

GENERADOR DE RUTAS DE VIAJE UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PROCESAMIENTO DE VIDEO

Antonio Toledo López

*Colaborador en Proyectos de investigación desarrollados por la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional
toledo1983@hotmail.com*

Jesús Yalja Montiel Pérez

*Profesor titular A de Estudios Superiores en la Escuela Superior de Cómputo del Instituto Politécnico Nacional
yalja@ipn.mx*

GENERADOR DE RUTAS DE VIAJE UTILIZANDO UN SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y PROCESAMIENTO DE VIDEO

Resumen

En este trabajo se presenta una alternativa para encontrar una solución a un problema al que se enfrentan las grandes ciudades del mundo, que es encontrar la ruta con menor costo en distancia desde un punto origen hasta un punto destino. La cual permitirá disminuir la distancia y por lo tanto el tiempo de recorrido de un móvil dentro de un plano carretero. La solución que se propone a este problema utiliza algoritmos de teoría de grafos, sistemas de información geográfica y procesamiento de video [1,2,3].

Palabras Claves: Grafo, Segmentación, Sistema de Información Geográfica, Base de datos, Georreferenciación.

GENERATOR OF TRIP ROUTES USING A PROCESSING AND GIS OF VIDEO

Abstract

In this work an alternative appears to find a solution to a problem which the great cities of the world face, that is to find the route with smaller cost in distance from a chosen point to a point destiny. Which will allow to shorten the range and therefore the time of route of a moving body within a wagon plane. The solution that sets out to this problem uses algorithms of theory of graphs, GIS and processing of video [1,2,3].

Keywords: Graph, Segmentation, GIS, Data base, Georreferenciación.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día, las personas tienen la necesidad de conocer la forma de dirigirse a un lugar determinado haciendo el menor tiempo posible, o bien, recorrer la distancia mínima entre dos sitios utilizando el mínimo de recursos necesarios. El problema de la ruta más corta, aparece en una gran cantidad de aplicaciones cotidianas, es por ello que el trabajo de investigación aquí presentado propone una alternativa de solución a este tipo de problemas utilizando un Sistema de Información Geográfica (GIS) e Internet². Para desarrollar el proyecto se hizo uso de la teoría de grafos aplicando el algoritmo de Dijkstra y un SIG (Sistema De Información Geográfica) además del procesamiento de video⁴.

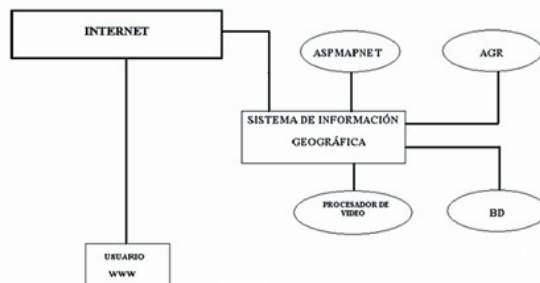


Fig. 1. Diagrama a bloques del sistema

El sistema (Figura.1) consiste en un servidor que recibirá peticiones de un cliente que desea generar una ruta de viaje para ser cubierta por un móvil, el sistema genera la ruta de menor costo en distancia que empleará el móvil. Una vez que el móvil emplee la ruta, el sistema monitoreará la posición del móvil, con esto se le brinda al usuario la capacidad de conocer la posición actual que ocupa el móvil sobre la ruta que se le ha indicado o si el móvil ha seguido una ruta equivocada. Además de esto el servidor muestra el video captado por el móvil durante su desplazamiento.

ALGORITMO DE GENERACIÓN DE RUTAS DE VIAJE

El problema de la ruta de costo mínimo es un problema de flujo de tipo de redes, este se puede resolver por medio de la programación lineal [5]. Sin embargo, debido a que el método simplex es de complejidad exponencial, se prefiere utilizar algoritmos que aprovechen la estructura en red que se tiene para estos problemas. Por esta razón, se requiere de algoritmos que exploten la estructura en red del problema de la ruta mas corta. Entre estos algoritmos se tienen los algoritmos de etiquetado como el caso de Dijkstra, este tipo de algoritmo pertenece a los llamados algoritmos glotonos⁵.

Para darle solución a nuestro problema en particular utilizamos la teoría de grafos, es decir, se representó el mapa carretero a través de un grafo, donde las vías carreteras son consideradas como aristas, y las intersecciones entre vías carreteras son consideradas nodos.

La representación de calles y avenidas a través de grafos, permite que se pueda aplicar, en este caso, convenientemente el algoritmo de Dijkstra, ya que este algoritmo permite encontrar la ruta mínima (en distancia) entre dos nodos; esto se realizará una vez que el usuario defina un punto inicial y punto final.

