

HERRAMIENTA SOFTWARE DE USO ACADEMICO PARA GENERACION  
DE ESTRUCTURAS BASICAS EN LA VISUALIZACION DE SUPERFICIES

JUAN CARLOS ANGARITA CASTELLANOS  
INGENIERO DE PETROLEOS

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
Y SENSORES REMOTOS  
MAYO DE 2004

HERRAMIENTA SOFTWARE DE USO ACADEMICO PARA GENERACION  
DE ESTRUCTURAS BASICAS EN LA VISUALIZACION DE SUPERFICIES

JUAN CARLOS ANGARITA CASTELLANOS  
INGENIERO DE PETROLEOS

TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO  
DE ESPECIALISTA EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
Y SENSORES REMOTOS

DIRECTOR  
Ingeniero M.Sc., Ph.D. Germán Gavilán

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICO MECANICAS  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
ESPECIALIZACION EN SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA  
Y SENSORES REMOTOS  
MAYO DE 2004

A Dios por la vida, las oportunidades, luz y guía permanente,

A mis padres, Carlos Alirio y Carmen Lucila, por su constante apoyo,

A mis hijas, Maria Fernanda y Sara Camila, que con su existencia han sido mi empuje,

Y a mi esposa, Maria Ximena, por su apoyo y comprensión

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	1
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	2
1.1 ANTECEDENTES .....	2
1.2 FORMULACIÓN.....	2
1.3 JUSTIFICACIÓN .....	2
2. OBJETIVOS DEL PROYECTO .....	3
2.1 OBJETIVO GENERAL .....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	3
3. ESTADO DEL ARTE .....	4
3.1 MARCO TEÓRICO .....	4
3.1.1 Definiciones .....	4
3.2 ALGORITMO BASE.....	5
3.3 IMPLEMENTACION DEL ALGORITMO .....	7
4. MARCO TECNOLÓGICO .....	12
4.1 Antecedentes de Los Sig .....	12
4.2 Definición De Los Sistemas De Información Geográfica.....	13
4.3 Construcción De Los Sistemas De Información Geográfica .....	14
4.4. Construcción De Bases De Datos Geográficas .....	17
4.5 Aplicaciones de los Sistemas De Información Geográfica .....	18
5. MARCO HISTÓRICO .....	22

6. MODELO DE INTERFAZ AL USUARIO .....	23
7. ENTORNO DE DESARROLLO .....	25
8. FACTORES CRITICOS DE USO .....	26
8.1 Usabilidad e Interactividad .....	26
8.2 DISPONIBILIDAD E INSTALACION .....	27
8.2 DATOS .....	27
9. USO DEL SOFTWARE .....	28
9.1 MANUAL DE USUARIO .....	28
9.2 INSTALACION .....	32
9.3 NAVEGACION ENTRE OPCIONES .....	33
9.4 ACCESO .....	33
CONCLUSIONES .....	34
RECOMENDACIONES .....	35
BIBLIOGRAFIA.....	36

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Representación de una superficie en un GIS.	15
Figura 2. Representación simbólica de la estructura de la información en un SIG.	16
Figura 3. Capas presentes en un mapa.	17
Figura 4. Representación del mundo real de forma raster y vectorial.	17
Figura 5. Interfaz de usuario.	23
Figura 6. Manejo de Ventanas.	24
Figura 7. Menú archivo.	28
Figura 8. Menú de edición.	28
Figura 9. Menú Ver.	29
Figura 10. Muestra de triangulación (con puntos).	29
Figura 11. Muestra de triangulación sin puntos.	30
Figura 12. Visualización solo puntos (entrada).	30
Figura 13. Polígonos de Voronoi.	30
Figura 14. Triangulación y polígonos de Voronoi.	31
Figura 15. Menú ventana.	31

Figura 16. Menú Ayuda.

32

Figura 17. Ventana de información.

32

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Navegación entre opciones	33

## RESUMEN (ESPAÑOL)

TITULO<sup>\*</sup>: HERRAMIENTA SOFTWARE DE USO ACADEMICO PARA GENERACION DE ESTRUCTURAS BASICAS EN LA VISUALIZACION DE SUPERFICIES

AUTOR: Ing. JUAN CARLOS ANGARITA CASTELLANOS<sup>\*\*</sup>

PALABRAS CLAVE: SUPERFICIE, ESTRUCTURA, VORONOI, DELAUNAY, MAPAS, SIG, VISUALIZACION, 3D, TRIDIMENSIONAL, GEOMETRIA.

### CONTENIDO:

La visualización de superficies reviste gran importancia en diversos campos de la ingeniería, la economía, el desarrollo social, ambiental, entre muchos otros, por lo cual es fundamental entender los mecanismos empleados para su representación en desarrollo del principio de modelado que indica que se debe conocer las características del modelo, sus condiciones de diseño y aplicación, suposiciones, limitaciones y consideraciones especiales para poder tener certeza de los resultados obtenidos.

El desarrollo del tema parte de los principios matemáticos base para la triangulación y los polígonos de Voronoi, mediante los cuales se pretende llevar al estudiante, profesional, docente e investigador en Sistemas de Información Geográfica o Geometría computacional a un proceso inductivo – e interactivo – mediante el cual podrá manipular las estructuras básicas de generación de superficies.

La exploración de los modelos de Delaunay y Voronoi pretende desarrollar conocimiento e idea acerca del funcionamiento de tales algoritmos. Sienta a su vez la base para futuras investigaciones y trabajos que expandan lo aquí presentado a visualizaciones mas complejas, empleando posiblemente tecnologías como OpenGL o DirectX en tal labor. A su vez, existen numerosos métodos de generación de estructuras base para la visualización, de optimizaciones y procesos de reducción de elementos que sería interesante su desarrollo.

---

\* Monografía

\*\* Facultad de Ciencias Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Especialización en Sistemas de Información Geográfico y Sensores Remotos. Director: Ing. Hernán Porras, MSc., Ph. D..

## ABSTRACT (ENGLISH)

TITLE<sup>\*</sup>: ACADEMIC SOFTWARE SUITABLE FOR GENERATION OF BASIC STRUCTURES ON SURFACES REPRESENTATION AND VISUALIZATION.

AUTHOR: Eng. JUAN CARLOS ANGARITA CASTELLANOS<sup>\*\*</sup>

KEYWORDS: SURFACE, WIREFRAME, VORONOI, DELAUNAY, MAPS, VISUALIZATION, 3D, TRIDIMENSIONAL, GEOMETRY, GIS.

### CONTENTS:

Surface visualization has a big impact and relevance on several fields: engineering, economy and social development, environmental, among others, making a fundamental task the proper understanding of internal mechanisms used in this kind of representation completing the modeling principles, where one of them demands to know the model characteristics, design and development conditions, suppositions, limits and special considerations in order to get a fully accurate and reliable result.

To achieve this, the document starts from the basic math principles involved on Delaunay triangulation and Voronoi polygons, in an effort to take the student, Professional, teacher, instructor, specialist or researcher on Geographic Information Systems or Computational Geometry in an inductive – interactive journey where he (or she) shall be able to manipulate and interact with basic structures – wire frames – of surface generation.

The exploration of Delaunay and Voronoi methods seeks to create and promote specific knowledge on the functioning and behavior of such algorithms. At the same time provides the basics for future researches on the same or related themes where more complex visualizations are obtained thru the usage of advanced technologies as OpenGL or DirectX, multiple method implementation, optimizations and node reductions algorithms, color mapping, shading, topological enhancements, and so on.

---

\* Monograph

\*\* Faculty of Ciencias Físico mecánicas, Escuela de Ingeniería Civil, Especialización en Sistemas de Información Geográfico y Sensores Remotos. Director: Ing. Hernán Porras, MSc., Ph. D..

## INTRODUCCIÓN

Uno de los principios básicos para la formulación y aplicación de modelos es el entender, así sea de forma somera, como funcionan estos modelos, puesto que éstos al diseñarse se parte de consideraciones, suposiciones e incluso aplicaciones específicas que si no son consideradas al aplicar el modelo, invalidarán los resultados obtenidos.

Sin embargo, es común ver la aplicación de modelos como regla de verdad, en especial en procesos informáticos, muchas veces sin saberse, transfiriendo la responsabilidad y la confiabilidad del resultado al software.

