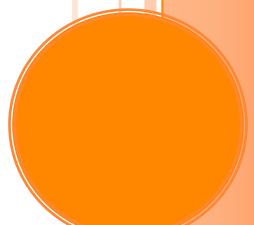


AGUA Y DESARROLLO HUMANO

**MÓDULO 3: TPDH EN
PROYECTOS DE COOPERACIÓN
DE AGUA**

TEMA 5: SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)



ÍNDICE

Tema 5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)	2
5.1 INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES	2
5.1.1 ¿Qué es un SIG?.....	2
5.1.2 ¿Para qué sirve?.....	2
5.1.3 Aplicación en los proyectos de agua y saneamiento.....	3
5.2. SISTEMAS DE COORDENADAS	5
5.2.1 Coordenadas geográficas	6
5.2.2 Coordenadas cartográficas	7
5.2.3 La importancia del Datum	7
5.3. RECOGIDA DE INFORMACIÓN.....	8
5.3.1 Modelos Raster y Vectorial	8
5.3.2 Recogida de datos con GPS.....	9
5.3.3 Organización de la información.....	9
5.3.4 Introducir datos en el SIG.....	10
5.4. PRESENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE SIG: GV-SIG	10
5.4.1 Vistas	10
5.4.2 Tablas	11
5.4.3 Mapas.....	12
5.4.4 Algunas particularidades.....	12
5.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	13
5.6. BIBLIOGRAFÍA	14

TEMA 5. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA (SIG)

El presente tema tiene como objetivo dar algunas nociones de lo que son los SIG y su amplia aplicación en los proyectos de agua y saneamiento. Se recomienda hacer formaciones más específicas para quien pretenda utilizar esta herramienta, que tiene un gran potencial de análisis de datos y de variedades de representaciones de los resultados.

5.1 INTRODUCCIÓN Y DEFINICIONES

5.1.1 ¿Qué es un SIG?

Un **Sistema de Información Geográfica** es una base de datos georreferenciada, en otras palabras, es una manera sencilla de visualizar un territorio y la información relacionada con sus elementos. Es asimilable a un mapa con chinchetas de colores, cada una de las cuales guarda información específica del punto donde se sitúa.

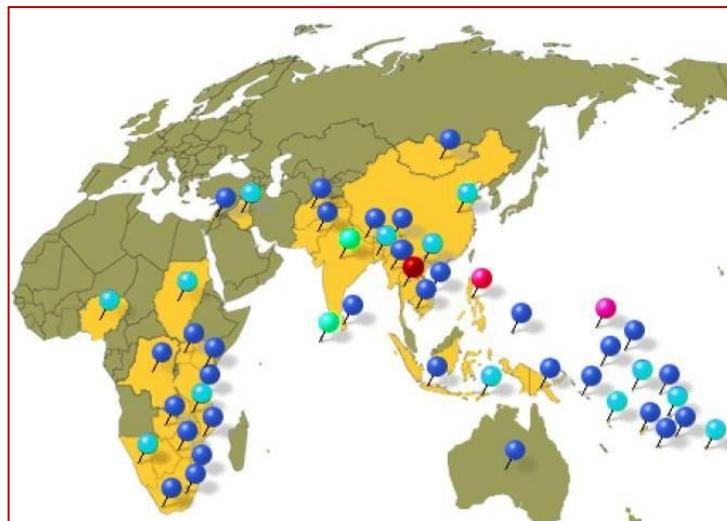


Gráfico 1: Representación de un mapa en SIG. Fuente: ESF - UNAC , 2012.

En un SIG los mapas están asociados a tablas que contienen información sobre los elementos representados. En la imagen, cada país guardaría la información respecto a si tiene o no chincheta y el color de la misma.

5.1.2 ¿Para qué sirve?

El SIG sirve para almacenar mucha información geográfica y al mismo tiempo poder visualizarla de manera rápida. En la imagen que sigue se pueden ver distintas capas, en cada

una de ellas se guarda un tipo de información, que se puede combinar para crear nuevos y diferentes mapas.

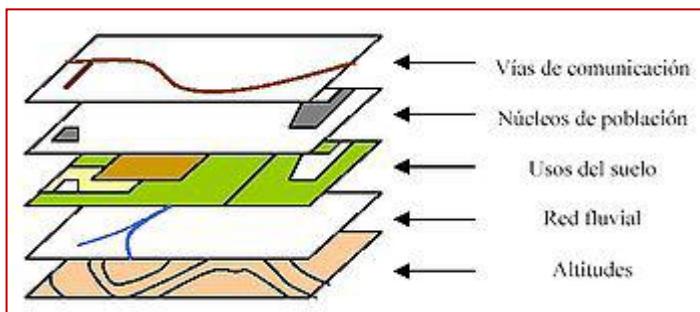


Gráfico 2: Representación del sistema de capas en un SIG. Fuente: ESF - UNAC , 2012.

Al tener toda la información almacenada en tablas el SIG permite actualizarla y completarla de manera bastante rápida y mostrarla de nuevo en mapas.

