.101 Tabla de atributos de curvas de nivel

Generar perfil en gv sig

Otras de las herramientas importantes de gv sig es la generación de perfiles de las líneas, para el ejemplo necesitamos que el modelo digital de elevación de nuestra zona de estudio este activado, procederemos a crear un archivo shape tipo línea.

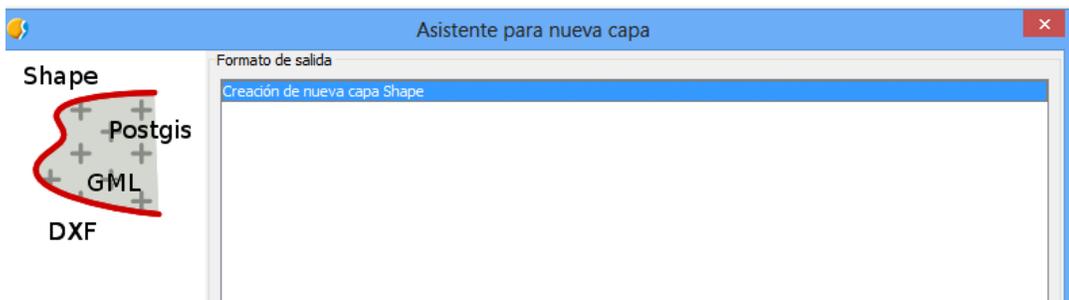


Imagen 3.102 Creación de capa vectorial

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

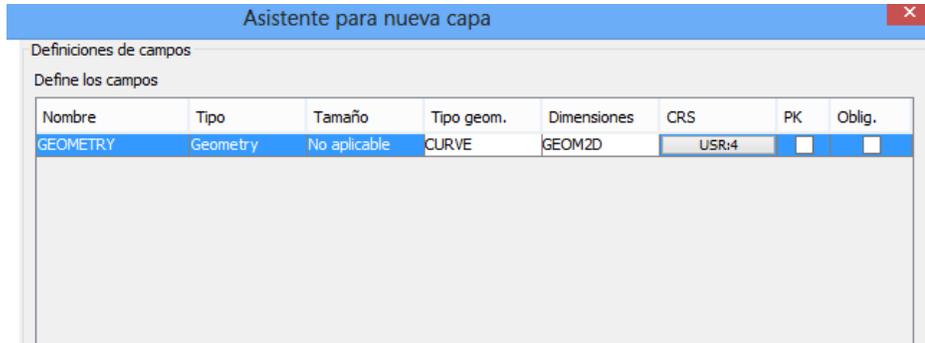


Imagen 3.103

Tipo línea

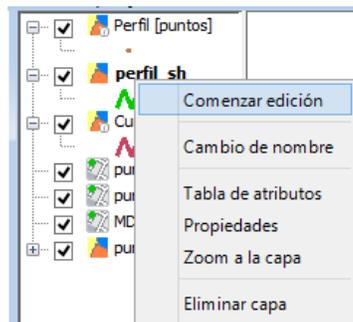


Imagen 3.104 Editar capa

Editamos la capa y generamos una línea en sobre nuestra nube de puntos

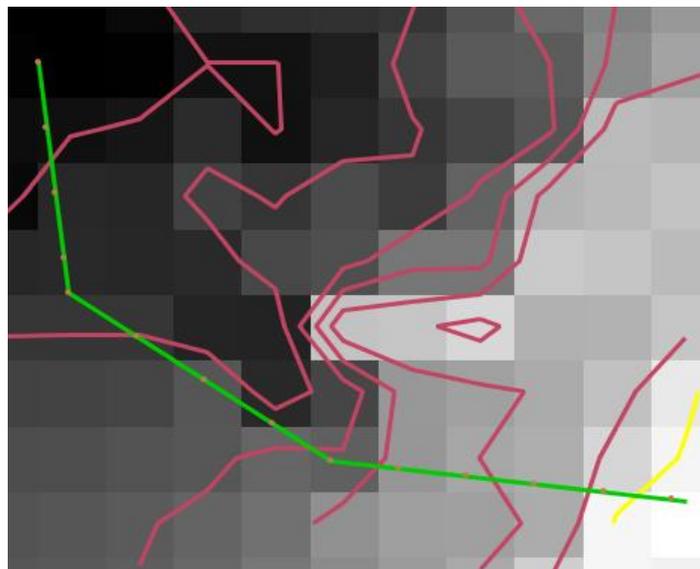


Imagen 3.104 Perfil

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Ya tenemos creado nuestra línea, ahora procederemos para generar el perfil de nuestra línea.

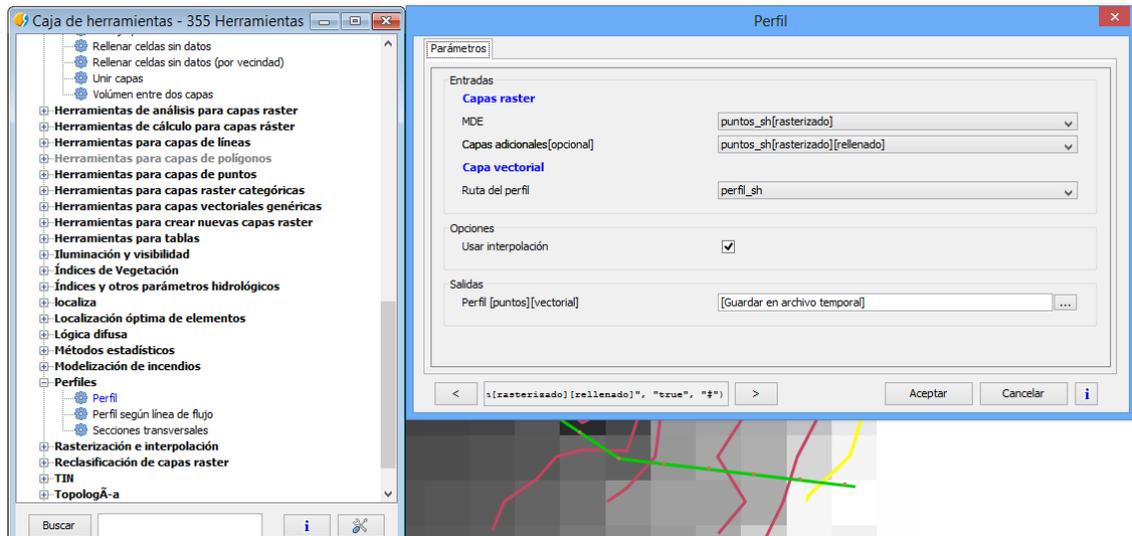


Imagen 3.105 Configuración de perfil

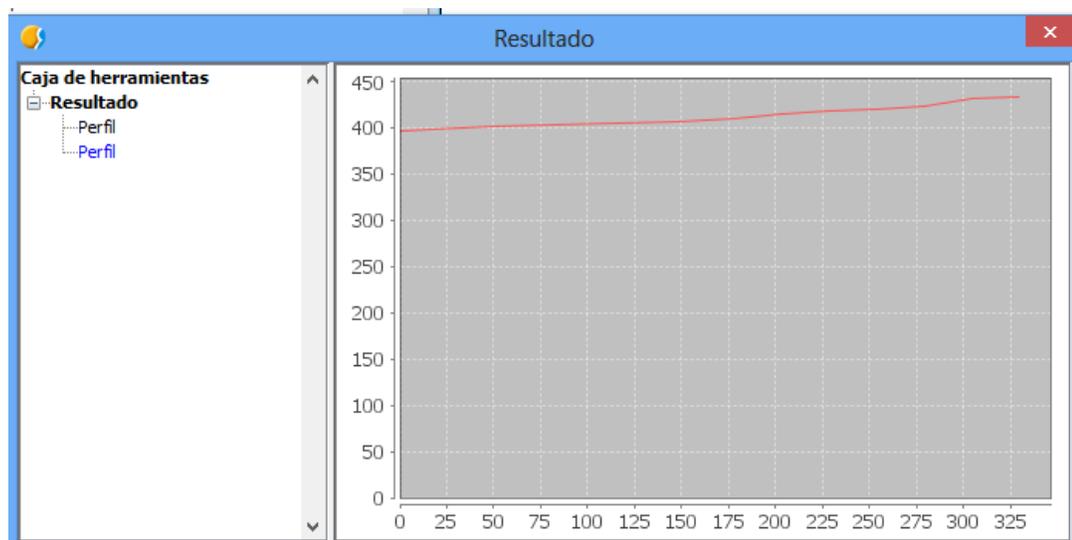


Imagen 3.105 Perfil

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Creación de capa y modificación de tabla de contenidos.

Seleccionamos el menú vista y luego añadir una capa, y nos aparece la siguiente ventana:

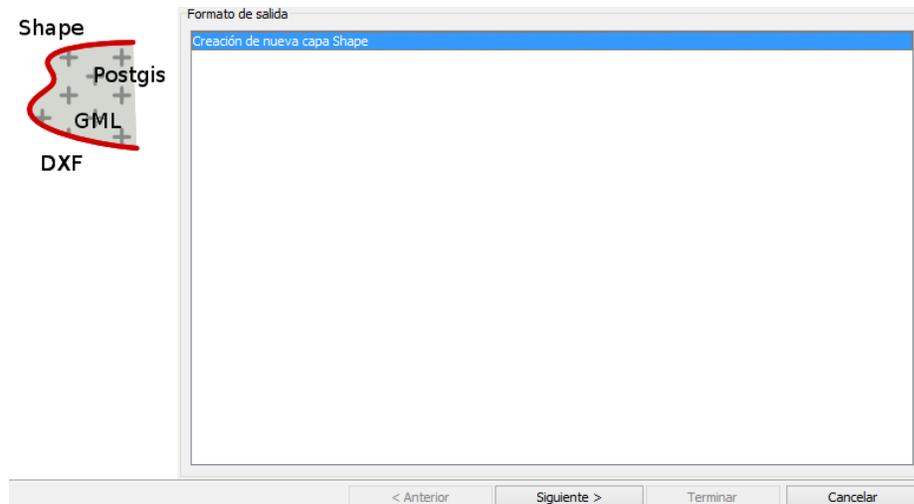
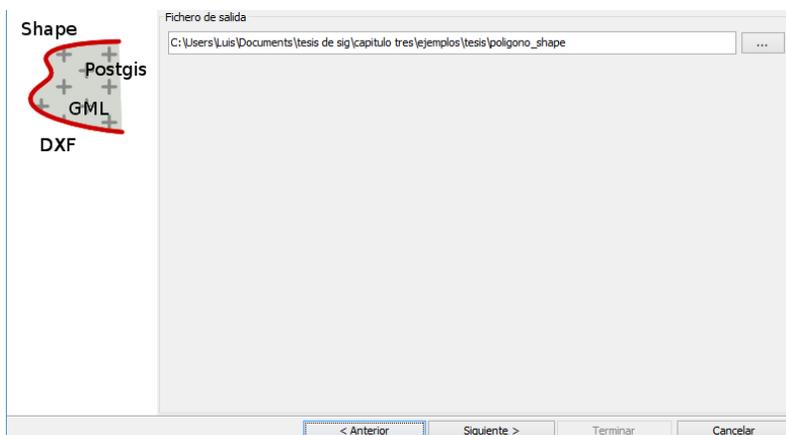


Imagen 3.106: Creación de nueva capa.

Damos click en siguiente, seleccionamos la ruta que poseerá nuestro documento y le asignamos un nombre:



Imágenes 3.107: Nombre de capa.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Click en siguiente:

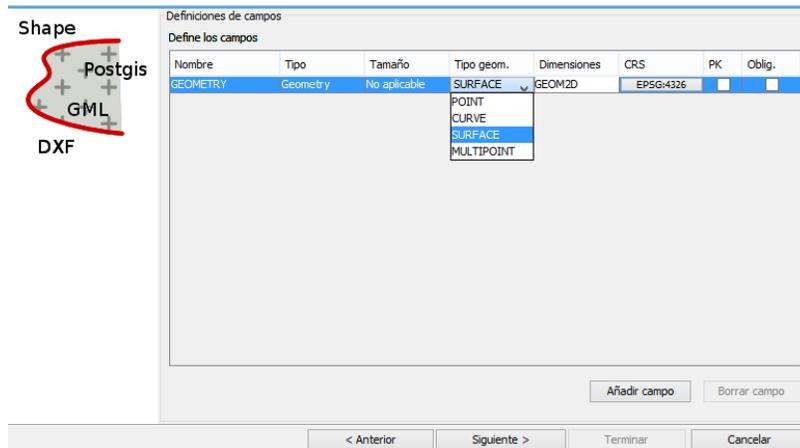


Imagen 3.108: Selección de la geometría de la capa.

Hay múltiples opciones en el tipo de género, como nuestra capa será usada para generar un polígono entonces seleccionaremos *SURFACE* luego click en siguiente y luego en terminar.

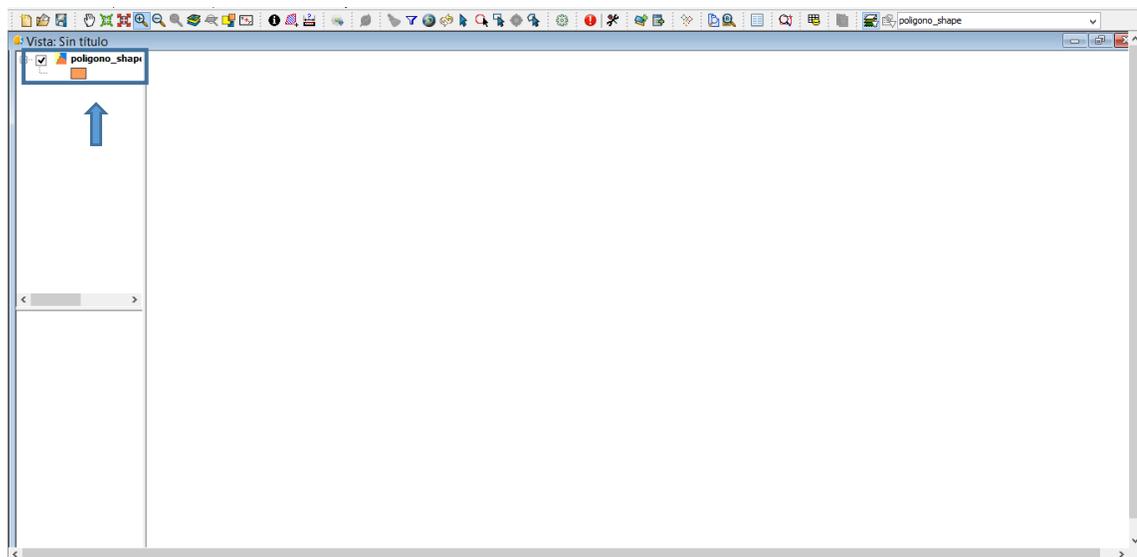


Imagen 3.109: Nueva capa.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Ya tenemos nuestra capa creada y lista para poder trabajar, damos click derecho sobre la capa y seleccionamos comenzar edición:

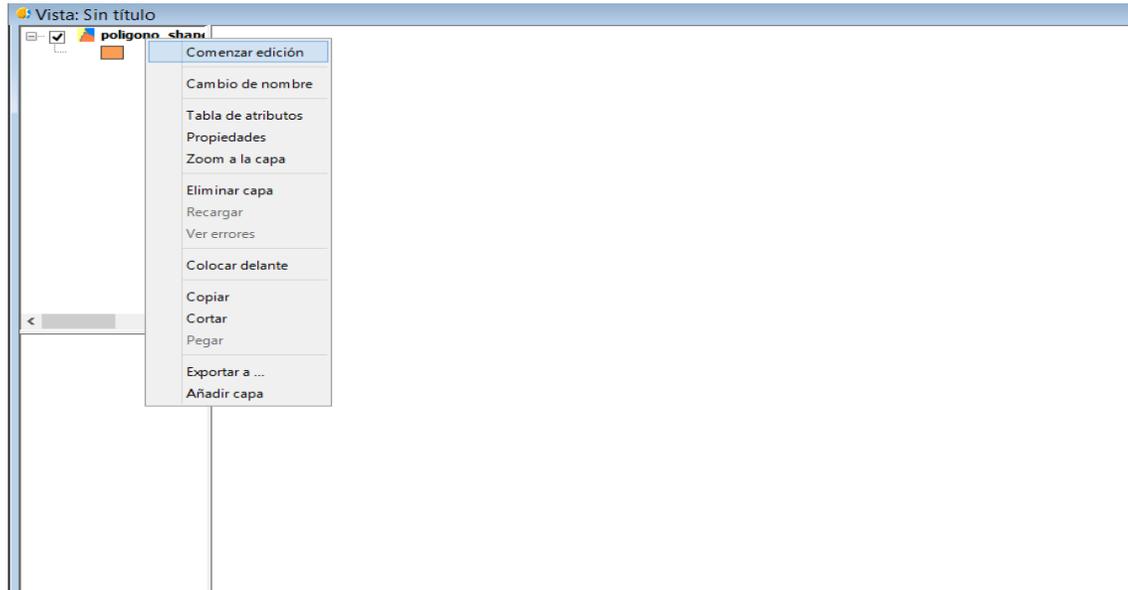


Imagen 3.110: Edición de capa

Ahora ya tenemos las herramientas de edición de capa activas y podemos hacer usos de ellas , como la capa es para crear una poligonal seleccionamos “insertar polilinea”,  y dibujamos un polígono. Estas son herramientas de suma importancia en la edición del contenido que estamos trabajando.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

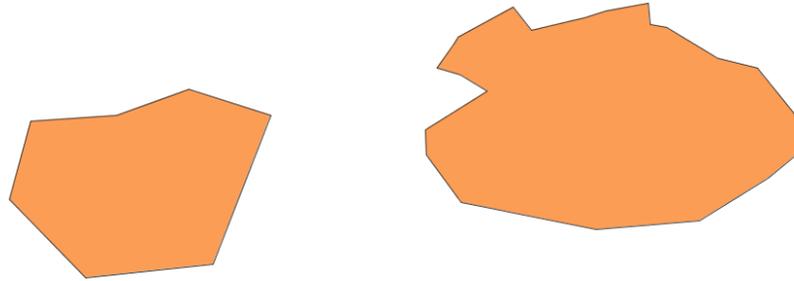


Imagen 3.111: Polígonos creados en gv sig (libre)

Edición de tabla de atributos de la capa.

Una vez creados nuestras poligonales nos interesa saber los atributos que poseen los mismos por tanto a continuación explicaremos la manera en la cual podemos crear un modificar la tabla de atributos de nuestra capa.

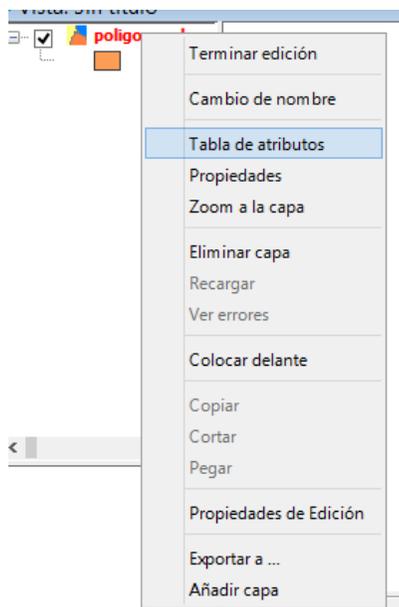


Imagen 3.112: Tabla de atributos de la capa

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

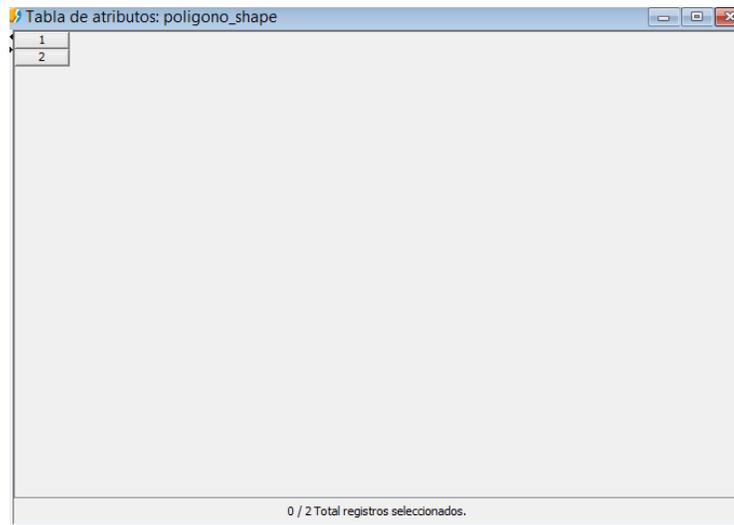


Imagen 3.113: Tabla de atributos de la capa creada

Vemos que la tabla de atributos no tiene información por el momento, ahora vamos a explicar la manera de colocarle datos importantes a esta capa. Hay dos botones activos para poder modificar la tabla de atributos.

Al hacer click en cada uno de ellos nos aparece el siguiente cuadro de dialogo.

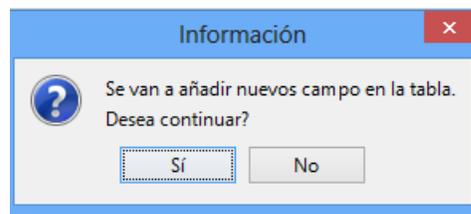
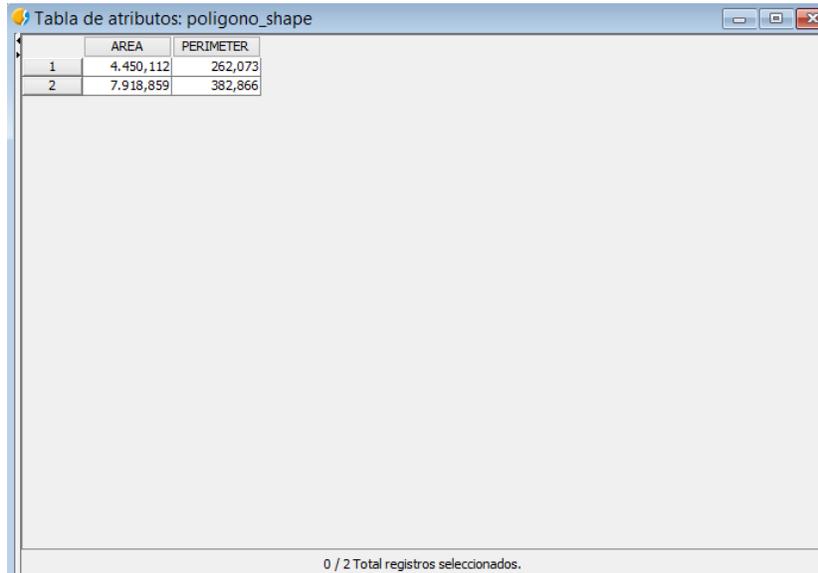


Imagen 3.114: Cuadro de dialogo para autorizar nuevos campos en la tabla de atributos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



	AREA	PERIMETER
1	4.450,112	262,073
2	7.918,859	382,866

0 / 2 Total registros seleccionados.

Imagen 3.115: Tabla de atributos de la capa

Como podemos ver se agregaron a la tabla de atributos los elementos geométricos de los polígonos que hemos generado en nuestra capa.

Agregar campos de la tabla de atributos

Se puede editar la tabla de contenidos de nuestra capa, utilizando las herramientas teniendo una diversidad de opción para la edición de la tabla, con el propósito de tener más información en nuestros campos veremos como agregar más columnas a nuestra tabla de atributos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Vamos al menú tabla y damos click en Añadir columna:

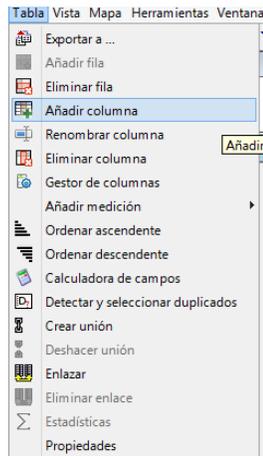


Imagen 3.116: Añadir nueva columna de nuestra tabla de contenido

Nos aparecerá el siguiente contenido.

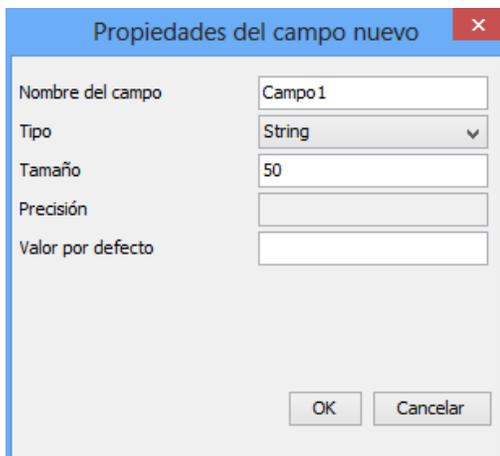
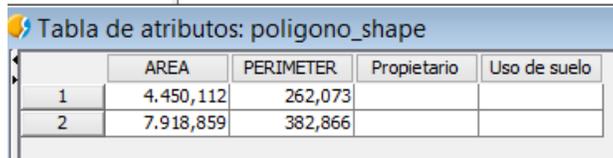


Imagen 3.117: Propiedades de la columna.

Luego dar click en “ok”.

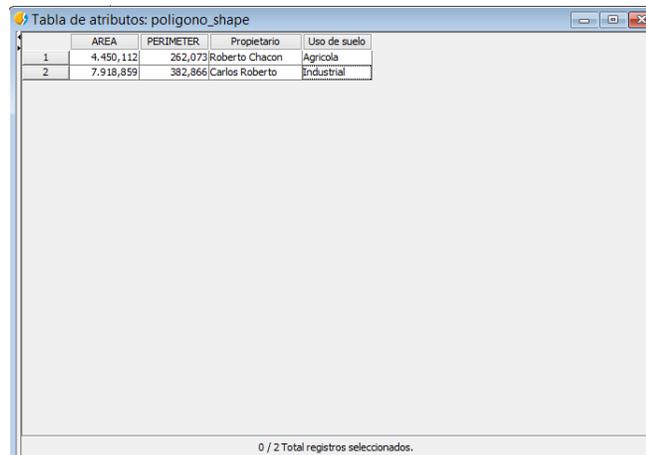
“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



	AREA	PERIMETER	Propietario	Uso de suelo
1	4.450,112	262,073		
2	7.918,859	382,866		

Imagen 3.118: Tabla de atributos modificada

Vemos que los valores de los campos de las dos columnas agregadas están vacías por lo cual procederemos a llenar los respectivos campos con la información correspondiente.



	AREA	PERIMETER	Propietario	Uso de suelo
1	4.450,112	262,073	Roberto Chacon	Agricola
2	7.918,859	382,866	Carlos Roberto	Industrial

0 / 2 Total registros seleccionados.

Imagen 3.119: Tabla de atributos con su información respectiva

A la tabla le agregamos el propietario del lote así como el uso que se le da al suelo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.9 Imágenes satelitales en sasplanet.

Entre los muchos y variados programas que existen para acceder on line a servidores de cartografía desde los que descargar material se encuentra SAS.Planet. Vamos a hacer un pequeño análisis del mismo, pues contiene algunas funciones muy interesantes.

La principal faena es su origen ruso; aunque el programa tiene interfaz en inglés, es cierto que se encuentra muy poca información del mismo por la Red y la única que parece decente es la de su propia web o foro, ambos en ruso.

Éste consiste en esencia en la descarga de mosaicos de cartografía desde una lista de proveedores predeterminada; dichos mosaicos son guardados en la caché local para luego poder exportarlos en una buena variedad de formatos. A destacar también que el programa viene en modo portable, esto es, no necesita instalación y con descomprimir en una carpeta y ejecutarlo ya podemos funcionar con él. Interesante resulta también que el programa está diseñado en plan opensource, es decir, que muchas funciones se pueden mejorar e implementar por usuarios con los conocimientos de programación suficientes.

Su punto más fuerte, se encuentra en las posibilidades de exportación y de unión (Stitch) de los mosaicos descargados: además del formato ecw y del formato JNX es posible exportar la cartografía en varios formatos más.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

A continuación mostraremos la forma de descargar una imagen satelital y poder abrirla en gv sig.

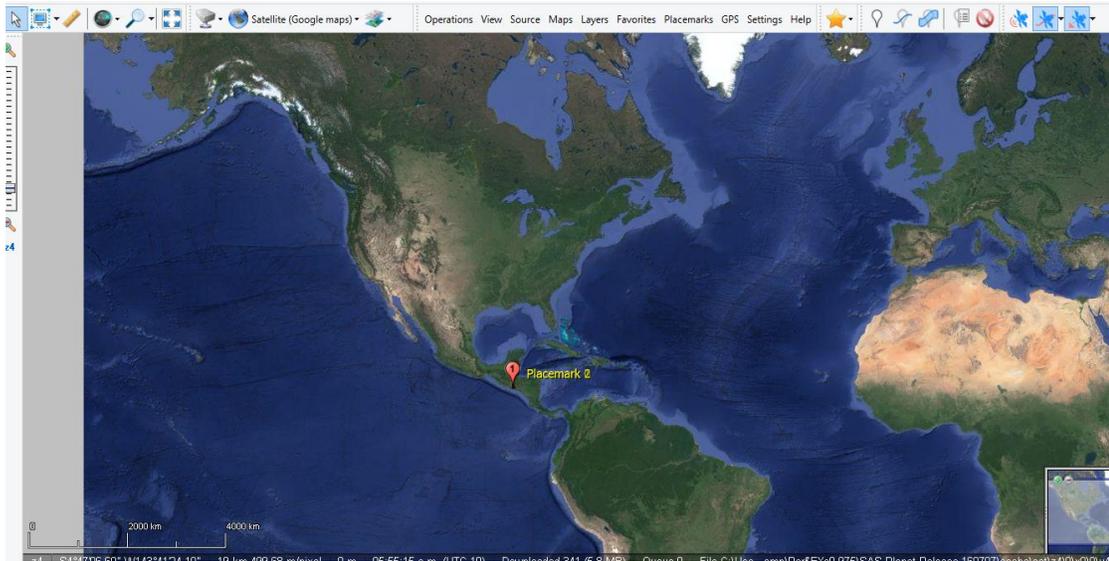


Imagen 3.120: Interfaz de SASPLANET

El servidor cuenta con barras que ayuda al desplazamiento en el área de trabajo, lo siguiente que haremos será seleccionar la región que nos interesa.

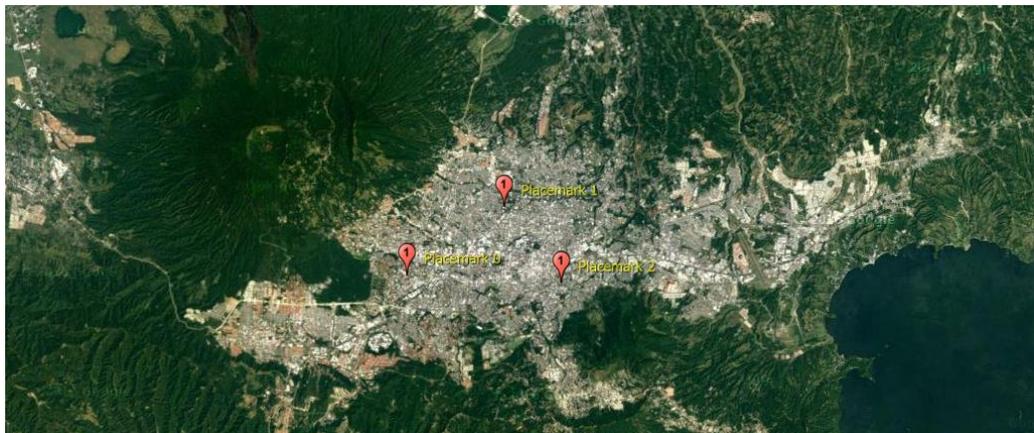


Imagen 3.121 Área Metropolitana de San Salvador

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El servidor cuenta con una serie de funciones especiales en el manejo de la información espacial, realizando una función similar a la de los mapas temáticos en SASPLANET podemos agregar capas a nuestra capa principal.

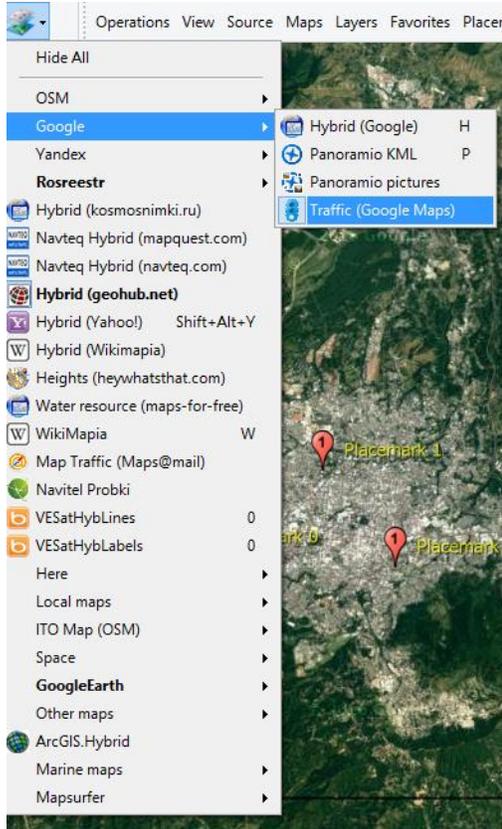


Imagen 3.122 Rutina para añadir calles y carreteras

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Con esta función agregaremos una capa de carreteras que se mostrara a continuación:

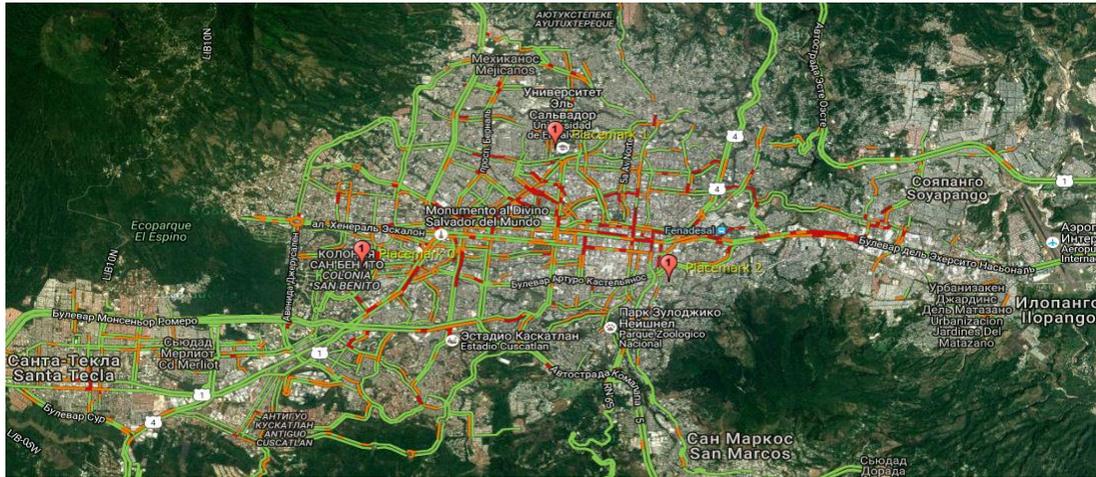


Imagen 3.123 Sistema vial del área de interés

A continuación veremos la manera de descargar imágenes satelitales con SASPLANET y las cargaremos georeferenciadas en gv sig.

Para lo anterior es preciso realizar la siguiente rutina:

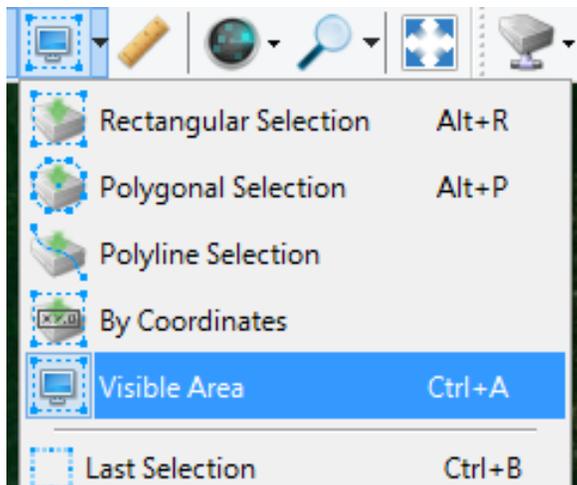


Imagen 3.124 Rutina para guardar imágenes satelitales

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Nos aparecerá la siguiente ventana:

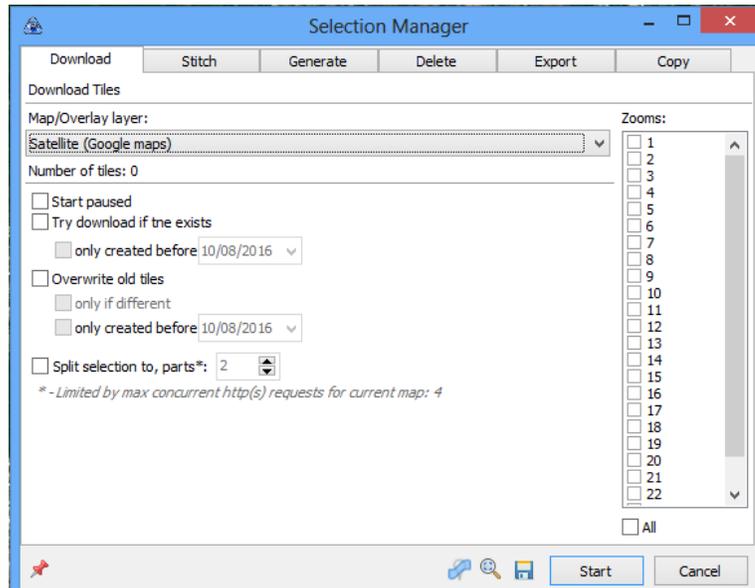


Imagen 3.125 Configuración

En la ventana anterior daremos clic en la pestaña “stitch”, y nos aparecerá el siguiente diálogo.

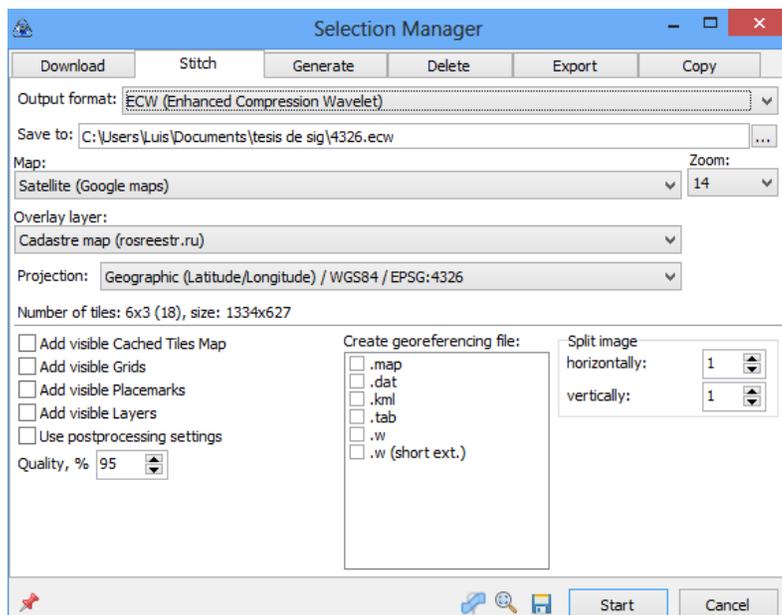


Imagen 3.126 Configuración de guardado de imagen

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Seleccionamos la carpeta donde queremos guardar la imagen al igual que el nombre que tendrá el archivo generado.