Dentro del uso de los Sistemas de Información Geográfico – SIG – y en general todo tipo de modelamiento espacial la representación de superficies, sean éstas cartográficas, atributivas o simuladas, reviste de una importancia primordial por ser la materia prima base para el cálculo, proceso y visualización de las mismas. Sin embargo, el conocimiento de cómo éstas aparecen es difícil de transferir hacia los usuarios – y estudiantes de tecnologías SIG – por cuanto los algoritmos empleados poseen cierta complejidad.

El producto provee la forma de generar interactivamente el átomo de la superficie – el TIN – para que sus usuarios conozcan como sucede primordialmente la construcción y posterior representación, proceso y visualización de superficies.

## **1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1 ANTECEDENTES**

A nivel nacional y en especial en centros de educación que como parte de su oferta académica la formación en Sistemas de información Geográfica se ha procurado la enseñanza de técnicas de diseño, desarrollo e implementación de estos sistemas, empleando diversas herramientas de software, pero al presentar al alumno la forma como estos aplicativos de software trabajan y a su vez obtienen sus resultados es difícil para el alumno abstraer los conceptos matemáticos y geométricos con los cuales trabajan estas herramientas. Es muy usual que el uso de estas herramientas estén basadas en prácticas de fe más que conocimiento del algoritmo dificultando el desarrollo de nuevas tecnologías informáticas alrededor de las mismas así como el uso correcto de la tecnología actual.

### **1.2 FORMULACIÓN**

Proveer una herramienta software interactivo que permite al estudiante, usuario, profesional y/o investigador en Sistemas de Información Geográfica o geometría computacional observar y entender como funciona la generación de las estructuras básicas en visualización de superficies.

### **1.3 JUSTIFICACIÓN**

Entender el modelo para saber de que forma se puede trabajar en el y con que validez se obtienen los resultados actuales.

Facilitar el entendimiento de los algoritmos involucrados en la representación de superficies.

## **2. OBJETIVOS DEL PROYECTO**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Proporcionar una herramienta interactiva de fácil uso para ver y conocer como se generan superficies con base en los TINs (arreglos irregulares de triángulos).

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Entender el proceso algorítmico en la generación de estructuras básicas para la representación de superficies, a partir de la triangulación de Delaunay.
- Desarrollar un software que implemente la triangulación de Delaunay.
- Implementar el algoritmo de los polígonos de Voronoi útil en el desarrollo y análisis de superficies.

### 3. ESTADO DEL ARTE

#### 3.1 MARCO TEÓRICO

##### 3.1.1 DEFINICIONES

###### OPERATIVAS (SOFTWARE)

- Ambiente. Entorno de trabajo.
- Cargar. Permite la carga de archivos en formato texto con los atributos X, Y y Z separados por espacio o por cualquier otro identificador diferente a un dígito. Los valores X, Y y Z deben ser enteros. No se permite la carga de reales pues en la práctica no hay diferencia visual.
- Círculos. Activa, o desactiva, la presentación de los círculos accesorios del algoritmo de Voronoi en el ambiente de trabajo. Si no está activa la opción de visualización de Voronoi, los círculos no se muestran.
- Delaunay N2. Provee la triangulación Delaunay según el algoritmo de la fase de análisis optimizado para dos bucles.
- Delaunay N4. Realiza la triangulación Delaunay según el algoritmo original con cuatro bucles. La diferencia computacional no es alta para una pequeña cantidad de puntos y dado que el software, de fines académicos, no soporta grandes cantidades de éstos, no es muy evidente el cambio de tiempos.
- Desplazamiento. Mueve la superficie hacia arriba, abajo, izquierda o derecha.
- Imagen. Bitmap que contiene, para esta aplicación, el resultado del proceso de generación gráfico según las opciones seleccionadas.
- Nuevo. Presenta una nueva área de trabajo. El software es multi documento por lo cual pueden tenerse varias áreas de trabajo abiertas y disponibles.
- Paso a paso. Genera imágenes en cada uno de los pasos clave del algoritmo.

- Puntos. Activa, o desactiva, la presentación de puntos en el ambiente.
- Triángulos. Activa, o desactiva, la presentación en pantalla de la triangulación Delaunay en todas las ventanas que estén en el ambiente de trabajo.
- Voronoi. Activa, o desactiva, la visualización de los polígonos de Voronoi en todas las ventanas del ambiente de trabajo.
- Zoom -. Aleja la superficie en un factor de 75%.
- Zoom +. Acerca la superficie en un factor de 150%.
- Zoom normal. Reestablece la escala de la superficie a un factor de 100%.

## TEMATICO

- Estructura raster. Matrices regulares donde cada celda representa el valor medio del área cubierta, pudiendo ser éste interpolado.
- Estructura TIN. Triangulated Irregular Network. Red de triángulos irregulares. (Peucker 1978).
- Modelos analógicos. Modelos físicos.
- Modelos digitales. Modelos simbólicos que requieren procesos de codificación de la información para que pueda tener una representación en un computador.
- Modelos. Representación simplificada de la realidad en la que aparecen algunas de sus propiedades.

## 3.2 ALGORITMO BASE

Se incluyen dos algoritmos de generación y representación de superficies según Delaunay en dos grados diferentes de complejidad y tiempos de generación (N4 y N2) y se analizó un algoritmo general para producir los polígonos de Voronoi, no obstante éstos no fueron propuestos en el proyecto planteado.

Para la generación según O'Rourke "La triangulación Delaunay de un conjunto de puntos en dos dimensiones es precisamente la proyección del plano X-Y del casquete convexo de los puntos transformados en tres dimensiones según el paraboloides  $z = x^2 + y^2$ "

De lo anterior se establece el siguiente seudo código para la triangulación Delaunay:

Delaunay  $O(N^4)$ :

Para cada  $i < n$

    calcule  $z = x^2 + y^2$

Para cada  $i < n - 2$

    Para cada  $j < n$

        Para cada  $k < n$

            Calcule la normal al triángulo

            Examine las caras en el fondo del triángulo (solo)

            si  $(j \neq k \ \&\& \ z_n < 0)$  {

                Para cada  $m < n$  {

                    Si punto  $m$  es sobre los puntos  $(i, j, k)$

                    Entonces hay un triángulo Delaunay

                    De lo contrario descártelo

                }

            }

El análisis de tiempo de generación ( $N^4$ ) es alto causado por los cuatro bucles anidados.

Para cada tripleta de puntos  $(i, j, k)$  el programa revisa si todos los demás puntos están encima o debajo del plano que contiene a  $i, j$  y  $k$  de tal suerte que si lo están se produce un triángulo de Delaunay. El plano de prueba es producido con base en la normal al triángulo con un vector del punto  $i$  al  $m$ . Este algoritmo presenta otro inconveniente alrededor de una posible interrupción del mismo si se descubren puntos debajo del plano.

Delaunay  $O(N^2)$ :

Para reducir el tiempo de cómputo se aplica lo siguiente:

- Se calculan los valores del atributo.
- Se construye el casquete.
- Se examina el casquete y se determinan los puntos en el casquete inferior mediante el cálculo de un vector normal a cada cara (del triángulo).
- Los puntos que estén en el casquete inferior son triángulos Delaunay.

Voronoi O(N log (N)):

```
Mientras (delaunay triangles ) {
    //calcule centros px, py y radio rad de triángulo
    Delaunay
    A = bx - ax,
    B = by - ay,
    C = cx - ax,
    D = cy - ay,
    E = A(ax + bx) + B(ay + by)
    F = C(ax + cx) + D(ay + cy)
    G = 2(A(cy - by) - B(cx - bx)),
    px = (DE - BF)/G,
    py = (AF - CE)/G.
    rad = dist( (px,py) to A or B or C)
}
```

Verifique si las aristas están en la estructura de datos.

Si (ya se añadió)

    Añada el centro Voronoi de ese triángulo.

    De lo contrario

    Crear un nuevo nodo Voronoi y añadir la información

Mostrar las aristas, vértices y círculos de generación

Como se ve en el pseudo código y dado que la triangulación Delaunay está disponible es factible añadir la generación de polígonos Voronoi al examinar cada uno de los triángulos y generar un nodo en el centro del triángulo o un nodo nuevo.