La información en el SIG se encuentra localizada en el espacio, mediante unas coordenadas concretas. Es necesario georreferenciar los elementos nuevos que se incorporan, esto significa, que deben tener unas ciertas coordenadas en el espacio.

El SIG es una herramienta que permite simular situaciones complejas relacionadas por ejemplo con estudios ambientales o prevención de riesgos naturales. En general es una herramienta de apoyo para la toma de decisiones. El SIG permite analizar la información en función de unos ciertos criterios que se pueden representar en los mapas.

5.1.3 Aplicación en los proyectos de agua y saneamiento

El ámbito de aplicación de los SIG en relación al agua y saneamiento es muy amplio. En primer lugar sirve para contextualizar el territorio con información general como por ejemplo: núcleos poblacionales, vías de comunicación, topografía, uso del suelo, reservas naturales, etc.

Igualmente permite localizar elementos propios de la gestión de los recursos hídricos: cuencas, principales cursos fluviales, localización de acuíferos, calidad y cantidad de aguas superficiales y subterráneas, demandas hídricas, zonas de protección ambiental, zonas de recarga de fuentes, etc.

En concreto, un SIG es de gran utilidad para trabajar la planificación de infraestructuras en una determinada zona. De un lado el SIG puede aportar información territorial necesaria para contextualizar el proyecto. De otro lado, permite montar mapas de recursos hídricos teniendo en cuenta los principales recursos de la zona: manantiales, pozos, caracterizados por la cantidad y la calidad del agua.

A partir de esta información es posible hacerse una idea de las posibilidades de abastecimiento de la zona. Aunque a menudo es complicado, conviene localizar la distribución de la población, conociendo el número de habitantes, así como otras demandas hídricas como los cultivos o la

producción industrial. Con toda esta información en mapas que pueden solaparse se simplifica mucho el análisis para la planificación de actuaciones.

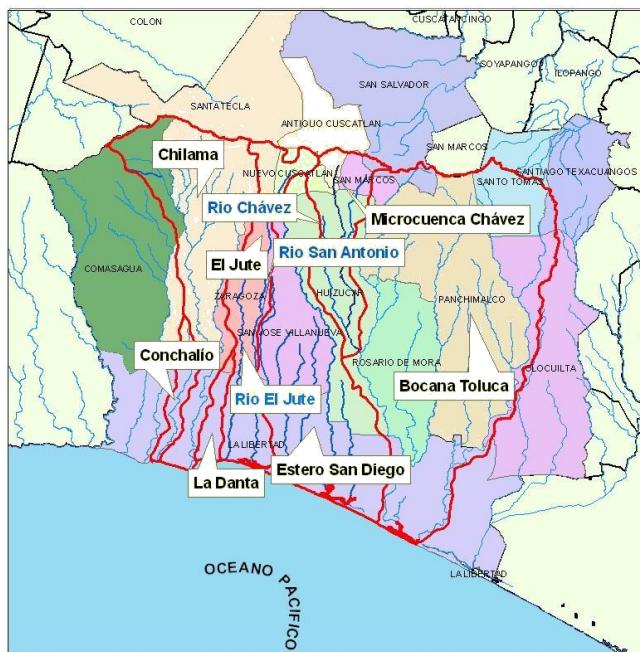


Gráfico 3: Mapa de cuencas y municipios del sur de La Libertad del Plan Director de Agua y Saneamiento, elaborado con SIG. Fuente: ESF, 2005.

Lo mismo ocurre con los proyectos de saneamiento. Así mismo es posible hacer mapas de coberturas, detectando las zonas con menores índices de saneamiento, o mapas de zonas especialmente vulnerables a vertidos de aguas sucias.

Otra posible aplicación en proyectos de abastecimiento de agua es el diseño de sistemas de abastecimiento. Así, colocando en el mapa las posibles fuentes para abastecer a una cierta comunidad, y colocando la distribución de las viviendas, un SIG permite diseñar un anteproyecto o realizar un análisis de alternativas según las fuentes o ciertas agrupaciones de demanda.

En todo caso, es importante tener en cuenta que la elaboración y el mantenimiento de una base de datos en SIG, requiere:

- Una cierta instalación informática, esto significa disponer de corriente eléctrica.
- Algún programa de SIG, los más comerciales, como el Arc Map tienen una licencia muy cara, pero existen varios de acceso libre como el Gv-SIG.
- Conocimientos informáticos como usuario de los programas más usuales y conocimientos específicos de SIG.

Todo esto para decir que es muy importante definir bien como se va a mantener una Base de Datos en SIG, si se realiza una en un proyecto de cooperación, para asegurarse que tiene la utilidad prevista. A menudo el esfuerzo económico y técnico de realizar un SIG no compensa el

hecho de que la base de datos se utilice puntualmente (por ejemplo para una presentación) y luego se abandone por falta de medios.