Una de las ventajas de este servidor es la facilidad de guardar imágenes satelitales en diversos formatos, en nuestro caso elegimos ECW.

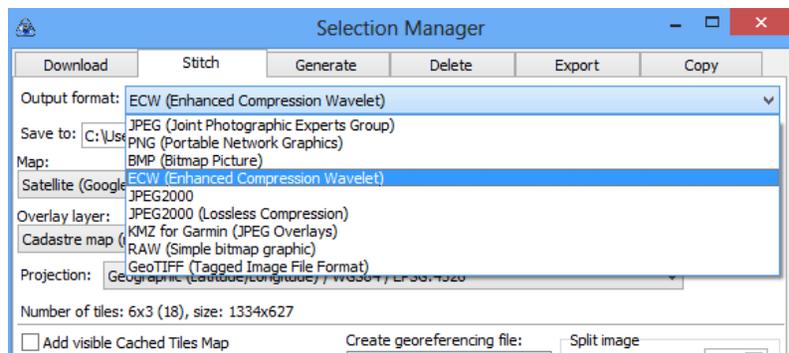


Imagen 3.127 Selección de formato de imagen

Luego seleccionamos la proyección que deseamos nuestra imagen:

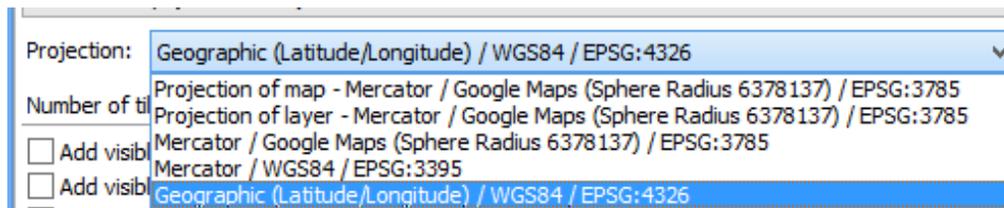


Imagen 3.128 Selección de proyección de imagen satelital.

Damos clic en el botón de “START” para guardar el archivo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Posteriormente abrimos el programa gvSIG y lo primero que debemos hacer es cambiar la proyección de la vista.

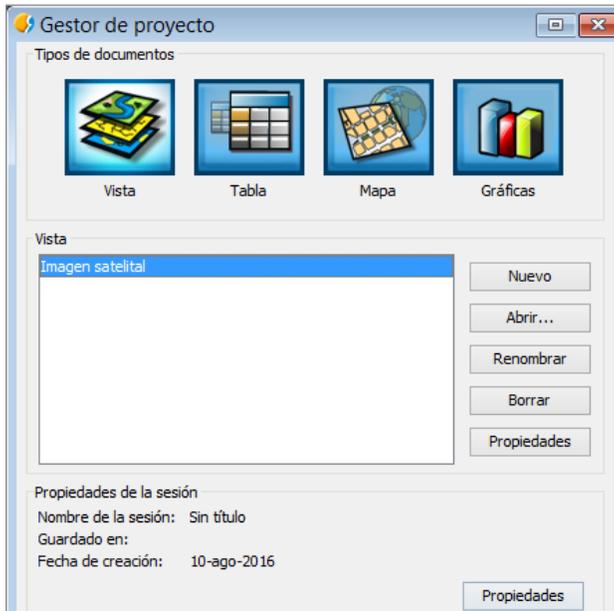


Imagen 3.129 Configuración de la vista

En la ventana anterior damos clic en propiedades.

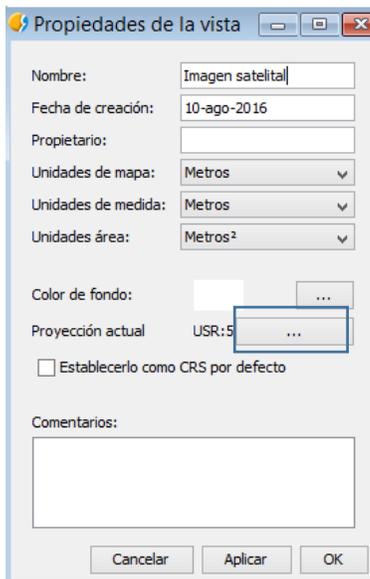


Imagen 3.130 Configuración de proyección

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Damos clic en el botón de puntos suspensivos que pertenece a la opción de la proyección actual.

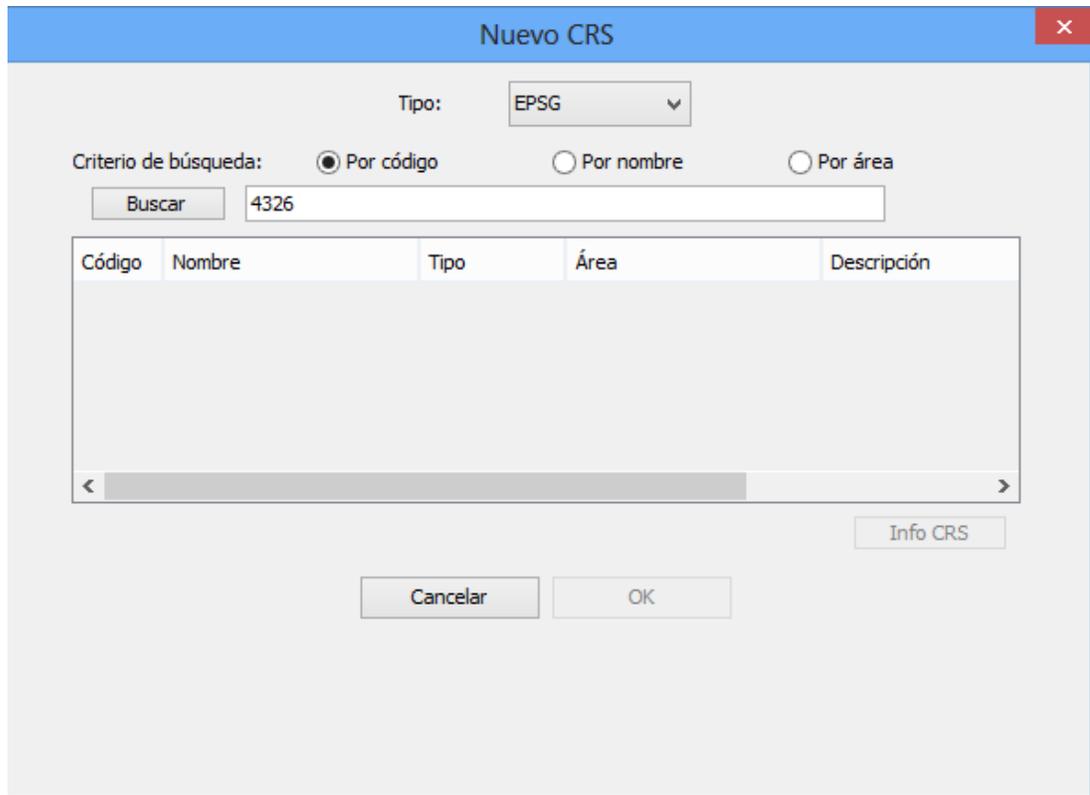


Imagen 3.131 Configuración de proyección de la vista

Digitamos el código de la proyección de nuestra imagen, aceptamos y continuamos cuadro de dialogo de propiedades queda de la siguiente manera.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

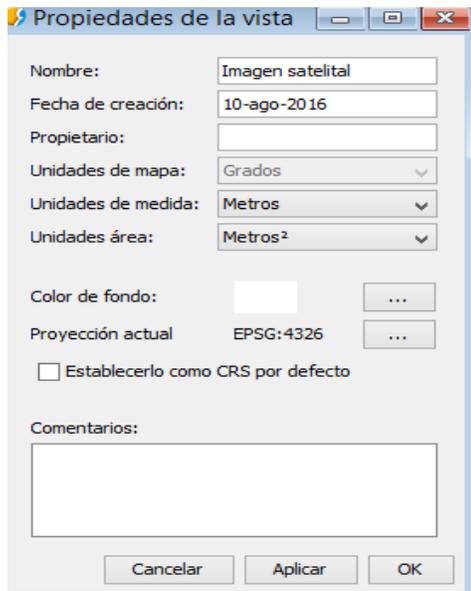


Imagen 3.132 Propiedades de la vista

Damos clic en “ok” y nuestra ventana tiene una nueva proyección:

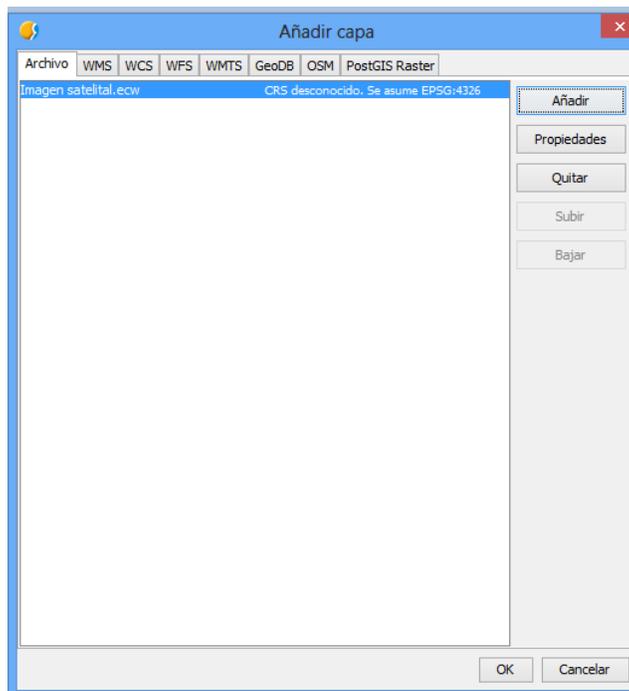


Imagen 3.133 Añadir capa

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

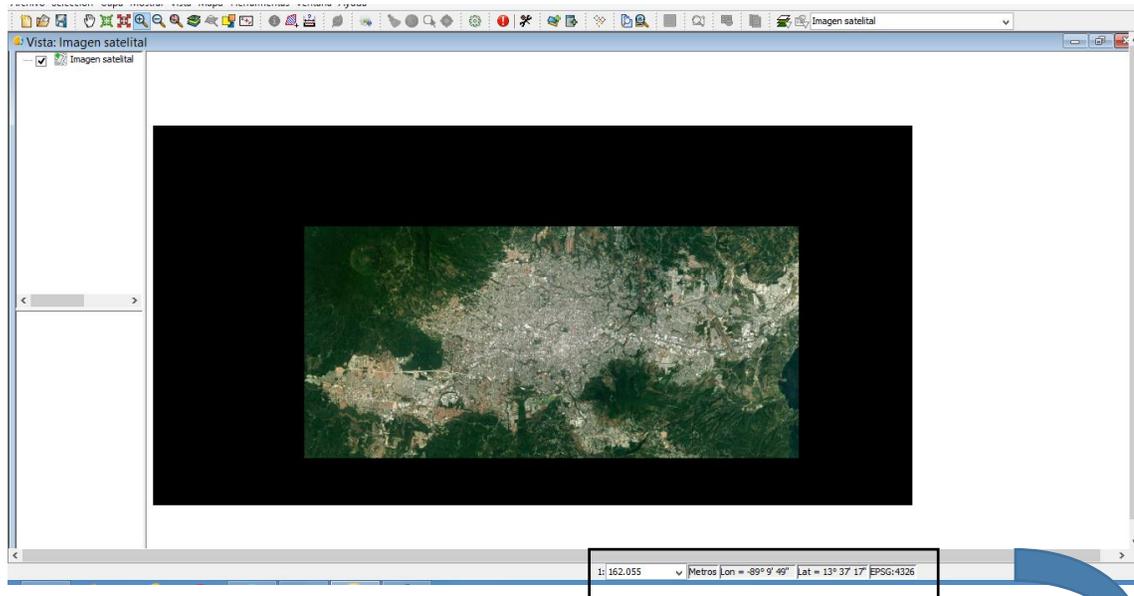


Imagen 3.134 Imagen satelital proyectada

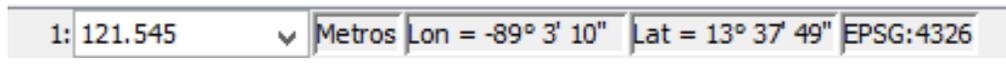


Imagen 3.135 Coordenadas de imagen satelital

Tenemos una imagen satelital referenciada en nuestro entorno de gvSIG, vemos que el servidor SASPLANET nos presenta una herramienta bastante importante a la hora de trabajar con imágenes satelitales ahorrándonos el proceso de georeferenciación de la misma.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

3.10 Generación de mapa de uso de suelos de San Salvador en gv sig

La planificación urbana constituye una herramienta a través de la cual el Estado define el tipo de uso que tendrá el suelo dentro de la ciudad, asimismo determina los lineamientos para su utilización normando su aprovechamiento. Su asignación se da a partir de sus características físicas y funcionales que tienen en la estructura urbana, y tiene el objetivo de ocupar el espacio de manera ordenada y de acuerdo a su capacidad física (ocupación de zonas aptas para el desarrollo urbano), lo que finalmente se traduce en un crecimiento armónico de la ciudad.

El uso de suelo se refiere a la ocupación de una superficie determinada en función de su capacidad agrológica y por tanto de su potencial de desarrollo, se clasifica de acuerdo a su ubicación como urbano o rural, representa un elemento fundamental para el desarrollo de la ciudad y sus habitantes ya que es a partir de éstos que se conforma su estructura urbana y por tanto se define su funcionalidad.

Para realizar este proyecto necesitamos un archivo shape del mapa del municipio de San Salvador, y, se necesita otro archivo shape del uso de suelo del municipio en mención. De la capa vectorial de municipios se selecciona en municipio de San Salvador y se exporta y se crea un nuevo shape.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Luego usamos las herramientas de geoproceso creamos un nuevo shape de la intersección de las dos capas.

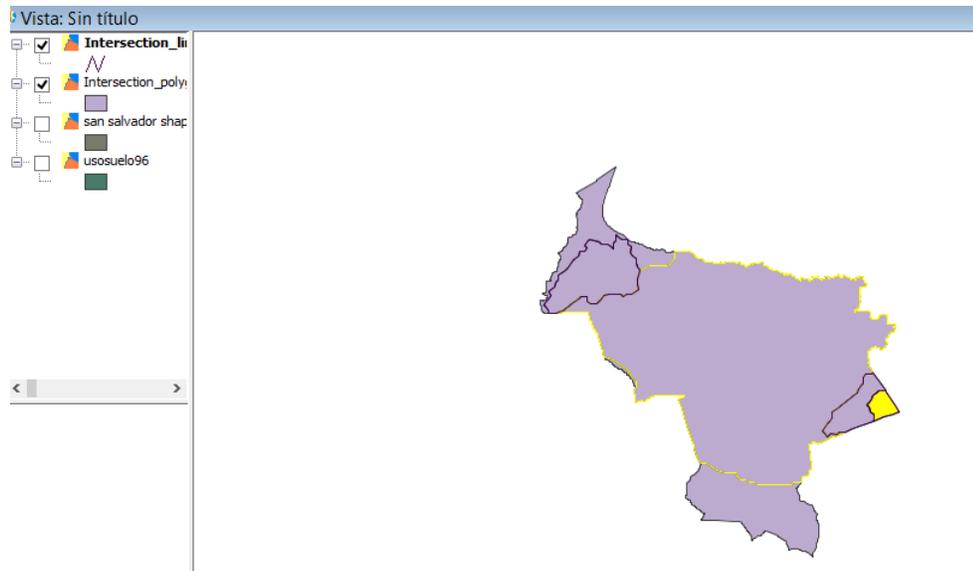


Imagen 3.136 Municipio de San Salvador (uso de suelo).

Para poder visualizar mejor las diferentes áreas necesitamos colocar un color diferente en las zonas de los diversos tipos de usos de suelos.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

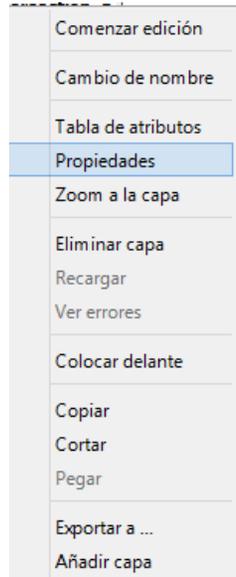


Imagen 3.137 Propiedades

Para cambiar de color a las áreas de tipo de uso de suelo de nuestra capa damos clic derecho en la capa y seleccionamos Propiedades.

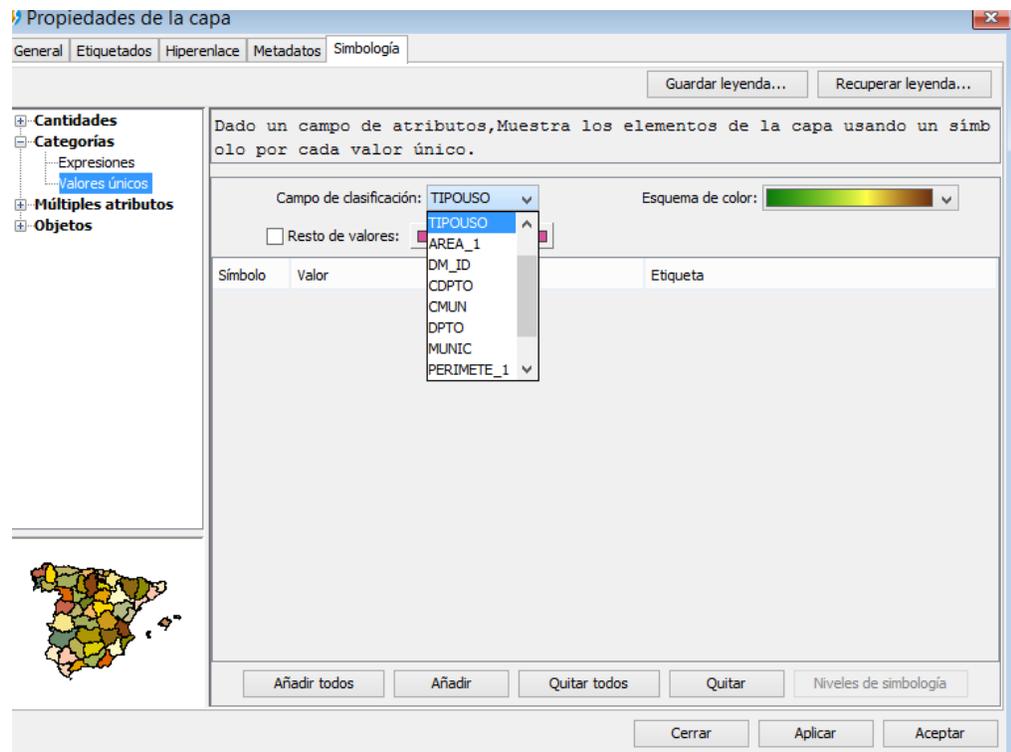


Imagen 3.138 Propiedades de la capa

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En el cuadro de dialogo anterior seleccionamos **Categorías** luego **Valores Únicos**, la casilla de campo de visualización seleccionamos **TIPOUSO**, el campo **TIPOUSO** es donde se describe el tipo de uso de suelo de la capa.

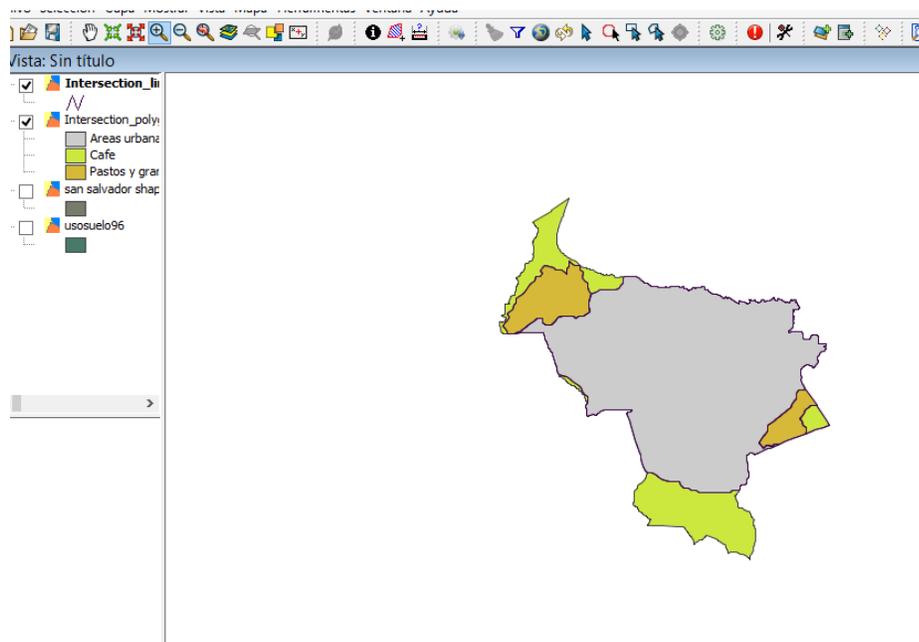


Imagen 3.139 Áreas de uso de suelos

En la imagen anterior podemos visualizar de manera clara las zonas a los que pertenecen los diferentes tipos de usos de suelo en el municipio de San Salvador.

El siguiente paso es generar el mapa con todos sus componentes, observemos la siguiente rutina de trabajo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Damos clic en el menú *Mostrar* y seleccionamos *Gestor de Proyecto*.



Imagen 3.140 Gestor de proyecto

En el gestor de proyecto seleccionamos **MAPA** y clic en nuevo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

De forma automática nos aparecerá la siguiente ventana.

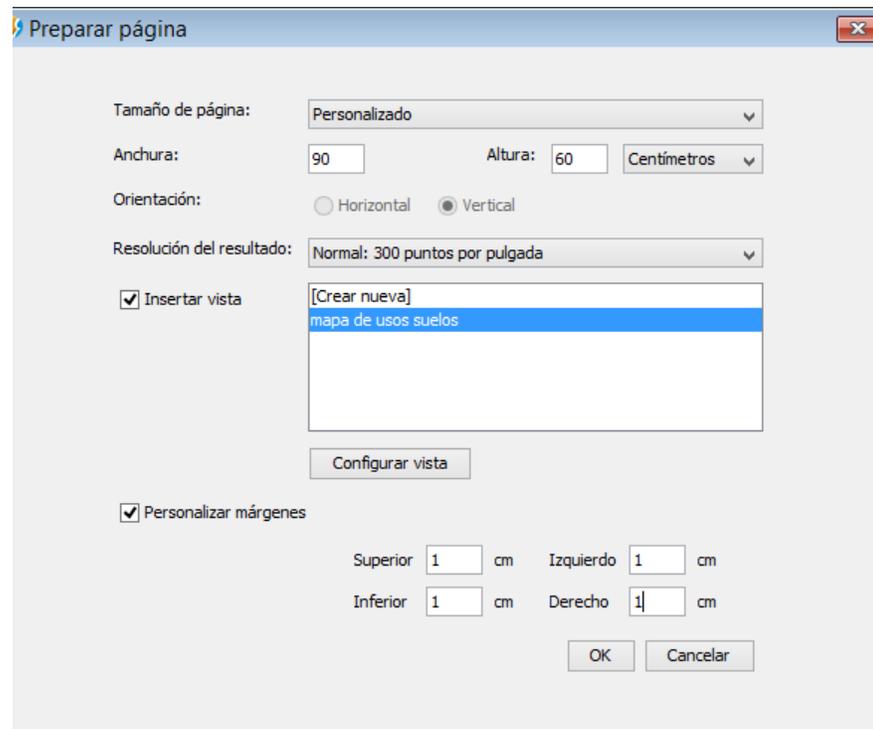


Imagen 3.141 Preparar página de mapa

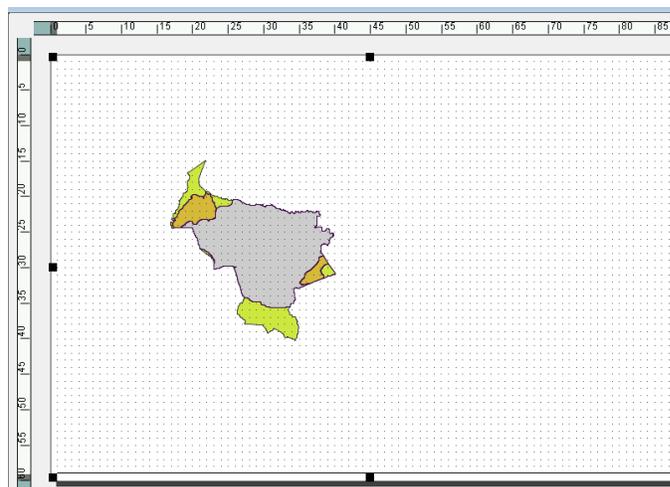


Imagen 3.142 Mapa de usos de suelos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Al dar doble clic en el mapa nos parecera el siguiente cuadro:

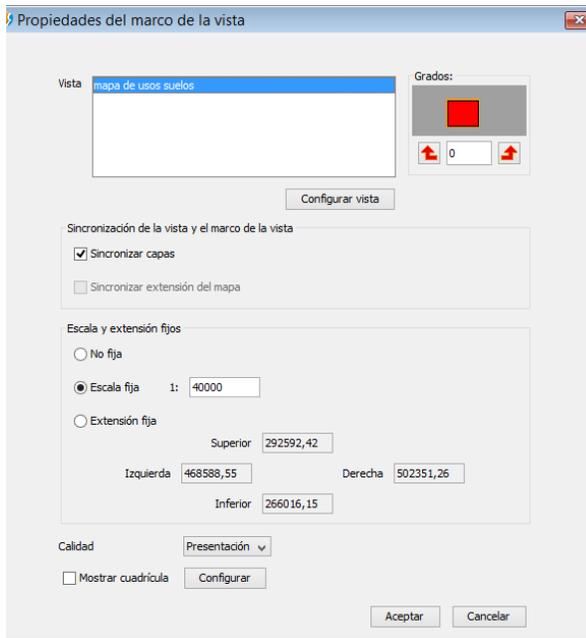


Imagen 3.143 Propiedades de la vista

En la parate de escala fija seleccionamos la escala que deseamos ver nuestro mapa.

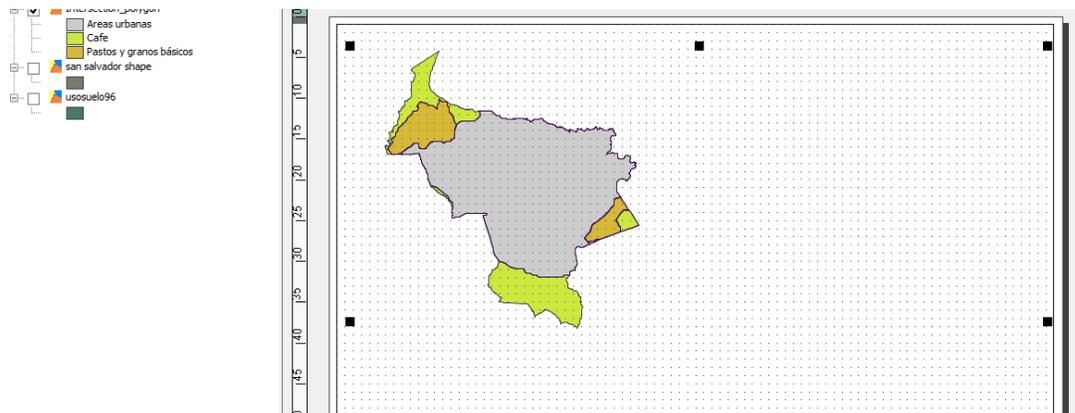


Imagen 3.144 Mapa en escala 1:40,000

Uno de los procesos importantes en la creacion es mapas es la leyenda ya que podemos obcervar de forma clara la regioes que nos interera.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

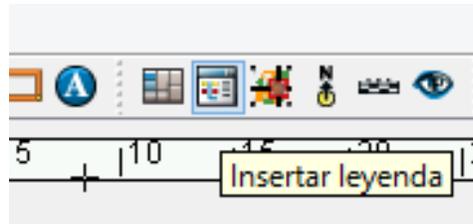


Imagen 3.145 Boton Insertar leyenda

Damos clic en insertar leyenda, hacemos un arrastre de selección en la parte del mapa que deseamos ver la, nos aparecera el siguiente cuadro de dialogo donde debemos seleccionar el mapa que estamos trabajando y la capa de interes (Mapa_Uso).

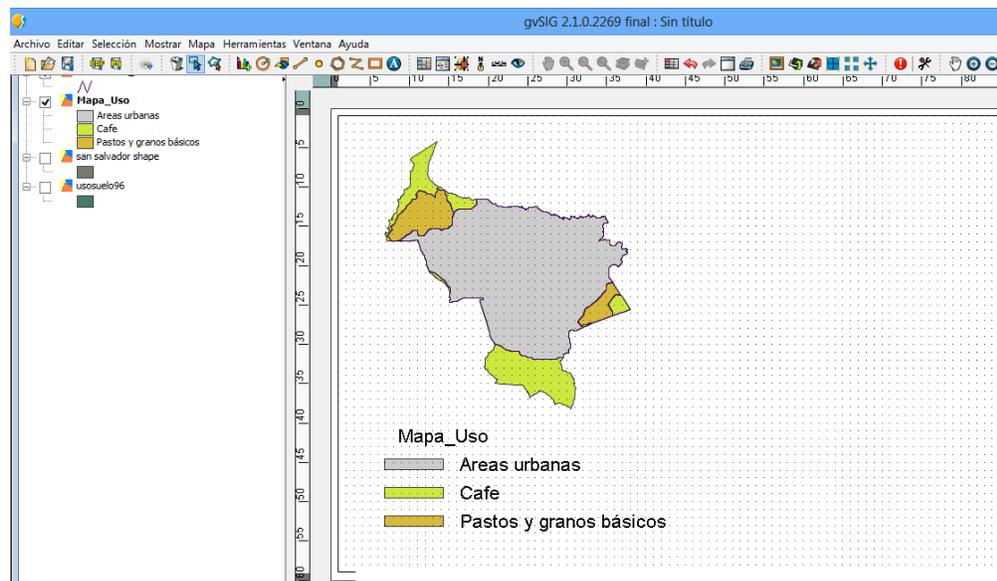


Imagen 3.146 Mapa con su leyenda.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Siguiendo con la generacion de nuestro mapa el siguiente paso será colocar la escala.

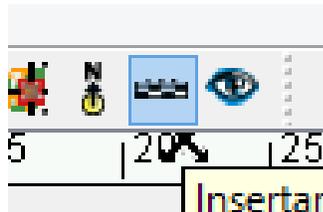


Imagen 3.147 Insertar escala

Seleccionamos y luego arrastramos en la zona que nos interesa visualizar la informacion.

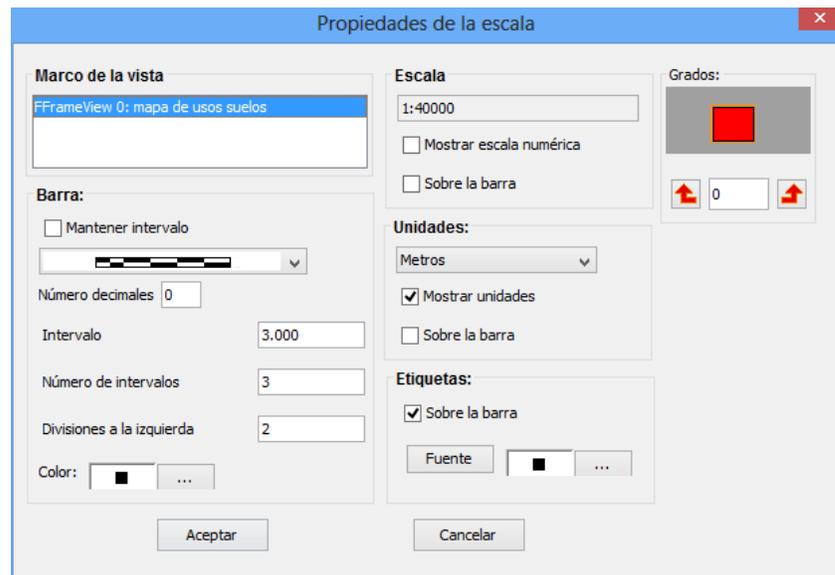


Imagen 3.148 Propiedades de escala

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

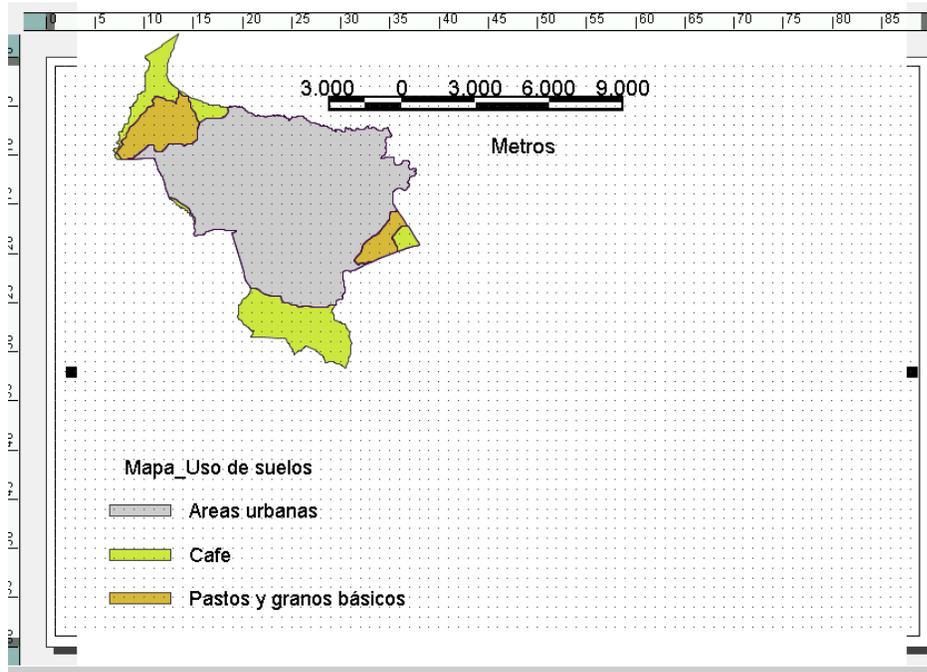


Imagen 3.149 Mapa con su respectiva escala

El siguiente paso será insertar el norte.



Imagen 3.150 Insertar norte

Arrastramos en la zona que nos interesa y nos aparecera el siguiente dialogo, donde debemos seleccionar la figura que mas nos convenga y damos clic en ok:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 3.151 Selección de norte.

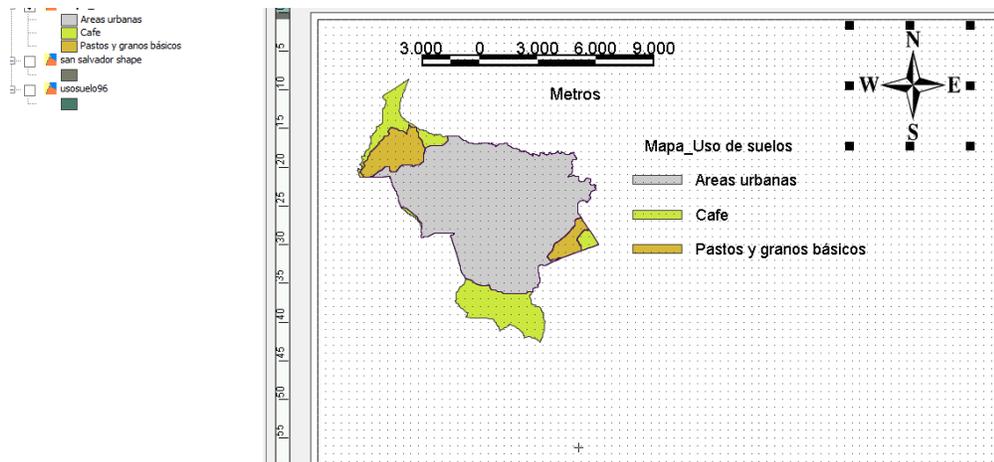


Imagen 3.152 Generacion de norte

Otras de las cosas importantes en la generacion de nuestro mapa es crear el respectivo membrete por cual hacemos clic en el boton **insertar rectangulo**:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



3.153 Insertar rectángulo.

Se dibuja las figuras geométricas para visualizar la información del membrete.

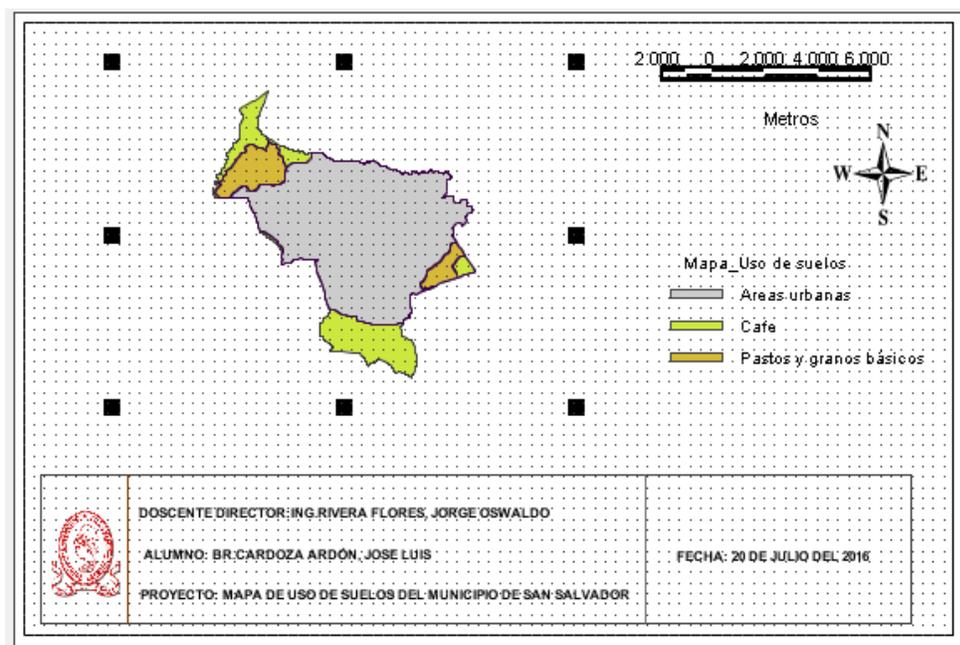


Imagen 3.154 Mapa con membrete

Luego pondremos la cuadrícula de las coordenadas de nuestro mapa.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Damos doble clic sobre vista y nos aparecera la siguiente informacion;
done debemos seleccionar **Mostrar cuadrícula**.