² Ordóñez, Celestino y Martínez-Alegría, Roberto. Sistemas de información geográfica Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales. Coedición: Alfa omega-Rama, pp.248

⁴ Ralph P. Grimaldi. (1997) "Matemáticas Discretas y Combinatoria", 3ª. Edición, ed. Addison Wesley.

⁵ <http://www.lcc.uma.es/~av/Libro/CAP5.pdf>; "programación Dinámica"; Universidad de Málaga; ON LINE; Noviembre 2004.

La representación gráfica de los nodos y aristas dentro de un mapa¹, se muestra en la figura.2.

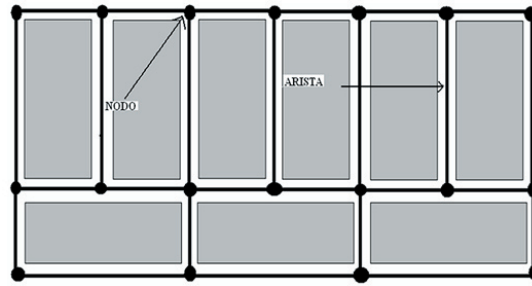


Fig. 2 Representación de nodos y aristas

El grafo se representó a través de listas de adyacencia para la programación del algoritmo de Dijkstra como se observa en la figura 3⁶. Las listas de adyacencia se utilizaron ya que proporciona una estructura dinámica, el número de nodos puede ir creciendo conforme se vaya requiriendo. Además de que es conveniente utilizar esta estructura cuando $a \ll n^2$, (donde a es igual al número de aristas y n el número de nodos), que en este caso de estudio es lo que sucede⁴.

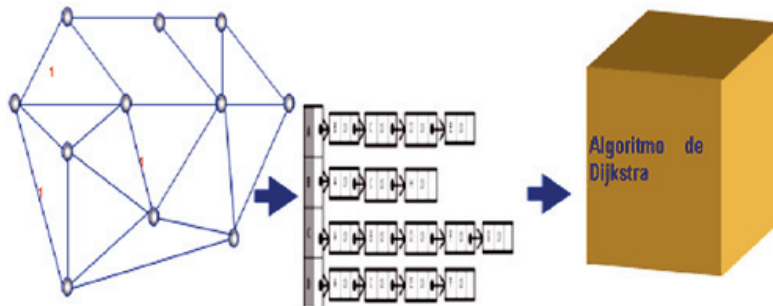


Fig. 3. Definición del grafo en un tipo de dato

El grafo que se utilizó para la aplicación del algoritmo de Dijkstra es el que se muestra en la figura. 4.

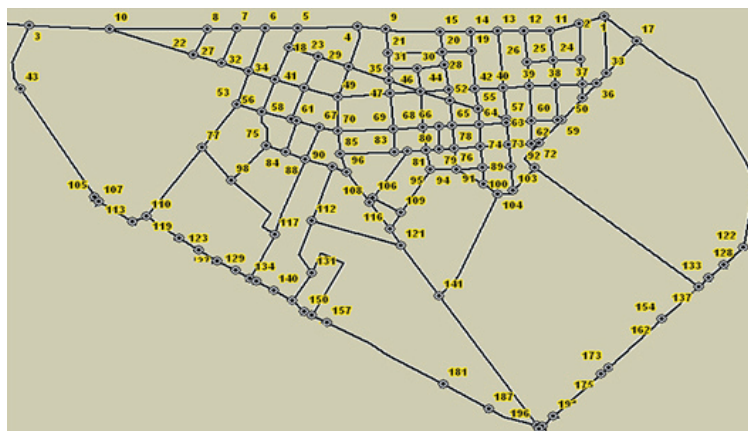


Fig. 4. Mapa carretero representado a través de un grafo

¹ Kenneth P. Bogart. (1998) "Matemáticas Discretas". ed. limusa, segunda edición.

⁴ Ralph P. Grimaldi. (1997) "Matemáticas Discretas y Combinatoria", 3ª. Edición, ed. Addison Wesley.

⁶ <http://www.ayc.unavarra.es/burusco/tema4.pdf>;

ADQUISICIÓN Y PROCESAMIENTO DE VIDEO

El modulo de adquisición y procesamiento de video en primera instancia adquiere video mediante el dispositivo de captura (tarjeta sintonizadora de TV o web cam), recibiendo una secuencia de imágenes consecutivas en un tiempo mínimo (29.7 por segundo).

De estas imágenes que se adquieren el modulo guarda en un archivo tres imágenes por segundo, las cuales analiza para determinar el punto exacto de interés. El análisis de la imagen consiste en revisar cada imagen, si en ella se encuentra un código de barras lo analiza y determina que identificador (número) esta asociado a dicho código. Las imágenes sirven además para monitorear el desplazamiento del móvil.