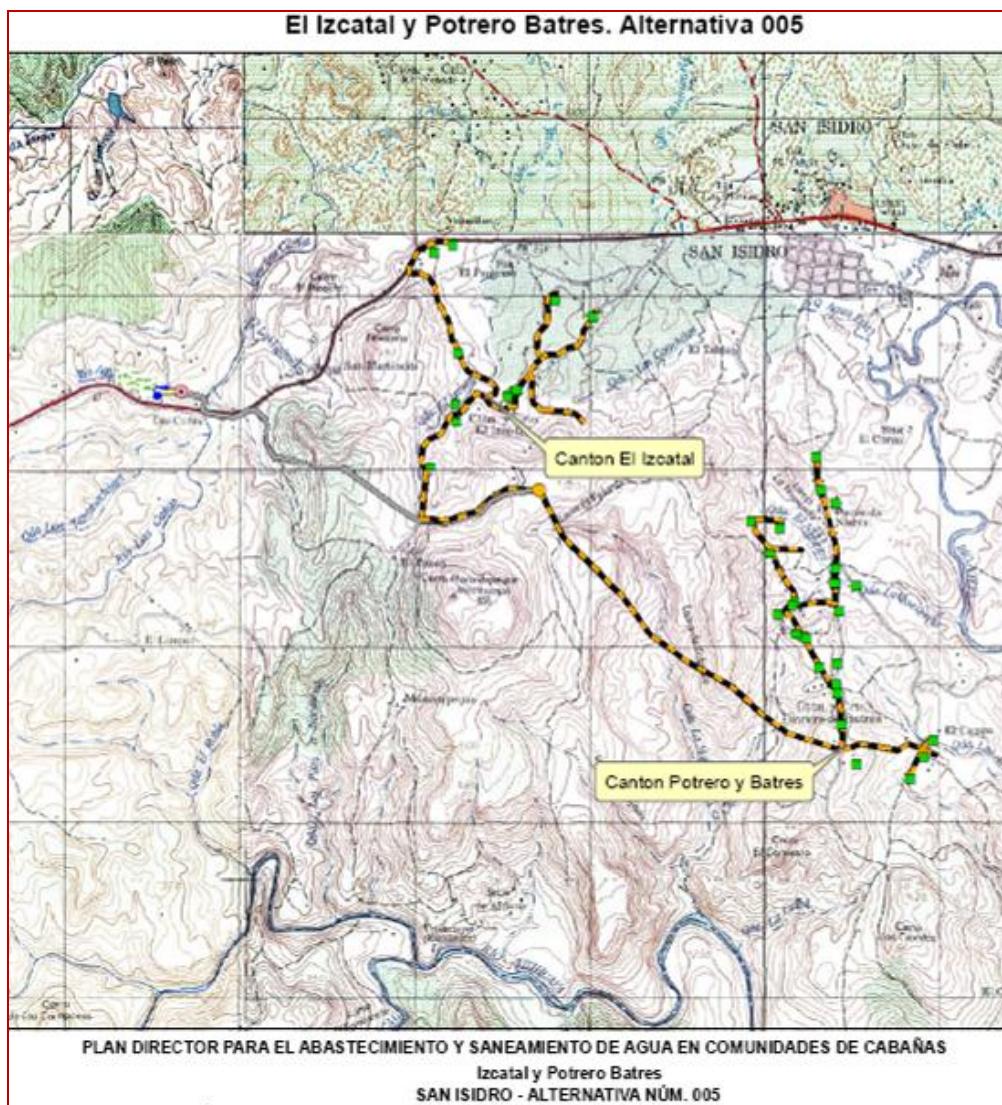


Gráfico 4: Alternativas de abastecimiento en SIG en el Plan Director de Abastecimiento y Saneamiento en Comunidades de Cabañas, El Salvador. Fuente: ESF, 2010.

5.2. SISTEMAS DE COORDENADAS

Antes de empezar un proyecto de SIG es imprescindible definir bien el sistema de coordenadas. Toda la información geográfica debe entrar con el mismo sistema, en caso contrario, elementos que en la realidad están situados en el mismo lugar saldrán desplazados en los mapas, se puede llegar incluso a no poder visualizar cierta información.

La diferencia entre las coordenadas geográficas y las cartográficas está relacionada con la proyección de los mapas. Las dos son utilizadas en bases de datos en SIG aunque usualmente, en mapas que representen ciertas regiones, es más práctico usar las coordenadas UTM que se representan en metros, dejando las geográficas (en grados) para navegación o localización a grandes escalas.

En los proyectos de cooperación es importante conocer en el país donde se trabaja cuales son las coordenadas oficiales de los planos y el sistema de referencia. Especialmente cuando se utilice información de las bases de datos estatales. En internet se pueden encontrar programas para pasar de un sistema de coordenadas a otro.

5.2.1 Coordenadas geográficas

Las coordenadas geográficas son aquellas que localizan los puntos a partir de los paralelos y los meridianos, que dividen la superficie terrestre. Los **paralelos** son círculos perpendiculares al eje terrestre, el paralelo mayor es el ecuador, que divide el globo terráqueo entre hemisferio Norte y Sur.