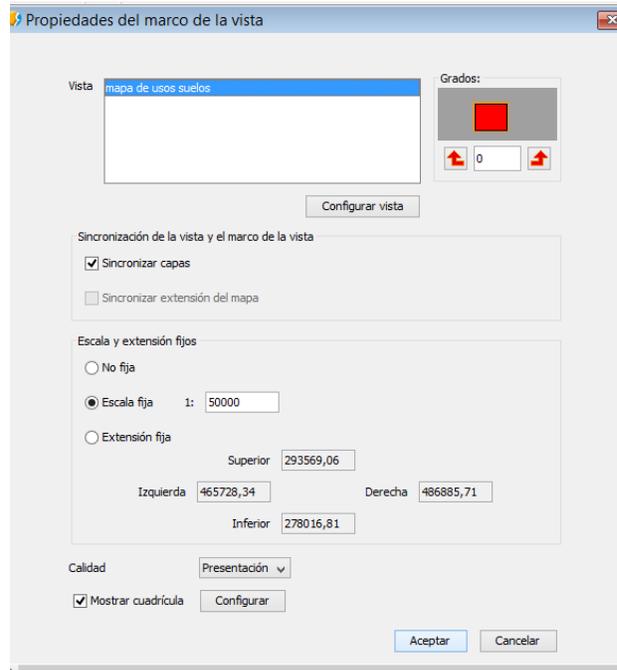


Imagen 3.155 Propiedades de la vista

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

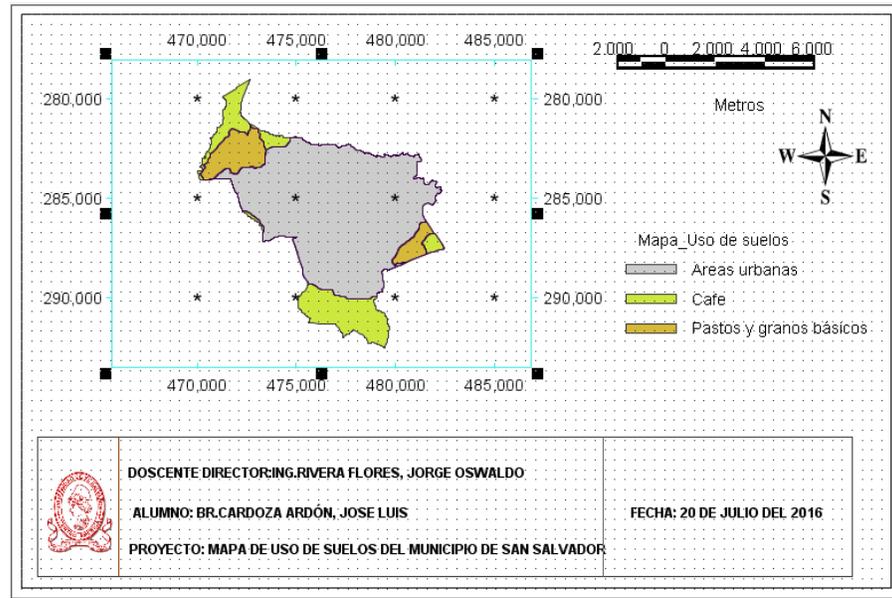


Imagen 3.156 Coordenadas de mapa de usos de suelos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

CAPITULO IV: DESCRIPCION DEL SEXTANTE DE GV SIG

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.1 Introducción al sextante de gvSIG

El gestor de extensiones es el elemento principal de la interfaz gráfica de usuario para el control de las extensiones, y uno de los más usados en el trabajo diario. Este gestor muestra todos los algoritmos disponibles de análisis geográfico agrupados en bloques (de acuerdo con el tipo de análisis que se lleven a cabo) para así facilitar su empleo y manejo. Desde el gestor de algoritmos puede ejecutarse una extensión o un proceso por lotes basado en un algoritmo.

Sextante es una librería de código libre que engloba un conjunto de geoprocursos y que se encuentra integrada en la caja de herramientas de gvSIG.

Los geoprocursos se encuentran organizados en un conjunto de grupos:

- 3D
- Algoritmos no espaciales
- Análisis de patrones
- Análisis hidrológico básico
- Costes, distancias y rutas
- Estadísticas de celda para múltiples capas ráster
- Estadísticas de vecindad para una capa ráster
- Geoestadística
- Geomorfometría y análisis del relieve
- Geosocial
- Herramientas básicas para capas ráster

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Herramientas de análisis para capas ráster
- Herramientas de cálculo para capas ráster
- Herramientas para capas de líneas
- Herramientas para capas de polígonos
- Herramientas para capas de puntos
- Herramientas para capas ráster categóricas
- Herramientas para capas vectoriales genéricas
- Herramientas para crear nuevas capas ráster
- Herramientas para tablas
- Iluminación y visibilidad
- Índices de vegetación
- Índices y otros parámetros hidrológicos

4.2 Generar un modelo digital de elevaciones.

En este apartado vamos a ver como obtener un Modelo Digital de Elevaciones con diferentes extensiones de SEXTANTE.

En primer lugar veremos como crear un MDE mediante rasterización y rellenar las celdas sin datos.

4.3.1 Generar MDE mediante rasterización

Teniendo una capa con curvas de nivel y se desea crear un MDE a partir de esta capa, con SEXTANTE se puede hacer de forma muy sencilla.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Crea una nueva vista y añade la capa de curvas de nivel.

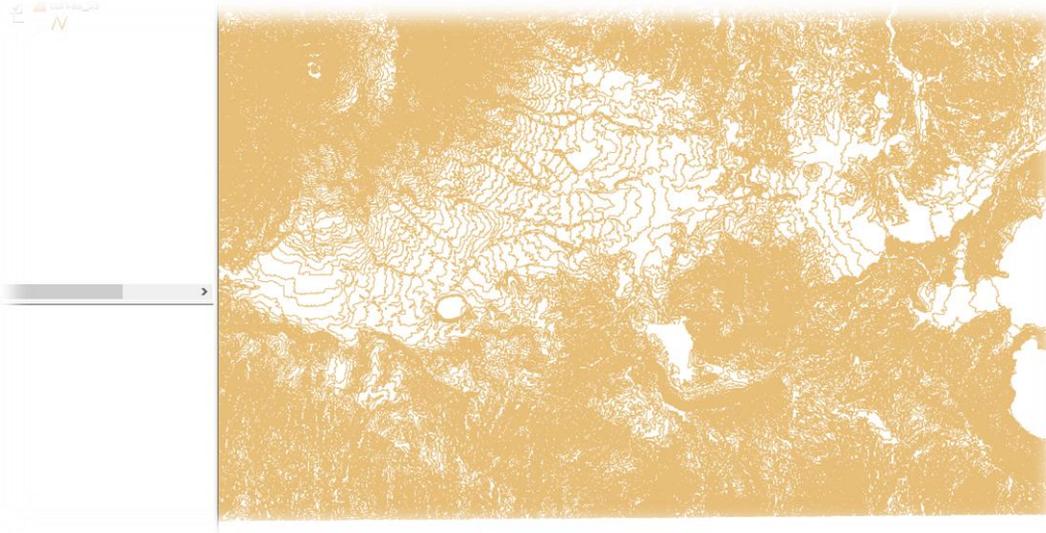


Imagen 4.1: Capa curvas_SS

1. Lo primero que vamos a hacer es rasterizar la capa vectorial, es decir, generar una capa raster a partir de una capa vectorial. Abrir el módulo Rasterizar capa vectorial (grupo Rasterización e interpolación) y completar los parámetros de entrada necesarios.

En primer lugar, seleccionamos la capa de las curvas de nivel que queremos convertir a raster, y a continuación el campo a utilizar para tomar la información necesaria para la rasterización, para eso abrimos la caja de herramientas de geoprosesos y seleccionamos *Rasterizar capa vectorial*.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

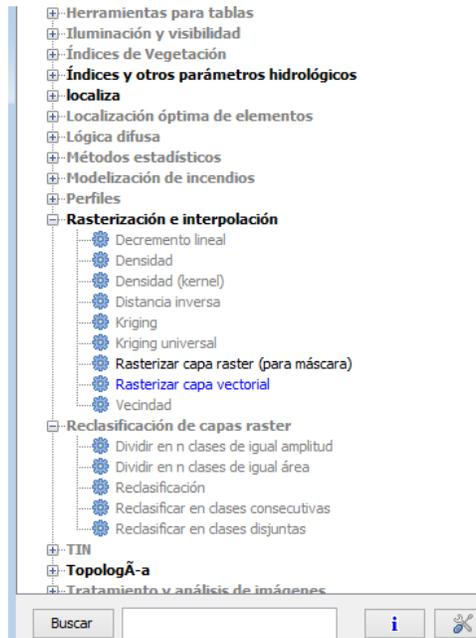
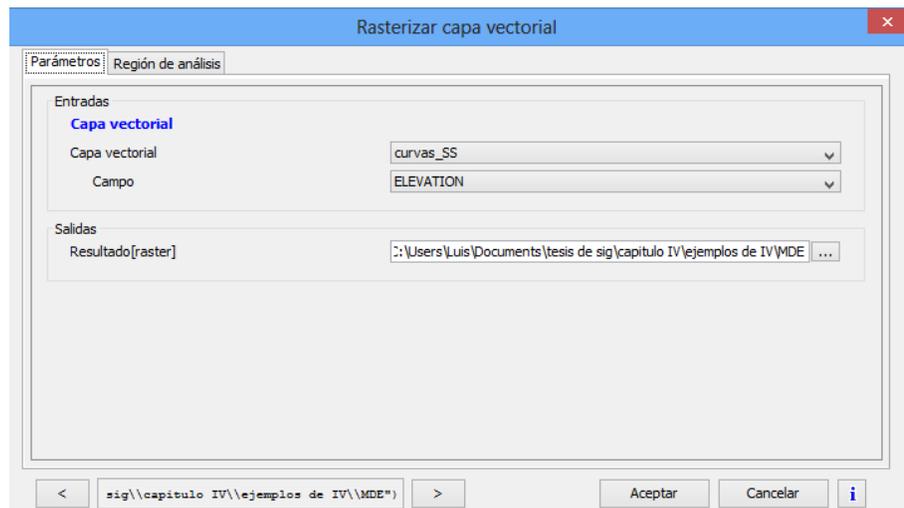


Imagen 4.2: Caja de herramientas de geoprocetos.

Imagen 4.3:
Rasterizar capa
vectorial



Elegir una extensión determinada para la nueva capa resultante (pestaña salida raster). Es conveniente no crear el tamaño de celda excesivamente grande.

Nosotros hemos empleado el valor de 25.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

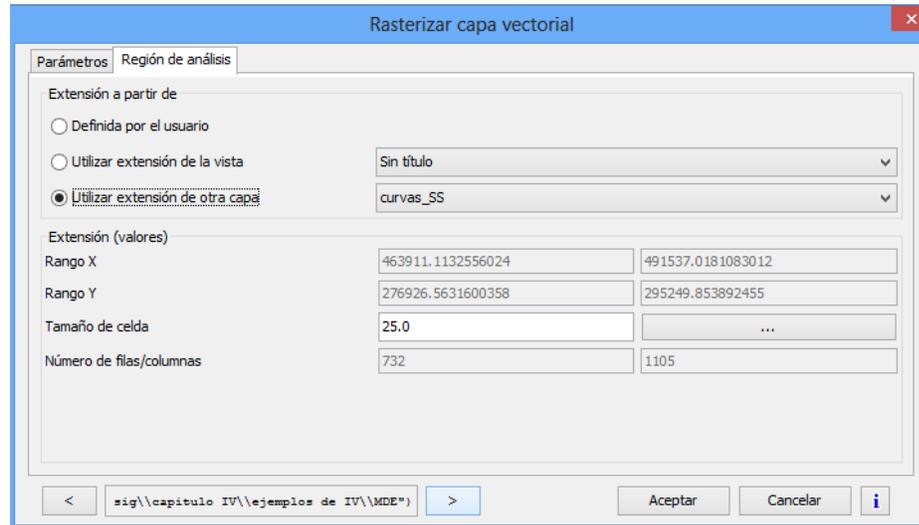


Imagen 4.4: Región de análisis

El resultado es el siguiente.

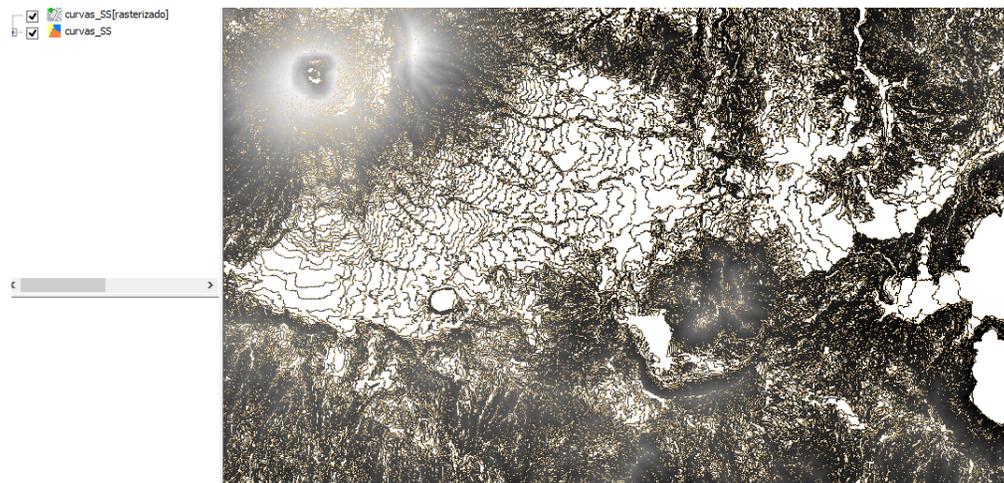


Imagen 4.5: Capa rasterizada

2. Puesto que habrán quedado celdas sin datos debemos completar esa información con la extensión Rellenar celdas sin datos (grupo Herramientas básicas para capas raster). La información para completar las celdas sin datos se toma de la propia capa.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

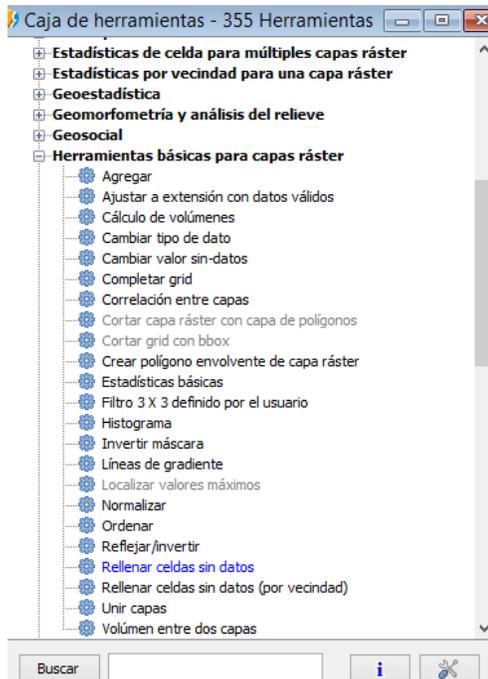
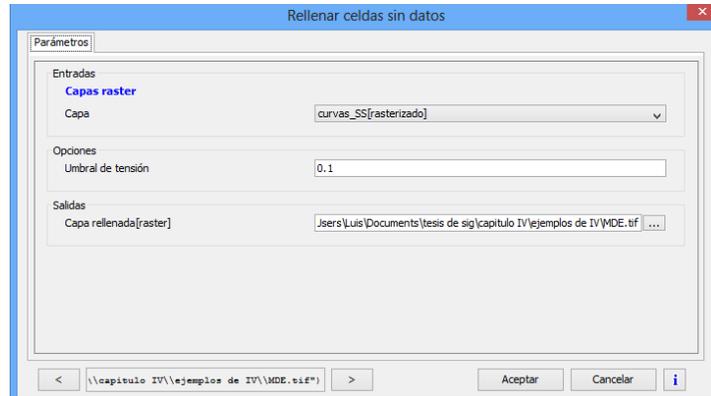


Imagen 4.6: Caja de herramientas de geoprocetos

Imagen 4.7: Rellenar celdas sin datos



El resultado será una nueva capa raster con el MDE.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 4.8: Modelo Digital de Elevaciones.

4.3.0 Filtrando una capa raster

¿Que es un filtro? Cuando hablamos de una capa raster, un filtro implica una modificación de las celdas de dicha capa mediante la aplicación de fórmulas o algoritmos, en general relativas a los valores de las celdas contiguas, de tal modo que se obtiene una nueva versión de dicha capa. El uso de un filtro de por sí no genera ninguna información adicional, sino que modifica la existente, y es por ello que en ese uso la capa resultante contiene la misma variable que la original, representando un mismo aspecto del área cubierta por ambas.

El uso más habitual de un filtro es la eliminación de ruido. Por ruido entendemos, por ejemplo, la presencia de celdas dentro de una malla raster cuyos valores son inesperadamente altos, revelando que la información que contienen no es real sino debida a algún tipo de error o como resultado de procesos previos utilizados para la creación de dicha malla. En el caso de una imagen, si aparecen puntos o

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

pequeñas manchas (que son bloques de celdas cuya intensidad y color no es la lógica en esas posiciones de la imagen), eso es también ruido, y la eliminación de estos puntos es una tarea clásica que cualquier software para tratamiento de imágenes es capaz de realizar.

No obstante, al trabajar con capas de información geográfica tal vez se deba tener una mayor precaución a la hora de emplear un filtro. Por una parte, el objetivo final de una imagen (al menos desde el punto de vista fotográfico y estético), es mejorar esa imagen y su apariencia, y los resultados de un filtrado o de cualquier otro proceso puede comprobarse y juzgarse como positivos o no simplemente mirando la imagen. En el caso de una capa como, por ejemplo, un valor de temperatura, no es tan obvio percibir la bondad de los datos, y la aplicación de un filtro reduce el nivel de detalle de la malla raster, no siendo esto siempre inmediatamente apreciable.

Por otra parte, para muchas tareas concretas existen formas más adecuadas y precisas de preparar una capa raster que aplicar un filtro en toda su extensión. Por ejemplo, en el caso de emplear un MDE para un análisis hidrológico es necesario eliminar las depresiones existentes antes de comenzar dicho análisis. Para esta labor existen algoritmos que detectan estas depresiones y las eliminan, alterando únicamente las celdas dentro de una depresión.

Puesto que en cierta medida estas depresiones pueden considerarse como un tipo de ruido (al menos las de poco tamaño), un filtro de suavizado puede

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

utilizarse para eliminarlas, aunque en este caso también actuará sobre las celdas que no lo requieren y causará una pérdida de detalle en las mismas que no es en absoluto necesaria si se emplean otros métodos.

En general, cuanto menos mediquemos una capa original, y suponiendo que la información que contiene es fiable, tanto mejores serán los resultados que obtengamos con la misma. Los filtros son un elemento básico y muy importante, pero no debe perderse de vista lo que suponen, y deben utilizarse sin excesos.

Para poder aplicar filtro desarrollamos la siguiente rutina:

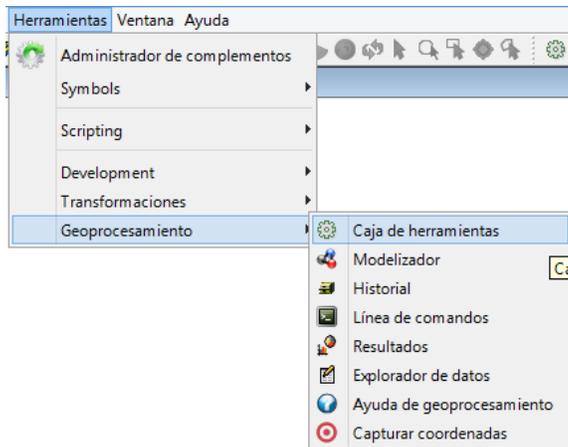


Imagen 4.9: Rutina para acceder a las herramientas de SEXTANTE.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

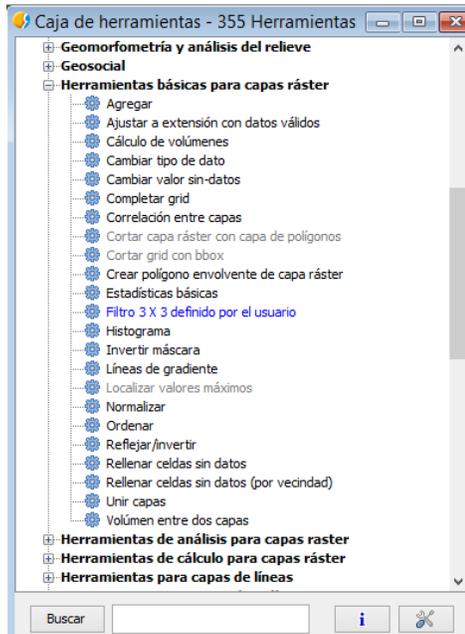


Imagen 4.10: Caja de herramientas

Al dar doble click sobre Filtro 3x3 definido por el usuario aparecerá la siguiente ventana.

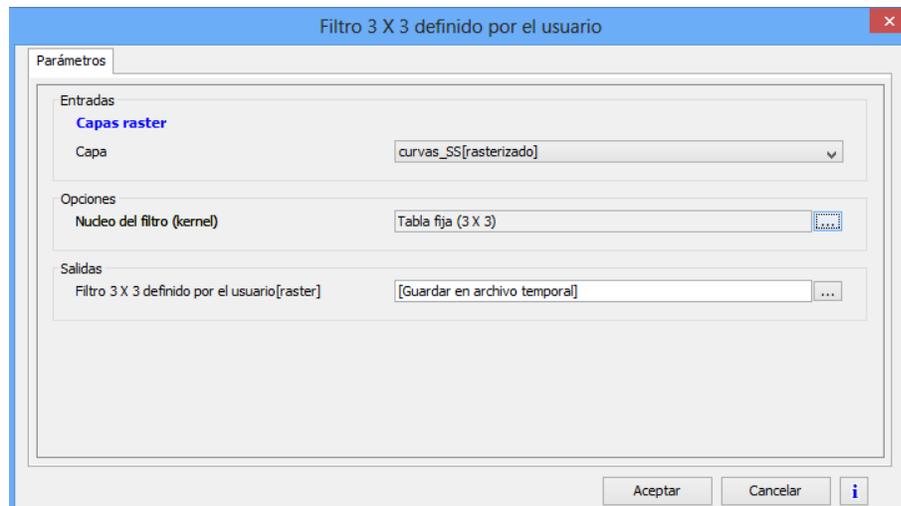
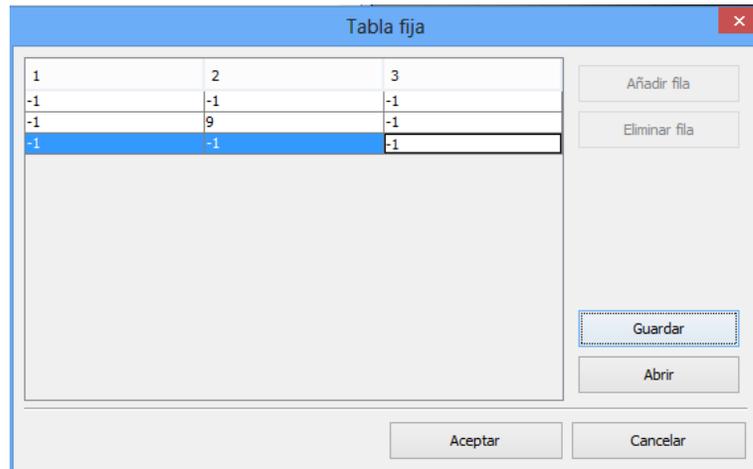


Imagen 4.11: Parámetros de filtros

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Es necesario configurar la tabla de filtros así como se muestra en la siguiente imagen 4.12:

Imagen 4.12: Configuración de la Tabla de filtro



El resultado es el siguiente.

A continuación veremos la capa raster de entrada (original):

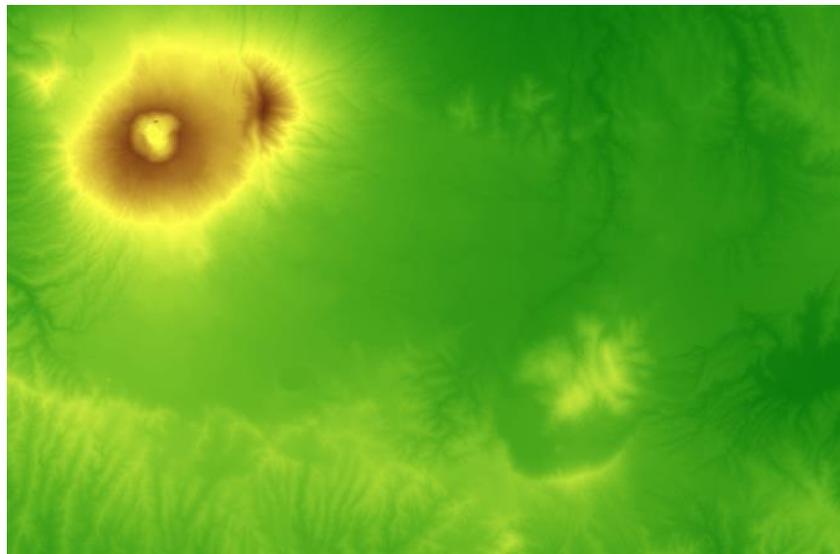


Imagen 4.13: Modelo de elevaciones original

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

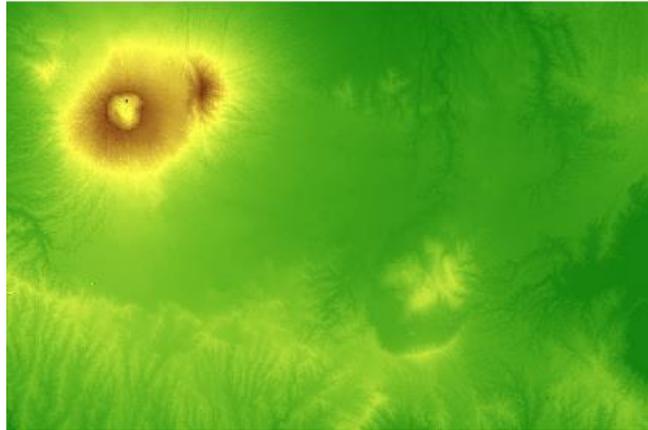


Imagen 4.14: Resultado de aplicar un filtro.

Como podemos apreciar en las imágenes hay una diferencia bastante notoria entre la imagen 4.13 y la imagen 4.14.

4.4.0 Análisis del terreno, hidrología y más

SEXTANTE tiene gran componente de análisis raster, aunque su vertiente vectorial es también importante y contiene numerosos módulos y funciones, pero es en el trabajo con capas raster donde se ve la verdadera potencia del programa.

El análisis del terreno y los temas relacionados con el mismo son un elemento clave de todo Sistema de Información Geográfica, muy especialmente en aquellos con una fuerte componente raster. Los módulos de SEXTANTE tienen una fuerte componente raster y amplían esta funcionalidad dentro de gv SIG. En este capítulo se describen aquellos que presentan un enfoque más específico

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

para el análisis del terreno, y por la propia importancia que el relieve tiene en muchas disciplinas, estos módulos son igualmente variados y diversos.

4.4.1 Cálculo de pendientes y orientaciones

La generación de las capas pendientes y orientaciones se encuentran entre las más importantes y frecuentemente utilizadas de todas en referencia a un análisis cordométrico. Sólo es necesario un MDE (Modelo Digital de Elevaciones) para la ejecución de estas dos extensiones de SEXTANTE.

Vamos a ver en primer lugar la extensión Pendiente. Esta extensión calcula el ángulo existente entre el vector normal a la superficie en ese punto y la vertical. Haz clic en el módulo pendiente (grupo *Geomorfometría y análisis del relieve*) e introduce los parámetros de entrada necesarios.

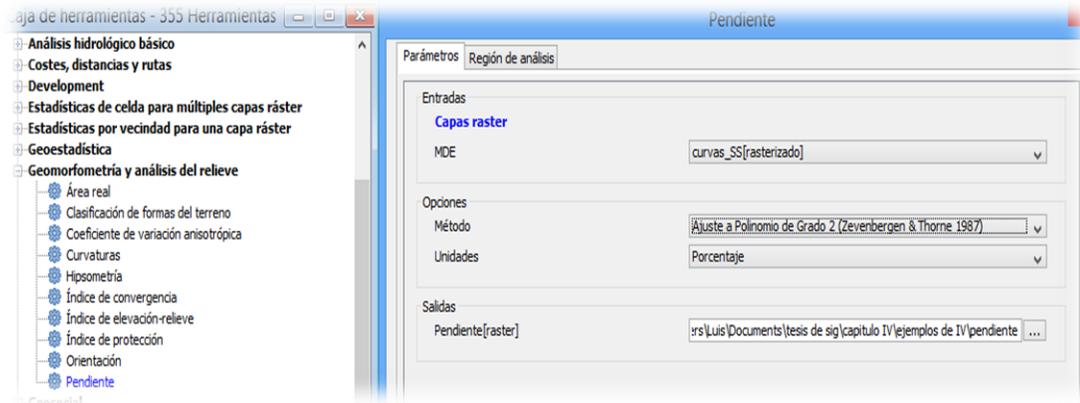


Imagen 4.15: Cálculo de pendiente

-MDE [capa raster]: un Modelo Digital de Elevaciones.

-Método. El método a utilizar, a elegir entre los siguientes:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Máxima pendiente (Travis et al. 1975).
- Máxima pendiente por triángulos (Tarboton 1997).
- Plano de ajuste (Costa-Cabral & Burges 1996).
- Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Bauer, Rohdenburg, Bork 1985).
- Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Heerdegen & Beran 1982).
- Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Zevenbergen & Thorne 1987).
- Ajuste a Polinomio de Grado 3 (Haralick 1983).

Unidades. A elegir entre las siguientes:

- Radianes
- Grados
- Porcentaje

En referencia al parámetro Método, tanto en el módulo *Pendiente* como el de *Orientación*, el método de *Ajuste de polinomio de 2 grado* (Zevenbergen & Thorne 1987) es normalmente una opción válida. En la práctica, no existe una gran diferencia conceptual entre los 4 últimos métodos, con lo que la elección entre ellos dará resultados similares.

Los dos primeros métodos, sin embargo, son algo distintos. Están asociados en sus fundamentos con algoritmos de conducción de flujo, y no con una finalidad puramente de análisis morfométrico. Debido a ello, no definen la morfometría local a partir de una función matemática de tipo $z = f(x,y)$ y empleando en ella las herramientas del cálculo diferencial, como sucede en los otros casos, y ello hace

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

que la obtención de ciertos parámetros no sea tan recomendable utilizando estos métodos. La obtención de pendientes y orientaciones puede ser válida (aunque menos precisa), pero la de curvaturas es diferente, ya que estos métodos no fueron concebidos teniendo este parámetro en mente.

Usaremos estos dos primeros métodos cuando trabajemos con sus correspondientes algoritmos de conducción de flujo. En caso contrario, mejor emplearemos cualquiera de los restantes. El módulo genera una nueva capa raster de pendiente con valores expresados en las unidades elegidas.

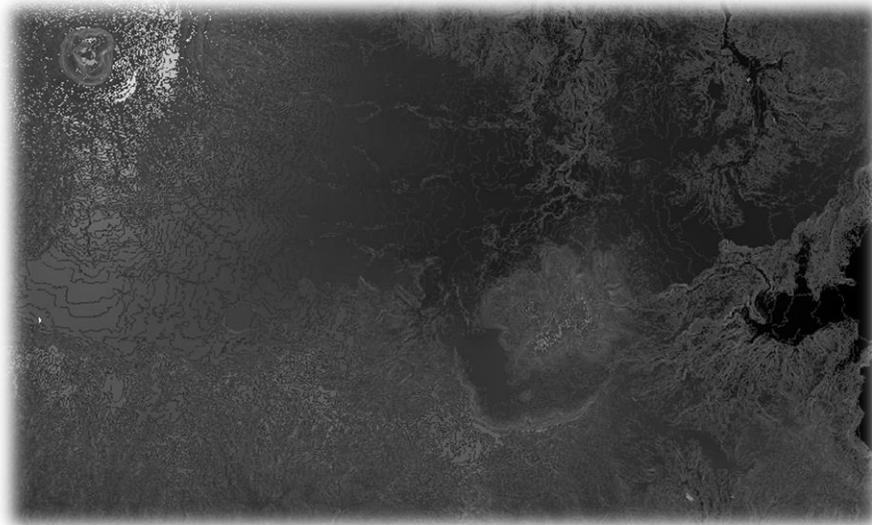


Imagen 4.16: Pendiente de la capa raster

El funcionamiento de la extensión Orientación (grupo *Geomorfometría y análisis del relieve*) es exactamente el mismo que el de Pendientes, a excepción del parámetro de entrada unidades, que no existe en el módulo Orientación.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Esta extensión calcula el ángulo existente entre el vector que señala el Norte y la proyección sobre el plano horizontal del vector normal a la superficie en ese punto.

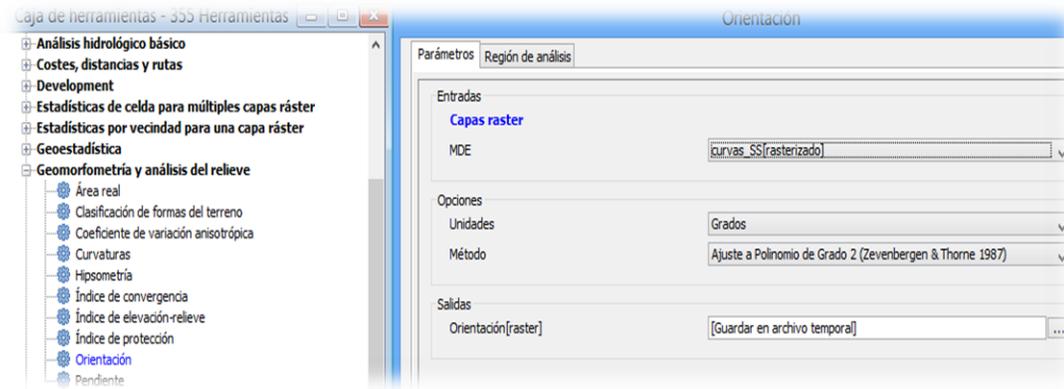


Imagen 4.17: Herramienta de orientación

- MDE [capa raster]: un Modelo Digital de Elevaciones.
- Método: el método a utilizar, a elegir entre los siguientes:
 - Máxima pendiente (Travis et al. 1975).
 - Máxima pendiente por triángulos (Tarboton 1997).
 - Plano de ajuste (Costa-Cabral & Burges 1996).
 - Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Bauer, Rohdenburg, Bork 1985).
 - Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Heerdegen & Beran 1982).
 - Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Zevenbergen & Thorne 1987).
 - Ajuste a Polinomio de Grado 3 (Haralick 1983).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El módulo genera una nueva capa raster de orientación con valores expresados en las unidades elegidas. Los valores en las celdas de esta capa indican la orientación de la pendiente, medida desde el norte en sentido horario.

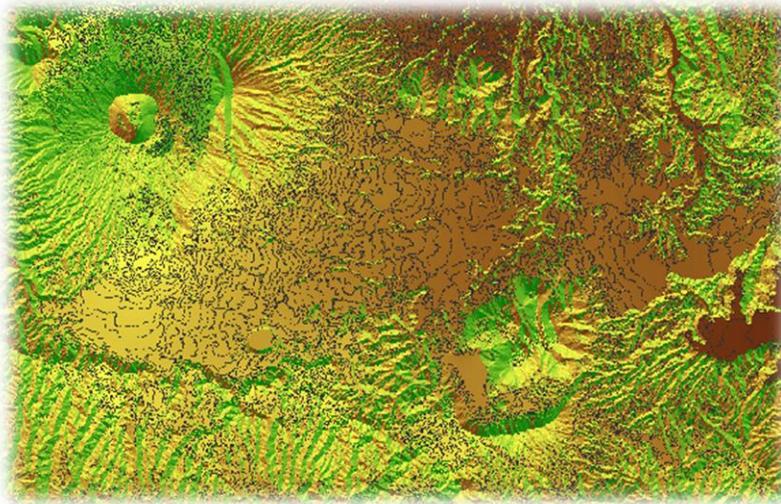


Imagen 4.18: Orientación de la capa raster

4.4.2 Cálculo de curvaturas

La extensión Curvaturas (grupo Geomorfometría y análisis del relieve aporta información sobre la concavidad o convexidad de la superficie en un punto dado. Se ejecuta a partir de medidas geométricas basadas en derivadas de segundo grado y los parámetros que expresan esa información se denominan curvaturas. Las dos direcciones más importantes son la de la máxima pendiente y la perpendicular a ésta. Los valores obtenidos para la segunda derivada en estas direcciones son, respectivamente, la curvatura vertical y horizontal. Los valores positivos indican una curvatura convexa, mientras que los negativos indican una curvatura cóncava.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

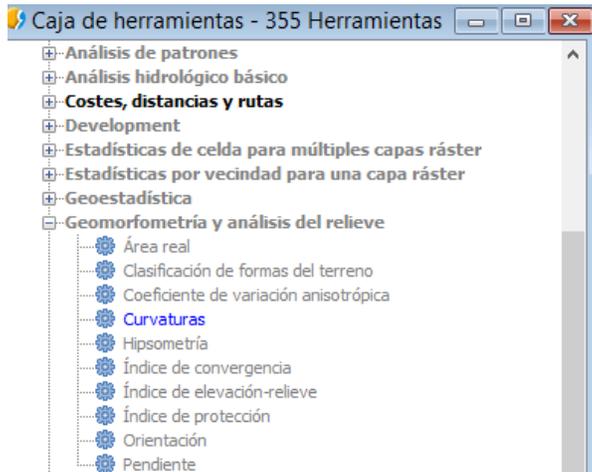


Imagen 4.19 Ruta para seleccionar curvaturas

¿Cómo interpretar estos valores? La concavidad y la convexidad se asocian a la acumulación de flujo y a la dispersión del mismo respectivamente, por lo que combinando ambas capas de curvatura se puede tener una idea básica de cómo se comporta el flujo sobre las distintas celdas. Estos valores pueden emplearse para extraer algunas conclusiones sencillas acerca de los patrones de erosión predominantes y otros procesos físicos similares.

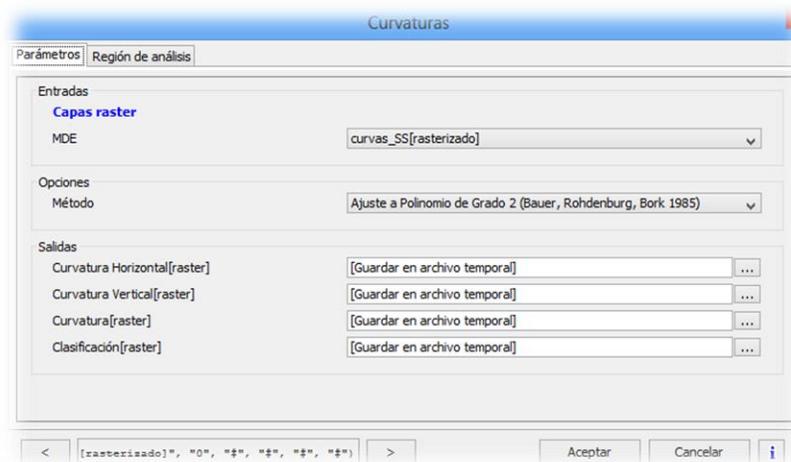


Imagen 4.20: Análisis de curvaturas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- MDE [capa raster]: un Modelo Digital de Elevaciones.
- Método: el método a utilizar, a elegir entre los siguientes:
 - ✓ Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Bauer, Rohdenburg, Bork 1985).
 - ✓ Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Heerdegen & Beran 1982).
 - ✓ Ajuste a Polinomio de Grado 2 (Zevenbergen & Thorne 1987).
 - ✓ Ajuste a Polinomio de Grado 3 (Haralick 1983).