La adquisición de video tiene dos aspectos importantes: el dispositivo de captura de video y el lenguaje de programación para poder realizar la captura. Para el primer aspecto se utiliza una Videocámara SAMSUNG modelo SCL901 que se conecta a la PC mediante la tarjeta sintonizadora de TV. La captura se realiza con el lenguaje de programación JAVA utilizando la API JMF que nos permite la captura, procesamiento y la presentación de los datos multimedia en Aplicaciones y Applets³.

Captura de video

Para realizar la captura de video primero se identifica el dispositivo, esto se realiza con el archivo jmfinit.exe, el cual proporciona la API, obteniendo así una lista de dispositivos capaces de capturar video.

La adquisición de video se realizó de acuerdo al siguiente algoritmo:

Declarar un objeto encargado de procesar cierto flujo de datos multimedia y presentarlo en su preciso momento.

Identificar el tipo de dispositivo de captura del cual obtenemos la información multimedia.

Obtener la localización del dispositivo de captura.

Inicializar el objeto encargado del procesamiento del flujo, de acuerdo a esta localización.

Se arranca el objeto del procesamiento.

Se visualiza el objeto del procesamiento.

Los nodos del grafo utilizado se identifican por un número, que es representado mediante un código de barras, este número esta almacenado en la base de datos que contiene la información del SIG.

Para la representación en código de barras del identificador (número) del nodo se utilizó el código binario⁷. Por ejemplo, para representar el número 179 el código contendrá el siguiente número en binario:

1 2 4 8 16 32 64 128 256

1 1 0 0 1 1 0 1 0

³ <http://java.sun.com/products/java-media/jmf/index.jsp> May 23, 2003

⁷ Morris Mano M. (1987) "Diseño Difital". Ed. Prentice Hall, primera edición.

En la representación de los códigos de barras se utiliza una imagen de tamaño 189x87 píxeles., ya que al estar adquiriendo el video, el formato con el cual se obtiene mayor información es el RGB 320x240⁸. En la figura. 5 se muestra el diseño del código de barras.

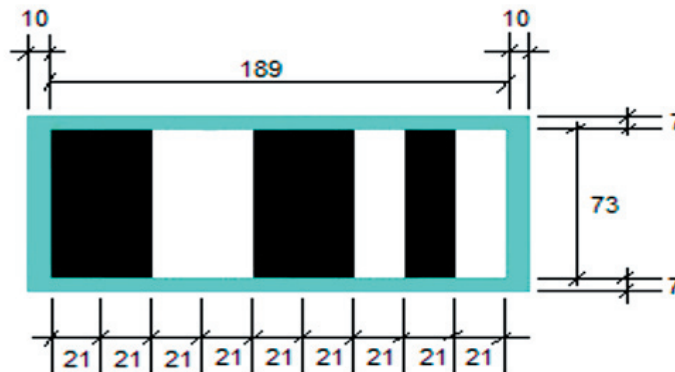


Fig. 5. Diseño del código de barras

El diseño del código de barras consiste en tener designados 21 píxeles para representar un 1 o un 0 y un total de 189 píxeles para representar como número máximo al 511. Se tienen determinados 20 píxeles, 10 de cada lado del código de barras, para pintar de color cian, esto permitirá en el proceso de segmentación, identificar si lo que se analiza es o no un código de barras. Dado que en un código de barras la información que se tiene arriba o abajo es la misma, la altura es proporcional al ancho, pero de igual manera se determino espacios de 7 píxeles tanto arriba como abajo para determinar la posición del código dentro de la imagen capturada.

Segmentación de imagen

Teniendo identificada la imagen a analizar el siguiente paso es almacenar la imagen para realizar la segmentación, que se realiza de acuerdo a la técnica de valores de píxel, es decir, la imagen que se obtiene en la adquisición de video es en formato RGB, dicho formato permite segmentar de acuerdo al color, pero los factores externos como la luz afectan de forma considerable el proceso de identificación, por lo que a la imagen que analizamos se le cambian sus valores de RGB a HSB (Figura. 6)⁹, píxel por píxel considerando así aspectos como el tono, brillo.