### **3.3 IMPLEMENTACION DEL ALGORITMO**

El pseudo código mostrado en la fase de análisis se transforma en código C++ al cual se le añadirá los propios de la interfaz de usuario, de lo cual se resaltan las siguientes porciones de código:

```

void DoubleTriangle( void ) // Dibuja los puntos iniciales
{
    tVertex v0, v1, v2, v3, t;
    tFace f0, f1 = NULL;
    tEdge e0, e1, e2, s;
    int vol;
    /* Find 3 non-Collinear points. */
    v0 = vertices;
    while ( Collinear( v0, v0->next, v0->next->next ) )
        if ( ( v0 = v0->next ) == vertices )
            printf("DoubleTriangle: All points are Collinear!\n"), exit(0);
    v1 = v0->next;
    v2 = v1->next;
    /* Mark the vertices as processed. */
    v0->mark = PROCESSED;
    v1->mark = PROCESSED;
    v2->mark = PROCESSED;
    /* Create the two "twin" faces. */
    f0 = MakeFace( v0, v1, v2, f1 );
    f1 = MakeFace( v2, v1, v0, f0 );
    /* Link adjacent face fields. */
    f0->edge[0]->adjface[1] = f1;
    f0->edge[1]->adjface[1] = f1;
    f0->edge[2]->adjface[1] = f1;
    f1->edge[0]->adjface[1] = f0;
    f1->edge[1]->adjface[1] = f0;
    f1->edge[2]->adjface[1] = f0;
    /* Find a fourth, non-coplanar point to form tetrahedron. */
    v3 = v2->next;
    vol = VolumeSign( f0, v3 );
    while ( !vol ) {
        if ( ( v3 = v3->next ) == v0 )
            printf("DoubleTriangle: All points are coplanar!\n"), exit(0);
        vol = VolumeSign( f0, v3 );
    }
    /* Insure that v3 will be the first added. */
    vertices = v3;
}

void ConstructHull( void ) //Arma el casquete
{
    tVertex v, vnext;
    int vol;
    bool changed; /* T if addition changes hull; not used. */

    v = vertices;

```

```

do {
    vnext = v->next;
    if ( !v->mark ) {
        v->mark = PROCESSED;
        changed = AddOne( v );
        CleanUp();
        if ( check ) {
            fprintf(stderr,"ConstructHull: After Add of %d & Cleanup:\n", v->vnum);
            Checks();
        }
    }
    v = vnext;
} while ( v != vertices );
}

```

```

bool AddOne( tVertex p )                // Añade puntos al casquete
{
    tFace f;
    tEdge e;
    int vol;
    bool vis = FALSE;

    /* Mark faces visible from p. */
    f = faces;
    do {
        vol = VolumeSign( f, p );
        if ( vol < 0 ) {
            f->visible = VISIBLE;
            vis = TRUE;
        }
        f = f->next;
    } while ( f != faces );

    /* If no faces are visible from p, then p is inside the hull. */
    if ( !vis ) {
        p->onhull = !ONHULL;
        return FALSE;
    }

    /* Mark edges in interior of visible region for deletion.
       Erect a newface based on each border edge. */
    e = edges;
    do {
        tEdge temp;
        temp = e->next;

```

```

    if ( e->adjface[0]->visible && e->adjface[1]->visible )
        /* e interior: mark for deletion. */
        e->delete = REMOVED;
    else if ( e->adjface[0]->visible || e->adjface[1]->visible )
        /* e border: make a new face. */
        e->newface = MakeConeFace( e, p );
    e = temp;
} while ( e != edges );
return TRUE;
}

```

```

int VolumeSign( tFace f, tVertex p ) //Determina la posición del punto en el
casquete
{
    double vol;
    int voli;
    double ax, ay, az, bx, by, bz, cx, cy, cz, dx, dy, dz;
    double bxdx, bydy, bzdz, cxdx, cydy, czdz;

    ax = f->vertex[0]->v[X];
    ay = f->vertex[0]->v[Y];
    az = f->vertex[0]->v[Z];
    bx = f->vertex[1]->v[X];
    by = f->vertex[1]->v[Y];
    bz = f->vertex[1]->v[Z];
    cx = f->vertex[2]->v[X];
    cy = f->vertex[2]->v[Y];
    cz = f->vertex[2]->v[Z];
    dx = p->v[X];
    dy = p->v[Y];
    dz = p->v[Z];

    bxdx=bx-dx;
    bydy=by-dy;
    bzdz=bz-dz;
    cxdx=cx-dx;
    cydy=cy-dy;
    czdz=cz-dz;
    vol = (az-dz) * (bxdx*cydy - bydy*cxdx)
          + (ay-dy) * (bzdz*cxdx - bxdx*czdz)
          + (ax-dx) * (bydy*czdz - bzdz*cydy);

    /* The volume should be an integer. */
    if ( vol > 0.5 ) return 1;
    else if ( vol < -0.5 ) return -1;
}

```

```

        else                return 0;
    }

Int Normz( tFace f ) //Determina la normal
{
    tVertex a, b, c;

    a = f->vertex[0];
    b = f->vertex[1];
    c = f->vertex[2];
    return
        ( b->v[X] - a->v[X] ) * ( c->v[Y] - a->v[Y] ) -
        ( b->v[Y] - a->v[Y] ) * ( c->v[X] - a->v[X] );
}

void LowerFaces( void ) // Determina los puntos de la parte inferior del
casquete
{
    tFace f = faces;
    int Flower = 0;
    do {
        if ( Normz( f ) < 0 ) {
            Flower++;
            f->lower = TRUE;
        }
        else f->lower = FALSE;
        f = f->next;
    } while ( f != faces );
}

```

## 4. MARCO TECNOLÓGICO

### 4.1 ANTECEDENTES DE LOS SIG

En los años 1960 y 1970 emergieron nuevas tendencias en la forma de utilizar los mapas para la valoración de recursos y planificación. Dándose cuenta de que las diferentes coberturas sobre la superficie de la tierra no eran independientes entre sí, sino que guardaban algún tipo de relación, se hizo latente la necesidad de evaluarlos de una forma integrada y multidisciplinaria. Una manera sencilla de hacerlo era superponiendo copias transparentes de mapas de coberturas sobre mesas iluminadas y encontrar puntos de coincidencia en los distintos mapas de los diferentes datos descriptivos.

Luego, esta técnica se aplicó a la emergente tecnología de la informática con el procedimiento de trazar mapas sencillos sobre una cuadrícula de papel ordinario, superponiendo los valores de esa cuadrícula y utilizando la sobreimpresión de los caracteres de la impresora por renglones para producir tonalidades de grises adecuadas a la representación de valores estadísticos, en lo que se conocía como sistema reticular; sin embargo, estos métodos no se encontraban desarrollados lo suficiente y no eran aceptados por profesionales que manejaban, producían o usaban información cartográfica.

A finales de los años 70's el uso de computadoras progreso rápidamente en el manejo de información cartográfica, y se afinaron muchos de los sistemas informáticos para distintas aplicaciones cartográficas. De la misma manera, se estaba avanzando en una serie de sectores ligados, entre ellos la topografía, la fotogrametría y la percepción remota. En un principio, este rápido ritmo de desarrollo provocó una gran duplicación de esfuerzos en las distintas disciplinas relacionadas con la cartografía, pero a medida que se aumentaban los sistemas y se adquiría experiencia, surgió la posibilidad de articular los distintos tipos de elaboración automatizada de información espacial, reuniéndolos en verdaderos sistemas de información geográfica para fines generales.

A principios de los años 80's, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se habían convertido en un modelo plenamente operativo, a medida que la tecnología de cómputo se perfeccionaba, se hacía menos costosa y gozaba de una mayor aceptación. Actualmente se están instalando rápidamente estos sistemas en los organismos públicos, los laboratorios de

investigación, las instituciones académicas, la industria privada y las instalaciones militares y públicas.

## **4.2 DEFINICIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

Un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos. Los SIG son una nueva tecnología que permite gestionar y analizar la información espacial y que surgió como resultado de la necesidad de disponer rápidamente de información para resolver problemas y contestar a preguntas de modo inmediato. Existen otras muchas definiciones de SIG, algunas de ellas acentúan su componente de base de datos, otras sus funcionalidades y otras enfatizan el hecho de ser una herramienta de apoyo en la toma de decisiones, pero todas coinciden en referirse a un SIG como un sistema integrado para trabajar con información espacial, herramienta esencial para el análisis y toma de decisiones en muchas áreas vitales para el desarrollo nacional, incluyendo la relacionada con la infraestructura de un municipio, estado o incluso a nivel nacional.