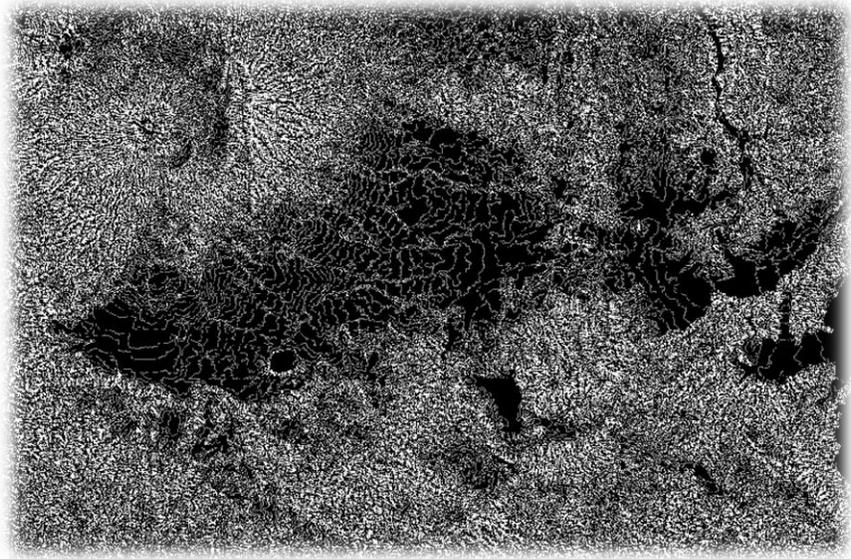
El módulo genera cuatro nuevas capas raster.

- Curvatura Vertical. Los valores positivos de las celdas indican una curvatura convexa (zonas en las que el agua experimenta una aceleración), mientras que los negativos indican una curvatura cóncava (zonas con tendencia a acumular agua).
- Curvatura.
- Curvatura Horizontal. Una curvatura horizontal convexa representa una zona en la que el flujo tiende a dispersarse, mientras que si es cóncava el flujo tiende a concentrarse, ya que las líneas de flujo convergen.
- Clasificación (capa raster). Las celdas se dividen en 9 clases. El significado de cada una de ellas se muestra a continuación:
 - 1: Curvatura vertical: cóncava. Curvatura horizontal: cóncava.
 - 2: Curvatura vertical: cóncava. Curvatura horizontal: plana.
 - 3: Curvatura vertical: cóncava. Curvatura horizontal: convexa

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- 4: Curvatura vertical: plana. Curvatura horizontal: cóncava.
- 5: Curvatura vertical: plana. Curvatura horizontal: plana.
- 6: Curvatura vertical: plana. Curvatura horizontal: convexa.
- 7: Curvatura vertical: convexa. Curvatura horizontal: cóncava.
- 8: Curvatura vertical: convexa. Curvatura horizontal: plana.
- 9: Curvatura vertical: convexa. Curvatura horizontal: convexa.

Imagen 4.21: Análisis de curvaturas



En la imagen 4.20 podemos visualizar la curvatura de la superficie, vemos que la parte con un color blanco es una zona con curvatura vertical, ya que; en esa zona el flujo se dispersa. La zona más oscura de la imagen presenta un área donde el flujo tiende a concentrarse (curvatura horizontal).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.4.3 Análisis de iluminación

La extensión *Relieve sombreado* crea una capa que representa las zonas de luz y sombra derivadas de la incidencia de una fuente luminosa (sol) sobre el área considerada. Haz clic para abrir e introducir los parámetros de entrada necesarios.

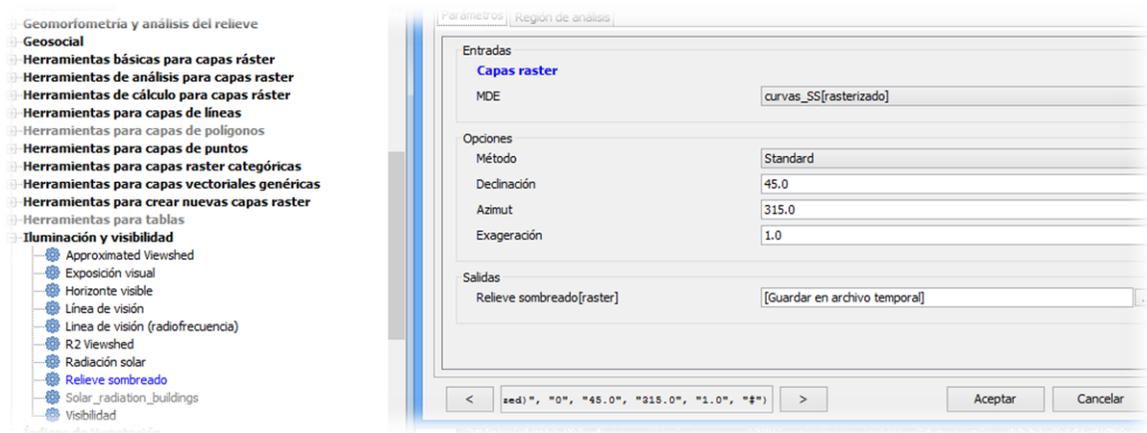


Imagen 4.22Relieve sombreado

-MDE: un Modelo Digital de Elevaciones.

-Método: el método a utilizar, a elegir entre los siguientes:

- Standard
- Standard(max 90o)
- Combinado

-Declinación: ángulo de elevación del sol sobre el horizonte.

-Azimut: posición relativa del sol con relación a la tierra.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

-Exageración: Los valores de elevación de las celdas empleados para calcular el sombreado son multiplicados por este factor, de tal forma que las sombras proyectadas sobre las celdas varían. Un valor alto de exageración hará que las pendientes tengan un aspecto más oscuro (valores altos), en contraste con el aspecto claro e iluminado (valores bajos) de las zonas llanas.

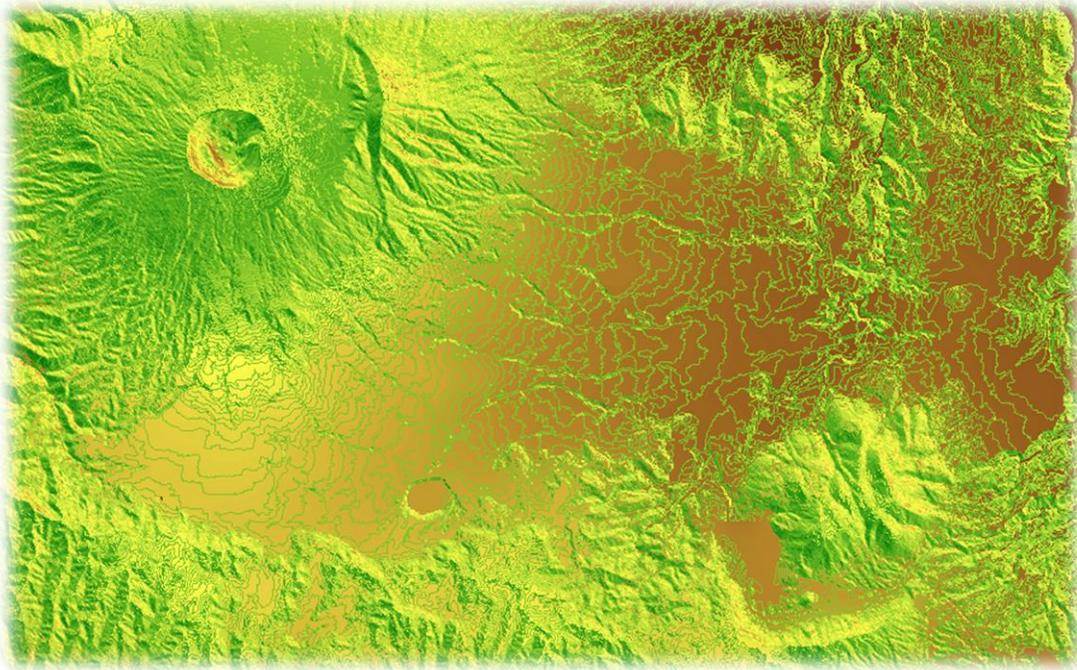


Imagen 4.23: Análisis de relieve.

4.5.0 Cálculo de cuenca hidrológica

El ejercicio consiste en calcular la cuenca hidrológica de una zona de estudio.

Todo el cálculo se realiza a partir de un Modelo Digital de Elevaciones (MDE).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Los pasos que vamos a seguir son los siguientes:

- Preparar el MDE para el análisis hidrológico
- Calcular la acumulación de flujo a partir del MDE preparado
- Calcular la red de drenaje
- Calcular las cuencas vertientes

4.5.1 Preparar el MDE para el análisis hidrológico

Para realizar un análisis hidrológico es fundamental contar con un buen MDE. En numerosas ocasiones los MDE presentan irregularidades que deben modificarse para adaptarlos en la mejor medida posible para dicho análisis. La fuente principal de estos errores es la presencia de las depresiones cerradas.

La extensión *Eliminar depresiones* permite corregir esta circunstancia, es decir, elimina las depresiones existentes en un MDE, (rellenándolas), y deja el MDE preparado para su posterior análisis hidrológico. Las depresiones se sustituyen por una superficie plana, o un plano inclinado, en función del ángulo mínimo entre celdas especificado.

Abrir la extensión *Eliminar depresiones* (grupo *Análisis hidrológico básico*) y seleccionar los parámetros de entrada correspondientes:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- MDE (capa raster): seleccionar la capa cargada.
- Angulo mínimo entre celdas (numérico decimal). No modificar este valor.

El valor por defecto es adecuado

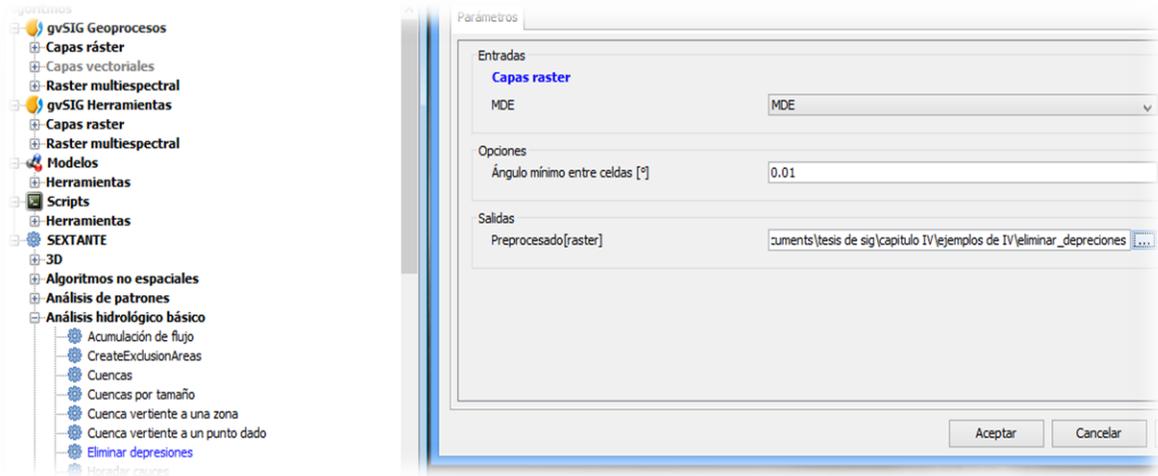


Imagen 4.24: Preparación de MDE

- Hacer clic en el botón Aceptar.
- El módulo genera una nueva capa raster con el MDE reprocesado.

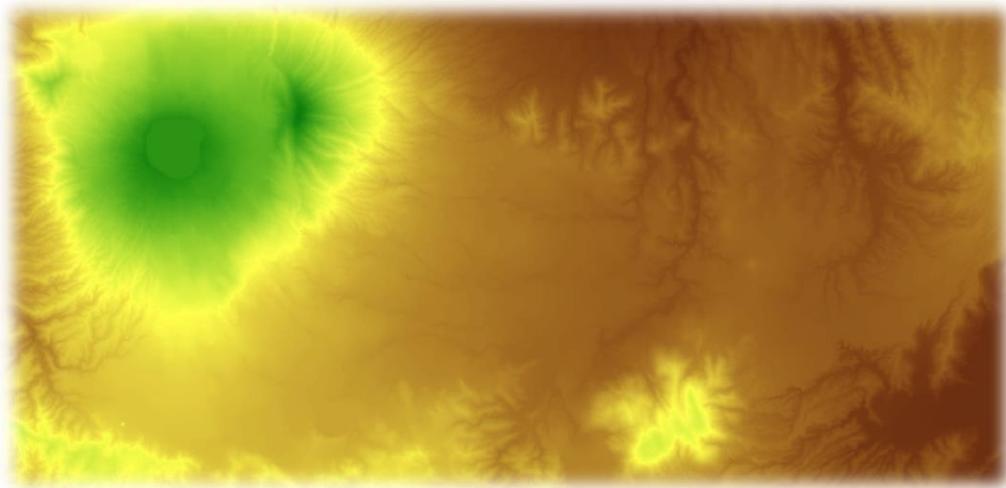


Imagen 4.25: Modelo Digital de Elevación reprocesado

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.5.2 Calcular la acumulación de flujo a partir del MDE preparado

A continuación vamos a calcular la acumulación de flujo, es decir, calcular el valor de la superficie situada aguas arriba de cada celda (área de todas las celdas cuyo flujo, una vez conducido aguas abajo, acabará pasando por dicha celda).

Abrir la extensión *Acumulación de flujo* (grupo Análisis hidrológico básico) y seleccionar los parámetros de entrada correspondientes.

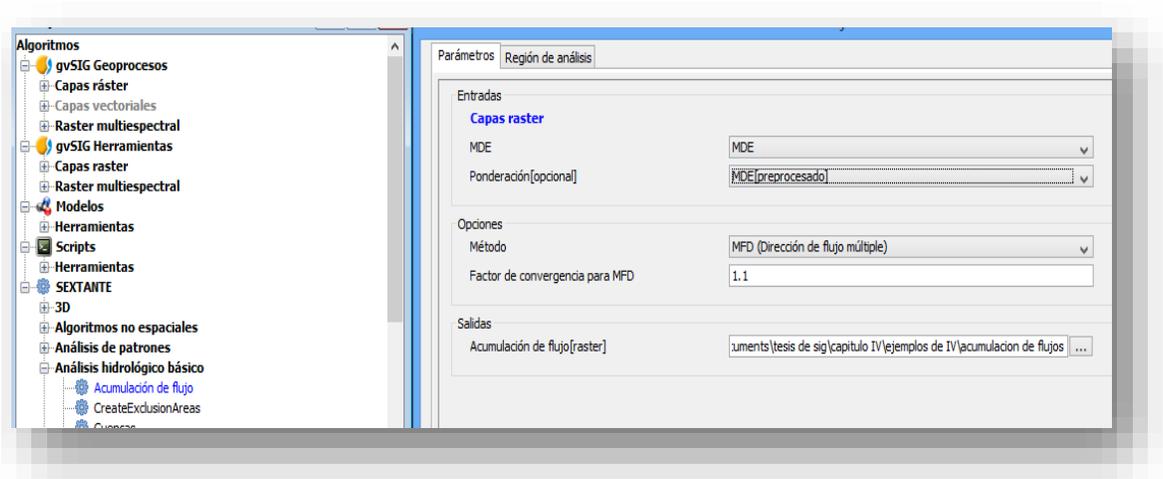


Imagen 4.26: Configuración de acumulación de flujo

- MDE [capa raster]: un Modelo Digital de Elevaciones. Seleccionaremos el MDE reprocesado resultante del proceso ejecutado anteriormente.
- Ponderación de celdas: si se selecciona una capa en este campo, cada una de las celdas aguas arriba se pondera según el valor en la capa seleccionada. Si no se selecciona, se utiliza como peso de cada celda su propia área. No introduciremos ningún valor en este campo, ya que no disponemos de una capa de ponderación.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Método: el método a utilizar, a elegir entre los siguientes:
 - ✓ D8: el flujo va desde el centro de una celda hasta el centro de una (y sólo una) de las circundantes. Por ello, las direcciones de flujo están restringidas a ángulos múltiplos de 45º, lo cual constituye la razón para la mayor parte de los inconvenientes del método (O'Callaghan & Mark 1984).
 - ✓ Rho8: igual que la anterior pero añadiendo un componente estocástico que en teoría lo mejora. La dirección de flujo se determina por medio de un parámetro aleatorio que depende de la diferencia entre la orientación y la dirección hacia las celdas adyacentes en dicha dirección. (Fairfield & Leymarie 1991).
 - ✓ DInfinity: el flujo va del centro de una celda hasta los centros de dos celdas contiguas del entorno, por lo que considera un flujo bidimensional y supera así una de las deficiencias del D8 (Tarboton 1998).
 - ✓ MFD (Dirección de flujo múltiple): método que considera un flujo bidimensional
 - ✓ (Multiple Flow Direction Algorithms). Seleccionaremos éste por la mayor calidad de los resultados que genera.
 - ✓ Factor de convergencia para MFD. Dejaremos el valor por defecto.

La extensión genera una nueva capa raster, denominada *Acumulación de flujo*.

Los valores de flujo acumulado vienen expresados en unidades de área. Si se

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

emplea una capa de ponderación, las unidades de la capa resultante son las de dicha capa de ponderación.

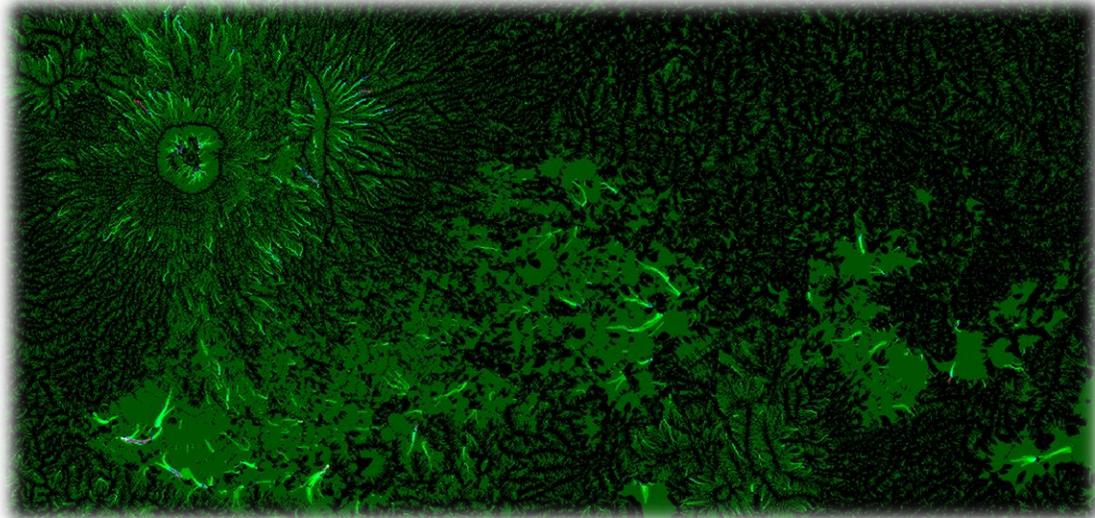


Imagen 4.27: Acumulación de flujos.

4.5.3 Calcular la red de drenaje

No obstante, una de las tareas más importantes (o probablemente la más importante de todas) de las que pueden llevarse a cabo empleando la información relativa a flujos acumulados es la extracción de redes de drenaje, algo completamente diferente a lo que hasta este punto hemos visto. Partiendo de una capa que contiene una variable continua vamos a generar nuevas capas con información de entidades, y, por primera vez, éstas no sólo van a ser de tipo raster, sino también vectoriales.

Habitualmente, los cauces se sitúan en celdas por las que fluye una gran cantidad de agua, de tal modo que esta agua los define como tales y modela su forma.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Por tanto, es lógico pensar que se puede tratar de extraer el trazado de esos cauces a partir de una capa de área acumulada, la cual indica el número de celdas que vierten sobre una dada y, consecuentemente, puede servir para evaluar también la cantidad de agua que proveniente de dichas celdas pasa por la misma.

Hay formas diversas de utilizar la información de área aportante, ya que existen diferentes alternativas para plantear la relación entre dicho área y el volumen de escorrentía, una relación en absoluto obvia de definir. Algunas de estas metodologías implican el uso de otras variables adicionales, y todas ellas tienen sus ventajas e inconvenientes, del mismo modo que ocurría con los distintos algoritmos de conducción de flujo.

Abre el módulo Red de drenaje. Esta extensión genera dos nuevas capas (raster y vectorial) con el trazado de los cauces a partir de un MDE y una capa con información adicional. A continuación se explica en más detalle los parámetros de entrada.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

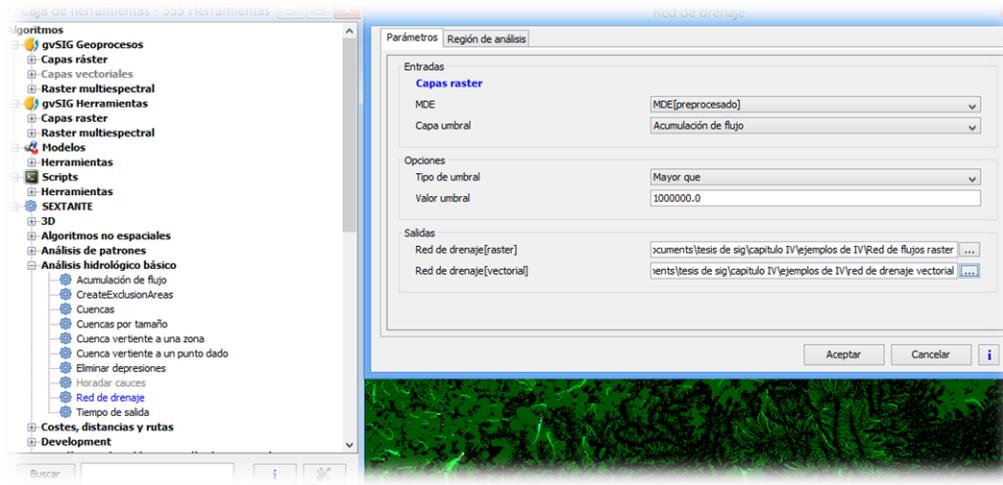


Imagen 4.28: Configuración de Red de Drenaje

- MDE: un Modelo Digital de Elevaciones.
- Capa umbral: una capa para localizar el inicio de cauces.
- Tipo de umbral: condición que tienen que cumplir las celdas de la capa umbral para el inicio de un cauce.
 - ✓ Mayor que
 - ✓ Menor que
- Valor umbral: valor umbral para aplicar la anterior condición. Debe estar en las mismas unidades que la capa umbral.

Cuanto más elevado sea el umbral, menor será el número de celdas en la capa de inicio que satisfacen la condición impuesta, y por tanto menor número de cauces serán definidos. Hay una serie de metodologías para elegir un umbral adecuado, pero la más sencilla y habitual es simplemente tratar de que la red de

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

drenaje resultante sea lo más similar posible a la verdadera red de drenaje existente, para lo cual puede utilizarse cartografía de apoyo.

El módulo genera dos nuevas capas, una en formato raster y otra en vectorial.

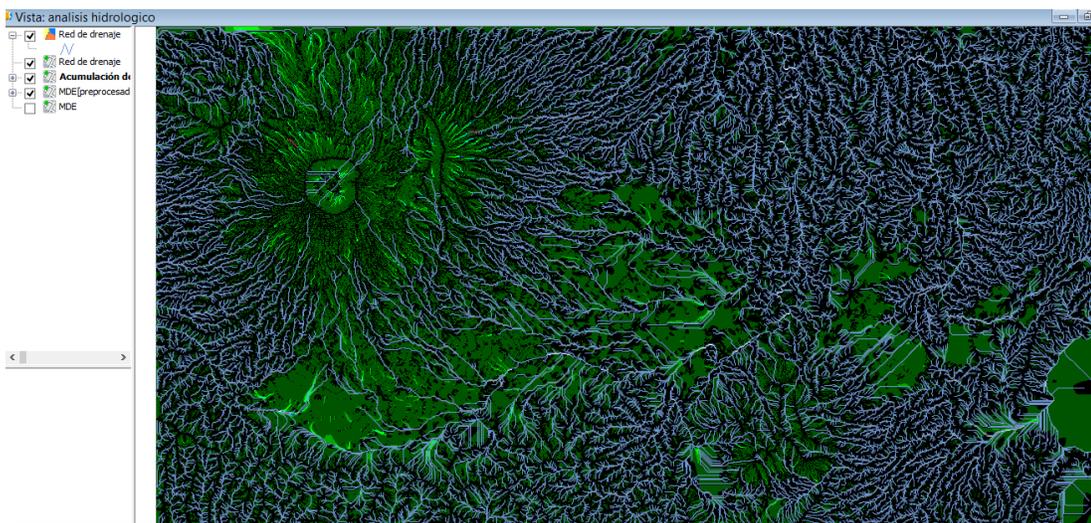


Imagen 4.29: Red de drenajes.

- Red de drenaje (capa raster): los valores de las celdas indican el orden jerárquico (de Strahler) del cauce que fluye a través de cada una de ellas. En las celdas por donde no se define un cauce, aparece el valor de sin datos.
- Red de drenaje [capa vectorial]: misma estructura que la capa raster Red de drenaje, pero en formato vectorial de líneas.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.5.4 Calcular las cuencas vertientes

Esta extensión extrae la cuenca hidrológica, y su división en subcuencas, asociada a una red de drenaje. Abrir el módulo Cuencas y completar los parámetros necesarios.

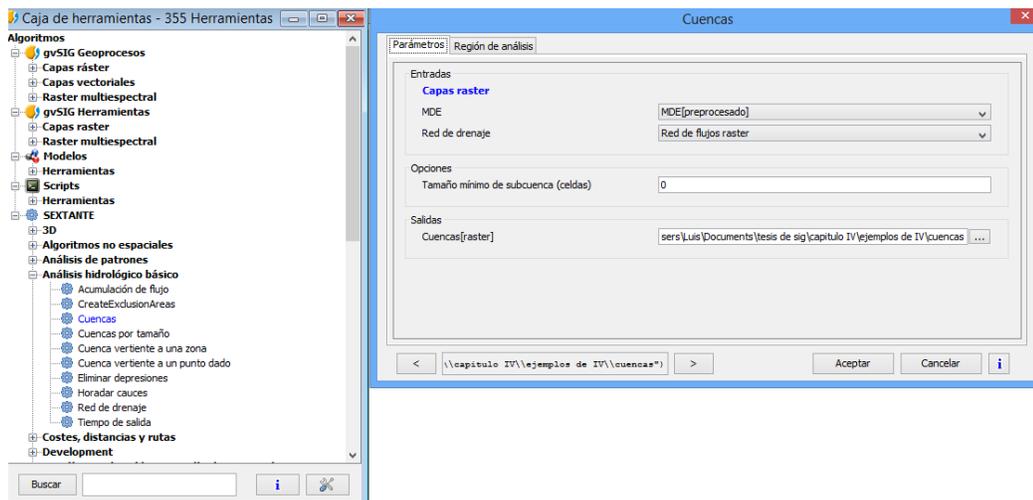


Imagen 4.30: Cuencas.

- MDE: un Modelo Digital de Elevaciones.
- Red de drenaje: la red de drenaje codificada según lo siguiente:
 - Valor de sin datos en las celdas que no son de cauce.
 - Otros valores excepto -1 en las de cauce.
 - Valor -1 en las celdas donde se quiera establecer un punto de salida.

Además de estos puntos establecidos, se definirán como puntos de salida todos los correspondientes a las intersecciones entre tramos de la red.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Tamaño mínimo de subcuenca (celdas): se puede evitar la creación de entidades de pequeño tamaño, estableciendo un tamaño mínimo (en celdas).

Se genera una nueva capa raster, donde las celdas de una misma cuenca contienen un mismo valor, que corresponde a un identificador asignado a cada una de ellas.

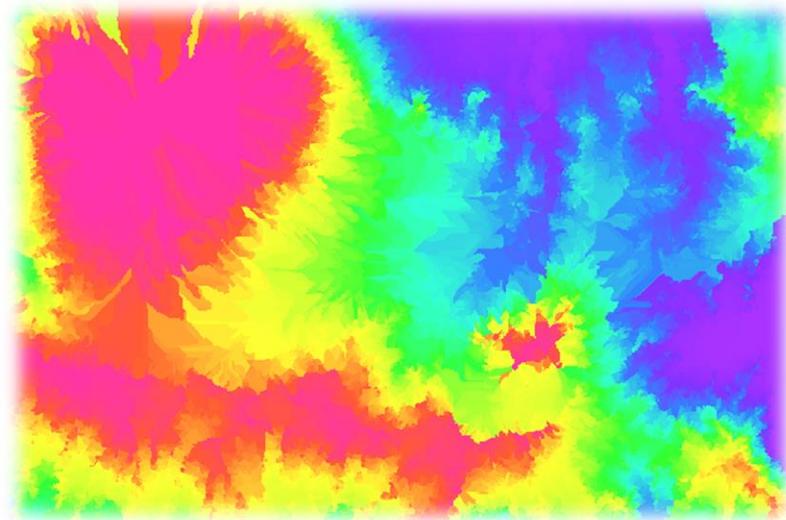


Imagen 4.31: Cuencas

4.5.5 Caracterización de cuencas

Una vez que tenemos nuestra capa raster de las cuencas hidrológicas, es útil poder conocer la información geométrica de las mismas. Para ello, primero debemos convertir la capa raster de cuencas hidrológicas en una capa vectorial.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Abrir la extensión *Vectorizar capa raster* (polígonos) (grupo *Vectorización*) y seleccionar la capa raster de las cuencas que acabamos de obtener anteriormente.

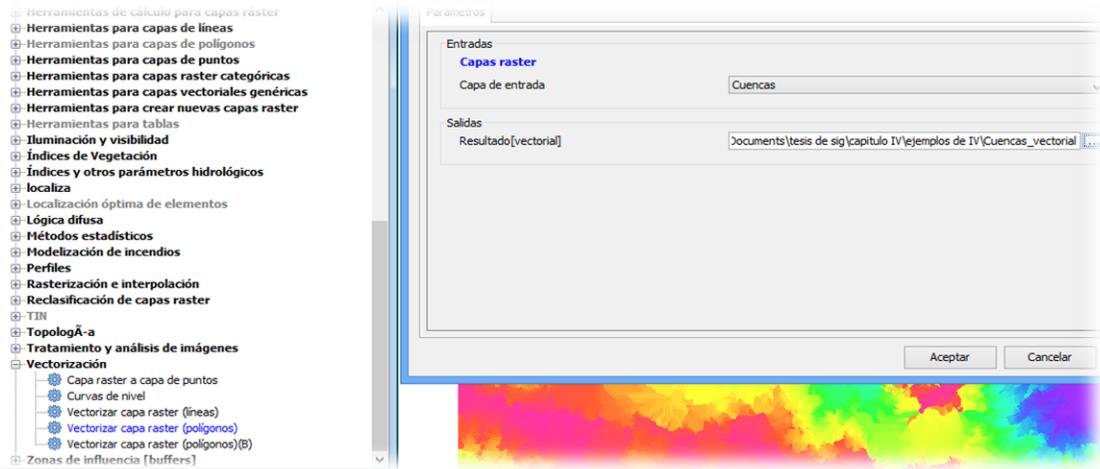


Imagen 4.32: Vectorización de capa cuencas.

Obtenemos una nueva capa vectorial con el contorno de las cuencas. El valor común que comparten todas las celdas dentro de cada polígono se añade a una columna con el mismo nombre que la capa de entrada.

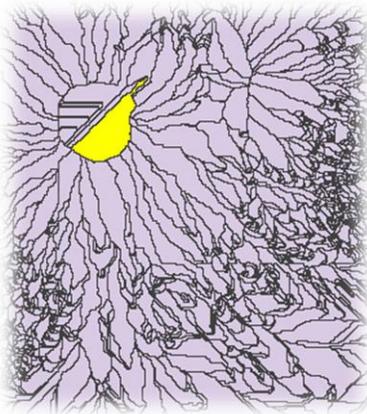


Imagen 4.33: Generación de cuencas individuales

En la imagen 4.33 observamos la generación de la capa vectorial de los diferentes polígonos que representan a las cuencas.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Ahora veremos cómo obtener parámetros geométricos de las cuencas con la extensión *Propiedades geométricas de polígonos*. Abrir esta extensión, selecciona la capa vectorial de cuencas y ejecutar.

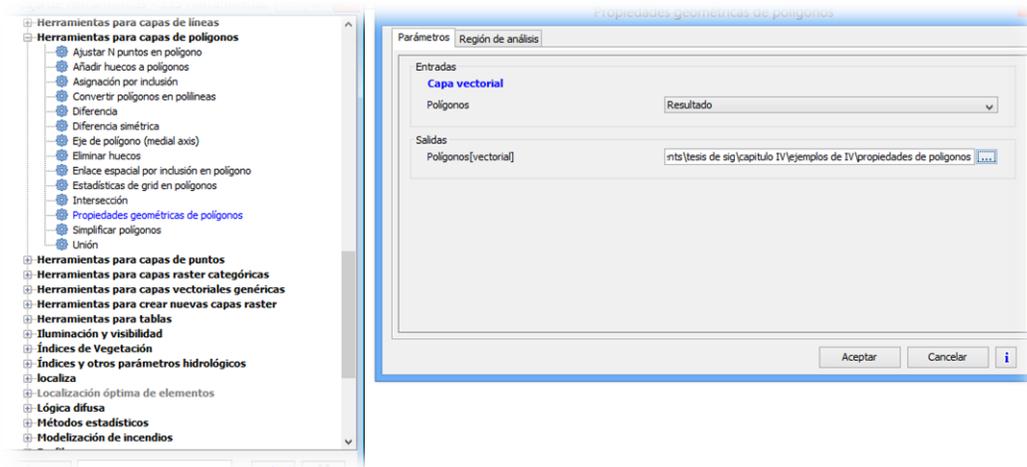


Imagen 4.34 Propiedades de los polígonos

Tabla de atributos: Resultado - 2

	ID	Cuencas	AREA	PERIMETRO	THICK	APRel	APRel2	QDR	FD
1	1	27.854,000	25.000,000	1.300,000	0,186	67,600	0,260	0,237	1
2	2	27.854,000	625,000	100,000	0,785	16,000	0,800	1,000	1
3	3	26.218,000	141.250,000	4.800,000	0,077	163,115	0,170	0,098	1
4	4	15.671,000	1.875,000	200,000	0,589	21,333	0,533	0,750	1
5	5	15.659,000	272.500,000	5.950,000	0,097	129,917	0,109	0,123	1
6	6	4.099,000	15.000,000	1.000,000	0,188	66,667	0,333	0,240	1
7	7	4.096,000	903.750,000	7.400,000	0,207	60,592	0,041	0,264	1
8	8	4.143,000	1.250,000	150,000	0,698	18,000	0,600	0,889	1
9	9	4.143,000	298.750,000	4.650,000	0,174	72,377	0,078	0,221	1
10	10	7.867,000	1.250,000	150,000	0,698	18,000	0,600	0,889	1
11	11	7.867,000	43.125,000	2.700,000	0,074	169,043	0,313	0,095	1
12	12	7.247,000	625,000	100,000	0,785	16,000	0,800	1,000	1
13	13	7.754,000	51.875,000	1.700,000	0,226	55,711	0,164	0,287	1
14	14	7.749,000	1.250,000	150,000	0,698	18,000	0,600	0,889	1
15	15	7.749,000	625,000	100,000	0,785	16,000	0,800	1,000	1
16	16	8.415,000	89.375,000	2.450,000	0,187	67,161	0,137	0,238	1
17	17	10.709,000	1.250,000	150,000	0,698	18,000	0,600	0,889	1
18	18	10.709,000	33.750,000	2.050,000	0,101	124,519	0,304	0,128	1
19	19	12.762,000	48.125,000	1.500,000	0,269	46,753	0,156	0,342	1
20	20	14.091,000	23.125,000	1.400,000	0,148	84,757	0,303	0,189	1
21	21	20.389,000	1.875,000	200,000	0,589	21,333	0,533	0,750	1
22	22	20.389,000	33.125,000	2.050,000	0,099	126,868	0,309	0,126	1
23	23	30.069,000	118.750,000	4.200,000	0,085	148,547	0,177	0,108	1
24	24	30.049,000	1.250,000	150,000	0,698	18,000	0,600	0,889	1

Imagen 4.35: Tabla de atributos de las cuencas generadas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

CAPITULO V: APLICACIÓN DEL SOFTWARE GV SIG EN PROYECTOS DE INGENIERIA CIVIL

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

5.1 Determinar las propiedades físicas de la cuenca del punto $x=482223.6$, $y=294843.11$, que pertenece a la zona metropolitana de San Salvador.

5.1.2 Teoría general de estudios hidrológicos.

CUENCA

Parte de un terreno, delimitado por las partes altas de una Montaña donde el agua proveniente de precipitaciones viaja a través de riachuelos, quebradas, ríos, para desembocar en otro de mayor cauce (rio, lago, mares) o más bien, desembocan en un solo punto. El punto donde desemboca se le llama punto de interés, y es el punto donde sale el agua que escurre por la superficie y la que se filtra.

Una cuenca posee un solo cauce principal, es el más largo, y es en donde desembocan los demás cauces (tributarios).

Una cuenca hidrográfica se refiere únicamente a las aguas superficiales, mientras que una cuenca hidrológica incluye las subterráneas (acuíferos). De cada uno de estas el hombre aprovecha las que requiere, ya que estas aportan la Producción de energía eléctrica por medio de Represas, abastecimiento de agua potable, de riego, la regularización del clima, habitat de muchos animales, turismo, etc. Por lo que necesitamos saber su comportamiento y características físicas y de comparación.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Podemos diferenciar tipos de cuencas de acuerdo a la ubicación del punto de interés, estas pueden ser:

a) **Endorreicas:** Son aquellas que están dentro de los límites de la cuenca y generalmente drenan en un lago y embalse.

b) **Exorreica:** Cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como río o mar.

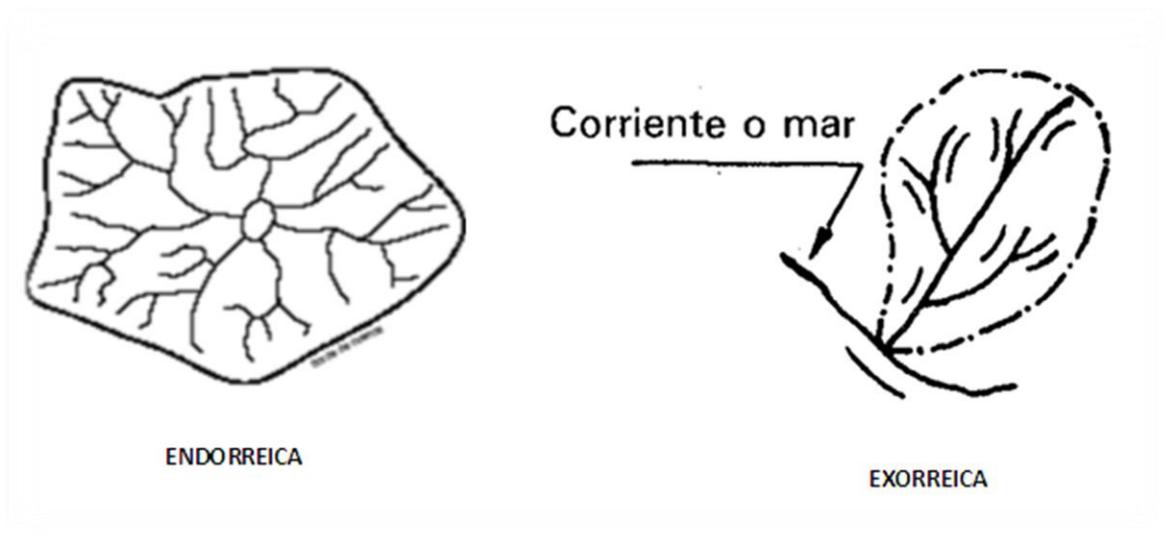


Imagen 5.1 (Tipos de Cuenca con respecto a la ubicación del Punto de Salida)

c) **Arreicas:** cuando no logran drenar a un río mar o lago, sus aguas se pierden por evaporación o infiltración sin llegar a formar escurrimiento subterráneo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

d) **Criptorreicas:** cuando sus redes de drenaje principal no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos.