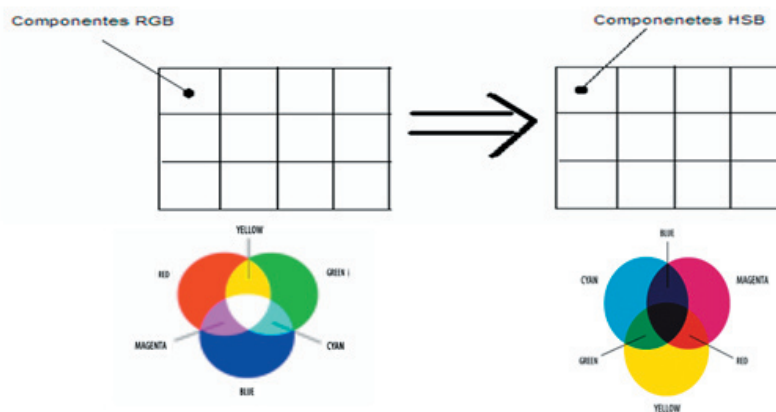


Fig. 6. Cambio de RGB a HSB

⁸ <http://www.webpersonal.net/av13119/infmt4/color0.htm/>; "Colores HSB"; Web Personal; ON LINE; Enero 2005.

⁹ <http://www.webusable.com/colours.htm>; "Los colores"; Web usable; ON LINE; Enero 2005.

El cambio de RGB a HSB no genera una nueva imagen, este cambio facilita determinar si el color que se esta analizando es el color CYAN, de acuerdo a los rangos establecidos en el circulo cromático. Al realizar el análisis de la imagen se pinta el píxel, en la posición analizada, de color blanco si el píxel analizado es de color cyan. Si el color no es el esperado, se pinta el píxel en color negro, es decir, valor más alto en la escala de grises.

De esta forma obtenemos una imagen binarizada en la cual se detecta si lo encontrado en color cyan corresponde a un rectángulo que puede contener un código de barras, (figura. 7).



Fig. 7. Imagen binarizada

Esta imagen se analiza de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo obteniendo las coordenadas de inicio y final del rectángulo. Las coordenadas sirven para generar una nueva imagen en la cual se copia tal cual la información de cada píxel de la imagen original a la nueva imagen, conteniendo así exclusivamente el código de barras, el cual se analiza y determina a que número de nodo corresponde.

Dado que la información que se tiene en esta imagen es la misma que se tiene en la imagen original se analiza el código de acuerdo a la escala de grises (Figura. 8) para determinar si se trata de un negro o un blanco y así concluir si se trata de un 1 o un 0 y en conjunto que numero representa dicho código de barras [9], ya obtenido el número, éste es escrito en un archivo que será utilizado por el SIG para actualizar la posición del móvil.

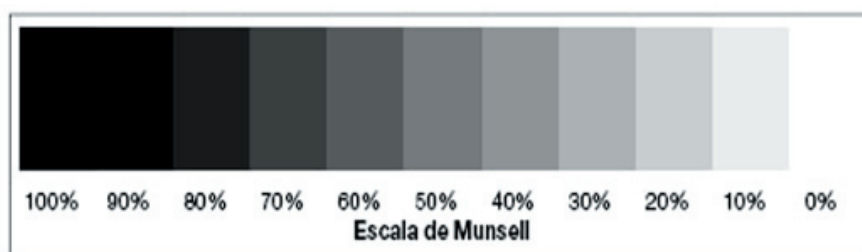


Fig. 8. Escala de grises

La transmisión de video consiste en enviar sólo una parte de la información que se captura, es decir, de las 29.7 imágenes que se reciben en la adquisición, se retienen 3 por segundo, las cuales son almacenadas en un archivo.

Esto permite enviar, como resultado de la adquisición de video al usuario, una imagen que se estará refrescando cada segundo obteniendo así un video que estará viendo el usuario final.

⁹ <http://www.webusable.com/colours.htm>; "Los colores"; Web usable; ON LINE; Enero 2005.

SISTEMA DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

La cartografía digital es primordial para el desarrollo del Sistema de Información Geográfica¹⁰, ya que es la representación digitalizada del área geográfica. Para la elaboración de la cartografía es necesario realizar, la corrección de los errores generados durante la digitalización, crear la base de datos espacial y otras características².

En gran parte de la elaboración de la cartografía se utilizó el sistema GIS ARC/INFO¹¹. Dicho sistema cuenta con facilidades muy útiles para: intercambio de datos GIS y CAD¹², definición de proyecciones y geo-referencia, creación de topología, corrección de errores, creación de bases de datos, etc.

La digitalización del mapa se realizó en AutoCad 2002 en español, y se llevaron a cabo las siguientes actividades:

Calibrar la tableta según los datos del mapa, para asignar coordenadas de mapa a los datos que sean digitalizados.

Definir las capas de trabajo donde se almacenarán los datos generados. Para el proyecto se crearon las siguientes capas:

- Flujos (Avenidas)
- Nodos
- Vectorizar el mapa
- Generar el archivo con extensión .dxf (Drawing Interchange file) para su edición en ARC/INFO.