Los meridianos son las líneas de intersección entre la superficie terrestre y los infinitos planos que contiene el eje terrestre. El meridiano 0 es el origen para designar las posiciones geográficas, es el denominado meridiano de Greenwich.

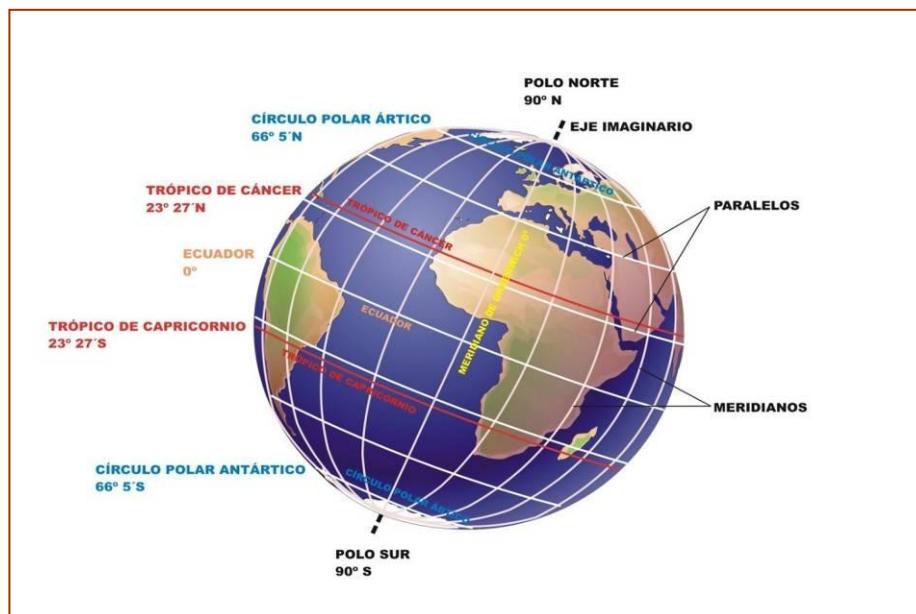


Gráfico 5: Principales líneas de división del globo terrestre. Fuente: ESF - UNAC , 2012.

Las coordenadas geográficas se expresan en grados ($^{\circ}$), minutos ($'$) y segundos ($''$). Los parámetros representados son la longitud y la latitud. La **longitud** de un punto es el ángulo formado entre el meridiano que pasa por el punto y el de Greenwich. La **latitud** en un punto

es el ángulo formado entre la vertical del punto (línea que une el punto con el centro de la Tierra) con el ecuador, medido en el meridiano correspondiente.

5.2.2 Coordenadas cartográficas

La representación en un plano (2 dimensiones) de la realidad en la superficie de la tierra necesita pasar de una superficie curva a una representación plana. Para ello la superficie representada acaba deformándose.

Las proyecciones son las distintas formas de desarrollar la superficie terrestre en un plano, minimizando en la medida de lo posible las deformaciones. Al proyectar se mantiene la magnitud de alguno de estos parámetros: superficie, distancias o ángulos, y modificando otros.

Proyección UTM

La proyección más usada en cartografía es la **Proyección UTM** (Universal Transverse Mercator) que se define como una proyección conforme, es decir que conserva los ángulos pero distorsiona las superficies y las distancias sobre los objetos originales. Esta proyección se basa en una proyección cilíndrica de tipo **MERCATOR** dónde el plano de proyección es un cilindro situado en posición transversa al eje de la tierra (ESF-UNAC, 2012).

Las coordenadas UTM vienen definidas por el huso donde se encuentra el punto. Existen 60 husos en la superficie terrestre, iniciando desde el meridiano de Greenwich cada huso tiene 6° de Longitud. La proyección emplea un cilindro diferente para generar cada uno de los husos, siendo el cilindro tangente al meridiano central de cada huso.

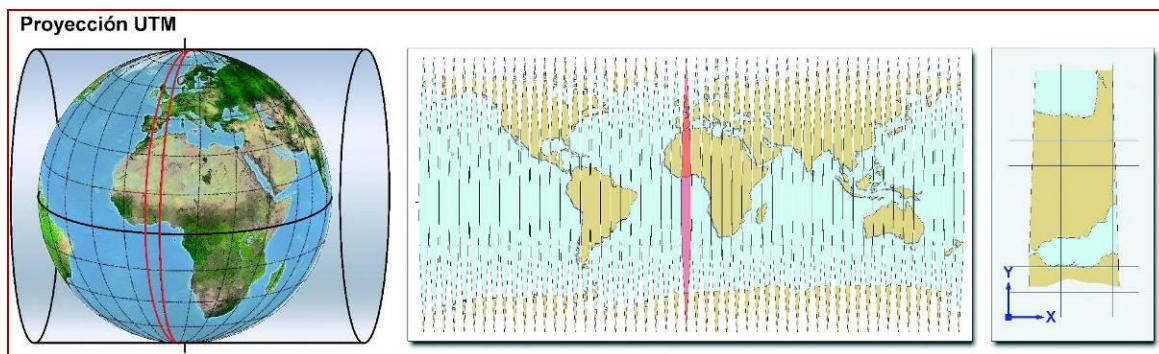


Gráfico 6: Proyección UTM, representación de los husos. Fuente: www.cartovirtual.es

Las coordenadas en UTM se expresan como X e Y, su unidad de medida son los metros, el origen de cada zona UTM se encuentra sobre el ecuador y coincidiendo con el meridiano central.