Otro aspecto importante es conocer **las formas** de las cuencas. Esta característica es importante ya que se le relaciona con el tiempo de concentración el cual es el tiempo necesario desde el inicio de la precipitación para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio o en otras palabras el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de la misma.

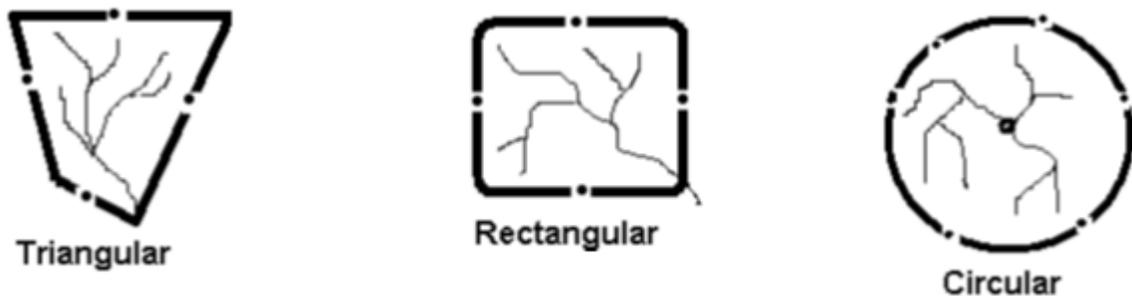


Imagen 5.2 Tipos de cuenca respecto a su forma

CARACTERISTICAS FISICAS DE UNA CUENCA

Parteaguas

Es una línea imaginaria, que divide a las cuencas adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, que en cada sistema de corriente, fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parte aguas pasa por los puntos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

más altos (topográficos) y cruza el cauce principal en un solo punto (punto de interés).

Trazo del parte aguas en un plano topográfico:

- a) Definir el punto de interés*
- b) Definir el rio en particular*
- c) Definir los ríos, quebradas y todos aquellos que aporten agua al rio (por ejemplo) en estudio.*
- d) Definir los ríos adyacentes que no aportan agua al rio en estudio.*
- e) El inicio del Parteaguas (en su punto más alto) será en el punto más alto de la cuenca*
- f) Trazar una línea (curva) en la que al cruzar curvas de nivel, las corte perpendicularmente.*
- g) Al descender en el plano según las curvas de nivel, el parte aguas debe cortar la parte convexa de las curvas*
- h) Este no deberá cortar ningún rio, y cortara una sola vez el rio en estudio (punto de interés)*
- i) El Parte aguas solo cortara 2 veces una curva de nivel se existen un cerro*

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

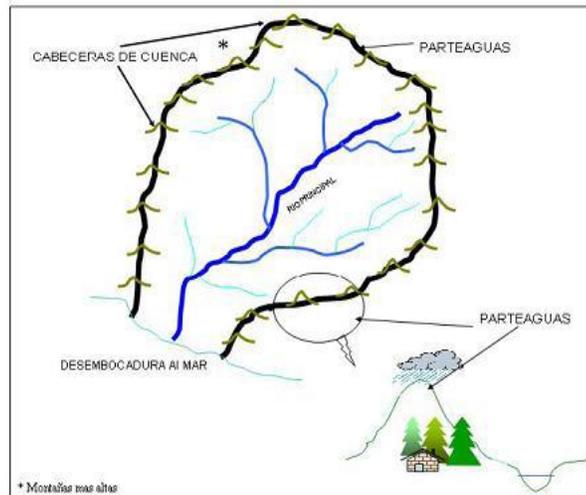


Imagen 5.3 Características físicas de la cuenca

Área

Es la proyección horizontal de la superficie de la cuenca. Esta se puede medir en un plano topográfico. Desde el punto de vista hidrológico es más importante esta proyección horizontal que la superficie real de la cuenca ya que la proyección horizontal es perpendicular a la aceleración de la gravedad.

Perímetro de la Cuenca

El Perímetro de la cuenca es la proyección horizontal de la longitud del Parteaguas. Es decir, la línea imaginaria que delimita el área de la cuenca.

CARACTERÍSTICAS DE COMPARACIÓN DE LA CUENCA.

La corriente principal de una cuenca (o cauce más largo): es la corriente que pasa por la salida de la misma (definición aplicada solamente a las cuencas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

exorreicas) medida desde la sección de control hasta su nacimiento sobre la divisoria de la cuenca. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal, las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan tributarias.

Longitud del Cauce más largo

La longitud del Cauce más largo es la mayor distancia (En proyección horizontal) de un cauce, que podemos encontrar dentro de una cuenca. A este cauce es al que alimenta todos los ríos tributario tributarios y quebradas.

Numero de orden de una corriente: Horton sugirió la clasificación de corrientes de acuerdo al número de orden de un río como una medida de la ramificación del cauce principal de una cuenca hidrográfica.

La clasificación de los cauces se realiza atreves de las siguientes premisas:

- ✓ Un río de primer orden es un tributario pequeño sin ramificaciones
- ✓ Un río de segundo orden es uno que posee únicamente ramificaciones de primer orden.
- ✓ Un río de tercer orden es uno que posee solamente ramificaciones de primero y segundo orden.
- ✓ El orden de una cuenca hidrográfica esta dado por el número de orden del cauce principal.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En la figura 5.4 se puede apreciar el cauce más largo, las corrientes tributarias de las que se compone y el número de orden de la cuenca.

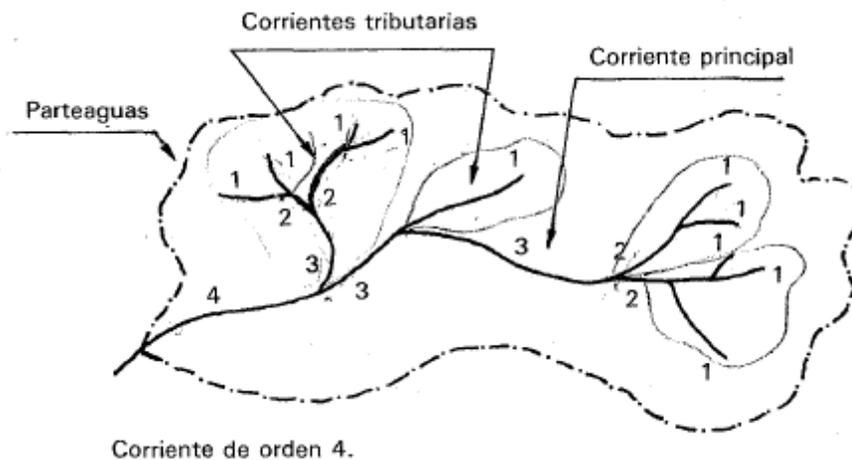


Imagen 5.4
Cuenca hidrológica con sus distintos elementos que la componen

Entre más corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, más rápida será su respuesta a la precipitación.

Otros indicadores del grado de bifurcación o eficiencia de una cuenca son:

Densidad de corriente (D_s): definida como el número de corrientes perennes e intermitentes por unidad de área. Matemáticamente la podemos definir así:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

$$D_s = \frac{N_s}{A} \left[\frac{\text{Km. de rio}}{\text{km}^2} \right]$$

Dónde: N_s = numero de corrientes perennes e intermitentes.

A = Área de la cuenca en km^2 .

Este parámetro da información valiosa sobre las condiciones climáticas y litológicas de la región: valores altos, mayores a $500 \text{ km}/\text{km}^2$, se pueden deber a la combinación de un régimen pluvial elevado con una litología fácilmente erosionable; valores menores a los $5 \text{ km}/\text{km}^2$ pueden ser indicativos de un régimen pluvial de poca cuantía, o que la resistencia del material litológico sea mucho mayor, es decir no se producen erosiones relevantes

Densidad de drenaje (D_d): definido como la longitud de corrientes por unidad de área, indica la longitud de los cauces por unidad de área.

$$D_d = \frac{L_s}{A} \left[\frac{\text{km. de rio}}{\text{km}^2} \right]$$

Dónde: L_s = longitud total de los ríos en km

A = Área de la cuenca en km^2

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La densidad de la red de drenajes de una cuenca queda determinada principalmente por su topografía, condiciones del suelo y régimen de precipitaciones.

Una densidad alta refleja una cuenca muy bien drenada que debería responder relativamente rápido al influjo de la precipitación; una cuenca con baja densidad refleja un área probablemente drenada con respuesta hidrológica muy lenta.

Pendiente del cauce principal.

Uno de los indicadores más importantes del grado de respuesta de una cuenca a una tormenta es la pendiente del cauce principal, en la mayoría de los casos la pendiente de un río disminuye gradualmente desde su fuente hasta su desembocadura.

Por lo general este valor es necesario para ser utilizado como uno de los parámetros que intervienen en los cálculos de crecidas. La pendiente influye sobre la velocidad de escurrimiento y con ello sobre la configuración del hidrograma.

Dado que la pendiente varía a lo largo del cauce, es necesario definir una *pendiente media*; para ello existen varios métodos, de los cuales se menciona tres.

- ✓ Método A: la pendiente media es igual al desnivel entre los extremos de la corriente, dividido entre su longitud medida en planta.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

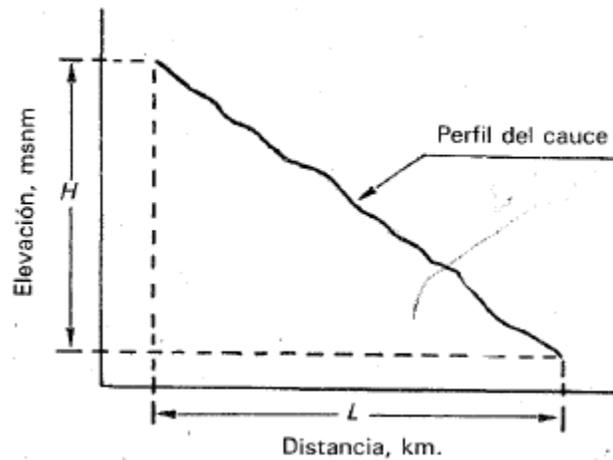


Imagen 5.5 pendiente del cauce principal.

Matemáticamente se puede expresar así: $P_m = \frac{H}{L} \times (100 \text{ ó } 1000) \left[\frac{m}{km} \text{ ó } \frac{m}{m} \right]$

Dónde: P_m = pendiente media del cauce principal.

Este método no suele resultar de aplicación válida, al acentuar demasiado el efecto de las elevadas pendientes de los tramos iniciales.

- ✓ Método B: la pendiente media es la de una línea recta que, apoyándose en el extremo de aguas abajo de la corriente, hace que se tengan áreas iguales entre el perfil del cauce y arriba y debajo de dicha línea. Ver imagen 5.6.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

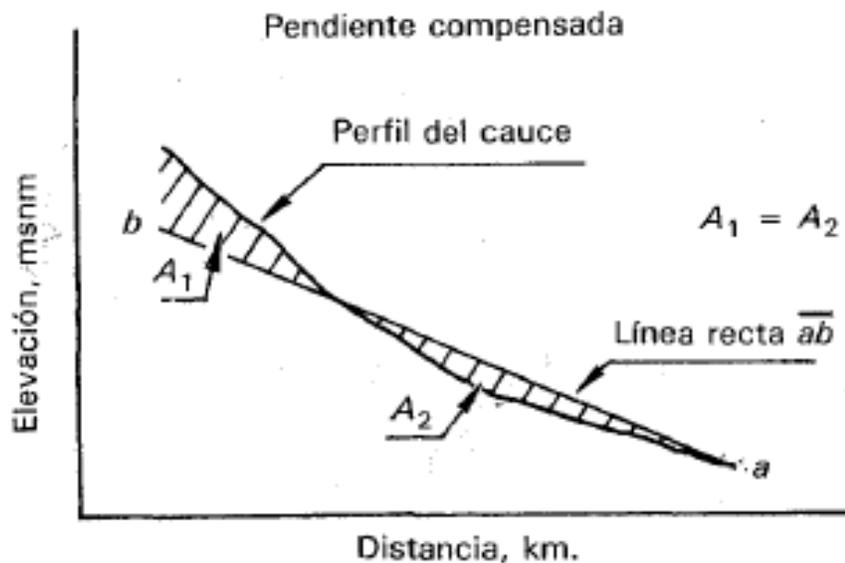


Imagen 5.6 pendiente del cauce principal (Método B)

- ✓ Método C: Taylor y Schwarz propone calcular la pendiente media como la de un canal de sección transversal uniforme que tenga la misma longitud y tiempo de recorrido que la corriente en cuestión

Elevación media de la cuenca.

La elevación media de la cuenca, así como la diferencia entre sus elevaciones extremas, influye en las características meteorológicas, que determinan principalmente las formas de la precipitación. Por lo general, existe una buena correlación, entre la precipitación y la elevación de la cuenca, es decir, a mayor elevación la precipitación es también mayor. Para encontrar la elevación media de una cuenca se recurre a uno de los 3 métodos siguientes:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

✓ Elevación media

Consiste en ubicar las curvas que atraviesan la cuenca y en cada cinturón que se forma entre curva y curva; encontrar la curva media, se debe calcular el área entre dichos cinturones, y además se debe de tener el área total de la cuenca, finalmente la elevación media será la sumatoria de los productos de cada curva media multiplicada por el área del cinturón dentro del cual se encuentra dicha curva y esta sumatoria dividida entre el área total de la cuenca.

✓ Red de puntos:

Este método consiste en trazar una cuadrícula equidistante al interior del área de la cuenca procurando que queden al menos 100 intercepciones dentro de ésta, luego se encuentran la elevación de las intercepciones, se suman y la división entre el número de ellas representa la elevación media de la cuenca.

✓ Curva hipsométrica:

Es la representación gráfica del relieve medio de la cuenca y representa el estudio de la variación de la elevación de varios terrenos de la cuenca con referencia al nivel medio del mar. Esta variación puede ser indicada por medio de un gráfico que muestre el porcentaje de área de drenaje que existe por encima o por debajo de varias elevaciones.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Dicho grafico se puede determinar planimetrando las áreas entre curvas de nivel. La curva hipsométrica relaciona el valor de la cota en las ordenadas con el porcentaje de área acumulada en las abscisas.

La elevación media se encuentra al 50% del área acumulada se toma la curva y se lee la elevación media.

La curva Hipsométrica relaciona el valor de la cota en las coordenadas con el área del porcentaje acumulada en las abscisas al valor de la cota mayor corresponde el cero por ciento del área acumulada y el valor de la cota menor corresponde al cien por ciento del área acumulada, en todo caso la curva Hipsométrica representa el porcentaje de área acumulado o excedido para una cota determinada. En la siguiente figura se puede apreciar un tipo de curva hipsométrica.

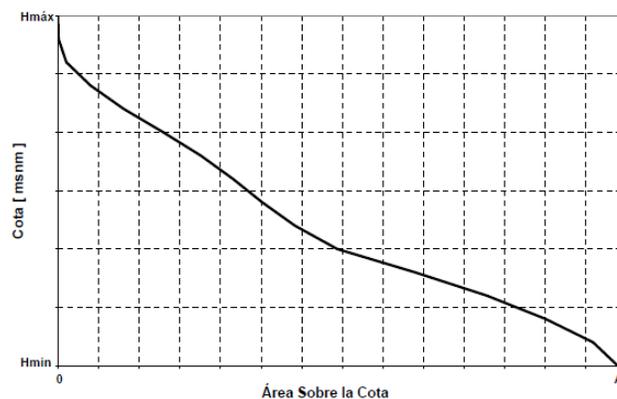


Imagen 5.7 ejemplo de una curva hipsométrica

La forma de dos tipos de curvas hipsométricas son de especial interés (ver figura 5.6). La curva hipsométrica del lado izquierdo se identifica con cuencas de valles

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

extensos y cumbres escarpadas, mientras la de la derecha se identifica con cuencas de valles profundos y sabanas planas.

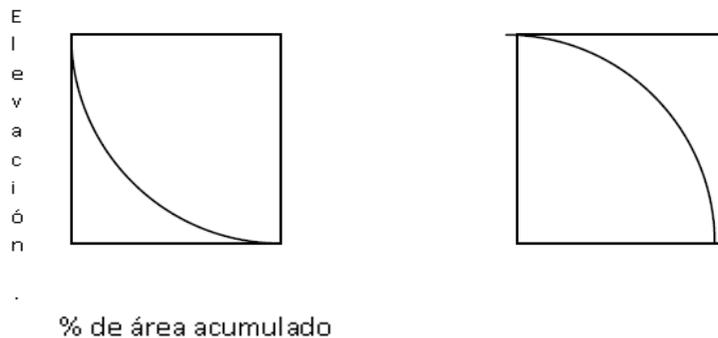


Imagen 5.8 Curvas hipsométricas

Índice de Gravelius o coeficiente de Compacidad (K_c): Es la relación entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo que tenga la misma superficie (área) de la cuenca. Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}}$$

Dónde: P: perímetro de la cuenca

A: superficie de la cuenca en Km²

Mientras K_c tienda a 1 la forma de la cuenca tiende a ser circular y la cuenca tiende a tener mayores crecidas durante una tormenta, mientras más lejano a 1

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

sea K_c la cuenca tiende a ser mas alargada, pudiendo alcanzar valores próximos a 3 en cuencas muy alargadas.

Factor de forma (Kt): Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide siguiendo el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca, el ancho medio se obtiene cuando se divide el área de la cuenca por la longitud axial de la misma. Se expresa de la siguiente manera:

$$K_t = \frac{A}{Lx^2}$$

Dónde: A = área de la cuenca en Km^2

Lx = longitud axial de la cuenca en Km

Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecidas que una del mismo tamaño, pero con un factor de forma mayor.

Relación de circularidad (Rci): es el cociente entre el área de la cuenca y la de un círculo cuya circunferencia es equivalente al perímetro de la cuenca, se expresa de la siguiente manera:

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{p^2}$$

Dónde: A es el área de la cuenca en Km^2 y p es el perímetro de la misma.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Si R_{ci} tiende a 1 la cuenca tiene una forma circular y si R_{ci} es menor que uno la cuenca se vuelve alargada.

Relación de elongación (Re): Es la relación entre el diámetro de un círculo que tenga la misma superficie de la cuenca y la longitud del cauce más largo.

Matemáticamente se expresa de la siguiente forma:

$$R_e = \frac{D}{L} = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

Dónde: A = superficie de la cuenca en Km^2

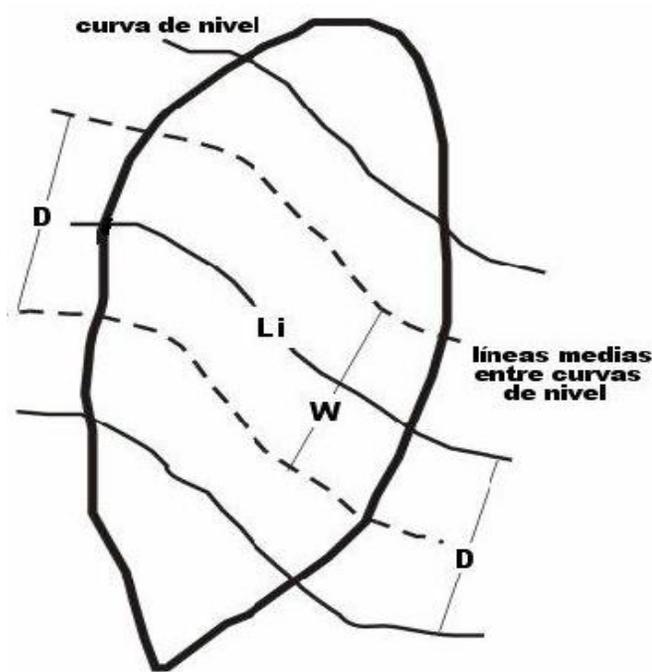
L = longitud del cauce más largo en km

- **Si R_e tiende a 1 la cuenca se considera plana**
- **Si $0.6 \leq R_e \leq 0.8$ la cuenca se considera de relieve pronunciado.**

Pendiente media de la cuenca (S_m): Llamamos pendiente media de la cuenca, a la media ponderada de todas las pendientes correspondientes a áreas elementales en las que pudiéramos considerar constante la máxima pendiente. En términos generales indica el grado de “rugosidad” que tiene el suelo de la cuenca.

Para obtener la pendiente media de la cuenca se mide la longitud total de todas las curvas de nivel (L_t), área de la cuenca (A_c) y la diferencia consecutiva de cota entre curvas de nivel, haciendo uso de la siguiente fórmula, siendo S la pendiente media de la cuenca.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



$$S_m = \frac{DL}{A}$$

L= longitud total de todas las curvas de nivel que cruzan la cuenca.

D= diferencia entre curvas de nivel consecutivas.

A= área de la cuenca.

Imagen 5.9 parámetros para calcular la pendiente media de la cuenca

Rectángulo equivalente: Para poder comparar la influencia de las características de la cuenca sobre la escorrentía, se utiliza la noción de rectángulo equivalente (la característica más importante es que tiene igual distribución de alturas que la curva hipsométrica) o rectángulo de Gravelius. Se trata de una transformación puramente geométrica en virtud de la cual se asimila

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

la cuenca a un rectángulo que tenga el mismo perímetro y superficie, y, por tanto, igual al coeficiente de Gravelius (coeficiente de compacidad, K_c). Así, las curvas de nivel se transforman en rectas paralelas al lado menor del rectángulo respetando la hipsometría natural de la cuenca. Para la construcción del rectángulo, se parte del perímetro, P y el área de la cuenca, A . Si el lado menor y mayor del rectángulo son, respectivamente, l y L , entonces:

$$l = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_c^2}} \right]$$

$$L = \frac{K_c \sqrt{A}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_c^2}} \right]$$

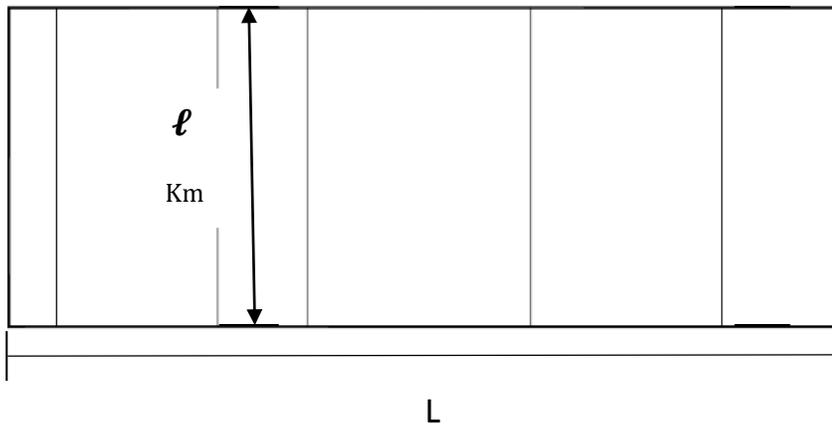


Imagen 5.10 Dimensiones del rectángulo equivalente

CLASIFICACION DE LOS RIOS

a) Por el tiempo que transportan agua:

Corrientes perennes: En este tipo de corriente el punto más bajo del cauce (A) se encuentra siempre por debajo del nivel freático. Estas corrientes transportan agua durante todo el año y siempre están alimentadas totalmente o en parte por el agua subterránea es decir son *efluentes*. Esto se puede apreciar en la siguiente figura.

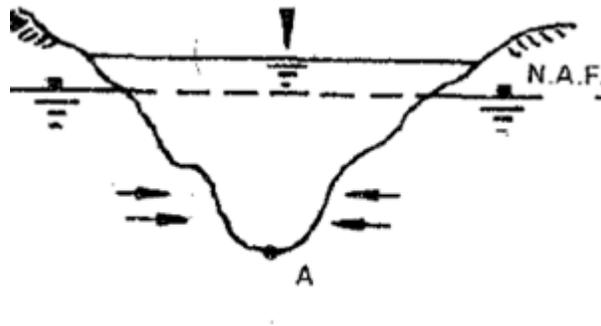


Figura 5.11 Esquema de una corriente perenne

Corriente intermitente: Estas corrientes transportan agua durante la época de lluvia de cada año. Cuando el nivel de aguas freáticas asciende hasta quedar por encima del punto “A”. En época seca el nivel freático queda por debajo de dicho

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

punto y la corriente no transporta agua salvo cuando se presenta alguna tormenta.

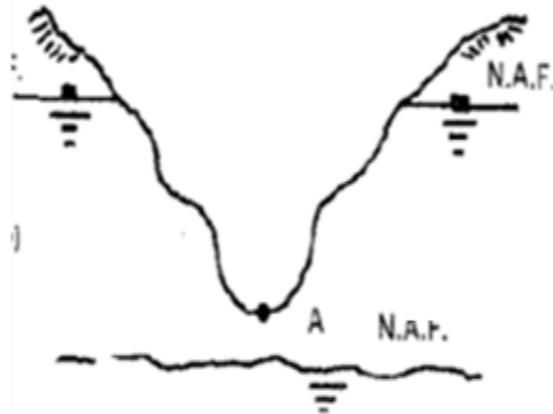


Imagen 5.12 Esquema de una corriente intermitente

Corriente efumera: A estas corrientes también se les conoce como *influentes*, y se caracterizan porque el nivel freático siempre está por debajo del punto “A” y transportan agua inmediatamente después de una tormenta y en este caso alimentan a los almacenamientos de agua subterránea.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 5.13 Esquema de una corriente influente

b) Por su edad geológica o posición topográfica:

En un mismo cauce se pueden encontrar los tres tipos de ríos los cuales son:

Ríos de montaña: Son característicos de cotas elevadas sobre el nivel del mar. Poseen grandes pendientes y pocas curvas, debido a las grandes velocidades que alcanza el agua. Los cauces están formados por cantos rodados, con un poco de gravas y nada de finos (también llamados ríos jóvenes).

Ríos de transición: Se encuentran en cotas intermedias, presentan algunas curvas con velocidades de aguas moderadas y sus cauces están formados básicamente por gravas con algo de cantos rodados y arena

Ríos de planicie: Llamadas también como ríos Viejos, y en general se les encuentra en cotas cercanas al nivel del mar, presentan numerosos meandros debido a las bajas velocidades del agua, su cauce está formado por arenas y finos (también llamados ríos maduros).

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

5.3 Determinación de la cuenca de estudio

Para poder hacer la delimitación de la cuenca de interés es preciso seguir los pasos señalados en el capítulo anterior, precisamente desde apartado 4.5.0 (**Cálculo de cuenca hidrológica**), hasta el apartado 4.5.3 (**Red de drenaje**).

Una vez obtenida la red de drenaje abrimos la abrimos la caja de herramientas buscamos el grupo de **Análisis Hidrológico Básico**, y seleccionamos **Cuenca vertiente a un punto dado**.

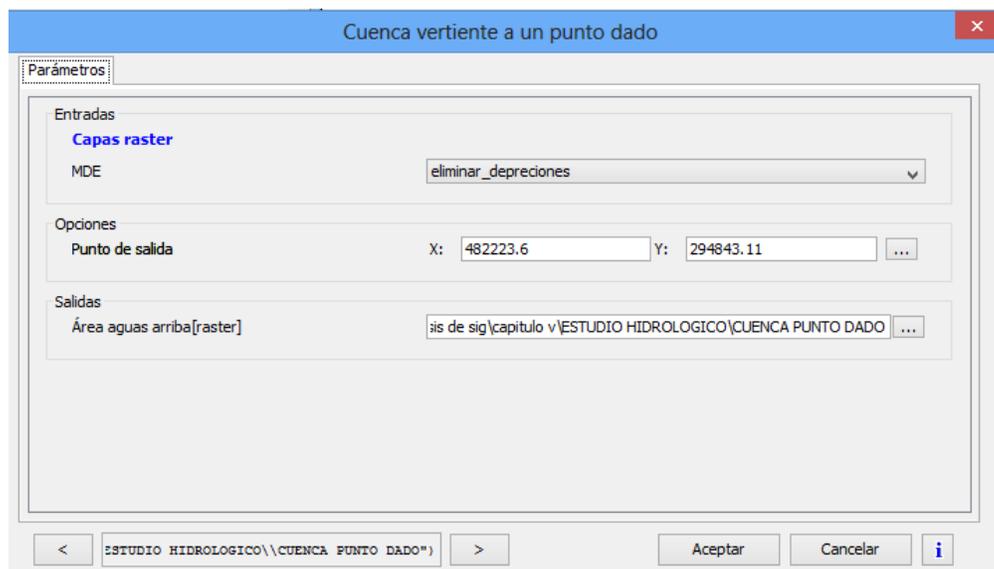


Imagen 5.14 Cuenca vertiente a un punto dado.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

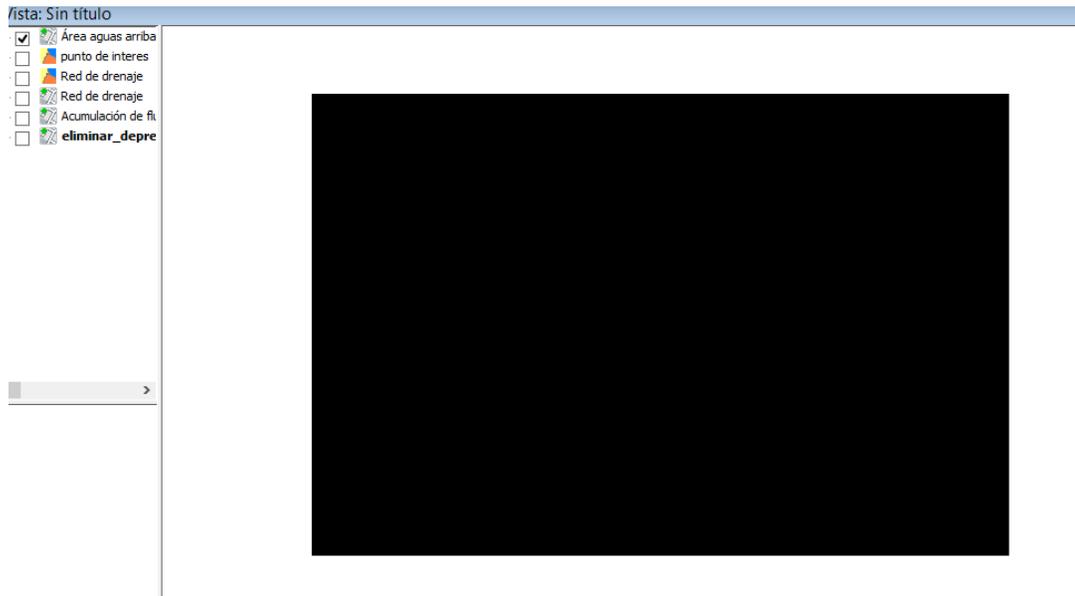


Imagen 5.15 Capa raster aguas arriba del punto dado

Luego es necesario que la capa raster creada anteriormente se transforme a capa vectorial.

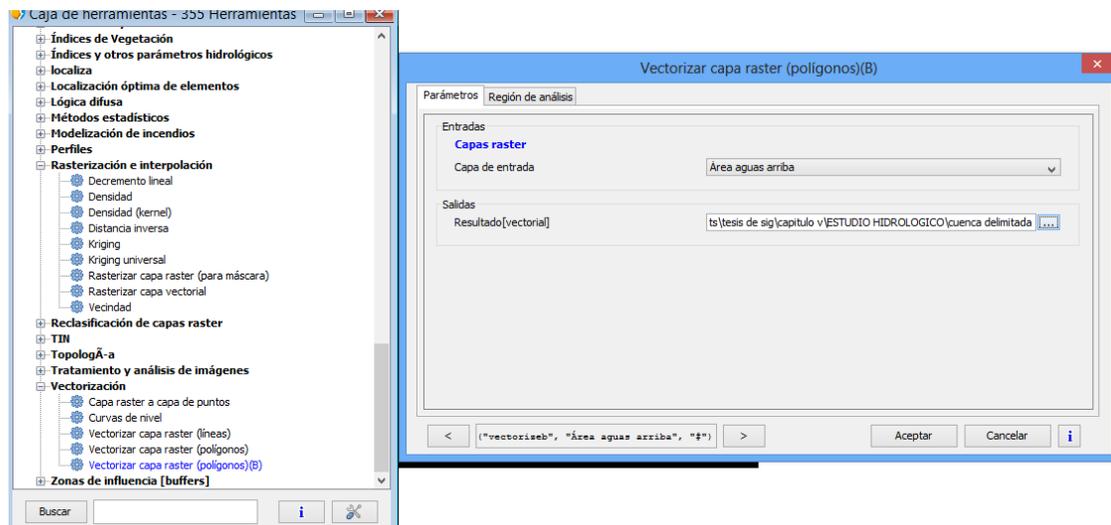


Imagen 5.16 Vectorizar capa raster

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

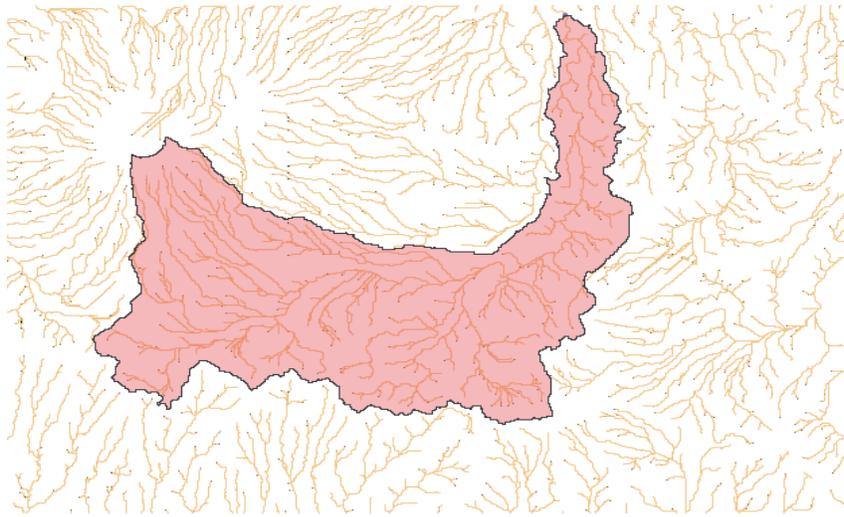


Imagen 5.17 Cuenca del punto de interés.

En la imagen 5,14 podemos apreciar que tenemos delimitada nuestra cuenca, a continuación procederemos a ordenar nuestro espacio de trabajo y a crear un archivo **SHAPE**, solo con la información de nuestra área de interés.

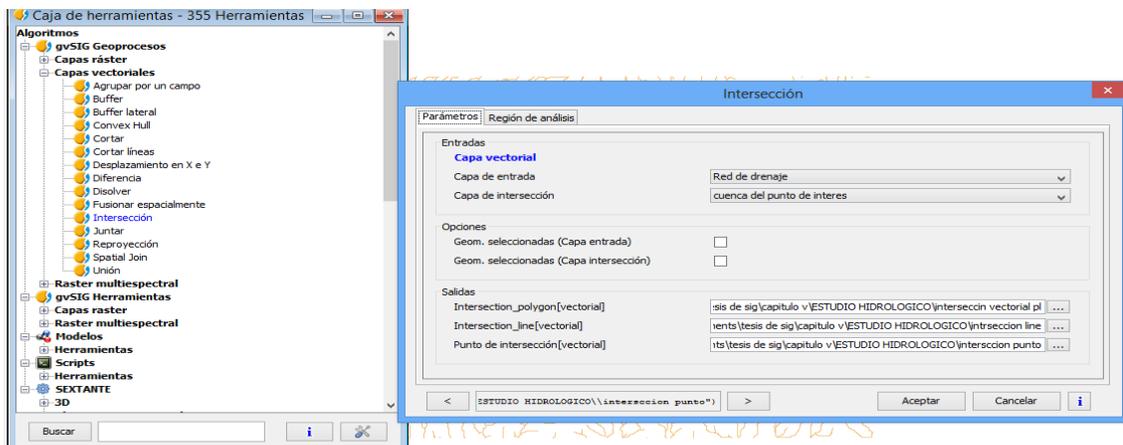


Imagen 5.18 Intersección de dos capas vectoriales

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

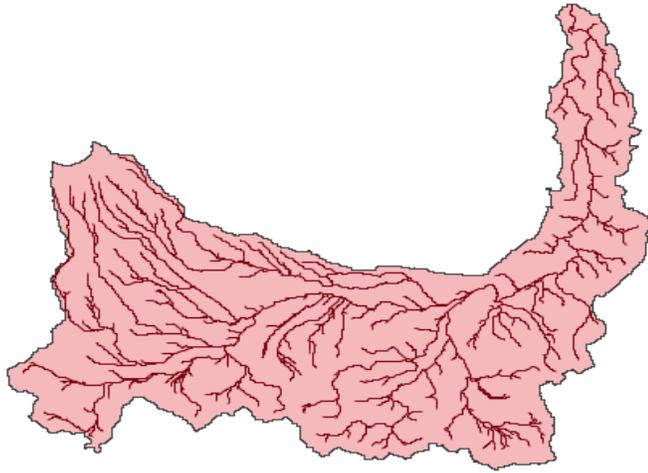


Imagen 5.19 Red de drenaje de nuestra cuenca hidrológica.

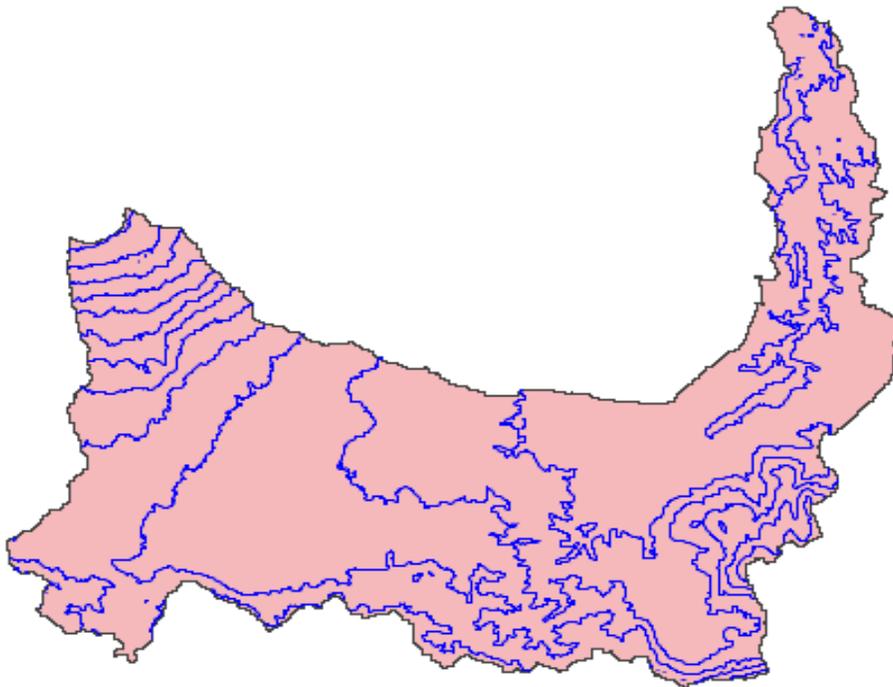


Imagen 6.20 Curvas de nivel de la cuenca

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Las herramientas de gv sig nos presentan una amplia gama de opciones en el procesamiento de las capas raster y vectoriales, posee múltiples funciones de gran potencia en el procesamiento de datos, los cuales son de gran utilidad en el desarrollo de los proyectos; en el presente trabajo seguiremos aprendiendo mas sobre las aplicaciones de gv sig.