El archivo con extensión .dxf es convertido a formato shapefile a través del software ArcView, y se obtienen los siguientes archivos tras la conversión:

- Capa.dbf (Tabla de Atributos)
- Capa.shp (Datos espaciales - geometría)
- Capa.shx (Índice de los datos espaciales)

² Ordóñez, Celestino y Martínez-Alegría, Roberto. Sistemas de información geográfica Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales. Coedición: Alfa omega-Rama, pp.248

¹⁰ Lantada, Nieves y Núñez, Amparo. Sistemas de información geográfica prácticas con arcview.

¹¹ Environmental Systems Research Institute Inc, "ARC/INFO User Guide: ARC/INFO data model, concepts and key terms.", ESRI Inc. Redlands, California, USA.

¹² Moldes, Javier, "Proyectos GIS con Autocad 2002, Autodesk Map ", Editorial Anaya Multimedia.

La información descriptiva que se maneja en las consultas del proyecto tal como nombres de avenidas, colonias, se agregaron en los archivos dbf. Los archivos shape de cada una de las capas son los que se utilizan para la manipulación de información vectorial del mapa, como los desplazamientos y zooms en el SIG, en la figura 9 se muestra la vista de un archivo shapefile.

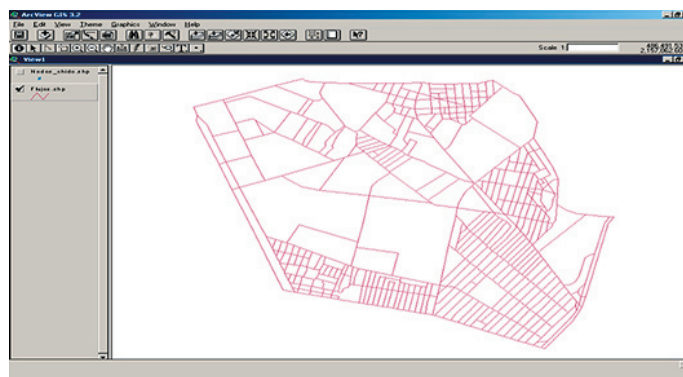


Fig. 9. Vista del archivo shapefile (.shp)

Zona con aplicación del SIG

El Sistema de Información Geográfica está diseñado para mostrar un área de la Delegación Gustavo A. Madero del D.F., este mapa se encuentra, como ya se dijo, en formato shapefile (flujos.shp) y representa una capa dentro de la aplicación SIG.

En la figura 10 se presenta el tipo de shape de la capa flujos, el cual es PolyLine, este tipo de shape se ajusta a las características de una avenida, es decir, la avenida puede ser representada como una línea, además de este tipo existe el punto y el polígono².

Attributes of Flujos.shp		
Shape	Fcode	Mcode
PolyLine	1	1
PolyLine	1	4
PolyLine	1	1
PolyLine	1	1
PolyLine	1	1
PolyLine	4	9
PolyLine	10	8
PolyLine	3	10
PolyLine	11	1
PolyLine	11	1
PolyLine	13	1
PolyLine	14	13
PolyLine	15	14
PolyLine	1	1
PolyLine	15	1
PolyLine	14	1
PolyLine	20	1
PolyLine	15	1
PolyLine	21	1
PolyLine	9	1
PolyLine	2	1
PolyLine	10	1
PolyLine	18	1
PolyLine	2	1
PolyLine	25	1
PolyLine	11	1
PolyLine	20	1
PolyLine	1	1
PolyLine	27	1
PolyLine	22	1

Fig. 10. Tipo de shape de la capa flujos

² Ordóñez, Celestino y Martínez-Alegría, Roberto. Sistemas de información geográfica Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales. Coedición: Alfa omega-Rama, pp.248

Otra capa que conforma la aplicación SIG, es la capa nodos (nodos.shp). Esta capa contiene todos los nodos que representan las intersecciones entre las avenidas, además de proporcionar identificadores para aplicar el algoritmo de Dijkstra.

El tipo de dato utilizado para la capa Nodos es el Tipo Point, ya que es el que mejor se ajusta a las características de representación de un nodo².

En el caso de la base de datos, como se observa en la Tabla 1, el diseño es el siguiente: ya que el archivo de base de datos (.dbf), asociado al shapefile flujos, almacena información referente a las líneas (avenidas), se le incluyeron otros atributos tales como nombre y colonia.

Campo	Tipo	Descripción
Shape	String constante (PolyLine)	Es un atributo generado de manera automática por arcview, para identificar el tipo de shape.
Fnode_	Entero	Identificador de inicio de arista
Tnode_	Entero	Identificador de fin de arista
Lpoly_	Entero	Generado por arcview para la identificación del polígono.
Rpoly_	Entero	Generado por arcview para la identificación del polígono.
Length	Número (4,3)	Representa la longitud de la arista en metros.
Flujos_id	Entero	Identifica de manera única las aristas.
Nombre	String de tamaño 30	Nombre de la avenida
Colonia	String de tamaño 30	Nombre de la colonia

Tabla 1. Características de los atributos del archivo flujos.dbf

Como ya se mencionó anteriormente, la aplicación SIG esta formado también por una capa nodos (nodos.shp), el cual esta asociado con un archivo databasefile (.dbf) que almacena los identificadores de los nodos¹⁰, el archivo shape se puede apreciar en la figura 11 y las características de los atributos se ven en la tabla 2.