Aunque al leer algunas definiciones de los Sistemas de Información Geográfica se puede pensar que es algo muy complejo, en realidad resulta sencillo de comprender si se percibe a un SIG como un programa de cómputo, un software con funciones específicas. En este sentido un SIG es igual que una hoja de cálculo o un procesador de textos, solo que para el caso de los SIG se tienen programas como *Arcinfo*, *Geomedia* o *Geographics*, por citar solo a algunos.

En términos prácticos, la función principal de este software es contar con cartografía con bases de datos asociadas, con la misión principal de resolver problemas espaciales o territoriales; es decir, un programa que permita manejar conjuntamente la cartografía y las bases de datos alfanuméricas asociadas.

Dicho de esta manera se podría pensar en un CAD como *Autocad*, *Microstation* u otros que permiten asociar bases de datos a los elementos del dibujo. Pero la diferencia fundamental estriba que con un SIG es posible realizar análisis de la cartografía para generar nueva cartografía en función de los resultados obtenidos, además de hacer consultas más completas al poder combinar criterios alfanuméricos y espaciales.

Otras definiciones más académicas hacen hincapié en el SIG como disciplina o ciencia aplicada, incluyen en su formulación no solo al software sino también el hardware, equipo técnico y filosofía de trabajo integrándolo todo de una forma global. Una de las más citadas es la del *National Center for Geographic Information and Analysis, N.C.G.I.A.*: "un sistema de hardware, software y procedimientos diseñados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión".

La definición del diccionario de la *Association for Geographic Information (AGI)* y el Departamento de Geografía de la Universidad de Edimburgo lo explica como: "un sistema de cómputo para obtener, almacenar, integrar, manipular, analizar y representar datos relativos a la superficie terrestre".

De estas definiciones se puede extraer que la importancia de los SIG radica en que las soluciones para muchos problemas frecuentemente requieren acceso a varios tipos de información que sólo pueden ser relacionadas por geografía o distribución espacial. Sólo la tecnología SIG permite almacenar y manipular información usando geografía para analizar patrones, relaciones y tendencias en la información, todo tendiente a contribuir a tomar mejores decisiones.

#### **4.3 CONSTRUCCIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

La construcción e implementación de un SIG en cualquier organización es una tarea siempre progresiva, compleja, laboriosa y continúa. Los análisis y estudios anteriores a la implantación de un SIG son similares a los que se deben realizar para establecer cualquier otro sistema de información; sin embargo, en los SIG hay que considerar las características especiales de los datos utilizados y sus correspondientes procesos de actualización.

Los esfuerzos y la inversión necesaria para crear las bases de datos y tener un SIG eficiente y funcional no son pequeños, aunque tampoco significa una gran inversión. Es un esfuerzo permanente por ampliar y mejorar los datos almacenados, utilizando las herramientas más eficientes para tal propósito.

La información geográfica contiene una referencia territorial explícita como latitud y longitud o una referencia implícita como domicilio o código postal. Las referencias implícitas pueden

ser derivadas de referencias explícitas mediante geocodificación. Los SIG funcionan con dos tipos diferentes de información geográfica: el modelo vector y el modelo raster. El modelo raster funciona a través de una retícula que permite asociar datos a una imagen; es decir, se pueden relacionar paquetes de información a los píxeles de una imagen digitalizada. En el modelo vector, la información sobre puntos, líneas y polígonos se almacena como una colección de coordenadas (x, y). La ubicación de una característica puntual, pueden describirse con un sólo punto (x, y). Las características lineales, pueden almacenarse como un conjunto de puntos de coordenadas (x, y). Las características poligonales, pueden almacenarse como un circuito cerrado de coordenadas.

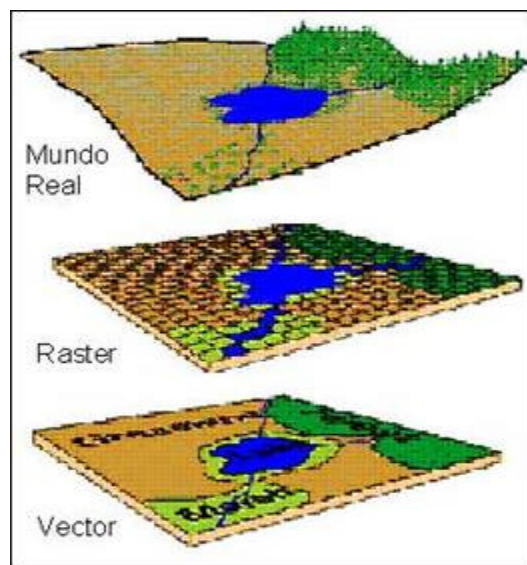


Figura 1. Representación de una superficie en un GIS

Hoy en día el condicionante principal a la hora de afrontar cualquier proyecto basado en SIG lo constituye la disponibilidad de datos geográficos del territorio a estudiar, mientras que hace diez años lo era la disponibilidad de computadoras potentes que permitieran realizar los procesos de cálculo involucrados en el análisis de datos territoriales.

Pero además de ser un factor limitante, la información geográfica es a su vez el elemento diferenciador de un Sistema de Información Geográfica frente a otro tipo de Sistemas de Información; así, la particular naturaleza de este tipo de información contiene dos vertientes diferentes: por un lado está la vertiente espacial y por otro la vertiente temática de los datos. Mientras otros Sistemas de Información contienen sólo datos alfanuméricos (nombres,

direcciones, números de cuenta, etc.), las bases de datos de un SIG integran además la delimitación espacial de cada uno de los objetos geográficos.

Por ejemplo, un lago que tiene su correspondiente forma geométrica plasmada en un plano, tiene también otros datos asociados como niveles de contaminación, flora, fauna, pesca y niveles de captación en relación a la temporada del año.

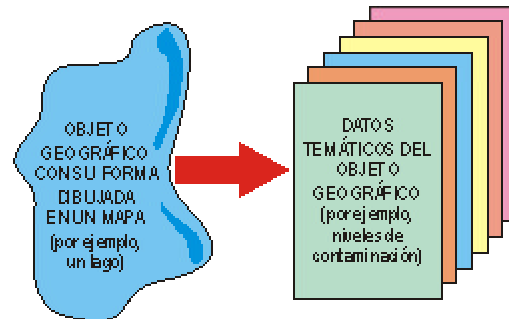


Figura 2. Representación simbólica de la estructura de la información en un SIG

Otro ejemplo podría ser el contar con un suelo definido en los planos de clasificación de un plan maestro de desarrollo. Este suelo urbanizable tiene una serie de atributos, tales como su uso, su sistema de gestión, su edificabilidad, sus características mecánicas, etc. Pero además, tiene una delimitación espacial concreta correspondiente con su propia geometría definida en el plano.

Por tanto, el SIG tiene que trabajar a la vez con ambas partes de información: su topografía perfectamente definida en plano y sus atributos temáticos asociados. Es decir, tiene que trabajar con cartografía y con bases de datos a la vez, uniendo ambas partes y constituyendo con todo ello una sola base de datos geográfica.

De esta manera, se define a la topología como esta capacidad de asociación de bases de datos temáticas junto con la descripción espacial precisa de objetos geográficos y las relaciones entre ellos y es precisamente la topología lo que diferencia a un SIG de otros sistemas informáticos de gestión de información.

#### 4.4. CONSTRUCCIÓN DE BASES DE DATOS GEOGRÁFICAS

La construcción de una base de datos geográfica implica un proceso de abstracción para pasar de la complejidad del mundo real a una representación simplificada que pueda ser procesada por el lenguaje de las computadoras actuales. Este proceso de abstracción tiene diversos niveles y normalmente comienza con la concepción de la estructura de la base de datos, generalmente en capas; en esta fase, y dependiendo de la utilidad que se vaya a dar a la información a compilar, se seleccionan las capas temáticas a incluir.



Figura 3. Capas presentes en un mapa

Pero la estructuración de la información espacial procedente del mundo real en capas conlleva cierto nivel de dificultad. En primer lugar, la necesidad de abstracción que requieren las máquinas implica trabajar con primitivas básicas de dibujo, de tal forma que toda la complejidad de la realidad ha de ser reducida a puntos, líneas o polígonos.



Figura 4. Representación del mundo real de forma raster y vectorial.