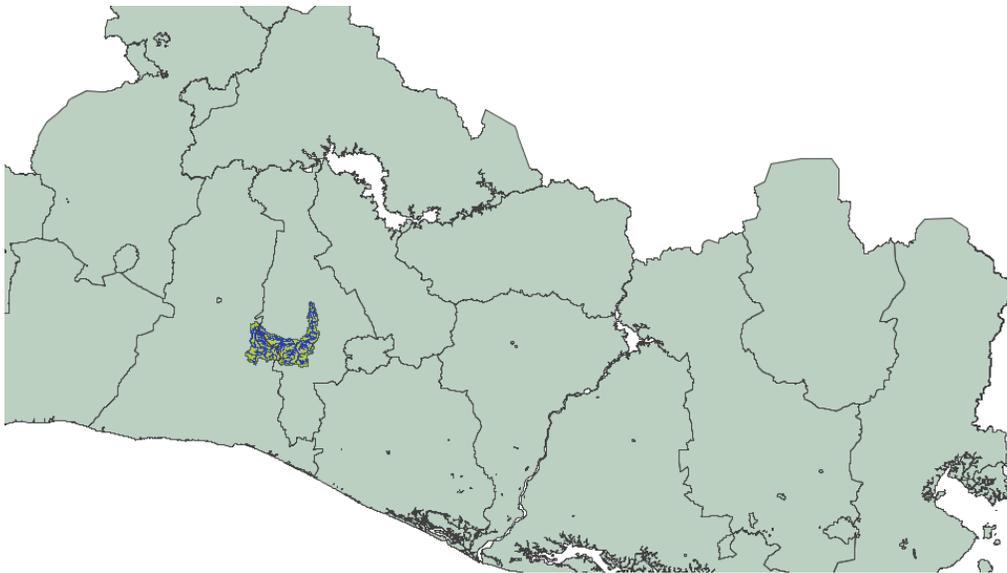


Imagen 5.21 Mapa de El Salvador

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Parámetros físicos de la cuenca del punto de interés.

Tabla de atributos: cuenca del punto de interés			
	ID	AREA	PERIMETER
1	1	105.504.375,000	94.700,000

Imagen 5.22 Tabla de atributos en el punto de interés

Como podemos observar el uso del gv sig nos facilita la delimitación de las cuencas hidrográficas, ya tenemos los datos generales de nuestra cuenca y a continuación obtendremos la longitud del cauce más largo de la misma.

Es necesario que coloquemos en modo edición la capa vectorial donde está contenida la red de drenaje de nuestra cuenca; posteriormente procedemos a seleccionar las corrientes subyacentes al cauce principal.

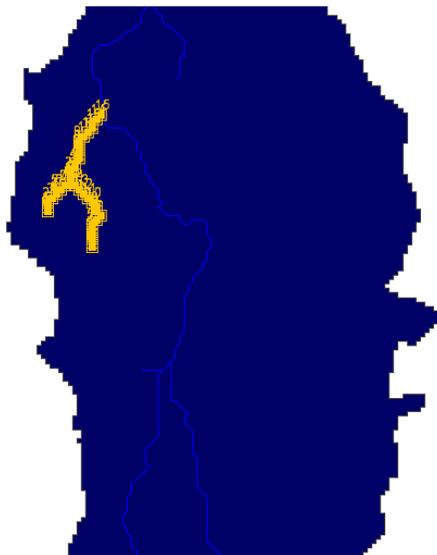


Imagen 5.23 Determinación cauce más largo

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 5.24 Cause más largo

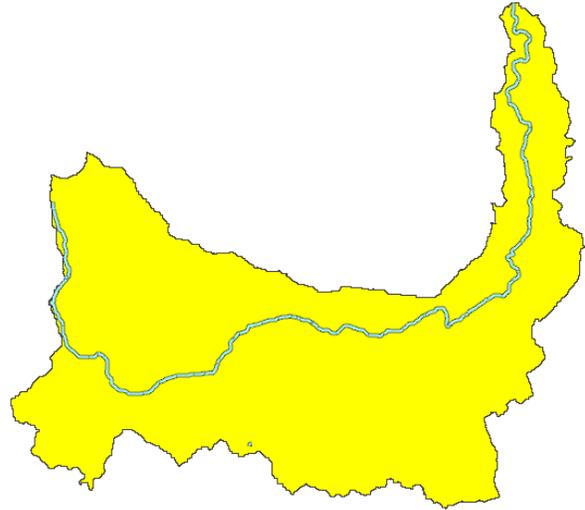


Tabla de atributos: Cause mas largo	
	PERIMETER
1	29.679,461

Imagen 5.25 Tabla de atributos del cause más largo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

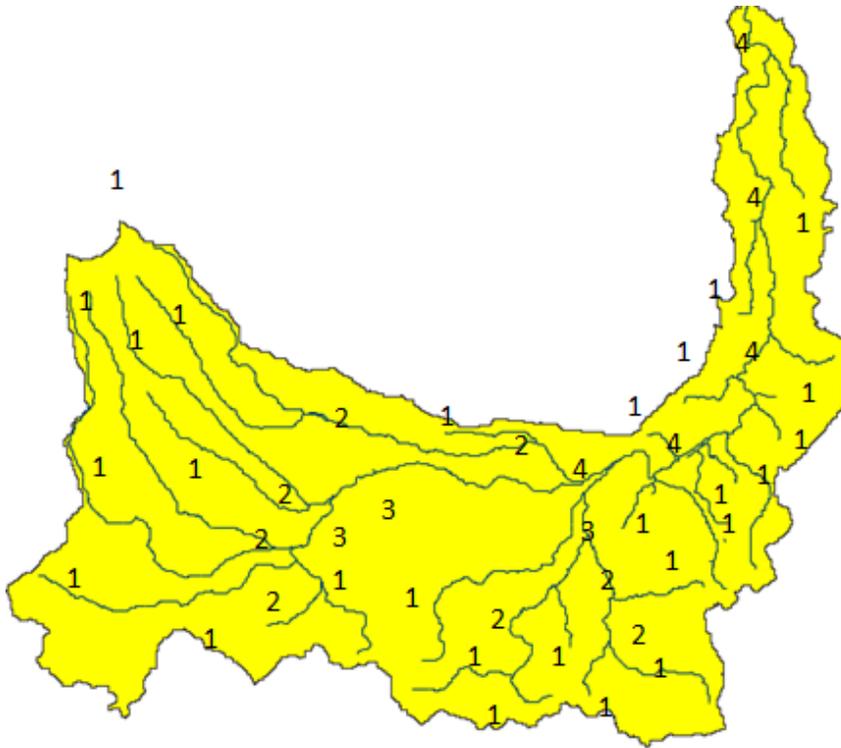


Imagen 5.26 Cuenca de orden 4

ORDEN DE LA CUENCA	No. DE CORRIENTES
1	28
2	7
3	3
4	5
TOTAL	43

Tabla 5.2Numero de orden de la cuenca.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Densidad de corriente (Ds): Este índice se determina contando el número de corrientes intermitentes de nuestra cuenca y dividiendo entre el área de la misma, por lo tanto la densidad de corriente es:

$$D_S = \frac{N_S}{A} = \frac{43 \text{ corrientes}}{105.51 \text{ Km}^2} = \quad D_S = 0.40754 \frac{\text{corrientes}}{\text{Km}^2}$$

$$\triangleright D_S = 0.4075 \frac{\text{corrientes}}{\text{Km}^2}$$

Densidad de drenaje (Dd): Se define como la suma de la longitud de todas las corrientes por unidad de área.

En la tabla siguiente se muestran los ríos y quebradas con su nombre y respectivas longitudes de corriente.

Para determinar la longitud total de los ríos de nuestra cuenca aremos uso de la tabla de atributo de nuestra capa vectorial, ahí nos presenta la distancia de cada una de las corrientes tributarias; haciendo una suma de los valores de longitudes determinamos la longitud total de los ríos de nuestra cuenca.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tabla de atributos: intrseccion line

	ID	Longitud	Orden	Siguiente	ID_1	Área aguas
1	2.845	100,000	1	619	1	1,000
2	2.842	787,132	1	2.044	1	1,000
3	2.841	1.257,107	1	2.021	1	1,000
4	2.840	584,619	1	2.025	1	1,000
5	2.834	235,355	1	681	1	1,000
6	2.832	210,355	1	667	1	1,000
7	2.819	135,355	1	685	1	1,000
8	2.811	2.325,305	1	2.070	1	1,000
9	2.788	416,421	1	2.058	1	1,000
10	2.784	840,685	2	2.026	1	1,000
11	2.769	747,487	2	2.045	1	1,000
12	2.759	3.833,452	2	2.022	1	1,000
13	2.755	568,198	2	2.059	1	1,000
14	2.723	1.013,909	2	2.060	1	1,000
15	2.699	2.077,082	2	2.046	1	1,000
16	2.687	50,000	1	2.026	1	1,000
17	2.678	337,132	2	2.027	1	1,000
18	2.633	1.519,239	1	2.049	1	1,000
19	2.628	3.856,676	2	2.061	1	1,000
20	2.624	532,843	2	2.028	1	1,000
21	2.622	110,355	1	2.070	1	1,000
22	2.613	1.727,082	2	2.071	1	1,000
23	2.552	185,355	2	2.029	1	1,000
24	2.541	724,264	1	2.005	1	1,000
25	2.524	1.721,751	1	2.216	1	1,000
26	2.523	946,751	2	2.030	1	1,000

1 / 242 Total registros seleccionados.

Imagen 5.27 Tabla de atributos de corrientes tributarias.

Al exportar la tabla de imagen anterior a una hoja de cálculo y hacer el proceso de suma de la columna longitud se determinará la longitud total de las corrientes perennes y no perennes.

El total es de **137.19 Km.**

$$Dd = \frac{L_s}{A}$$

$$Dd = \frac{137.19}{105.51}$$

$$Dd = 1.30002 \text{ rios/ Km}^2$$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

➤ $Dd = 1.30 \text{ rios/ Km}^2$

CARACTERISTICAS DE COMPARACION

5.1.2 Pendiente del Cauce Principal (Pm)

Método A: $P_m = \frac{H}{L} * 100\%$

Elevación máxima=1850 m.s.n.m.

Elevación mínima=400 m.s.n.m.

H= Elevación máxima-Elevación mínima

$$P_m = \frac{1850-400}{29.679} * 100\%$$

$$P_m = 48.85 \text{ m/Km}$$

➤ $P_m = 0.48 \text{ m/m}$

Método B: $P_m = \frac{H}{L} * 100\%$

$$P_m = \frac{1.400-0.700\text{km}}{29.679\text{Km}} * 100\%$$

$$P_m = 2.3585 \%$$

➤ $P_m = 2.36 \%$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

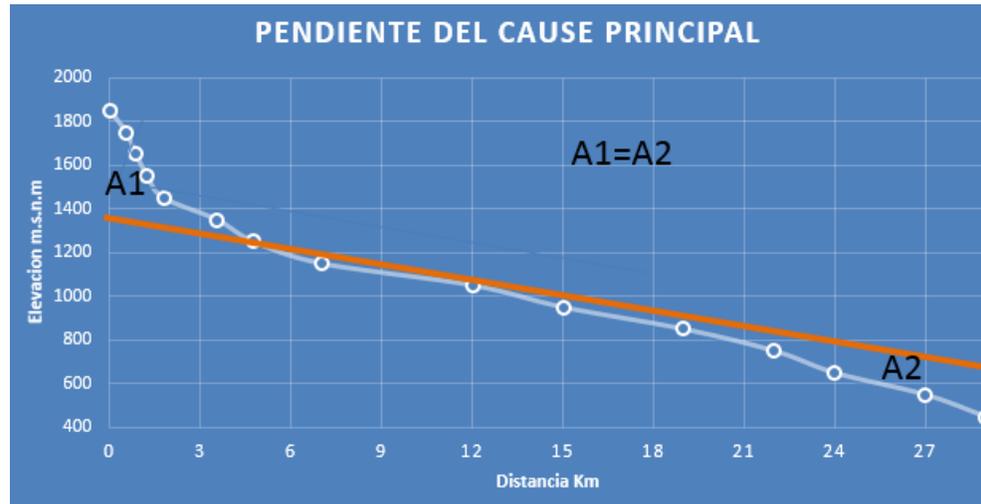


Grafico 5.1 Pendiente media de la cuenca

5.3.2 Elevación media de la cuenca

A continuación veremos la forma de obtener la elevación media de la cuenca, determinaremos las áreas que hay entre las curvas de nivel, como la capa que primero convertiremos las líneas a polilíneas y de esa manera el programa podrá determinar el área entre curvas de nivel; pasaremos de una capa de líneas a una capa de polígono, anteriormente explicado; para esto debemos hacer uso de un grupo de herramientas nuevas hasta este momento.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Para conocer el área entre las curvas de nivel debemos hacer lo siguiente, en la figura 5.18 observamos que tenemos la capa la cuenca (Polígono), la capa de curvas de nivel a cada 100m (Líneas), de forma separada y es preciso unir estas capas en una sola, por lo tanto transformamos la capa de polígono (Capa de cuenca) en una capa de polilínea, de la siguiente forma:

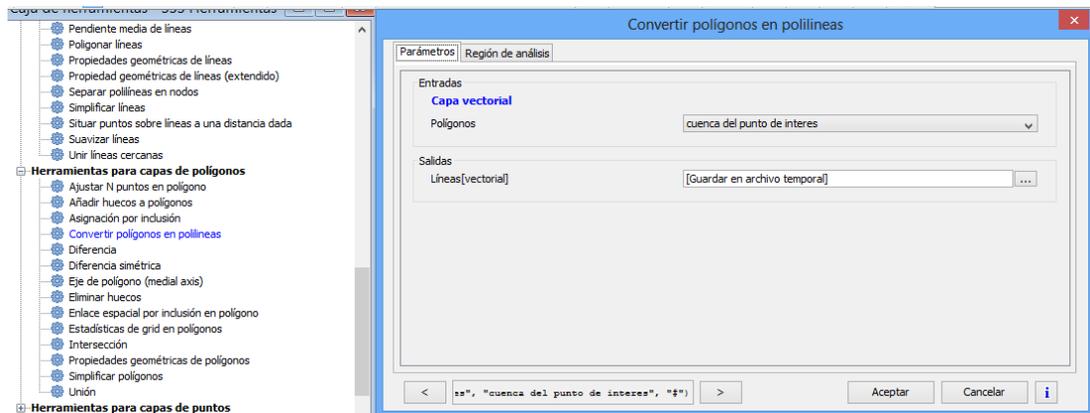


Imagen 5.28 Convertir polígonos en polilíneas

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 5.29 Perímetro de la cuenca

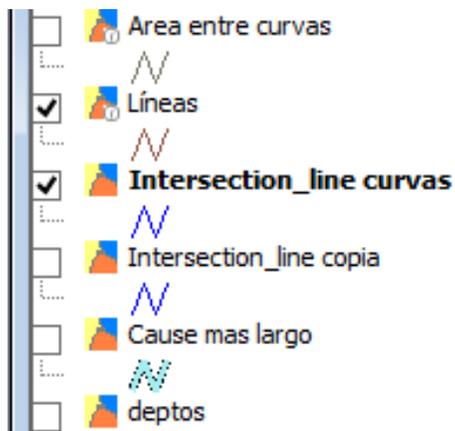


Imagen 5.30 Selección de capas de interés

En este preciso momento tenemos las capas de que nos interesan de forma separada y lo que nos interesa para realizar los geoprocenos es tener estas dos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

capas juntas, para lograr lo anteriormente dicho debemos seguir la siguiente rutina.

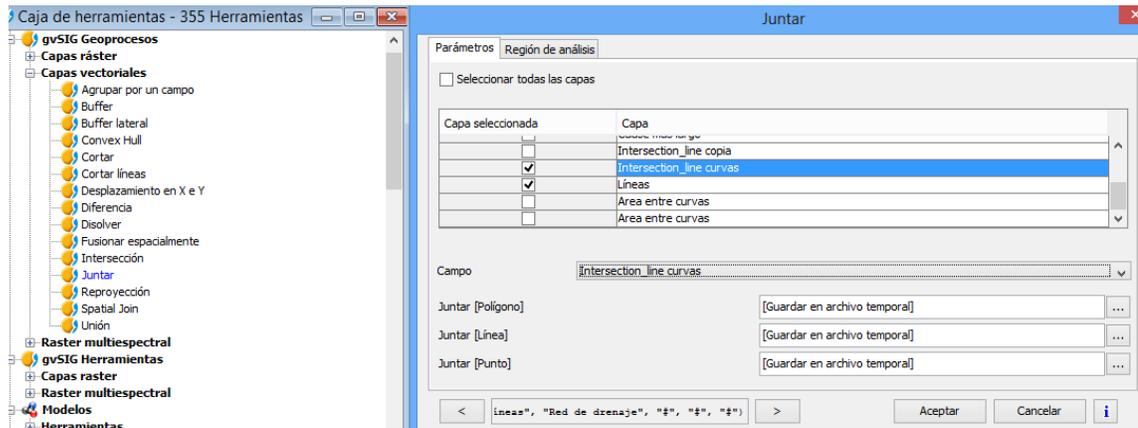


Imagen 5.31 Juntar capas vectoriales

En la siguiente imagen veremos que efectivamente tenemos las dos capas de líneas en una sola capa vectorial.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 5.32 Área entre curvas de nivel

El objetivo final de todo este proceso es determinar el área existente entre las curvas de nivel para poder determinar la elevación media de la cuenca, entonces la capa que anteriormente hemos creado es una capa tipo línea, por lo tanto, no podemos determinar el área existente entre las curvas de nivel, el siguiente paso será convertir esta capa de líneas a polígonos, la herramienta **Poligonar líneas**, nos permite convertir las líneas en polígonos, y de esta manera poder conocer el área existente entre las curvas de nivel.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

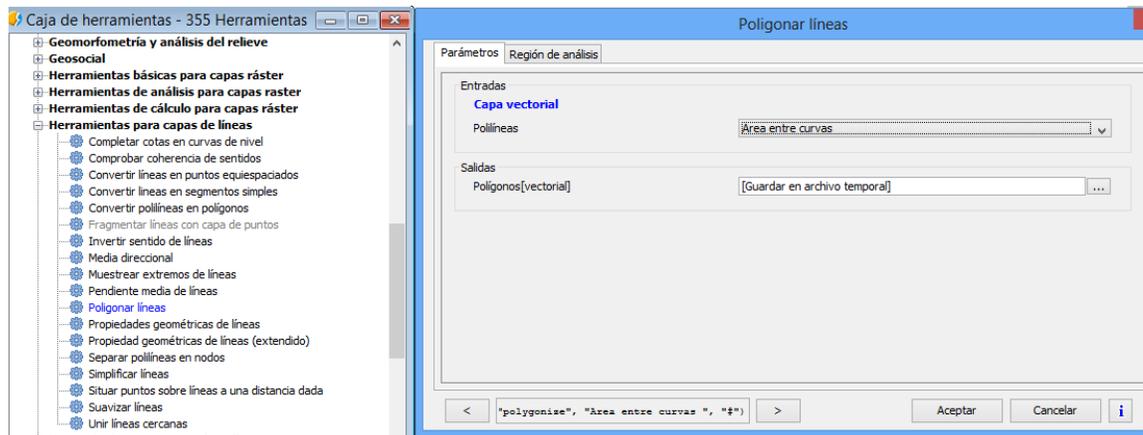


Imagen 5.33 Poligonal líneas

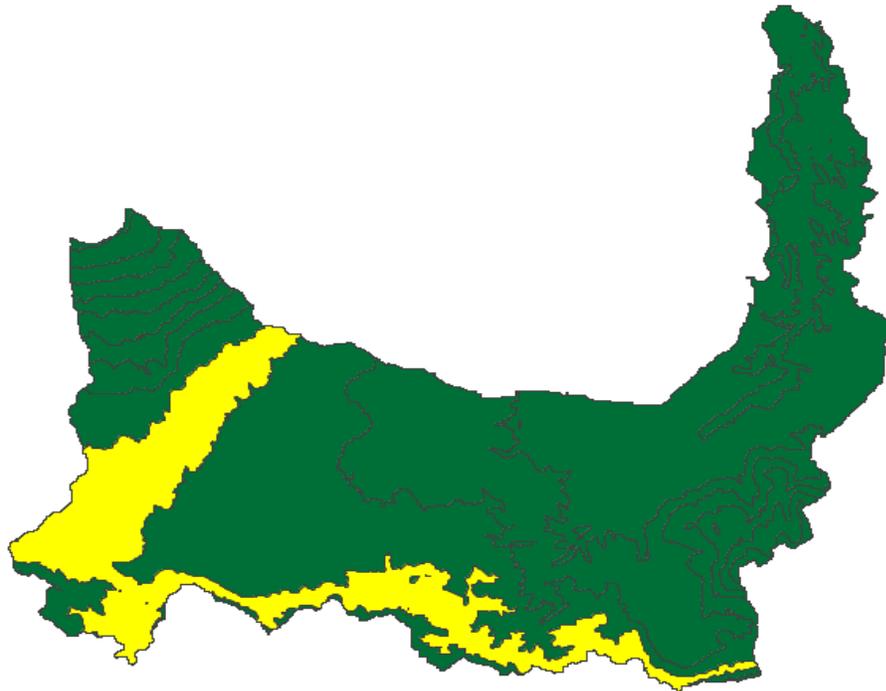


Imagen 5.34 Determinar área entre curvas de nivel a cada 100 m

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tabla de atributos: area entre curvas completo - 1

	ID	AREA
1	1	1.006.599...
2	3	1.048.661...
3	4	17.897.95...
4	5	25.534.72...
5	6	17.028.41...
6	8	79.426,172
7	9	19.658.48...
8	11	197.093,679
9	12	1.155.755...
10	14	1.578.290...
11	15	7.092.224...
12	16	1.219.793...
13	17	909.822,891
14	18	1.918.288...
15	19	2.937.566...
16	20	1.234.033...
17	21	925.806,672
18	22	883.836,444
19	26	1.622.995...
20	27	1.226.251...
21	35	182.665,007
22	39	90.212,172
23	47	63.671,875

Imagen 5.35 Tabla de atributos

Una vez teniendo las áreas entre las curvas de nivel, procedemos a exportar la tabla de atributos a **microsoft excell**.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

	ID	AREA
1	1	1.006.599...
2	3	1.048.661...
3	4	17.897.95...
4	5	25.534.72...
5	6	17.028.41...
6	8	79.426,172
7	9	19.658.48...
8	11	197.093,679
9	12	1.155.755...
10	14	1.578.290...
11	15	7.092.224...
12	16	1.219.793...
13	17	909.822,891
14	18	1.918.288...
15	19	2.937.566...
16	20	1.234.033...
17	21	925.806,672
18	22	883.836,444
19	26	1.622.995...
20	27	1.226.251...
21	35	182.665,007
22	39	90.212,172
23	47	63.671,875

Imagen 5.36 Selección de todos los parámetros de la tabla

Una vez seleccionada todos los parámetros de nuestra tabla de atributos presionamos el comando **Ctrl+c**, Abrimos una nueva hoja de cálculo y pegamos.

	ID	Area
2	0	625
3	1	312.5
4	2	1563603
5	3	312.5
6	4	1.70E+07
7	5	625
8	6	312.5
9	7	1250
10	8	41530.33
11	9	468.75
12	10	909510.4
13	11	925806.7
14	12	625
15	13	1.96E+07
16	14	949049.8
17	15	351.5625
18	16	234.375
19	17	1.77E+07
20	18	1006600
21	19	1622683
22	20	1212997
23	21	78.125

Imagen 5.37 Información en microsoft excel

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En estos momentos procederemos a realizar los cálculos para determinar la elevación media de la cuenca.

COTA MEDIA	AREA KM 2	AREA ENTRE CURVAS %	AREA ACUMULADA
1850	0.154	0.15%	0.15%
1750	0.938	0.89%	1.03%
1650	0.910	0.86%	1.90%
1550	1.049	0.99%	2.89%
1450	1.007	0.95%	3.84%
1350	1.226	1.16%	5.01%
1250	1.234	1.17%	6.18%
1150	1.820	1.73%	7.90%
1050	6.459	6.12%	14.02%
950	19.476	18.46%	32.48%
850	25.535	24.20%	56.69%
750	17.028	16.14%	72.83%
650	19.658	18.63%	91.46%
550	7.092	6.72%	98.18%
450	1.918	1.82%	100.00%
	105.504	100.00%	

Tabla 5.2 Tabla de curva hipsométrica.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

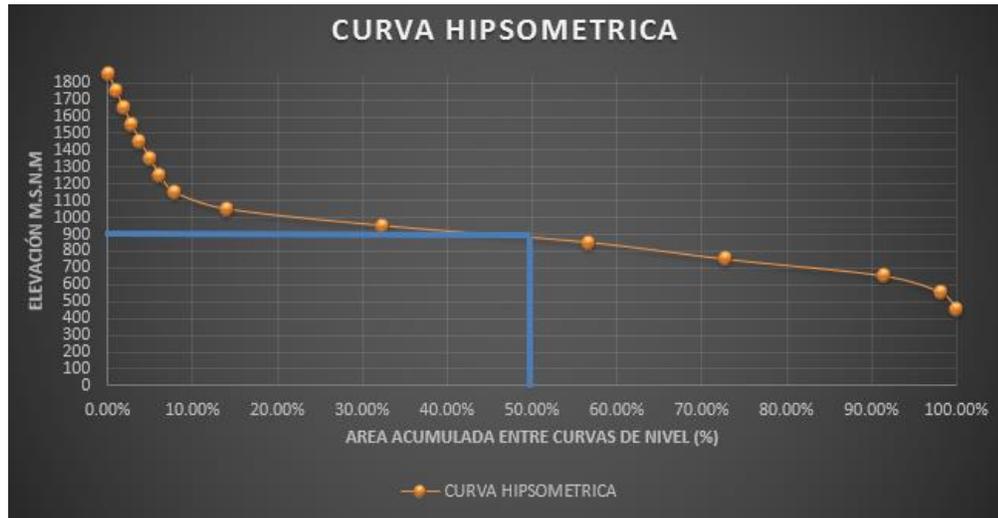


Grafico 5.2 Curva hipsométrica

En la curva hipsométrica se puede apreciar que la elevación que corresponde al 50 % del área acumulada de nuestra cuenca es de 900 metros sobre el nivel del mar.

PENDIENE MEDIA DE LA CUENCA.

Para poder determinar la pendiente media de la cuenca es necesario determinar la longitud de las curvas de nivel esto lo hacemos con la capa que creamos para delimitar las mismas en nuestra cuenca.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



Imagen 5.38 Curvas de nivel de la cuenca

Elevacion	Longitud
500	10185.7127
600	34659.6464
700	22660.6429
800	37267.6451
900	47036.6312
1000	27166.3207
1100	7009.94567
1200	5110.77876
1300	4291.93535

$$Sm = \frac{DL}{A} = \frac{0.1 * 210.842}{105.504} * 100$$

$$Sm = 19.98\%$$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

1400	3787.78469
1500	3509.31491
1600	3438.2109
1700	2771.99644
1800	1946.26136
Total	210842.827

Tabla 5.3 Longitud de curvas de nivel

FORMAS DE LA CUENCA (INDICES MATEMATICOS)

Índice de Gravelius o coeficiente de Compacidad (K_c): como anteriormente se definió este índice relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo que tenga la misma área de la cuenca.

$$K_c = \frac{0.28P}{\sqrt{A}} = \frac{0.28 \times 94.700}{\sqrt{105.504}}, \quad K_c = 2.5815 \frac{Km (rio)}{Km^2}$$

➤ $K_c = 2.58 \frac{Km (rio)}{Km^2}$

Factor de forma (K_t): parámetro que relaciona el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. $L_x = Km$

$$K_t = \frac{A}{Lx^2} = \frac{105.504}{20.356^2}, \quad K_t = 0.2546$$

➤ $K_t = 0.25$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El ancho medio de la cuenca (B) se define como el área de la cuenca dividida entre la longitud axial de la misma:

$$B = \frac{A}{L_x} = \frac{105.504}{20.356} \qquad \qquad \qquad \mathbf{B = 5.18 \text{ km.}}$$

Relación de circularidad (Rci): es el que relaciona el área de la cuenca y la de un círculo cuya circunferencia equivale al perímetro de la misma:

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2} = \frac{4\pi(105.504)}{94.700^2}, \quad R_{ci} = 0.1478$$

➤ $\mathbf{R_{ci} = 0.148}$

Relación de elongación (Re): $L = 29.679 \text{ Km}$ (cause mas largo)

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{A}}{L}$$

$$R_e = 1.128 \frac{\sqrt{105.504}}{29.679 \text{ Km}}$$

$$R_e = 0.390$$

➤ $\mathbf{R_e = 0.39}$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Rectángulo equivalente

$$l = \frac{K_C \sqrt{A}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_C^2}} \right]$$

$$l = \frac{2.58 \sqrt{105.504}}{1.12} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{2.58^2}} \right]$$

$$l = 2.3457$$

➤ **$l = 2.082 \text{ Km}$**

$$L = \frac{K_C \sqrt{105.504}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K_C^2}} \right]$$

$$L = \frac{2.58 \sqrt{105.504}}{1.12} \left[1 + \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{2.58^2}} \right]$$

$$L = 44.9765$$

➤ **$L = 44.977 \text{ Km}$**

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

El rectángulo equivalente a el área de nuestra cuenca, tendrá un largo de 44.9765 Km y un ancho de 2.3457 Km. En su interior, se formaran rectángulos con el mismo ancho pero con largos diferentes. La longitud de cada uno de ellos se obtiene de dividir el área **A** entre curvas entre el ancho ℓ .

$$L_i = \frac{A_i}{\ell}$$

Asi por ejemplo, la longitud entre la 500-600:

$$L_{200-300} = \frac{A_{500-600}}{2.3457}$$

$$L_{200-300} = \frac{19.658}{2.3457}$$

$$L_{200-300} = 8.380 \text{ Km}$$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

ℓ	Area entre curvas (km2)	$\ell(i)$
2.38	0.154	0.06465716
2.38	0.938	0.39395314
2.38	0.910	0.38227853
2.38	1.049	0.44061406
2.38	1.007	0.42294101
2.38	1.226	0.5152317
2.38	1.234	0.51850153
2.38	1.820	0.76474341
2.38	6.459	2.71388363
2.38	19.476	8.1832983
2.38	25.535	10.7288748
2.38	17.028	7.15479488
2.38	19.658	8.25986743
2.38	7.092	2.97992608
2.38	1.918	0.80600372
Total=	105.504	44.330

Tabla 5.4 Rectángulo equivalente

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

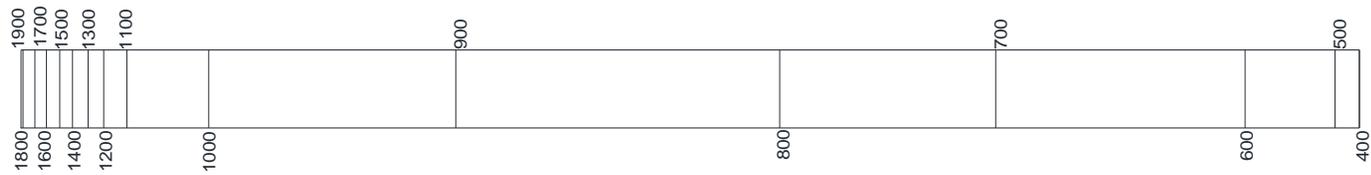


Imagen 5.39 Rectángulo equivalente de nuestra cuenca

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Pendiente de áreas geológicas

Para la realización de un estudio hidrológico básico bebemos conocer la pendiente que poseen las áreas geológicas que comprende nuestra cuenca de interés; así, que el siguiente paso es determinar la pendiente media de dichas áreas.

Primeramente lo que debemos hacer es colocar en una vista nuestra cuenca de interés y nuestra capa shape de MODELO DE ELEVACION DIGITAL.

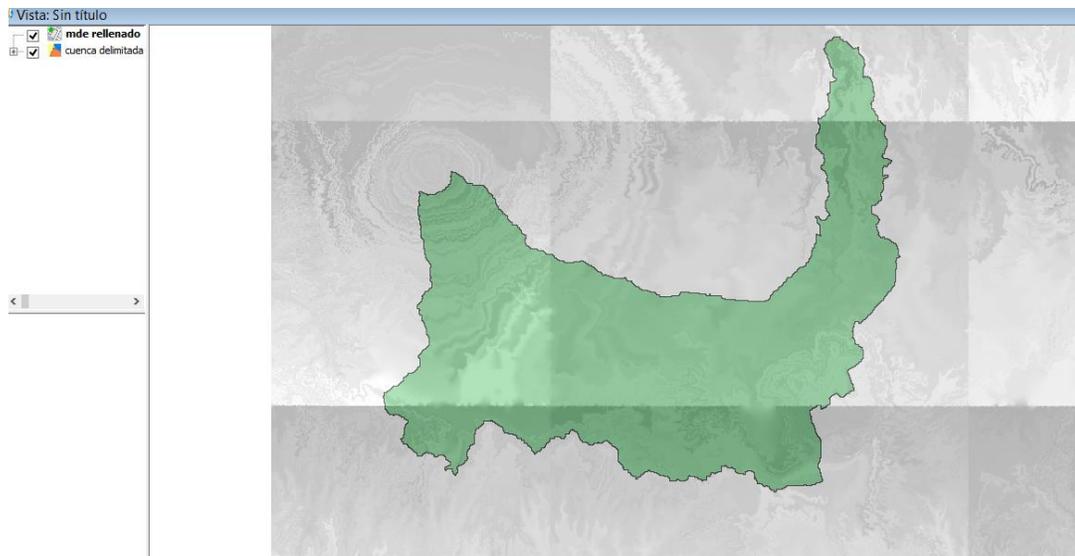


Imagen 5.40 Cuenca hidrológica y modelo digital de elevaciones

La imagen anterior tenemos la cuenca delimitada y la capa raster del modelo de elevación, aumentamos la transparencia de la capa para poder visualizar la capa de la cuenca delimitada.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Luego procedemos a cargar la capa del mapa geológico de El Salvador (proporcionado por el docente director), y hacemos la intersección con la capa de nuestra cuenca delimitada.

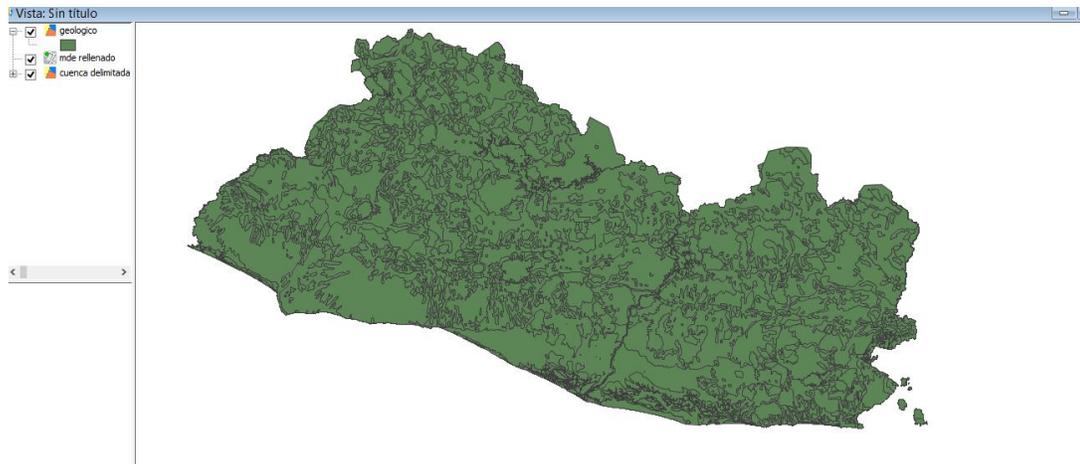


Imagen 5.41 Mapa geológico de El Salvador

Lo que nos interesa es poder observar la geología únicamente de nuestra región de análisis. Como tenemos dos capas vectoriales poder realizar el geoproceto de intersección.