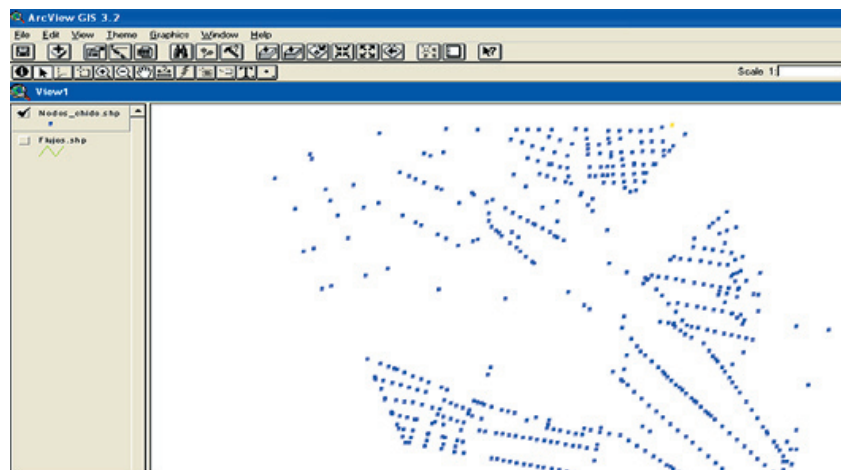


Fig. 11. Shape Nodos

² Ordóñez, Celestino y Martínez-Alegría, Roberto. Sistemas de información geográfica Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales. Coedición: Alfa omega-Rama, pp.248

¹⁰ Lantada, Nieves y Núñez, Amparo. Sistemas de información geográfica prácticas con arcview.

Campo	Tipo	Descripción
Shape	String constante (Point)	Es un atributo generado de manera automática por arcview, para identificar el tipo de shape.
Area	Número (4,5)	Área del punto, en este caso, el área no es relevante.
Perimeter	Número (4,5)	Perímetro del punto, en este caso, no es relevante.
Nodos_f_id	Entero	Identifica de manera única los nodos.

Tabla 2. Características de los atributos del archivo nodos.dbf

La aplicación web esta desarrollado utilizando la tecnología ASP .NET con Visual Basic .NET, empleando las funcionalidades proporcionadas por AspMap [13,14].

PRUEBAS GENERALES DEL SISTEMA

La aplicación desarrollada presenta la siguiente interfaz de usuario al acceder al servidor (Figura 12):

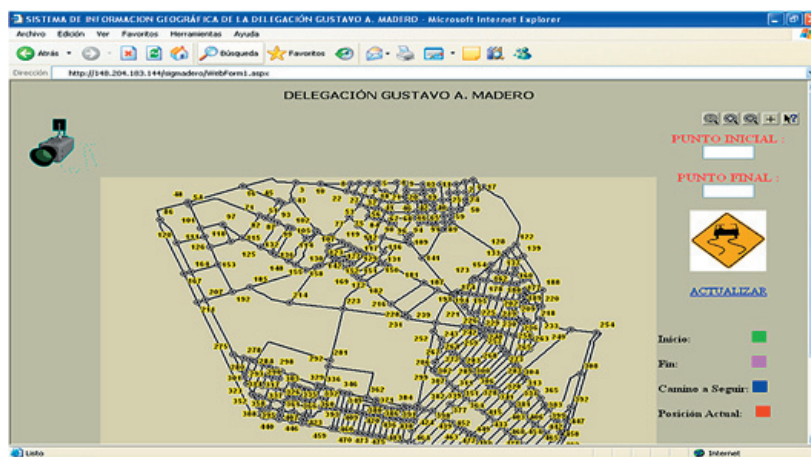


Fig. 12 Interfaz inicial de la aplicación

Las funciones mostradas en la parte superior derecha son explicadas a continuación (Figura 13):



Fig. 13. Funciones para manipular el mapa

¹³ Microsoft Visual Studio .NET Documentation.

¹⁴ AspMap 3.0 Documentation

Función retornar al estado inicial del mapa

Con esta función podremos regresar al estado inicial del mapa después de haberle aplicado varios zooms u otras funciones (Figura 14).