5.2.3 La importancia del Datum

Para poder localizar un punto en la superficie terrestre es necesario un sistema de proyección cartográfico que relacione de forma inequívoca los puntos en la superficie (latitud y longitud)

con los puntos de un plano de proyección (x, y). También es necesario un sistema de referencia des del cual se hagan las medidas y sirva de referencia para todo el mundo, lo que se llama un **Datum**.

Existen dos representaciones de la superficie terrestre llamadas **elipsoide y geoide**. La primera corresponde a un elipsoide (esfera achatada por los polos) que se diferencia de la superficie terrestre porque no existen desniveles. El geoide es la superficie teórica que une los puntos con una misma gravedad, en este caso la superficie tiene unos ciertos desniveles, pero tampoco coincide exactamente con la superficie terrestre. En internet se pueden encontrar numerosas imágenes y explicaciones más extensas de estos conceptos.

El Datum se define como el punto tangente al elipsoide y al geoide donde coinciden. Está definido por los parámetros del elipsoide y por un punto fundamental donde la Tierra es tangente al elipsoide.

Existen diferentes Datums aplicables para representar los puntos en coordenadas UTM, el más habitual es el Datum WGS84 del elipsoide WGS1984, que es aquel que utilizan los dispositivos GPS.

Definir correctamente el Datum es fundamental ya que al representar las coordenadas UTM de un único punto con dos Datums diferentes el punto se visualiza desplazado varios metros.

5.3. RECOGIDA DE INFORMACIÓN

Un primer paso para montar un proyecto en SIG es recoger información, en primer lugar se investigará toda la información de base posible o necesaria, como divisiones administrativas, carreteras, poblaciones, incluso imágenes en forma de fotos satelitales. A continuación se recogerá la información de campo necesaria, como por ejemplo: fuentes de agua, características, demandas, sitios de interés ambiental. Normalmente la información de campo se levantará con el GPS.

5.3.1 Modelos Raster y Vectorial

La información en SIG se suele representar a partir de 3 tipos de elementos posibles: puntos, líneas o polígonos. Así, cada capa del proyecto será definida por uno de estos tres tipos. Estas tipologías componen el llamado **Modelo Vectorial**.

Por ejemplo los puntos pueden ser pozos o poblaciones, las líneas carreteras o ríos y los polígonos lagos o provincias. Siempre con su información relacionada que puede tener un número de campos, de características, prácticamente ilimitado.

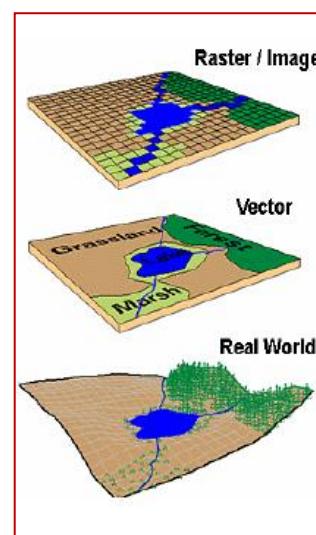


Gráfico 7: Esquema del modelo ráster y el modelo vectorial

El **Modelo Raster** está constituido básicamente por imágenes, se trata de un conjunto de células (píxeles) identificadas solamente por un número.

Habitualmente el raster se usa como imagen de fondo, por ejemplo con una fotografía satelital o con un mapa escaneado.

El modelo raster representa una imagen en el mapa muy completa. La principal diferencia con el modelo vectorial es que no permite asociar información a los elementos.

5.3.2 Recogida de datos con GPS

El **GPS** (Global Position System) es un aparato que permite conocer la localización en cualquier lugar del mundo, a partir de los satélites que rodean la tierra identifica la posición y da las coordenadas del lugar donde se encuentra.

El funcionamiento de un GPS difiere un poco según la marca y el modelo, pero básicamente todos funcionan de la misma manera:

- Es necesario configurar el sistema de coordenadas según nuestras necesidades.
- Para obtener las coordenadas de un punto el GPS debe situarse en un lugar abierto sin obstáculos en dirección al cielo (fuera de los edificios y no debajo de un árbol).
- Para detectar las coordenadas con una mínima precisión es aconsejable visualizar por lo menos 4 satélites, los GPS tienen una pantalla donde sale el número de satélites detectado.
- Los puntos de interés deben ser marcados (normalmente hay una tecla "mark") y guardados.
- Es posible guardar rutas por las que se va pasando.