Imagen 5.42 Geología de nuestra cuenca

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

	AREA	PERIMETER	GEOLOGIA	DESCRIPCIO	FORMACION	GEOPRINC	GEOVAZQ	GEOVCIM
1	660.690.9...	723.044,438	c1	piroclastitas a...	Cuscatlón	c1	c1	5
2	77.957.98...	107.737,641	s2	efusivas ande...	San_Salvador	s2	s2	18
3	49.108.42...	127.768,133	s3	piroclastitas a...	San_Salvador	s3	s3	17
4	122.041.6...	184.364,313	s4	piroclastitas a...	San_Salvador	s4	s3	17
5	70.227.93...	143.432,375	s3	piroclastitas a...	San_Salvador	s3	s3	17
6	2.019.955...	6.433,839	b3	efusivas ande...	Bólsamo	b3	b3	4
7	8.886.132...	11.230,556	s5	efusivas basal...	San_Salvador	s5	s5	19
8	3.908.381...	8.233,521	c2	efusivas acida...	Cuscatlón	c2	c2	6
9	782.595,438	3.565,158	c2	efusivas acida...	Cuscatlón	c2	c2	6
10	13.828.37...	36.504,180	s3	piroclastitas a...	San_Salvador	s3	s3	17
11	605.160,125	3.643,084	s5	efusivas basal...	San_Salvador	s5	s5	19
12	817.061,313	3.718,578	s2	efusivas ande...	San_Salvador	s2	s2	18
13	3.893.077...	8.618,862	s2	efusivas ande...	San_Salvador	s2	s2	18
14	491.922,406	2.828,104	s4	piroclastitas a...	San_Salvador	s4	s3	17
15	10.889.03...	12.113,886	b3	efusivas ande...	Bólsamo	b3	b3	4
16	5.113.503...	12.461,233	b3	efusivas ande...	Bólsamo	b3	b3	4
17	1.953.997...	5.116,349	s5	efusivas basal...	San_Salvador	s5	s5	19
18	1.329.805...	4.809,315	b1	epiclastitas vo...	Bólsamo	b1	b1	2
19	614.228,625	3.151,225	b1	epiclastitas vo...	Bólsamo	b1	b1	2
20	6.274.923...	17.002,449	b3	efusivas ande...	Bólsamo	b3	b3	4
21	34.655.26...	68.022,820	c1	piroclastitas a...	Cuscatlón	c1	c1	5
22	4.911.000...	12.968,367	b1	epiclastitas vo...	Bólsamo	b1	b1	2
23	3.923.109...	12.317,171	c1	piroclastitas a...	Cuscatlón	c1	c1	5
24	241.257,656	2.342,670	b3	efusivas ande...	Bólsamo	b3	b3	4
25	1.341.477...	4.330,910	s3	piroclastitas a...	San_Salvador	s3	s3	17

Tabla 5.5 Información geológica de nuestra cuenca de interés

En la tabla anterior observamos la tabla de atributos de la capa vectorial de la geología de la cuenca delimitada. Luego creamos un shape de líneas a las cuales con unas herramientas de sextante determinaremos la pendiente de las mismas.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

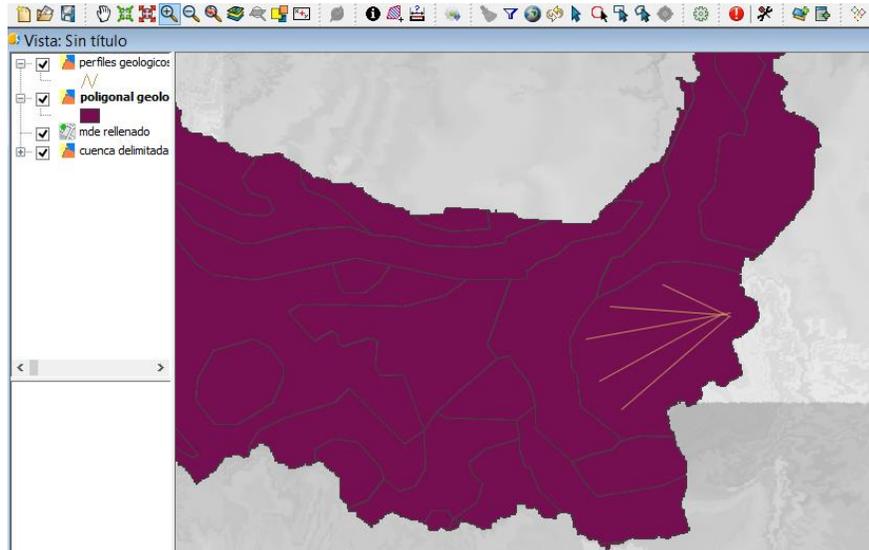


Imagen 5.43 Perfiles geológicos

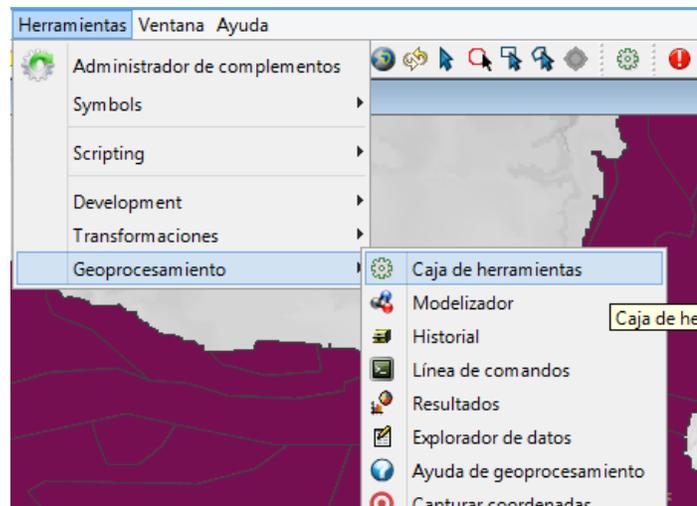


Imagen 5.44 Caja de herramientas

Para poder determinar la pendiente de las líneas generadas es fundamental usar una herramienta de SEXTANTE.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

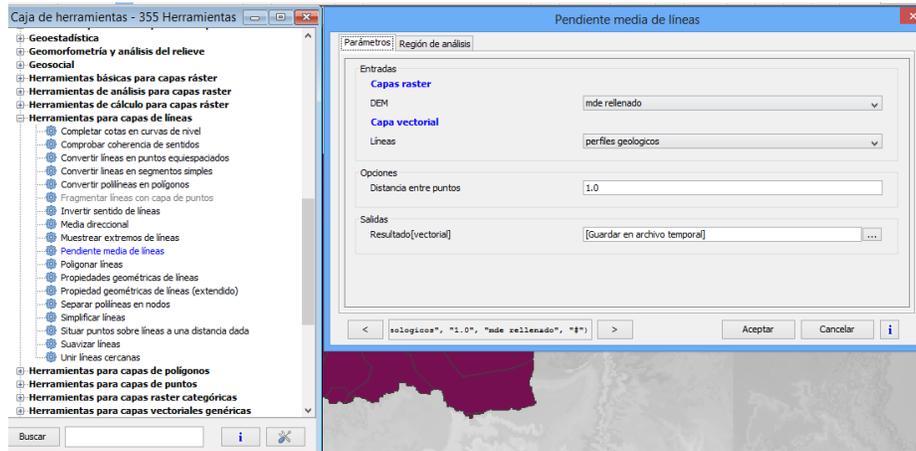


Imagen 5.45 Pendiente media de líneas

	Pendiente	Max Pendie
1	2,099	8,109
2	1,708	9,246
3	2,081	8,760
4	1,983	7,666
5	1,829	22,216

Imagen 5.46 Tabla de atributos de los perfiles geológicos

De esta manera podemos determinar la pendiente de las diferentes áreas que son de interés en nuestro estudio.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

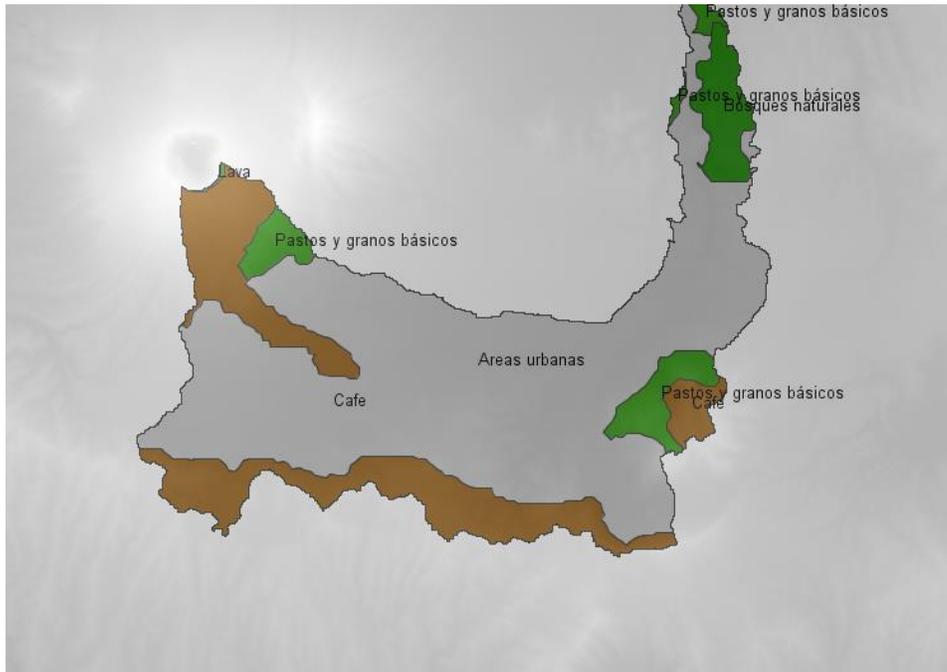


Imagen 5.47 Uso de suelos de la cuenca en interés

En la imagen anterior se muestra la cuenca con el uso de suelo; la parte rellena de gris pertenece a la zona urbana.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

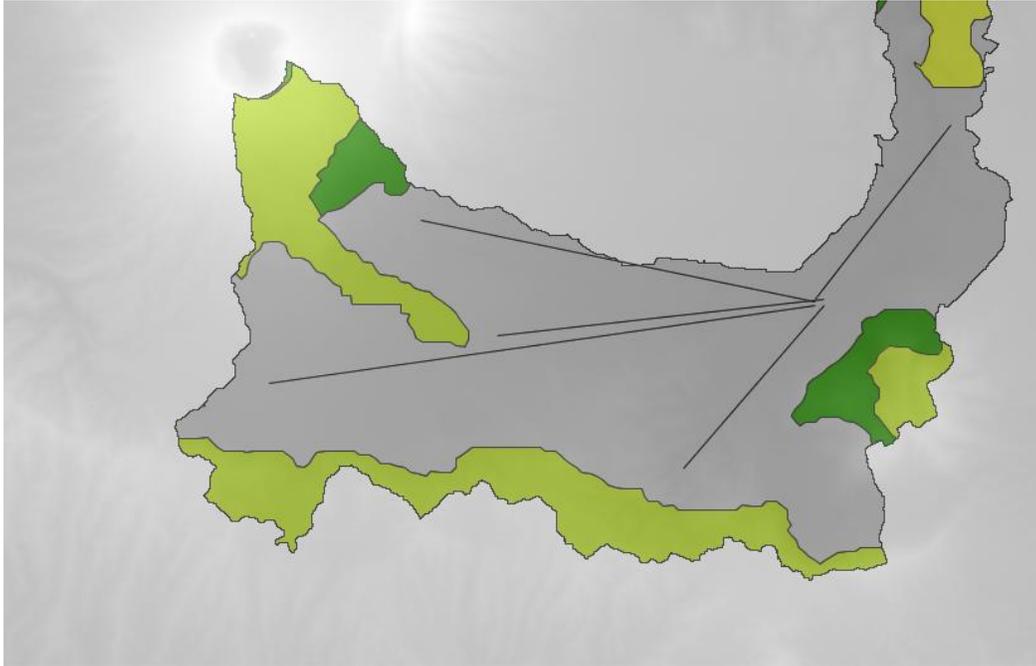


Imagen 5.48 Pendiente media de la zona urbana.

Dats generales se presentan en la siguiente tabla:

<i>Perfil</i>	<i>Combinación</i>	<i>Pendiente%</i>	<i>Area km</i>	<i>coeficiente</i>	<i>coeficiente de escorrentía</i>
<i>P1_1</i>	<i>SEM-3</i>	8	22	0.38	8.36
<i>P1_2</i>		9			
<i>P1_3</i>		9			
<i>P1_4</i>		8			
<i>P1_5</i>		22			
Promedio		11			
<i>P2_1</i>	<i>IMP-1</i>	6.8	56.7	0.65	36.855
<i>P2_2</i>		12.5			
<i>P2_3</i>		9.8			
<i>P2_4</i>		8.9			
<i>P2_5</i>		2.0			
Promedio		8.0			
<i>P3_1</i>	<i>PER--1</i>	3	17	0.32	5.44
<i>P3_2</i>		22			

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

P3_3		18			
P3_4		8			
P3_5		7			
Promedio		12			
P4_1	PER-4	4	4	0.12	0.48
P4_2		3			
P4_3		4			
P4_4		4			
P4_5		1			
Promedio		3			
P5_1	PERM-4	1	2	0.1	0.2
Promedio		1			
P6_1	SEM-4	3	2	0.13	0.26
Promedio		3			
P7_1	PER-3	4	1	0.1	0.1
Promedio		4			
Area de la cuenca			105		51.695

Tabla 5.6 Información general de coeficientes de la cuenca

Nota: para ver los resultados de los coeficientes de escorrentía ver (Anexos)

Con la pendiente de nuestros polígonos vamos al nomograma de Ven-T Choi y leemos el coeficiente de escorrentía que representa a esa zona específica.

$$\text{coeficiente de escorrentia ponderado} = \frac{\Sigma CA}{A_{TC}} = \frac{51.6955}{105.5}$$

Coficiente de escorrentia ponderado= 0.49

ECUACION RACIONAL

La fórmula racional es posiblemente el modelo más antiguo de la relación lluvia-escorrentamiento, su origen se remonta entre 1851 y 1889. Este modelo toma en cuenta, además del área de la cuenca, la altura o intensidad de la precipitación y hoy en día todavía es muy utilizado particularmente en el drenaje urbano.

Supóngase que en una cuenca impermeable se hace caer uniformemente una lluvia de intensidad constante durante un largo tiempo, al principio el caudal que sale de la cuenca será creciente con el tiempo pero llegara un momento en que se alcance un punto de equilibrio, es decir que el volumen que entra por unidad de tiempo por la lluvia sea el mismo que el caudal de salida de la cuenca.

Esta fórmula establece una relación entre el caudal en función del área de la cuenca y la intensidad de lluvia, a pesar de ser fórmula, se considera como un método, dado que por su estructura es aplicable en condiciones climatológicas propias del lugar estudiado.

La fórmula racional está basada en ciertas hipótesis; estas son:

- El escurrimiento resultante de cualquier intensidad de lluvia es un máximo cuando esa intensidad de lluvia dura, al menos, tanto como el tiempo de concentración.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- El escurrimiento resultante de una intensidad de lluvia, con duración igual o mayor que el tiempo de concentración, es una fracción de la precipitación.
- La frecuencia de la máxima descarga es la misma que la de la intensidad de lluvia para el tiempo de concentración dado.
- La relación entre la máxima descarga y tamaño del área de drenaje, corresponde al caudal unitario, el mismo permite obtener el caudal en cualquier punto dentro de la cuenca evaluada.
- El coeficiente de escorrentía es diferente para lluvias de diferentes frecuencias de una cuenca.
- No considera el efecto de almacenamiento en la cuenca.

La ecuación expresa que la descarga es igual a un porcentaje de la precipitación multiplicado por el área de la cuenca. La duración mínima de lluvia seleccionada deberá ser el tiempo de concentración en minutos, necesario para que una gota de agua llegue al punto de interés desde el punto más alejado del cauce principal. Su formulación es la siguiente:

$$Q = 16.67 CIA$$

Donde:

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Q = Caudal máximo instantáneo (m³/s)

C = Coeficiente de Escorrentia (adimensional)

I = Intensidad de la lluvia (mm/min)

A = Area de la Cuenca (Km²)

Para efectos de cálculos tomaremos el valor de intensidad de lluvia 1.13 mm/min con el fin de demostrar los pasos siguientes del estudio hidrológico.

Los valores de elevaciones se determinaron con la ayuda del programa gvsig 250 metros aguas arriba y 250 aguas abajo del punto de interés.

Elev max= 465 m.s.n

Eleva min=432 m.s.n

$$S = \frac{449 \text{ m} - 435 \text{ m}}{500 \text{ m}} = 0.028$$

Por lo tanto tenemos lo siguiente:

<i>K</i>	<i>C</i>	<i>I mm/min</i>	<i>A km²</i>	<i>S</i>	<i>%</i>
16.67	0.49	1.13	105.05	0.028	

$$Q = 16.67 CIA$$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

$$Q = 16.67 * 0.49 * 1.13 * 105.5$$

$$Q = 973.78 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Caudal de diseño:

$$Q_d = 1.5Q$$

$$Q_d = 1.5 * 973.78 \text{ m}^3/\text{seg}$$

$$Q_d = 1,460.67 \text{ m}^3/\text{seg}$$

El coeficiente que se emplea en el caudal de diseño es un valor definido por el conocimiento de cada uno de los diseñadores; con el objetivo de establecer un valor de seguridad en sus cálculos.

Cálculos hidráulicos:

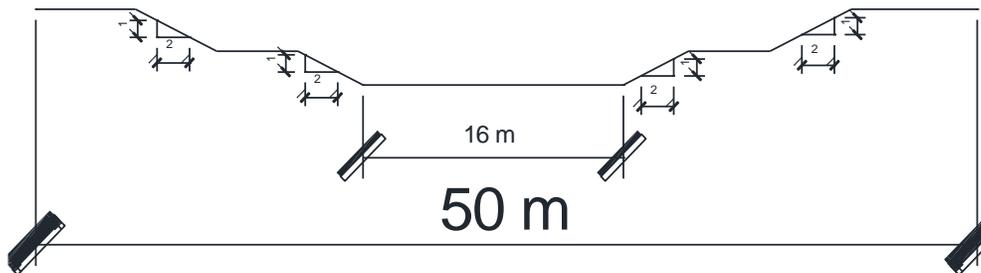
Para poder aplicar la fórmula de Manning ($Q = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} S^{0.5} A_h}{n}$) y calcular el caudal para tirantes de 25 cm (primer iteración) se necesita conocer el coeficiente de rugosidad. Para esto se presenta la siguiente tabla.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

D-I = CORRIENTES MENORES			
(Ancho superficial en nivel de creciente < 100 pies)			
1- Corrientes en planicies			
• Limpias, rectas, sin montículos ni pozos profundos	0.025	0.030	0.033
• Igual a anterior pero con mas piedras y malezas	0.030	0.035	0.040
• Limpios, serpenteantes, algunos pozos y bancos de arena	0.033	0.040	0.045
• Igual a anterior pero con algunos matorrales y piedras	0.035	0.045	0.050
• Igual a anterior, niveles bajos, pendientes mas ineficientes	0.040	0.048	0.055
• Tramos lentos, con malezas y pozos profundos	0.050	0.070	0.080
• Tramos con mucha maleza o canales con muchos árboles con matorrales bajos	0.075	0.100	0.150

Tabla 5.7 valores del n de Manning(Tabla tomada de la separata canales de la asignatura de hidráulica)

Luego de encontrar los valores de rugosidad en tablas, procedemos con la sección transversal. Suponemos un fondo (b), de 16m y una profundidad de 4 m. La relación H: V, será de 2:1, ya que en la parte más baja correspondiente a la parte superior de la cuenca (de acuerdo a los puntos cardinales) se tiene suelos permeables por lo que hemos tomado el valor antes mencionados.



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Imagen 5.49 Sección transversal del rio en el punto de interés

SECCION	AREA HIDRAULICA (A)	PERIMETRO MOJADO (P _m)	RADIO HIDRAULICO (R _n)
	$(b + zy) y$	$b + 2y\sqrt{1 + z^2}$	$\frac{(b + zy) y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$

Tabla 5.8 Ecuaciones hidráulicas (Tabla tomada de la separata canales de la asignatura de hidráulica)

MATERIALES	PENDIENTE LATERAL
Roca	Casi vertical
Suelos de turba	0.25:1
Arcilla dura o tierra con protección de concreto	0.5:1 a 1:1
Tierra con protección rocosa	1:1
Arcilla firme	1.5:1
Tierra arenosa suelta	2:1
Arcilla porosa	3:1

Tabla 5.9 Materiales de respectiva pendiente en laderas (Tabla tomada de la separata canales de la asignatura de hidráulica)

Para determinar el tirante se realizaran una serie de cálculos hidráulicos utilizando las ecuaciones hidráulicas de la tabla 5.6, el tirante que genere un caudal aproximado al caudal de diseño; será el nivel de aguas máximas.

Primera prueba Y=0.25 m.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Calculo de elementos Geométricos:

$$A_h = (b + zy)y = (16 + 0.25 * 2)0.25 = 4.125 \text{ m}^2$$

$$P_m = b + 2y\sqrt{1 + z^2} = 16 + 2 * 0.25\sqrt{1 + (2)^2} = 17.118 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{A_h}{P_m} = \frac{4.125}{17.118} = 0.2409 \text{ m}$$

$$Q = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} S^{0.5} A_h}{n} = \frac{(0.2409)^{\frac{2}{3}} (0.028)^{0.5} (4.125)}{0.05} = 8.3447 \text{ m}^3/\text{s}$$

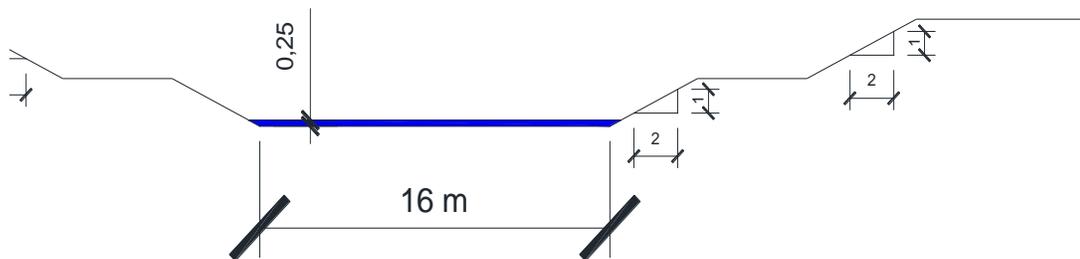


Imagen 5.49 Primera iteración Y=0.25m

Segunda iteración Y=2.25m:

D=24.94427 m (Perímetro mojado de la sección anterior)

F= 24 m

$$A_h = (b + zy)y + 0 = (32 + 2.25 * 2)2.25 + 40 = 122.125 \text{ m}^2$$

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

$$P_m = b + 2y\sqrt{1 + z^2} + D - F = 32 + 2 * 2.25 * (\sqrt{1 + 2^2}) + 24.94 - 24 = 43.00 \text{ m}$$

$$R_h = \frac{A_h}{P_m} = \frac{122.125}{43.00} = 2.840 \text{ m}$$

$$Q = \frac{R_h^{\frac{2}{3}} S^{0.5} A_h}{n} = \frac{(2.840)^{\frac{2}{3}} (0.028)^{0.5} (122.125)}{0.05} = 819.64 \text{ m}^3/\text{s}$$

Tirante (m)	Base(m)	Ah(m ²)	Pm (m)	Rh	Caudal (m ³ /s)
0.25	16	4.125	17.11803	0.240974	5.345804
0.5	16	8.5	18.23607	0.466109	17.10093
0.75	16	13.125	19.3541	0.678151	33.90464
1	16	18	20.47214	0.879244	55.28675
1.25	16	23.125	21.59017	1.071089	81.0167
1.5	16	28.5	22.7082	1.255053	110.9759
1.75	16	34.125	23.82624	1.432245	145.1086
2	16	40	24.94427	1.603575	183.3982
2.25	32	122.125	43.00658	2.839682	819.5838
2.5	32	132.5	44.12461	3.002859	922.9572
2.75	32	143.125	45.24265	3.163498	1032.213
3	32	154	46.36068	3.32178	1147.388
3.25	32	165.125	47.47871	3.477874	1268.521
3.5	32	176.5	48.59675	3.63193	1395.657
3.75	32	188.125	49.71478	3.784086	1528.843
4	32	200	50.83282	3.934466	1668.129
4.25	32	212.125	51.95085	4.083186	1813.567

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

4.5	32	224.5	53.06888	4.230351	1965.213
-----	----	-------	----------	----------	----------

Tabla 5.10 Tabla de caudales

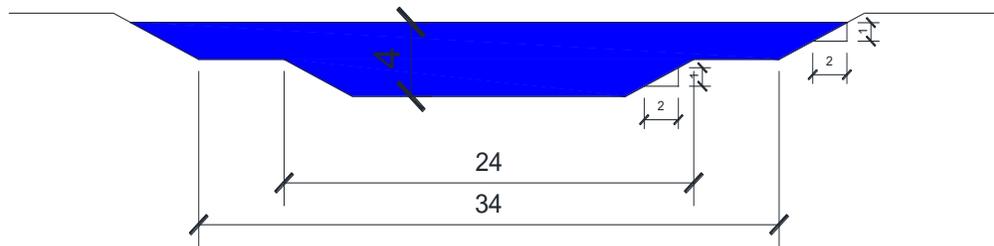


Imagen 5.50 Nivel de aguas máxima

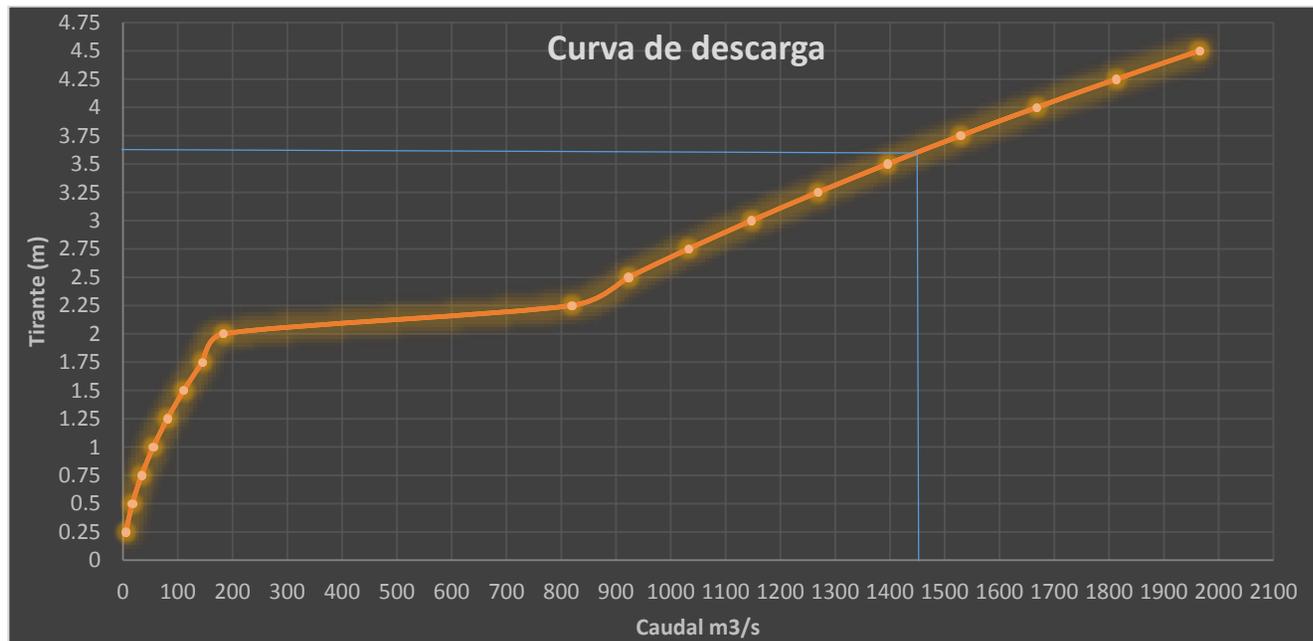


Gráfico 5.4 Curva de descarga

Al crear la curva de descarga de nuestra cuenca y al plotear el caudal de diseño $Qd = 1,460 \text{ m}^3/\text{s}$ y leemos en el eje de tirante la cantidad de 3.70 m que es en este caso el nivel de aguas máximo.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Tabla resumen de proyecto:

DESCRIPCION	VALOR
AREA DE CUENCA (KM²)	105.504
PERIMETRO DEL CAUSE PRINCIPAL (KM)	29.679
PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA (%)	19.98
PENDIENTE MEDIA DEL CAUSE MAS LARGO (%)	2.36
COEFICIENTE DE ESCORRENTILLA	0.55
PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	20
NIVEL DE AGUAS MÁXIMO (M)	3.67

Tabla 5.11 Tabla resumen de proyecto

5.2 Proyecto : Representacion cartografica en el software gv sig.

El archivo “shp” es el tipo de archivo que trabaja gv sig, en nuestro medio trabajamos con los archivos de edición de dibujos dwg, para poder abrir el archivo dwg en gv sig es necesario guardarlo como un tipo de Autocad 2000, esto porque muchas de las versiones de gv sig no abren los achivos de autocad resientes.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En estos momentos hemos generado una distribución de lotes en autocad, como podemos ver a continuación.

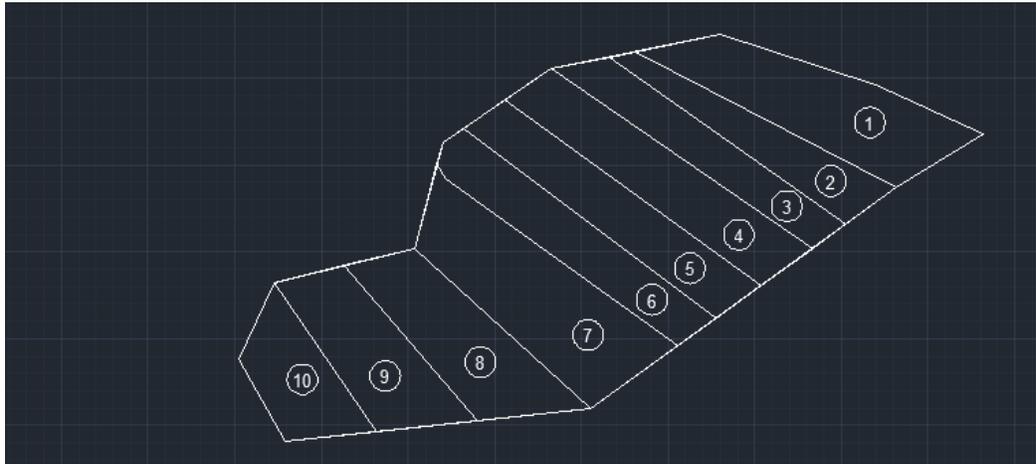


Imagen 5.51: Distribución de lotes

Guardamos este archivo como auto AutoCad 2000

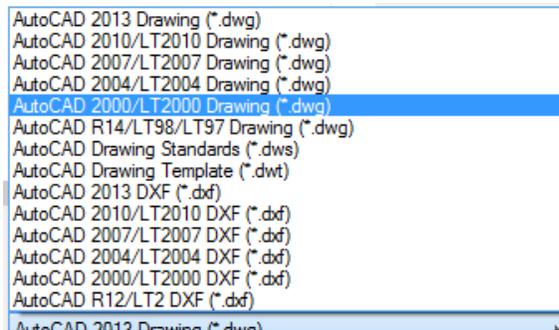


Imagen 5.52: Selección del formato del archivo a guardar

Una vez teniendo el archivo en cad se procede a abrir el programa gv sig. Teniendo abierta la vista que creamos con anterioridad “ejemplo1” presionamos el botón *añadir capa*  el cual se encuentra en la barra de herramientas del

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

programa, de igual manera podemos dar click al menú vista y seleccionar añadir

capa  Añadir capa Alt+O

Una vez seleccionada esta opción nos aparece el siguiente cuadro de dialogo:

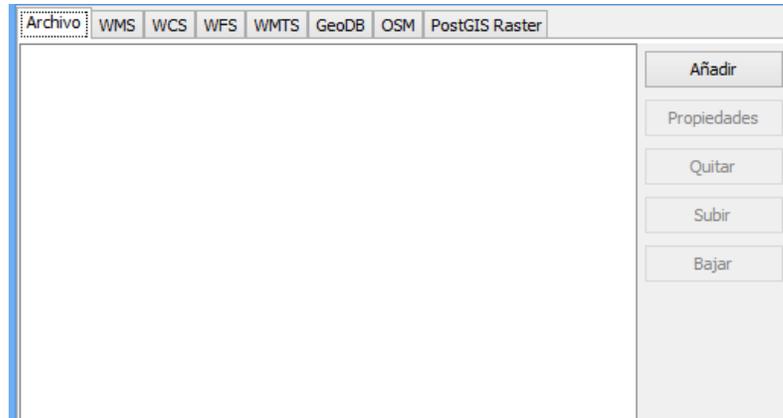
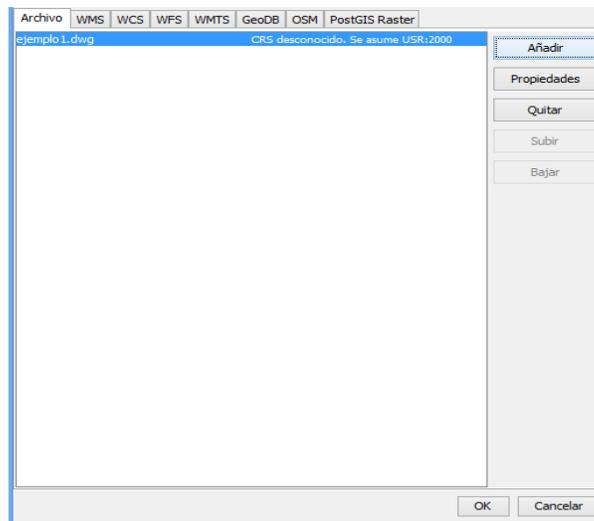


Imagen 5.53: cuadro añadir capa

En el cuadro anterior elegimos la opción añadir, y cargamos el archivo generado y guardado en autocad 2000, para este ejemplo se nombró al archivo cad como



ejemplo1.

Imagen 5.54: Selección del documento cargado

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

En la vista anterior seleccionamos el archivo cargado y presionamos en ok.

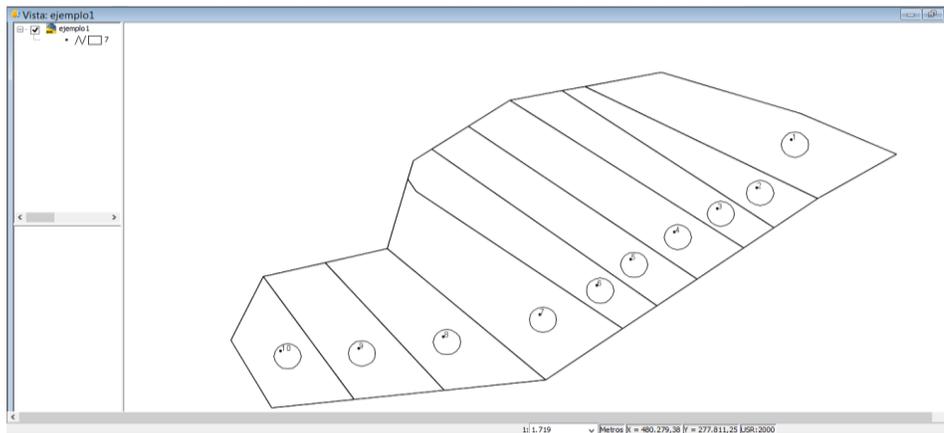


Imagen 5.55: Lotes vistos en el entorno de gv sig.

Vemos que el terreno ya está en el área de trabajo de gv sig, en estos momentos procederemos a convertir este documento en *shp*.

Para esto seleccionamos la capa, y nos vamos hacia el menú “*capa*” y luego damos click a ***exportar a***.

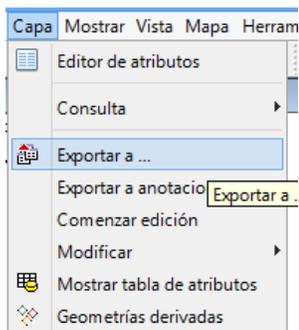


Imagen 5.56: Exportar una capa

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Se abrirá el siguiente cuadro de dialogo:

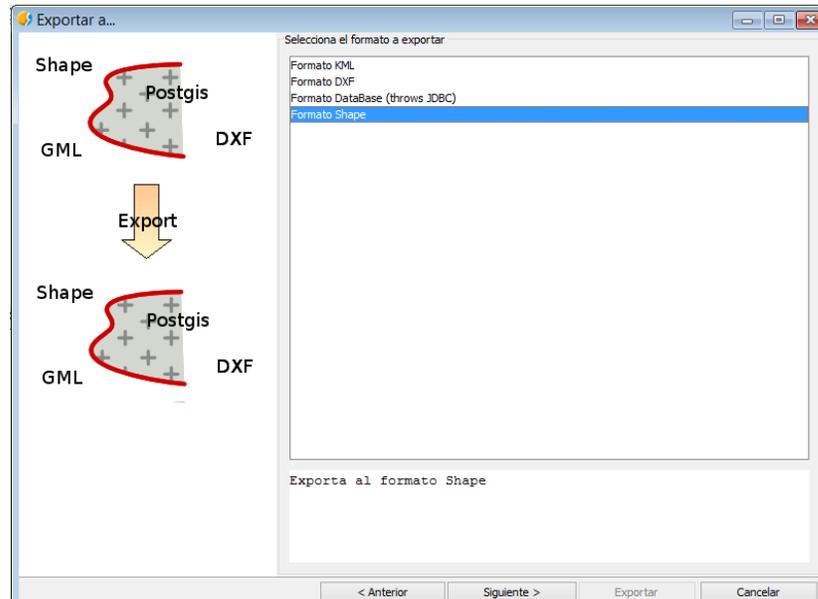


Imagen 5.57: Selección de formato a exportar.

En donde se selecciona el formato al cual queremos pasar el archivo, luego click en siguiente.

Luego seleccionamos la ruta para guardar el archivo así como su respectivo nombre, luego click en siguiente.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

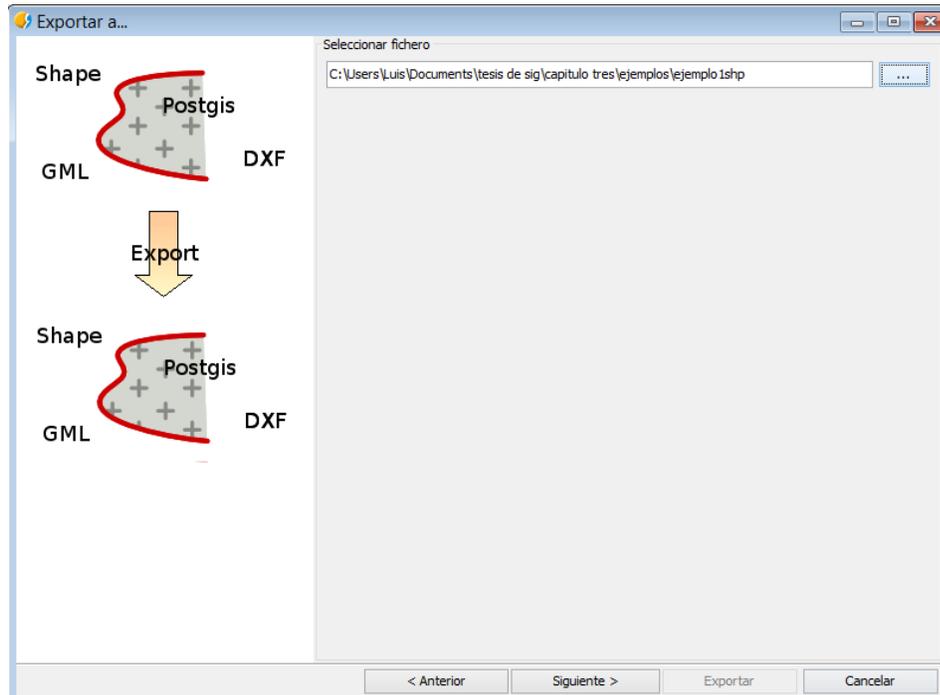


Imagen 5.58: Selección de la ruta que tendrá el archivo shp.

En el siguiente cuadro de dialogo seleccionamos si queremos todos los registros, los seleccionados o los que cumplan, en este caso seleccionamos todos los registros, continuamos y el siguiente cuadro de dialogo se mostrará.

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

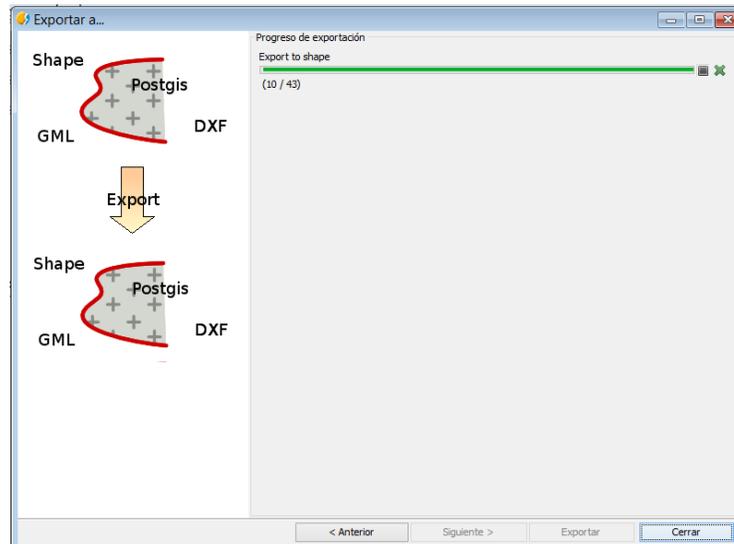


Imagen 5.59: Finalización del proceso de exportar a shp

Cerramos y observamos que están abiertas las respectivas capas ya convertidas a shp.