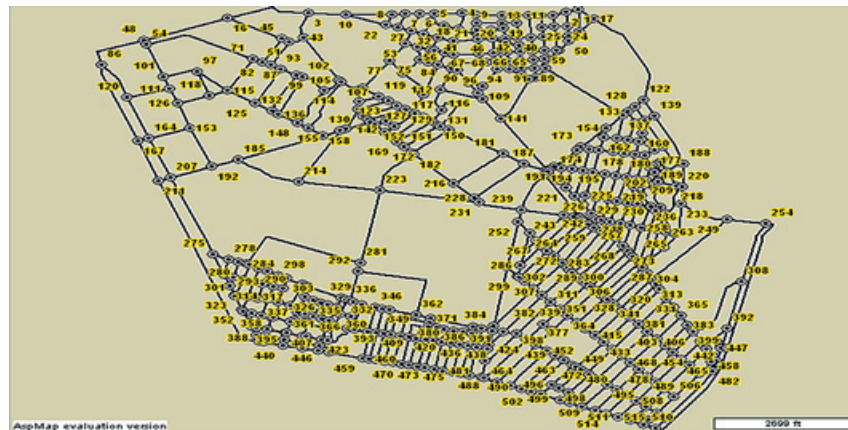


Fig. 14. Estado inicial del mapa

Función Zoom In

Con esta función podemos visualizar a detalle alguna zona de interés dentro del mapa (Figura 15).

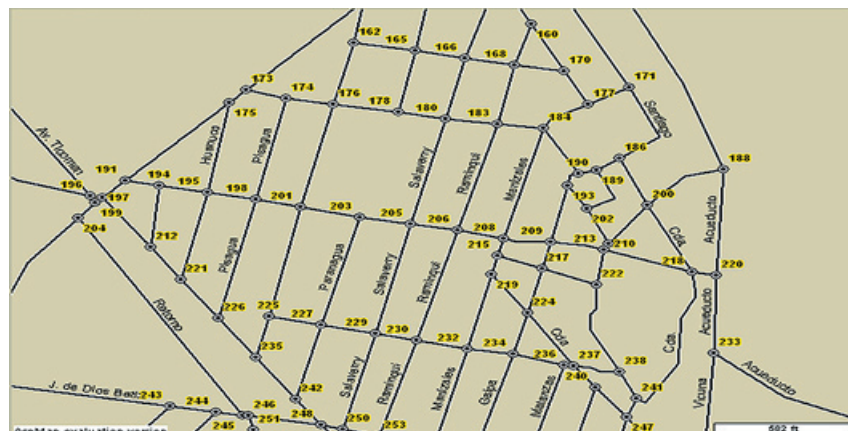


Fig. 15. Aplicando Zoom In

Función Zoom out

Con esta función podemos hacer más pequeña el área seleccionada en el mapa (Figura 16).

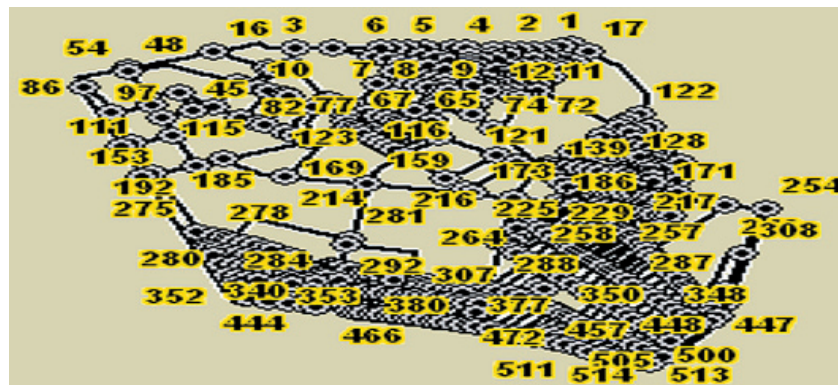


Fig. 16. Aplicando Zoom Out

Función Paneo

Con esta función podemos realizar paneo al mapa, es decir, podemos mover el mapa de un lado a otro.

Función Identificación

Con esta función activada seleccionamos una avenida representada en el mapa (haciendo clic sobre la línea que representa la avenida), y se nos mostrará información relacionada a la avenida (Figura 17).