En una campaña de levantamiento de datos es muy importante ser meticoloso a la hora de guardar la información para que después sea fácilmente localizable.

Los GPS tienen un programa informático para descargar la información guardada en un ordenador. A partir de estos programas se pueden realizar cambios de sistemas de coordenadas y exportaciones a programas más conocidos.

Los GPS comunes tienen bastante precisión en las coordenadas en planta (x, y o lat, long), de aproximadamente 1 o 2 metros, pero no son fiables para definir las cotas topográficas (alturas o coordenada z) de los puntos. Es importante no utilizar el GPS para hacer levantamientos topográficos ni para saber la diferencia de cotas entre 2 puntos, para ello será preciso un equipamiento específico (equipamientos topográficos o aprovechar mapas topográficos de la región).

5.3.3 Organización de la información

Realizar un proyecto SIG a partir de datos levantados en terreno requiere ser muy metodológico clasificando la información en carpetas organizadas y con títulos adecuados. En algunos casos podemos movernos con centenas o millares de puntos levantados.

A parte del propio levantamiento de la información cartográfica normalmente se incluye otra información en la base de datos, ya sean códigos, características descriptivas o cualquier información de interés. Estos datos se clasifican en tablas donde existen las columnas de las coordenadas y luego todos los demás parámetros organizados en columnas, son los llamados campos.

Es muy importante definir bien estos campos, con su nombre y la característica del dato (si es número, texto, fecha, etc). Igualmente, es importante organizar bien las tablas, para no perderse, por ejemplo con un criterio geográfico: cada carpeta un distrito.

Igualmente es necesario que quede definido el tipo de unidad en los datos numéricos, para no mezclar datos de diferentes unidades. Así como es importante agrupar respuestas para que estén escritas siempre de la misma manera y poder realizar consultas.

5.3.4 Introducir datos en el SIG

Los datos en el proyecto SIG principalmente se pueden introducir a partir de:

- Shapes o capas de otros proyectos.
- Una tabla de coordenadas que proviene de un GPS.
- Tablas de datos donde normalmente habrá unas columnas que sean las coordenadas o bien se asociarán a elementos ya existentes en el SIG.
- Un mapa en otro formato como pueden ser programas de dibujo.
- Imágenes ráster importadas.
- Dibujando en la propia vista, creando una capa de cero.

Para importar de otros programas será necesario tener claro cuáles son los formatos que el programa SIG que se está utilizando puede leer.

La introducción de tablas en Gv-SIG se realiza a partir del formato “DataBase, .dbf”, este formato se puede extraer tanto del Excel como del Access, tiene ciertas particularidades como por ejemplo que el nombre de los campos solo puede tener 8 caracteres.

5.4. PRESENTACIÓN DE UN PROGRAMA DE SIG: GV-SIG

En el GV-SIG igual que en la mayor parte de los programas SIG existe el “proyecto” que contiene las vistas, las tablas y los mapas, es una especie de cajón donde se guardan las relaciones entre los datos geográficos, los alfanuméricos y las características de los formatos.

5.4.1 Vistas

La vista es el espacio digital donde se junta toda la información geográfica. Los datos se cargan en capas que se superponen. Estas capas pueden ser ordenadas según las

preferencias de visualización, igualmente en las capas se definen los formatos de los elementos.

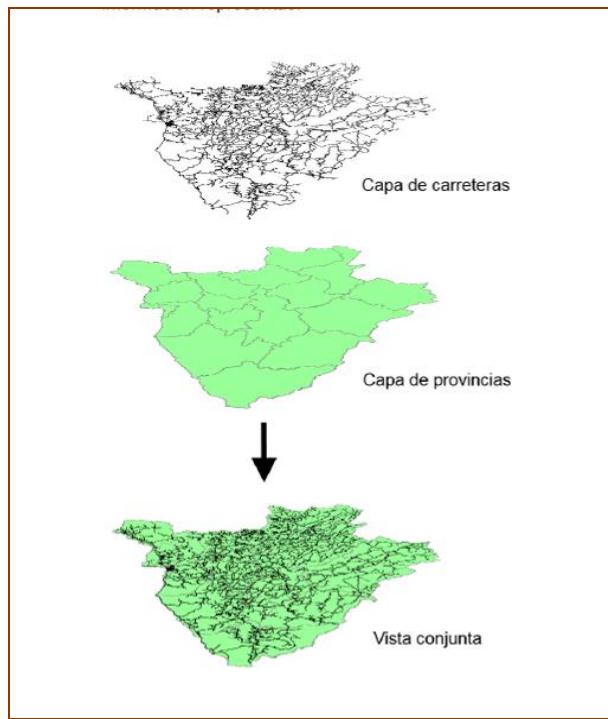


Gráfico 8: Superposición de las capas en la Vista. Fuente: ESF - UNAC , 2012.

Las capas pueden ser raster, formadas por píxeles, como fue definido anteriormente, o vectoriales, formadas por puntos, líneas o polígonos.