En segundo lugar, existen relaciones espaciales entre los objetos geográficos que el sistema no puede obviar; la topología, que en realidad es el método matemático-lógico usado para definir las relaciones espaciales entre los objetos geográficos puede llegar a ser muy compleja, ya que son muchos los elementos que interactúan sobre cada aspecto de la realidad.

La topología de un SIG reduce sus funciones a cuestiones mucho más sencillas, como por ejemplo conocer el polígono (o polígonos) a que pertenece una determinada línea, o bien saber qué agrupación de líneas forman una determinada carretera.

Existen diversas formas de modelar estas relaciones entre los objetos geográficos o topología. Dependiendo de la forma en que ello se lleve a cabo se tiene uno u otro tipo de Sistema de Información Geográfica dentro de una estructura de dos grupos principales: SIG vectoriales y SIG Raster. No existe un modelo de datos que sea superior a otro, sino que cada uno tiene una utilidad específica.

#### **4.5 APLICACIONES DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA**

En la mayoría de los sectores los SIG pueden ser utilizados como una herramienta de ayuda a la gestión y toma de decisiones, a continuación se describen brevemente algunas de sus aplicaciones principales:

1. Cartografía automatizada: Las entidades públicas han implementado este componente de los SIG en la construcción y mantenimiento de planos digitales de cartografía. Dichos planos son puestos a disposición de las empresas a las que puedan resultar de utilidad estos productos con la condición de que estas entidades se encargan posteriormente de proveer versiones actualizadas de manera periódica.
2. Infraestructura: Algunos de los primeros sistemas SIG fueron utilizados por las empresas encargadas del desarrollo, mantenimiento y administración de redes de electricidad, gas, agua, teléfono, alcantarillado, etc.; en este caso, los sistemas SIG almacenan información alfanumérica de servicios relacionados con las distintas representaciones gráficas de los mismos. Estos sistemas almacenan información relativa a la conectividad de los elementos representados gráficamente, con el fin de realizar un análisis de redes.

3. **Gestión territorial:** Son aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de entidades territoriales y permiten un rápido acceso a la información gráfica y alfanumérica, y suministran herramientas para el análisis espacial de la información. Facilitan labores de mantenimiento de infraestructura, mobiliario urbano, etc., y permiten realizar una optimización en los trabajos de mantenimiento de empresas de servicios. Tienen la facilidad de generar documentos con información gráfica y alfanumérica.
4. **Medio ambiente:** Son aplicaciones implementadas por instituciones de medio ambiente, que facilitan la evaluación del impacto ambiental en la ejecución de proyectos. Integrados con sistemas de adquisición de datos permiten el análisis en tiempo real de la concentración de contaminantes, a fin de tomar las precauciones y medidas del caso. Facilitan una ayuda fundamental en trabajos tales como reforestación, explotaciones agrícolas, estudios de representatividad, caracterización de ecosistemas, estudios de fragmentación, estudios de especies, etc.
5. **Equipamiento social:** Implementación de aplicaciones SIG dirigidas a la gestión de servicios de impacto social, tales como servicios sanitarios, centros escolares, hospitales, centros deportivos, culturales, lugares de concentración en casos de emergencias, centros de recreo, entre otros y suministran información sobre las sedes ya existentes en una determinada zona y ayudan en la planificación en cuanto a la localización de nuevos centros. Un buen diseño y una buena implementación de estos SIG aumentan la productividad al optimizar recursos, ya que permiten asignar de forma adecuada y precisa los centros de atención a usuarios cubriendo de forma eficiente la totalidad de la zona de influencia.
6. **Recursos mineros:** El diseño de estos SIG facilitan el manejo de un gran volumen de información generada en varios años de explotación intensiva de un banco minero, suministrando funciones para la realización de análisis de elementos puntuales (sondeos o puntos topográficos), lineales (perfiles, tendido de electricidad), superficies (áreas de explotación) y volúmenes (capas geológicas). Facilitan herramientas de modelación de las capas o formaciones geológicas.
7. **Ingeniería de Tránsito:** Sistemas de Información Geográfica utilizados para modelar la conducta del tráfico determinando patrones de circulación por una vía en función de las condiciones de tráfico y longitud. Asignando un costo a los o puntos en los que puede existir un semáforo, se puede obtener información muy útil relacionada con análisis de redes.
8. **Demografía:** Se evidencian en este tipo de SIG un conjunto diverso de aplicaciones cuyo vínculo es la utilización de las variadas características demográficas, y en

concreto su distribución espacial, para la toma de decisiones. Algunas de estas aplicaciones pueden ser: el análisis para la implantación de negocios o servicios públicos, zonificación electoral, etc. El origen de los datos regularmente corresponde a los censos poblacionales elaborados por alguna entidad gubernamental; para el caso de México el organismo encargado de la procuración de datos generales es el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática, este grupo de aplicaciones no obligan a una elevada precisión, y en general, manejan escalas pequeñas.

9. GeoMarketing: La base de datos de los clientes potenciales de determinado producto o servicio relacionada con la información geográfica resulta indispensable para planificar una adecuada campaña de marketing o el envío de correo promocional, se podrían diseñar rutas óptimas a seguir por comerciales, anuncios espectaculares, publicidad móvil, etc.
10. Banca: Los bancos son buenos usuarios de los SIG debido a que requieren ubicar a sus clientes y planificar tanto sus campañas como la apertura de nuevas sucursales incluyendo información sobre las sucursales de la competencia.
11. Planimetría: La planimetría tiene como objetivo la representación bidimensional del terreno proporcionándole al usuario la posibilidad de proyectar su trabajo sobre un papel o en pantalla sin haber estado antes en el sitio físico del proyecto. El fin de la planimetría es que el usuario tenga un fácil acceso a la información del predio; por ejemplo, saber qué cantidad de terrenos desocupados se encuentran en el lugar, o qué cantidad de postes telefónicos necesita para ampliar su red, o qué cantidad de cable necesita para llegar hasta un cliente, o emplearlo en soluciones móviles, o utilizarlo como plataforma de archivos GIS. En otras palabras, permite el usuario visualizar de forma clara y con gran exactitud la información que se encuentra dentro de su proyecto. Existen distintos tipos de planimetría, que van de la mas básica a la más completa. La elección del tipo de planimetría depende del tipo de información que el usuario vaya a necesitar para su proyecto.
12. Cartografía Digital 3D: Este tipo de información tridimensional de construcciones civiles, es requerida para realizar, por ejemplo, la planeación de la cobertura de las ondas de radio en una población ubicando los rebotes de ondas radiales entre antenas, optimización de redes, ubicación de antenas, interferencias de radio frecuencia, tendido de líneas de transmisión en 3D; o en el caso de la planeación de un aeropuerto este modelado tridimensional permitiría realizar el estudio de los espacios aéreos que intervienen en el proceso de diseño referenciado, en su caso, la viabilidad técnica de su construcción.

13. Las aplicaciones SIG en el sector de hidrocarburos son relativamente nuevas, específicamente en el área de Seguridad Industrial y Medio Ambiente solo se tiene conocimiento de una herramienta desarrollada por Ecopetrol llamada ACOPLAN, la cual esta enfocada a hidrocarburos líquidos, y su aplicación fuerte es la cantidad de líquido derramado y el área afectada en caso de una rotura de un oleoducto o un poliducto, referente a la aplicación del proyecto que es la administración de emergencias en transporte de gas natural, no se realizado ninguna. Inicialmente debido a la infraestructura de Internet que posee nuestro país con unos anchos de banda limitados y unas velocidades de transmisión bajas la potencialidad de ésta aplicación será para redes de Intranet, cuya interfaz de consulta será muy amigable y rápida para el usuario final, las consultas espaciales de una infraestructura de transporte de gas natural permiten modelar en condiciones similares a la realidad una emergencia sobre el gasoducto, procesando gran número de variables que serían realmente imposible de valorar manualmente o con tablas, una imagen puede concluir mucho más que cientos de palabras o dígitos.

## 5. MARCO HISTÓRICO

A nivel internacional se ha trabajado intensamente a lo largo de más de un siglo en este tema. Es así como en 1908, Voronoi, publica los resultados sobre su investigación sobre las formas cuadráticas y en 1934, Delaunay, su artículo de las ciencias matemáticas en la naturaleza, los cuales, entre otros, establecen las bases de la representación actual de superficies y objetos en forma numérica.