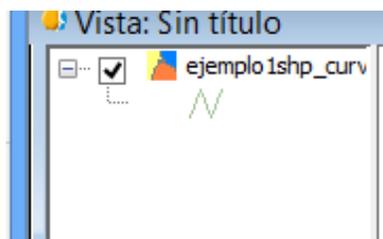


Imagen 5.60: Archivos shp

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

La información está contenida en el archivo tipo línea, procederemos a realizar un geoproceso para poder convertir las líneas a polígonos.

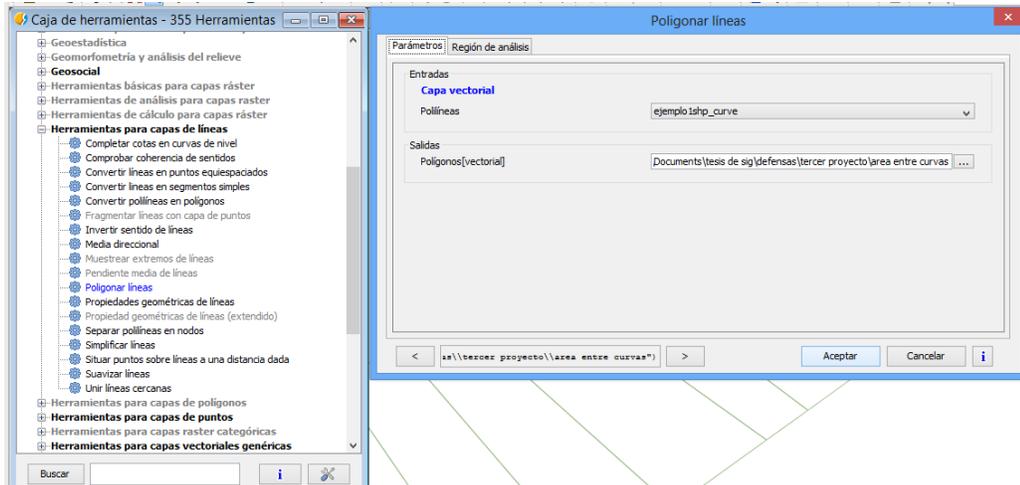


Imagen 5.61 Poligonal línea

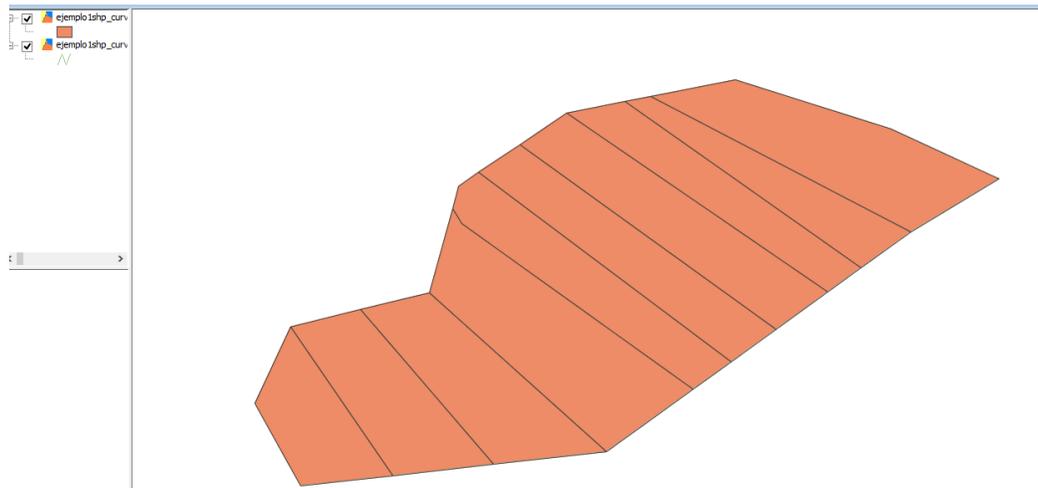


Imagen 5.62 Polígonos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Ya tenemos un archivo con la información de nuestra lotificación, ahora procederemos a determinar el área y el perímetro de nuestros lotes; para eso es necesario que la capa esté en modo edición.

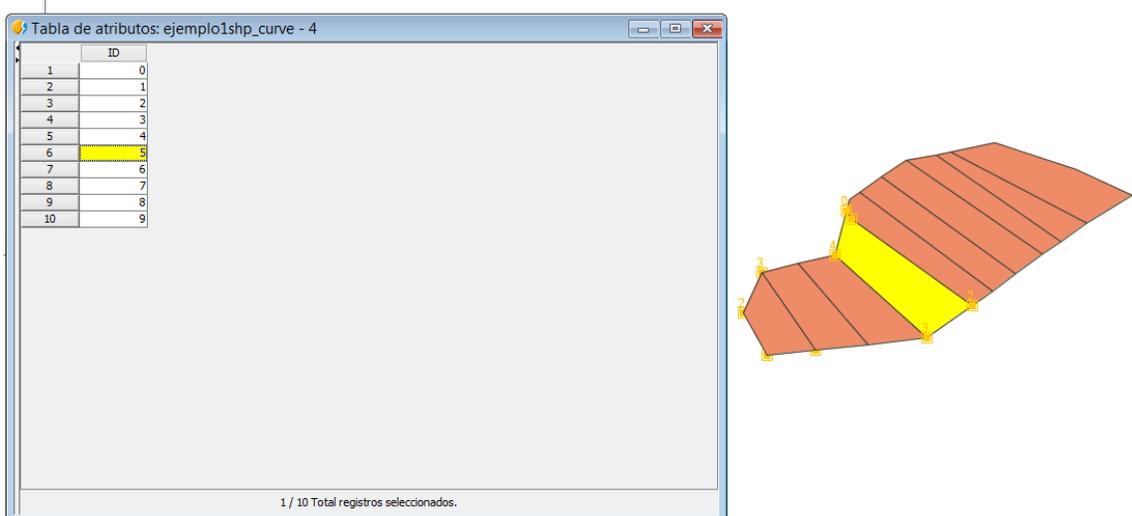


Imagen 5.63 Tabla de atributos de nuestra lotificación

Vemos que la tabla de atributos no tiene información geométrica; para poder calcular esos parámetros seleccionamos el menú tabla.

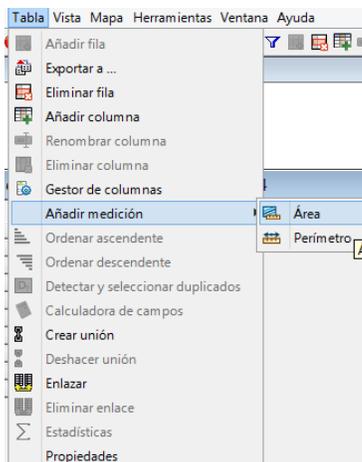
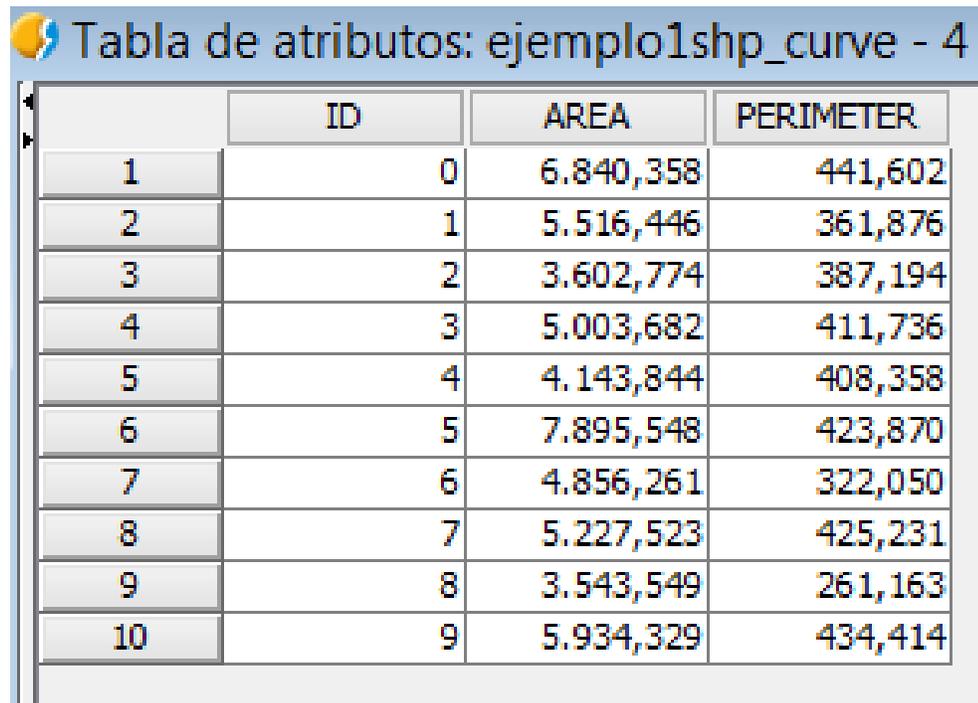


Imagen 5.64 Añadir medición

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”



	ID	AREA	PERIMETER
1	0	6.840,358	441,602
2	1	5.516,446	361,876
3	2	3.602,774	387,194
4	3	5.003,682	411,736
5	4	4.143,844	408,358
6	5	7.895,548	423,870
7	6	4.856,261	322,050
8	7	5.227,523	425,231
9	8	3.543,549	261,163
10	9	5.934,329	434,414

Imagen 5.65 Tabla de atributos de nuestros polígonos (Área y perímetro)

Uno de los objetivos de este proyecto es el ordenamiento de la información espacial, por tanto, a estos polígonos le añadiremos información adicional.

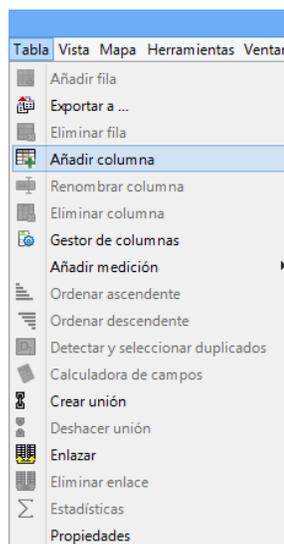


Imagen 5.66 Añadir columna

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Nos aparecerá el siguiente cuadro de dialogo:

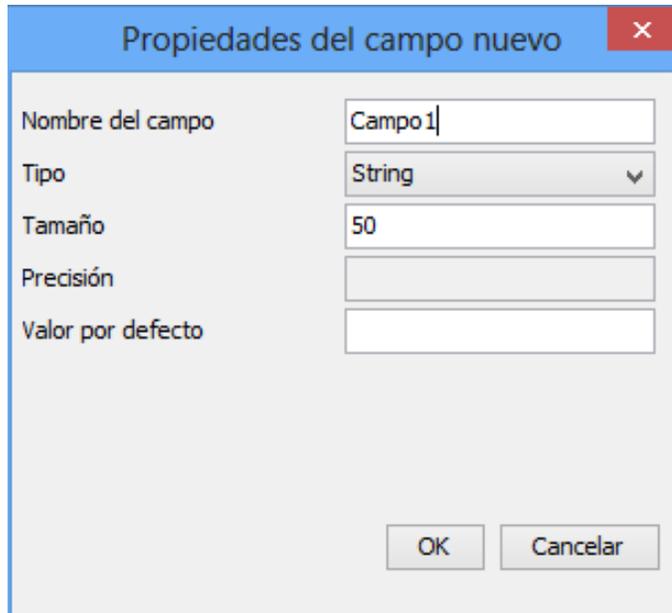


Imagen 5.67 Propiedades del campo

Esta columna será agregada a la tabla de atributos de nuestro archivo, cambiamos el nombre del campo y colocamos **propietario**.

Nos aparece la tabla de atributos de la siguiente manera.

	ID	AREA	PERIMETER	Propietario
1	0	6.840,358	441,602	
2	1	5.516,446	361,876	
3	2	3.602,774	387,194	
4	3	5.003,682	411,736	
5	4	4.143,844	408,358	
6	5	7.895,548	423,870	
7	6	4.856,261	322,050	
8	7	5.227,523	425,231	
9	8	3.543,549	261,163	
10	9	5.934,329	434,414	

Imagen 5.68 Campo añadido

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Para poder llenar el campo agregado debemos dar doble clic en el mismo y podemos editar el campo con la información del nombre del propietario del terreno.

	ID	AREA	PERIMETER	Propietario
1	0	6.840,358	441,602	Luis Sanchez
2	1	5.516,446	361,876	Jorge Surio
3	2	3.602,774	387,194	Ana Martinez
4	3	5.003,682	411,736	Hugo Sandoval
5	4	4.143,844	408,358	Sergio Ramirez
6	5	7.895,548	423,870	Antonio Zelaya
7	6	4.856,261	322,050	Jose Cardoza
8	7	5.227,523	425,231	Carlos Ardon
9	8	3.543,549	261,163	Roberto Calderon
10	9	5.934,329	434,414	Antonia Serrano

Imagen 5.69 Propietarios de lotes

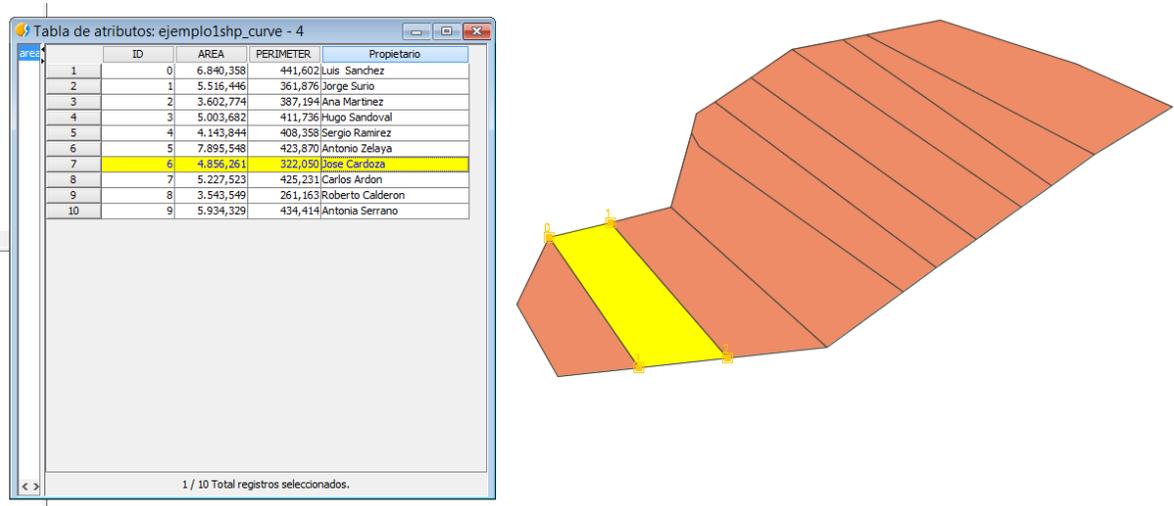


Imagen 5.70 Selección de lotes

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones:

- Los sistemas de información geográfica (SIG) son un conjunto de herramientas que integran y relacionan una gran cantidad de elementos, tales como: usuarios, software, hardware, procesos; permitiendo el almacenamiento, análisis, manipulación y procesamiento de los datos vinculados a una posición real en la superficie, el aporte que estos sistemas tienen en la carrera de ingeniería civil es sumamente importante, ya que, el sistema nos permite la gestión, diseño y ejecución de proyectos específicos, en los sistemas de información geográfica (SIG) los geoprosesos relacionados con el análisis del terreno son ejecutados de manera sencilla por los (SIG).
- El trabajo se enfoca precisamente en el desarrollo de un manual; en donde se muestran una cantidad importante de pasos a realizar en el manejo del programa gvSIG, a lo largo del trabajo se han ejecutado proyectos de ingeniería civil en el software antes mencionado, el primero de los proyectos es el análisis de una cuenca hidrográfica en un puntos específico del departamento de San Salvador en donde se determinó el Nivel Máximo de Aguas Extraordinario (NAME), el segundo proyecto es la realización detallada de un mapa de uso de suelos del municipio de San Salvador, en donde se muestra las herramientas que el gvSIG posee en cartografía, el tercer y último proyecto es la presentación catastral de unos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

lotes, en donde con la ayuda de gvSIG podemos observar las propiedades de los elementos geométricos, así, como información adicional relacionada al lote mismo ; estos son los tres proyectos que están desarrollados en el trabajo y son proyectos que tienen un uso recurrente en la carrera de ingeniería civil.

- El modelo digital de elevaciones es uno de los elementos claves en el manejo de los geoprosesos que desarrolla gvSIG, ya que, es un archivo que contiene información geográfica así como de elevaciones, es por esa razón que gran parte de los geoprosesos pide como datos de entrada un modelo digital de elevaciones.
- Con la ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG) podemos desarrollar trabajos de mucha importancia para el estudiante de ingeniería civil, tal es el caso del estudio hidrológico, realizando el estudio hidrológico con un software dibujo el desarrollo del trabajo se torna complicado, empleando las herramientas de gvSIG la determinación de las propiedades físicas del proyecto se vuelve más sencillo, por tanto es importante que los estudiantes de la carrera de ingeniería civil revisen este manual para que sus tareas ex aulas se ejecuten de una manera eficaz y presenten un trabajo de calidad.

Recomendaciones

- Como escuela de ingeniería civil se debe tomar el estudio y manejo de los sistemas de información geográfica (SIG) ya que son de gran utilidad en el desarrollo de proyectos afines a la carrera.
- Las instituciones públicas deben tener un monitoreo acertado en el desarrollo, gestión y diseño de sus proyectos y con la utilización de los sistemas de información geográfica se puede lograr dicho control.
- A nivel de país es sumamente importante la generación de información espacial, ya que no es sencillo la obtención de la misma, El Salvador debe invertir en generar esta información y colocarla al alcance de la población.

Bibliografía:

- Sistemas de Información Geográfica Conceptos Básicos
Miguel Hernández
2004
- Sistemas de información geográfica
Víctor Oyala
2011
- Manual práctico de SEXTANTE
Equipo SEXTANTE
2015
- Manual de usuario gvSIG 2.2
GvSIG asociació
2015
- Las coordenadas geográficas y la proyección UTM
Ignacio Fernández
2007

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

- Manual para la aplicación del Sistema de Información Geográfica
SPRING en proyectos de Ingeniería Civil

Silvia Hernández

2011

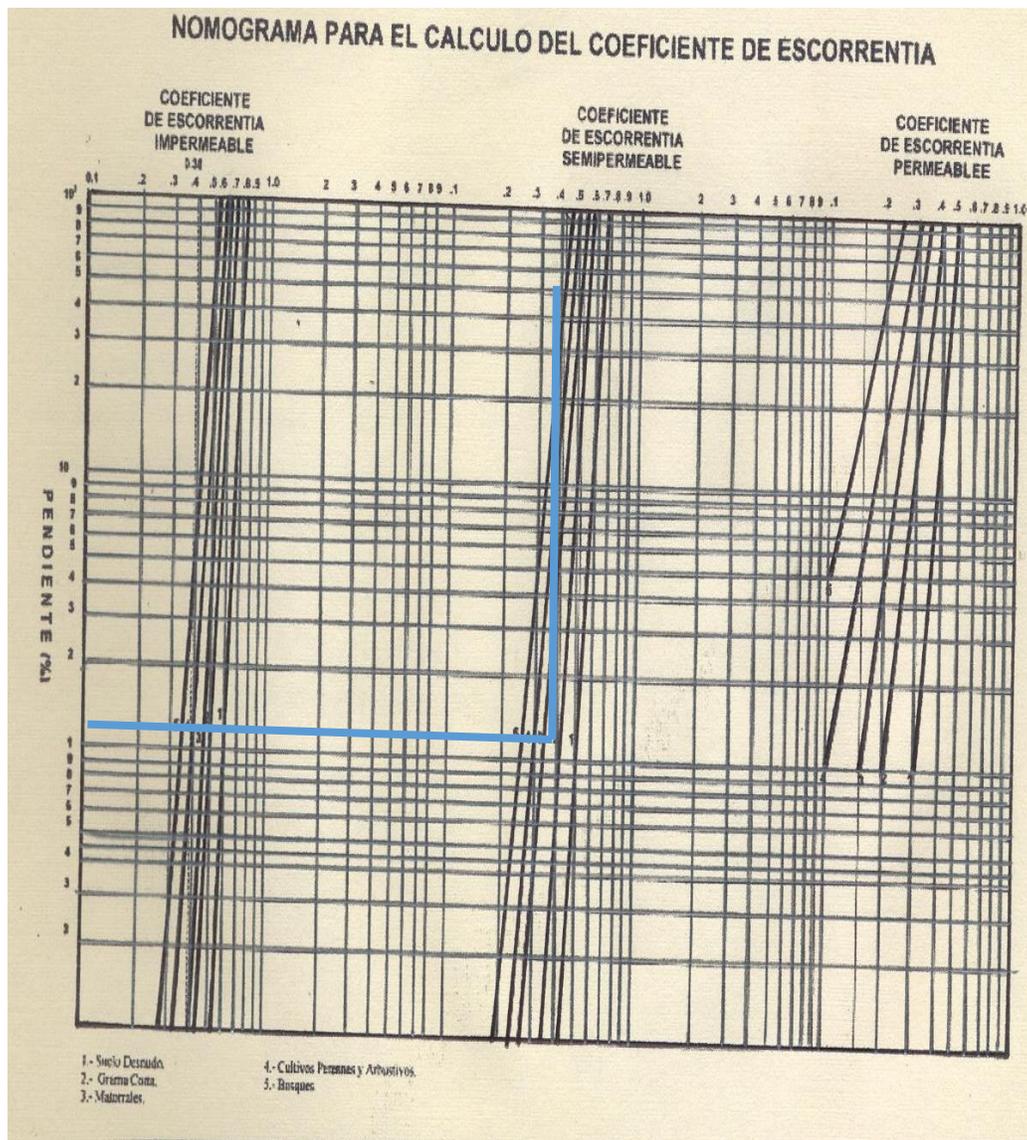
Anexos

“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

Nomogramas de Ven Te-Chow

SEM-3

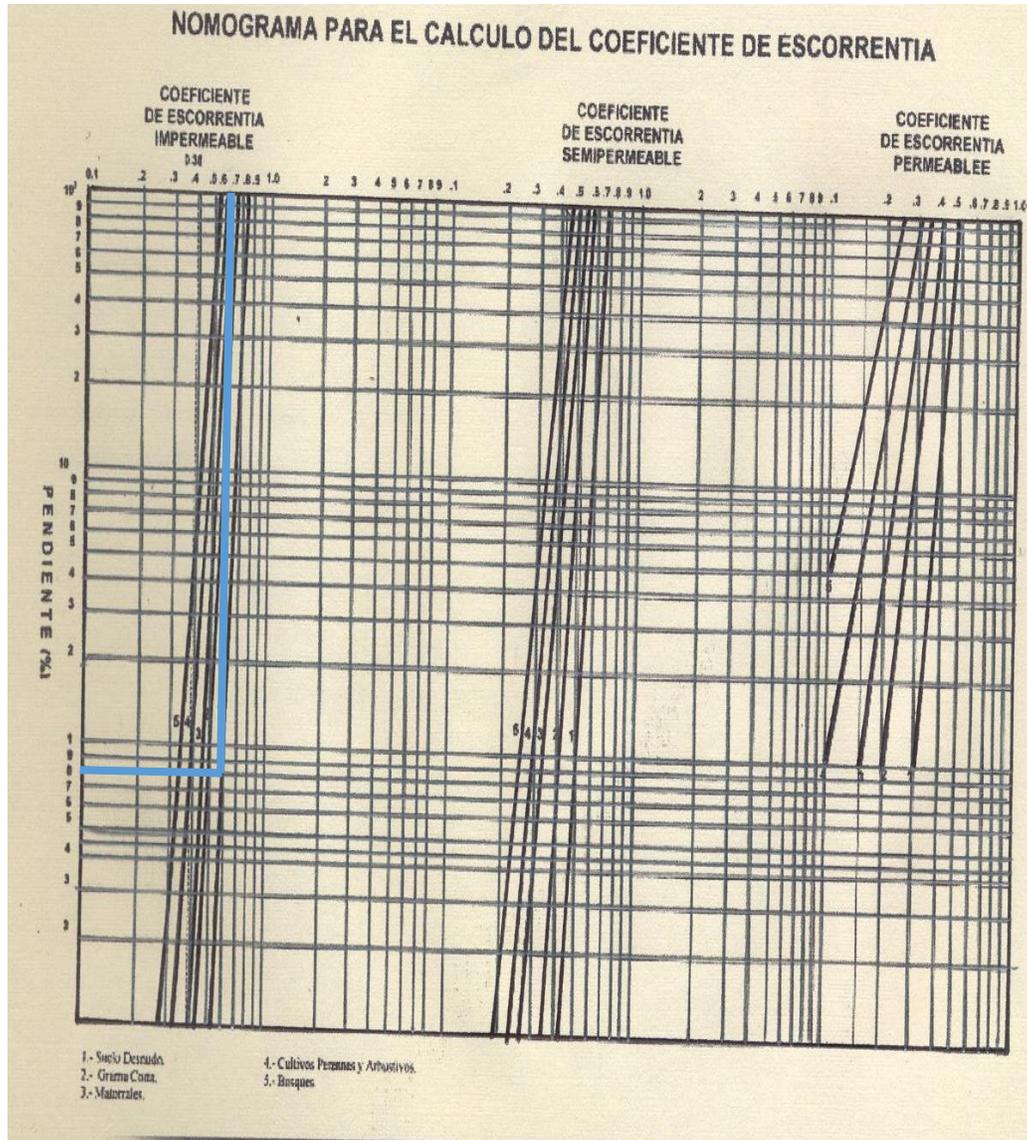
C=0.38



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

IMP-1

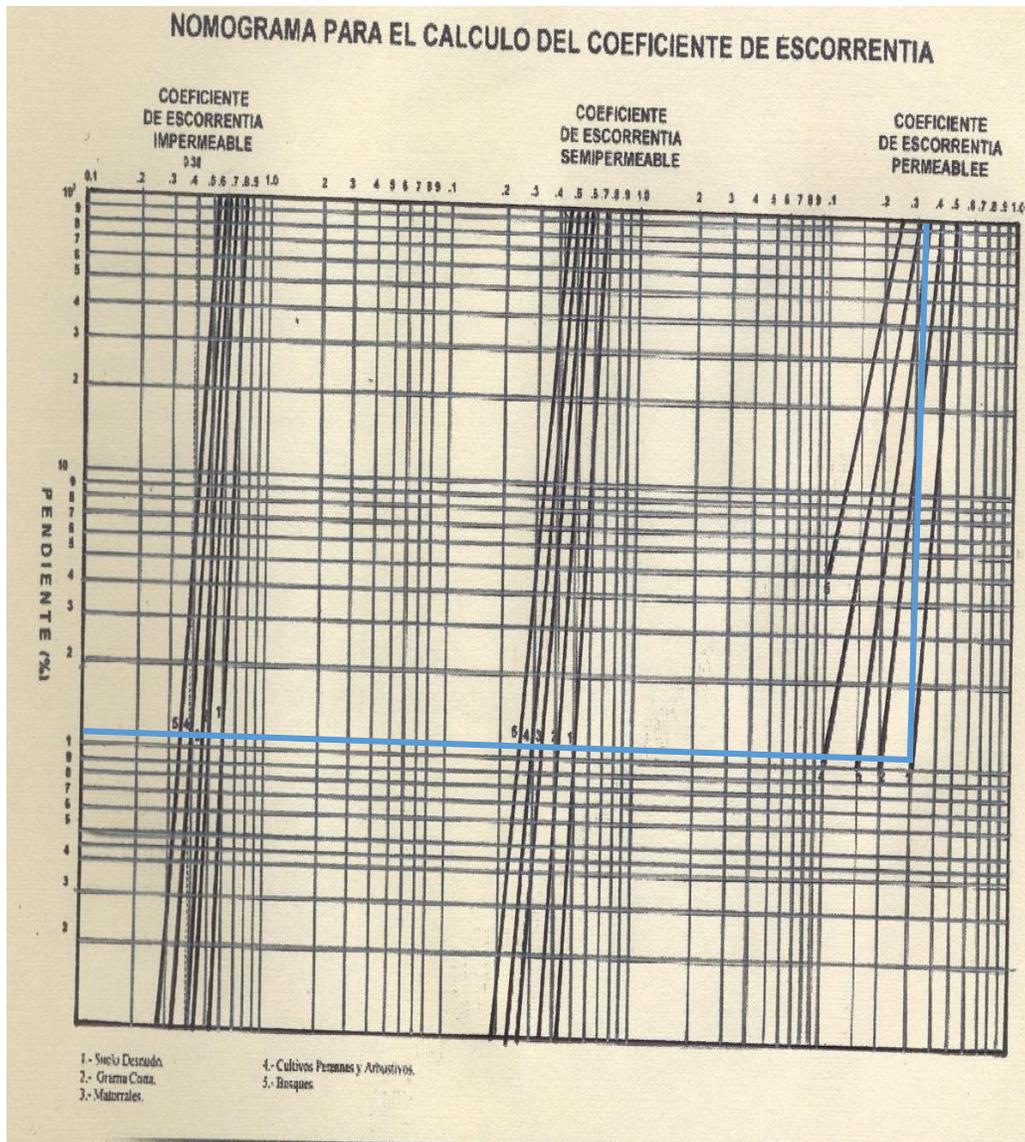
C=0.65



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

PER—1

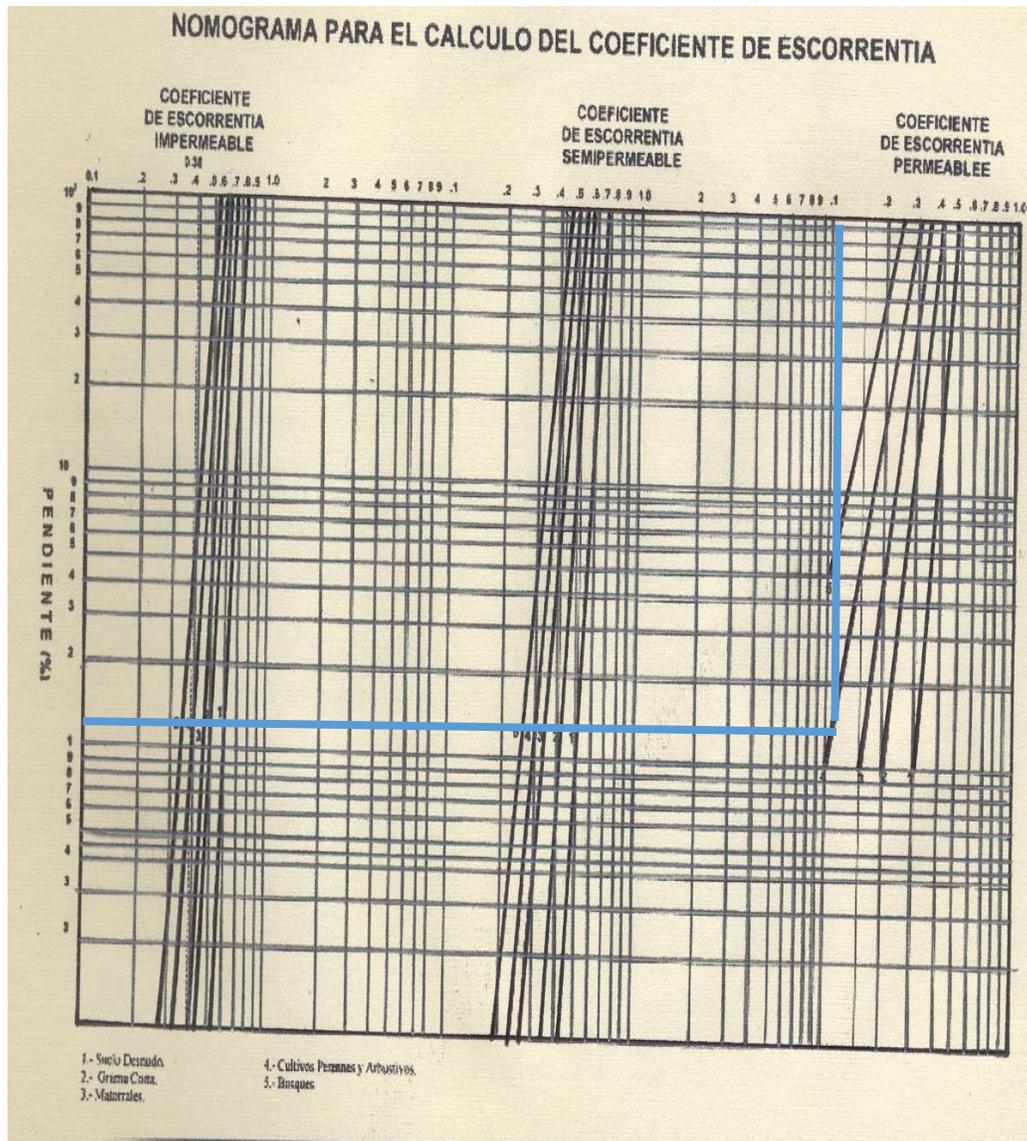
C=0.32



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

PER-4

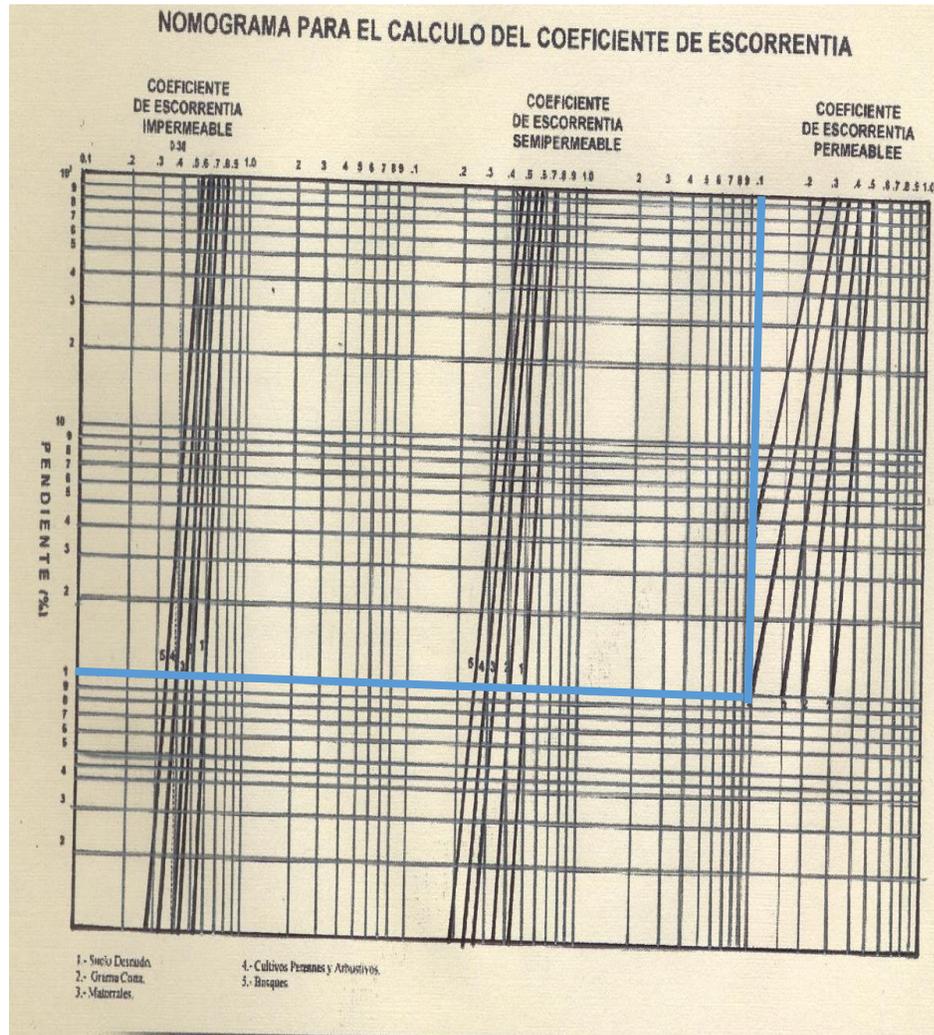
C=0.12



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

PERM-4

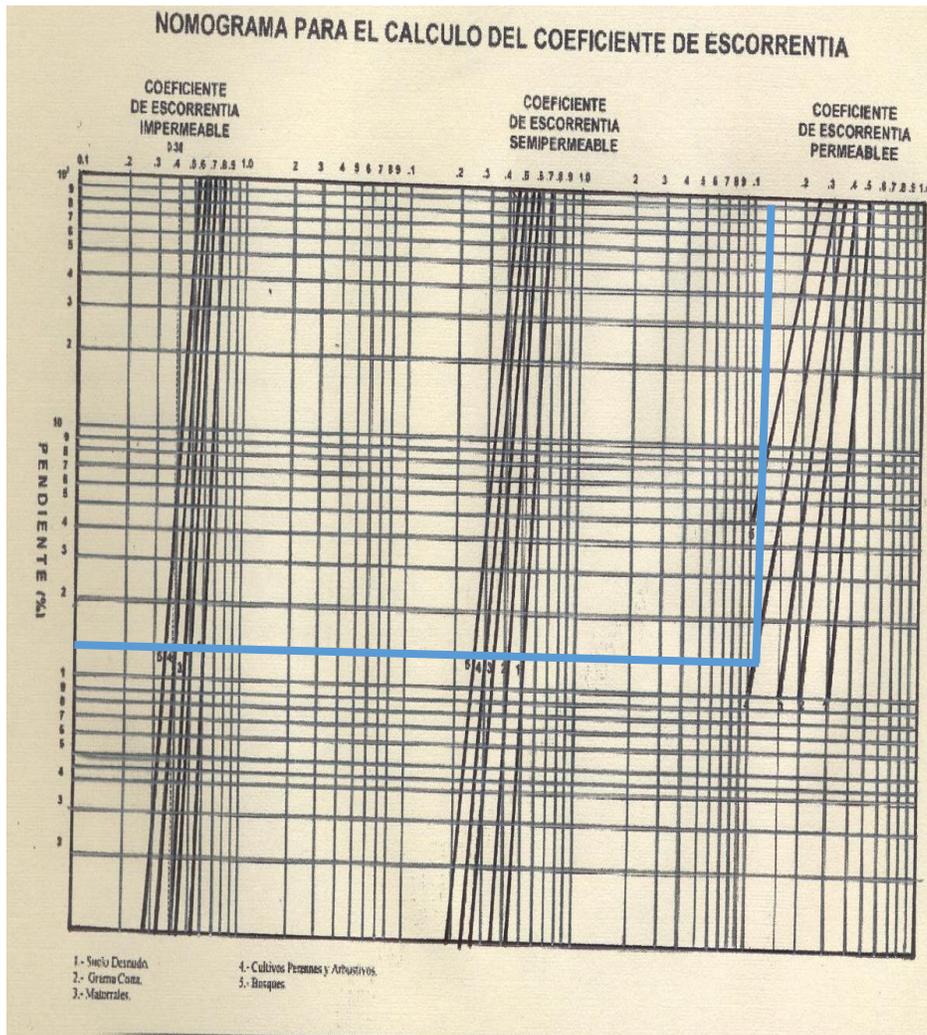
C=0.1



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

SEM-4

C=0.13



“Aplicaciones de los sistemas de información geográfica en ingeniería civil utilizando el software gv sig”

PER-3

C=0.1