En la vista se pueden definir los **formatos** de visualización: definir colores, grosores de línea, iconos para los puntos. Una de las particularidades del SIG es definir el formato según alguna característica de la tabla. Por ejemplo, después de una campaña de análisis microbiológico se podrían mostrar en verde las fuentes seguras y en rojo las que tienen contaminación bacteriana, o incluso hacer una gradación de colores según el valor del parámetro.

Las **etiquetas** son la visualización en pantalla de un cierto dato de la tabla, en cada capa se pueden activar o desactivar según lo que interese. Por ejemplo, en un mapa de poblaciones puede interesar que el nombre salga escrito al lado de cada punto.

5.4.2 Tablas

La información alfanumérica asociada a los elementos de las capas se almacena en tablas. Los atributos de estas tablas son cada uno de los elementos o filas de la tabla, se definen por un código único.

Las características que de estos elementos se almacenan en las columnas de la tabla, son los campos, normalmente definidos por el tipo de dato que contienen (números, texto, fecha, etc.).

A partir de la vista se puede abrir la tabla relacionada a los elementos de una capa, donde se puede ver la información alfanumérica almacenada. Las tablas pueden introducirse en el proyecto SIG para crear una nueva capa, en este caso, entre las columnas de la tabla deben existir dos que sean de coordenadas, identificándolas los elementos quedan situados geográficamente en la vista.

Así mismo se pueden introducir tablas de datos que queramos relacionar con una cierta capa existente en el proyecto, en este caso, es necesario que exista un campo común para poder incorporar la nueva información. Por ejemplo, podemos tener los pozos de una provincia localizados en el mapa y programar introducir una tabla con los datos de conductividad, sería necesario simplemente un campo común, normalmente un código por pozo.

5.4.3 Mapas

Los mapas son la representación final de los datos almacenados en la base de datos. Gracias a estar formado por capas, a partir de un proyecto se pueden crear multitud de mapas.

En los mapas se pueden añadir elementos externos como el norte, la leyenda o la escala.

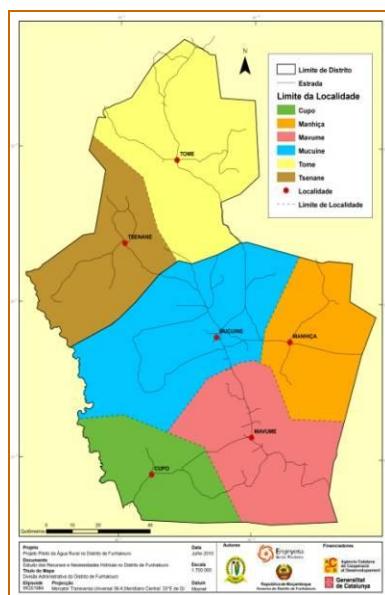


Gráfico 9: Ejemplo de un mapa creado con GV-SIG, división administrativa del distrito de Funhalouro (Mozambique). Fuente: ESF - UNAC , 2012.

5.4.4 Algunas particularidades

El típico formato para la información geográfica en el SIG es el “shp”, estos archivos se pueden abrir tanto en GV-SIG como en ArcMap y otros programas. Aun así, la información está contenida en varios archivos donde se guardan los datos alfanuméricos, los formatos y demás. Hay que tener cuidado al pasar información de incluir todos los archivos relacionados, normalmente tienen el mismo nombre y distintas extensiones.

Igualmente es importante tener en cuenta que el proyecto en SIG guarda las rutas hacia varios archivos, si se cambian las carpetas o las ubicaciones de los archivos el programa seguramente no los podrá abrir.

Antes de empezar a trabajar en un proyecto nuevo es necesario definir el sistema de coordenadas en el botón de propiedades del área de trabajo. Todos los datos geográficos que se incorporen deberán ser coherentes con este sistema de coordenadas. También hay que definir las unidades de medida para calcular áreas y longitudes, esto será especialmente importante a la hora de hacer consultas.

5.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

El SIG es una herramienta muy potente para análisis de la información. En este apartado se dan algunas pinceladas de algunas de los mecanismos de consulta de datos y de los procesos de análisis espacial.

En primer lugar la información se puede **filtrar**, ya sea en las propias tablas, como en una hoja de cálculo, como en las vistas, definiendo diferentes formatos según determinados valores almacenados. Un ejemplo típico es representar el punto de las poblaciones de tamaño proporcional al número de sus habitantes.

El análisis espacial o geográfico tiene multitud de operaciones posibles. Dos de los más típicos son la unión y la intersección. Una **unión** junta datos de capas de igual tipo (puntos, líneas o polígonos) que normalmente tienen alguna similitud, por ejemplo puntos de demanda de agua en dos barrios diferentes. Aplicando el proceso de unión se obtiene una nueva capa que incorpora elementos de las dos capas unidas sin duplicar los elementos repetidos.