A estas investigaciones les han sucedido numerosos aportes por diversos investigadores en optimización de los algoritmos, reducción de puntos, reducción de facetas, cálculo e interpolación, así como los métodos propios de los SIG.

A su vez, la Universidad Industrial de Santander dentro de su escuela de Ingeniería Civil, quien está adscrita a la Facultad de Ciencias Físico Mecánicas, ha desarrollado el programa de “Especialización en Sistemas de Información Geográfica y Sensores Remotos” en conjunto con el centro de Investigación en Geomática. Estas dos iniciativas convergen hacia el desarrollo de las ciencias de información espacial que usan, a su vez, los sistemas de información geográfico. Estas tecnologías se apoyan, fundamentalmente para su gestión, en estructuras de datos de almacenamiento, representación y generación de superficies.

Considerando que la Universidad Industrial de Santander y en general el programa de Sistemas de Información Geográfica posee un carácter eminentemente académico es fundamental proveer a la Universidad mecanismos para que los futuros profesionales de ésta área entiendan y conozcan como se generan las superficies y a su vez, puedan obtener resultados de procesos informatizados con mayor certeza y confiabilidad.

## 6. MODELO DE INTERFAZ AL USUARIO

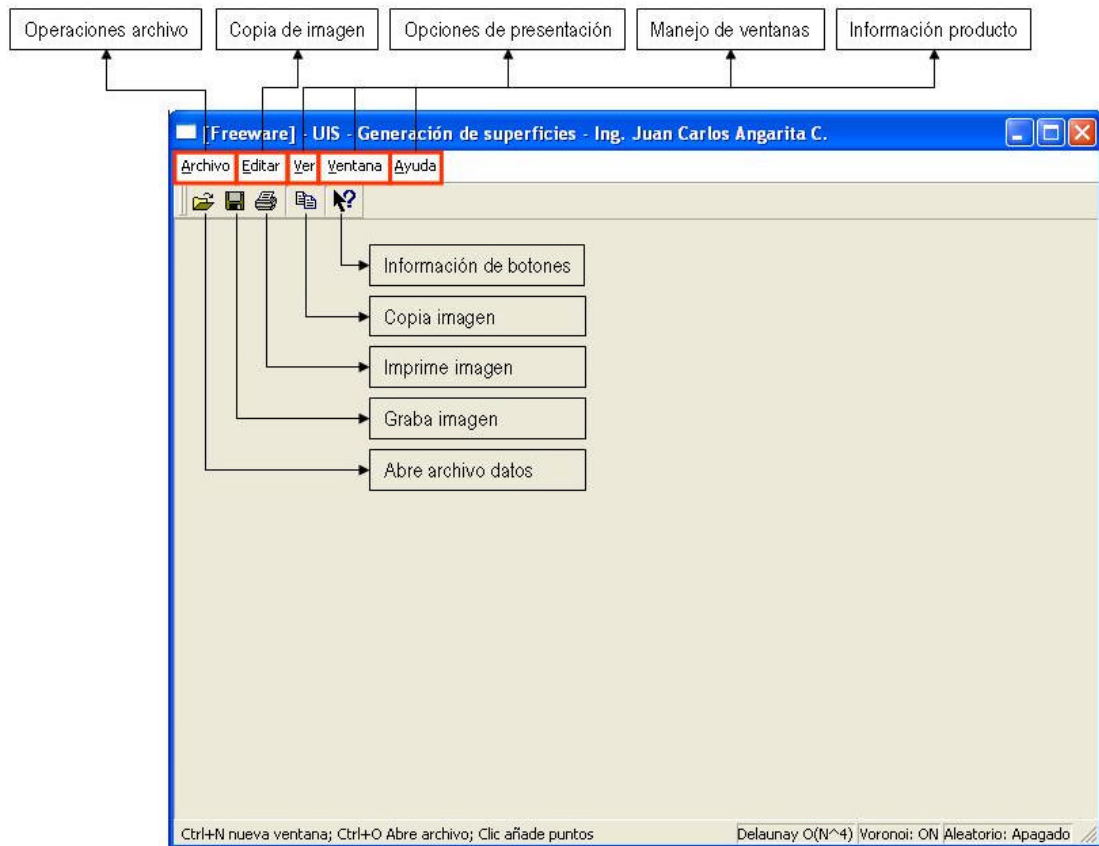


Figura 5. Interfaz de usuario

Para el funcionamiento de la aplicación se diseñó un entorno multi documento (MDI) que permite tener varias ventanas de trabajo:

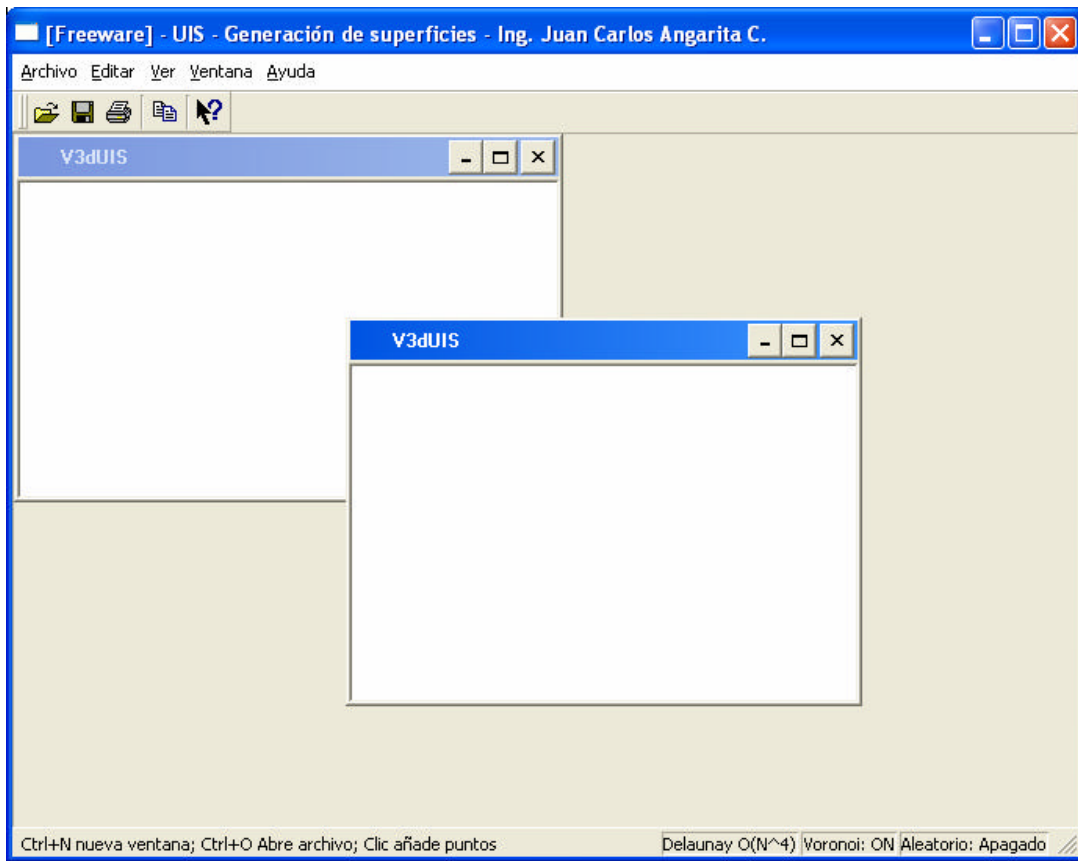


Figura 6. Manejo de Ventanas

En este ambiente multi-documento se podrán cargar y dibujar puntos (con la respectiva generación interactiva de elementos gráficos así como la de grabar e imprimir la imagen en cada momento de lo que se tenga en pantalla.

A su vez, cada ventana provee los mecanismos esenciales de acercamiento (zoom) según se definió y de desplazamiento (Pan)

## 7. ENTORNO DE DESARROLLO

Vistos los algoritmos a implementar y dado que se requiere el manejo de listas doble enlazadas de naturaleza circular, ampliamente soportada y manejada por punteros, se debe emplear un lenguaje que soporte tales tipos de datos. Por lo anterior, se usará Microsoft Visual C++ para este desarrollo.

A su vez, dado que el proyecto busca la generación de triángulos Delaunay como base de la representación numérica de superficies, y no la construcción de interfaces pero si asegurar la interactividad de la herramienta, se usará como soporte de desarrollo la tecnología Qt de Trolltech, como soporte de desarrollo.

## 8. FACTORES CRITICOS DE USO

### 8.1 USABILIDAD E INTERACTIVIDAD

De acuerdo a las características planteadas del producto a obtener así como otras vistas en el análisis aquí documentado se incluirá en el producto lo siguiente:

- Cargar listas de datos (formato ASCII)
- Dibujar interactivamente puntos mientras el software genera la triangulación y los polígonos de Voronoi.
- Visualización / ocultación de elementos gráficos: Puntos, triángulos, Voronoi, Círculos de Voronoi para facilidad de visualización.
- Grabación de la imagen producida.
- Zoom sencillo: acercar, alejar y vista normal.
- Desplazamiento: Eje X y Y.
- Generación paso a paso (imágenes)
- Documentación matemática (pseudo códigos aquí descritos) pues el documento puede ser consultado en todo momento.
- La visualización es siempre planar (2D).
- Capacidad de dibujo / carga de datos en varias ventanas de forma simultánea (multi documento) con aplicación automática de opciones a todas las ventanas.

A su vez no se incluyen las siguientes características por carecer de sentido en el producto final a obtener:

- Regeneración puesto que el producto es interactivo y se debe auto-regenerar.
- Tiempo de generación de la superficie pues es despreciable y no tiene sentido con el dibujo interactivo de puntos.
- Color de elementos gráficos (éstos son automáticamente coloreados)
- Elementos raster, pues caen fuera del alcance del proyecto.

## **8.2 DISPONIBILIDAD E INSTALACION**

Para que el producto mantenga un alto nivel de disponibilidad obviando complicados procesos de instalación no se usará MFC o ATL sino desarrollo estándar con base en las librerías de TrollTech. La distribución del producto no debe contener más que el archivo ejecutable y la librería de tiempo de ejecución de TrollTech.:

## **8.2 DATOS**

El formato de datos deberá ser simple, en lo preferible XY Y por línea.

## 9. USO DEL SOFTWARE

### 9.1 MANUAL DE USUARIO

#### Archivo

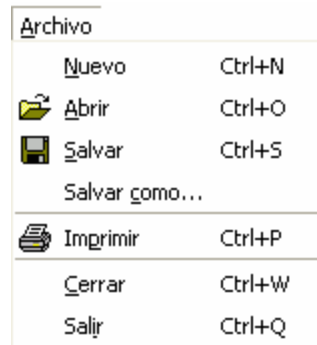


Figura 7. Menú archivo

**Nuevo:** Abre una nueva ventana de trabajo. Equivale al botón *nuevo*

**Abrir:** Abre un archivo de datos tipo texto con los valores posicionales X y Y y el atributo, formateado como X, Y y Z, donde el separador puede ser espacio, coma o cualquier otro carácter diferente de número. Solo puede cargar valores enteros. Equivale al botón *abrir*

**Salvar y Salvar como.** Graba la imagen de la ventana de trabajo (bmp). (Botón *salvar*)

**Imprimir.** Imprime la ventana activa según las impresoras del entorno. (Botón *imprimir*)

**Cerrar.** Cierra la ventana activa.

**Salir.** Cierra el programa y sale del mismo.

#### Editar



Figura 8. Menú de edición

**Copiar:** Copia la imagen en la ventana activa a Portapapeles haciéndola disponible a cualquier otra aplicación de Windows.

## Actualización

Ver	Ventana	Ayuda
<u>R</u> andomizador		Ctrl+R
Delaunay O(N <sup>2</sup> )		Ctrl+2
<input checked="" type="checkbox"/> Delaunay O(N <sup>4</sup> )		Ctrl+4
<input checked="" type="checkbox"/> Puntos		Ctrl+O
<input checked="" type="checkbox"/> Triangulos		Ctrl+T
Voronoi		Ctrl+V
<input checked="" type="checkbox"/> Círculo		Ctrl+I
Zoom (+)		+
Zoom Normal		*
Zoom (-)		-
Arriba		Up
Abajo		Down
Izquierda		Left
Derecha		Right
Paso a paso		Ctrl+A

Figura 9. Menú Ver.

**Randomizador.** Mueve aleatoriamente los puntos ya dibujados.

**Delaunay O (N<sup>2</sup>):** Realiza y muestra la triangulación Delaunay optimizada.

**Delaunay O (N<sup>4</sup>):** Realiza y muestra la triangulación Delaunay según el algoritmo original con cuatro bucles.

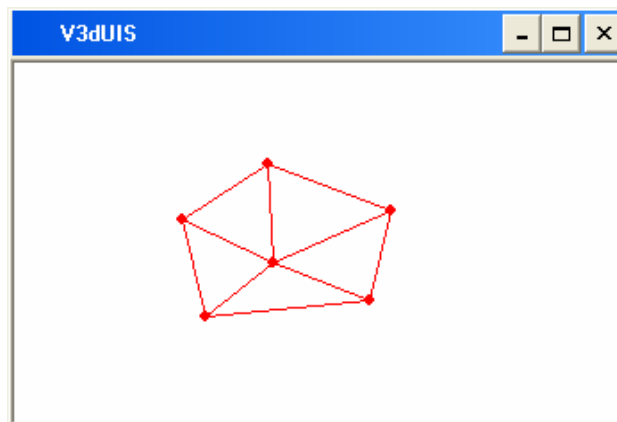


Figura 10. Muestra de triangulación (con puntos).

**Puntos:** Muestra u oculta los puntos cargados / dibujados:

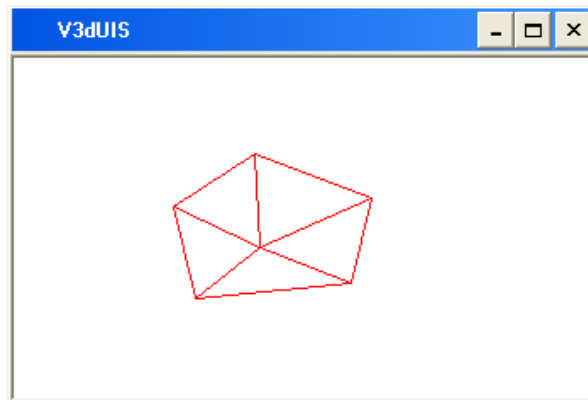


Figura 11. Muestra de triangulación sin puntos.

**Triángulos:** Muestra / oculta los triángulos generados:

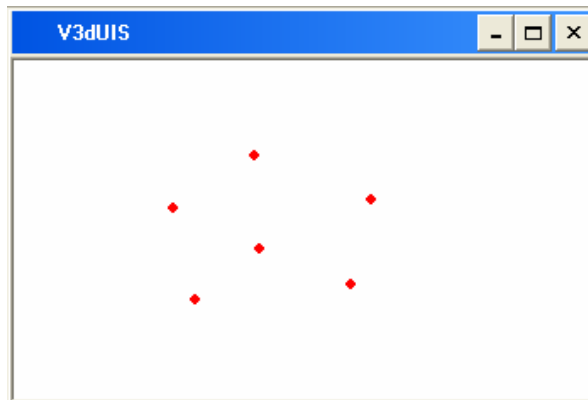


Figura 12. Visualización solo puntos (entrada)

**Voronoi.** Muestra / oculta la visualización de los polígonos de Voronoi.

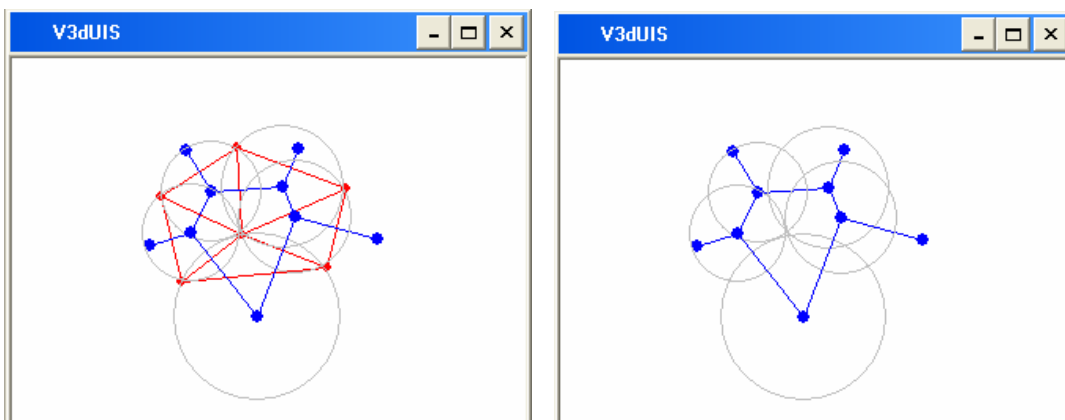


Figura 13. Polígonos de Voronoi

**Círculos.** En la visualización de los polígonos de Voronoi muestra / oculta los círculos de generación / verificación de Voronoi