En la **intersección** se extrae de dos capas diferentes aquella parte que se solapa entre las dos. Así, el resultado es una nueva capa que contiene los elementos incluidos en la zona de solape de ambas capas. Un ejemplo de intersección puede ser una capa de municipios y una capa de cuencas de la que se extrae la capa de cuencas en el municipio determinado.

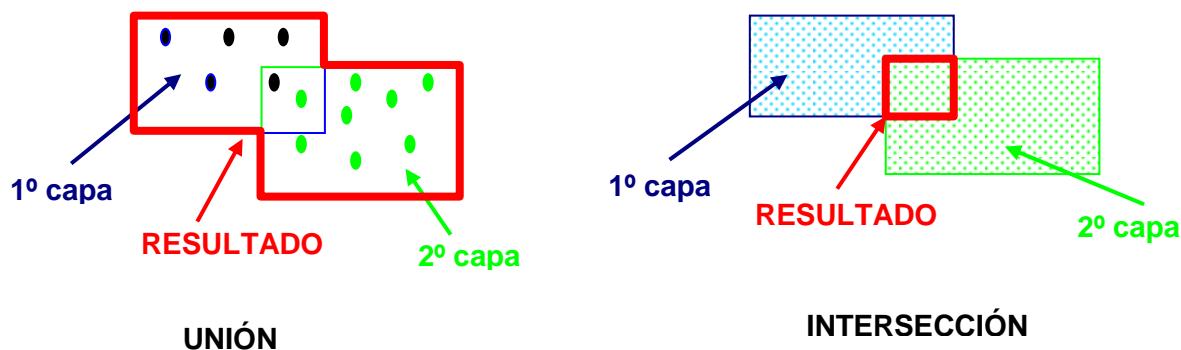


Gráfico 10: Esquema de los procesos de Unión e Intersección entre capas en el SIG.

Otro de los análisis geográficos más realizados es el cálculo de áreas de influencia o buffer. Consiste en definir una cierta área donde cada elemento puede tener una cierta influencia. Por ejemplo, pude ser muy útil para visualizar a cobertura de las fuentes de agua, definiendo un radio de 1km por cada fuente y superponiendo las comunidades. Podremos ver qué comunidades están fuera de la zona de cobertura y por tanto, son más deficitarias en relación al abastecimiento de agua.

Un área de influencia definida a partir de una capa de ríos podría ser su área de protección ambiental donde no se puede construir, a unos ciertos metros a lado y lado del río.

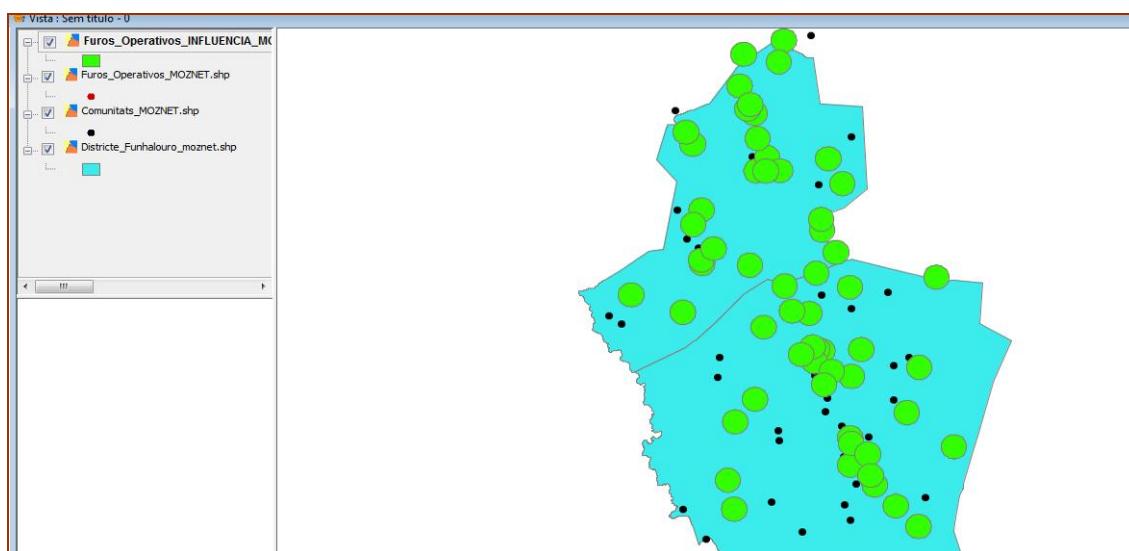


Gráfico 11: Superposición de las comunidades y las áreas de influencia de las fuentes operativas en el distrito de Funhalouro (Mozambique) realizado en Gv-SIG. Fuente: ESF - UNAC , 2012.

5.6. BIBLIOGRAFÍA

ESF – UNAC (2012). *Manual Básico de Herramientas de Mapeo: SIG*. Barcelona – Inhambane (Mozambique). Author.

Imagen proyección UTM, recuperado el 20/09/2012 de
http://www.cartovirtual.es/aprendizaje/cursoTIG/desarrollos_cilndricos_transversos_proyeccin_utm.html