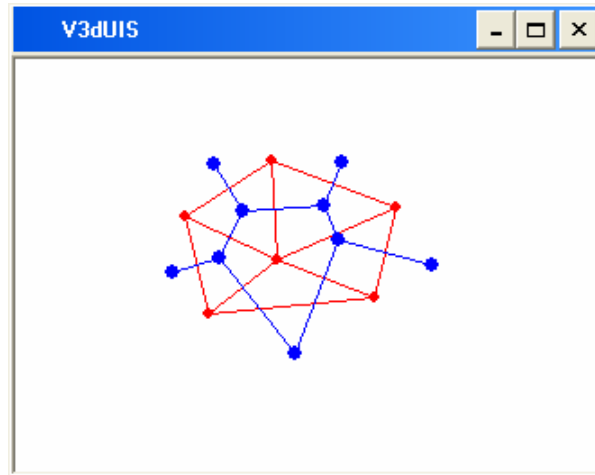


Figura 14. Triangulación y polígonos de Voronoi

**Zoom (+), Normal, (-).** Acerca, reestablece o aleja la vista de la superficie generada. El factor es 1.5, 1 y 0.75 respectivamente.

**Desplazamiento (-) (^) (←) (→).** Desplaza la imagen hacia arriba, abajo, a la izquierda o a la derecha en 100 píxeles, respectivamente.

**Paso a paso.** Graba, paso a paso, los pasos del algoritmo de generación de la triangulación de Delaunay para revisión por parte del usuario.

### Ventanas



Figura 15. Menú ventana

**Cascada.** Muestra las ventanas en cascada.

**Mosaico.** Muestra las ventanas en mosaico (todas visibles en tamaños similares).

## Ayuda

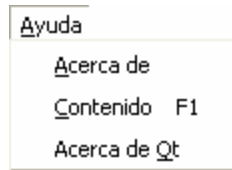


Figura 16. Menú Ayuda

**Acerca de.** Muestra información del software.

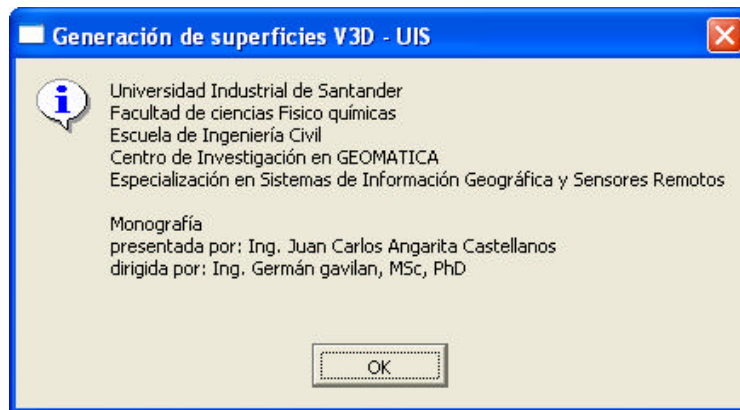


Figura 17. Ventana de información

**Contenido.** Da información resumida del proyecto.

**Acerca de Qt.** Da información sobre el entorno de desarrollo de Trolltech empleado en el desarrollo de este software.

## 9.2 INSTALACION

Para instalar siga los siguientes pasos:

- Seleccione el archivo comprimido V3dUIS y extraiga su contenido a la carpeta que contendrá el programa (que debe ser previamente creada)
- Verificar que en la carpeta existan los programas:
  - o v3dUIS.exe
  - o qt-mt230nc.dll
- Opcionalmente puede crear un acceso directo a la aplicación.

### 9.3 NAVEGACION ENTRE OPCIONES

La navegación entre opciones puede realizarse mediante el uso del mouse o del teclado mediante las teclas aceleradoras:

<b>Archivo (Alt A)</b>	Nuevo	Ctrl N
	Abrir	Ctrl O
	Salvar	Ctrl S
	Salvar como (Alt C)	
	Imprimir	Ctrl P
	Cerrar	Ctrl W
	Salir	Ctrl Q
<b>Edición (Alt E)</b>	Copiar	Ctrl C
<b>Ver (Alt V)</b>	Randomizador	Ctrl R
	Delaunay O (N^2)	Ctrl 2
	Delaunay O (N^4)	Ctrl 4
	Puntos	Ctrl O
	Triángulos	Ctrl T
	Voronoi	Ctrl V
	Círculo	Ctrl I
	Zoom (+)	+
	Zoom Normal	*
	Zoom (-)	-
	Desplazamiento Arriba	-
	Desplazamiento Abajo	-
	Desplazamiento Izquierda	←
Desplazamiento Derecha	→	
<b>Ventana (Alt V)</b>	Cascada (Alt C)	
	Mosaico (Alt M)	
<b>Ayuda (Alt A)</b>	Acerca de	F1
	Contenido (Alt C)	
	Acerca de Qt (Alt Q)	

Tabla 1. Navegación entre opciones

### 9.4 ACCESO

Busque el programa ejecutable v3dUIS.exe y de doble clic sobre el – o sobre su acceso directo –. El programa iniciará automáticamente.

## CONCLUSIONES

- Provee un medio de fácil entendimiento de los modelos de representación espacial de las superficies.
- Permite entender la relación entre la triangulación Delaunay (TIN) y los Polígonos de Voronoi.
- Sienta las bases para crecimiento hacia imágenes renderizadas y eventualmente representadas en 3D.
- La herramienta puede crecer hacia la representación de GRIDS de manera simultánea con la triangulación.
- Establece bases teóricas para el desarrollo de aplicaciones de representación de superficies a nivel industrial.

## RECOMENDACIONES

- Implementar otros algoritmos de representación de superficies para establecer los más adecuados.
- Desarrollar métodos de representación de datos en estructuras GRID y la conversión entre TIN / GRID.
- Usar tecnologías OpenGL o DirectX para visualización optimizada, especialmente en ambientes 3D
- Investigar e implementar algoritmos especializados para manejo de grandes cantidades de datos y buen desempeño de cálculo Mejorar los procesos de actualización de información al interior de las entidades asociadas en el manejo de las infraestructuras de hidrocarburos

## BIBLIOGRAFIA

Aurenhammer, F., 1991. Voronoi diagrams – a survey of a fundamental geometric data structures. *ACM Computing Surveys* 23, pp 345 – 405.

Delaunay, B., 1934. Sur la Sphère vide. *Bulletin of the Academy of Sciences of the USSR. Classes des Sciences Mathématiques et Naturelle* 7(6), p. 793-800.

Fortune, B., 1992. Numerical stability of algorithms for 2D Delaunay triangulations. *Proceedings, Eighth annual ACM symposium on Computational Geometry*, pp. 83-92.

Gavilan G., Apuntes de clase, SIG 4. Universidad Industrial de Santander. 2004

Microsoft Visual C++ 6.0 Manual

Microsoft Corporation. *Interface Guidelines for Software Design*. Microsoft 1995.

Mostafavi, A., Gold, C., Dakowicz, M.. *Dynamic Voronoi / Delaunay Methods and Applications*. Laval university of Quebec.

O'Rourke, J., *Computational Geometry in C*.

Preparata, F., Shamos, M., *Computational Geometry – An introduction*.

Shewchuk, J.R., 1996. Triangle: Engineering a 2D Quality Mesh generator and Delaunay Triangulator. *First Workshop on Applied Computational Geometry (Philadelphia, PE)*, Association for Computational Machinery, pp. 124-133.

Voronoi, G., 1908. Nouvelles applications des paramètres continus à la théorie des formes quadratiques, deuxième mémoire, recherche sur les paralléloèdres primitifs. *Journal für die Reine und Angewandte Mathematik*, 134, pp. 198-287.

Yelluripati, R., 2002. *Implementation of Delaunay and Voronoi Algorithms*. Universidad de Colorado en Denver.