INFORMACION DE LA AVENIDA:					
LENGTH	220.45641				
FLUJOS_ID	537				
NOMBRE	Periférico				
COLONIA	Ticomán				
INFORMACION DE LA COLONIA:					
CODIGO POSTAL	POBLACION TOTAL	POBLACION VARONIL	POBLACION FEMENIL	NUM. DE ESCUELAS	CENTROS DE ENTRETENIMIENTO
7329	7698	3640	4058	1212	8
INFORMACION DE LOS SERVICIOS:					
SERVICIO	TIPO DE SERVICIO	DIR. DEL SERVICIO	TEL. DEL SERVICIO		
Bambinos Pizza	Pizzeria	Escuadron 201 No. 66	5154 3463		
INFORMACION DE LAS ESCUELAS:					
ESCUELA	TIPO DE ESCUELA		NUM. DE ESTUDIANTES		
Escuela Superior Ingeniería Mecánica y Eléctrica	Pública		1150		

Fig. 17. Datos mostrados al identificar una avenida

Función generar ruta de viaje

Para generar una ruta de viaje, primero se introduce el punto de origen y punto destino (número), como se ve en la figura 18.

PUNTO INICIAL :

PUNTO FINAL :

Fig. 18. Aquí introduce el punto origen y destino

Después de haber introducido el punto origen y destino, haga clic en la imagen del carrito y posteriormente sobre el mapa para generar la ruta de viaje. La ruta se muestra gráficamente, como se ve en la figura 19.

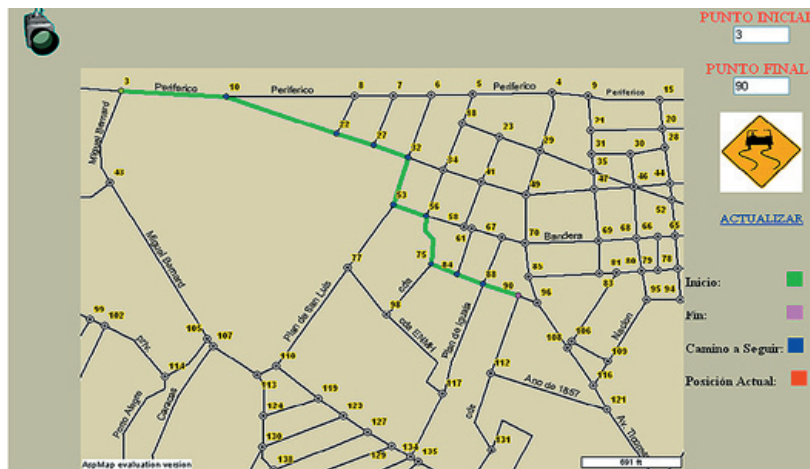


Fig. 19. Ruta mostrada gráficamente por el sistema

Como se observa en la figura 19 el punto coloreado en verde indica el punto de origen, el punto en color rosa indica el punto destino y el punto en rojo indica la posición actual del móvil, este dato es conocido por el sistema a través del archivo que escribe el procesador de imágenes que es quien analiza los códigos de barras. Para ir conociendo la posición que va ocupando el móvil es necesario hacer clic en Actualizar, ya que de esta manera se lee el archivo y se presenta su nueva posición en el mapa. Pero esta no es la única manera que tiene el usuario para conocer la posición actual del móvil, también se le indica en la tabla a través de un led que estará encendido en el punto actual donde se ubica el móvil. También se muestra al usuario la ruta que tiene que seguir para llegar a su destino, es decir se muestra una tabla que indica el nombre de las calles por las que tiene que pasar para llegar a su destino, como se ve en la figura 20.

Camino A Seguir : desde 3 hasta 90

Posición	#	Esquina	Nombre de la calle
	1.-	3	Inicio
	2.-	10	Periferico
	3.-	22	Escuadron 201
	4.-	27	Escuadron 201
	5.-	32	Escuadron 201
	6.-	53	Plan de San Luis
	7.-	56	Bandera
	8.-	75	Cda. Bandera
	9.-	84	cda Plan de Guadalupe
	10.-	88	Plan de Guadalupe
	11.-	90	Plan de Guadalupe

La distancia Total a recorrer es de: 1018.251mts.

Fig. 20. Ruta mostrada por nombre de las calles

Otra de las funciones proporcionadas por el sistema es la visualización de video que va capturando la cámara conectada al servidor. Para visualizar el video hacemos clic sobre la imagen de la cámara de video, con esto podremos ver el video capturado, a través de una nueva ventana que se abre, como se ve en la figura 21.



Fig. 21. Visualización del video capturado

CONCLUSIONES

En el presente artículo se ha presentado un sistema de generación de rutas de costo mínimo en distancia dentro de un mapa carretero utilizando un SIG, el algoritmo de Dijkstra y utilizando el tratamiento de video. Estos métodos utilizados para resolver el problema, representan una solución eficaz y eficiente ya que aportan diferentes ventajas al usuario como es el monitorear la ruta que sigue el móvil a través del procesamiento de video y permite obtener información geográfica del área donde se desplaza dicho móvil.

Los resultados obtenidos son satisfactorios debido a que se ha desarrollado software de tratamiento de imágenes que nos permite reconocer los identificadores asociados a cada calle, de igual manera se desarrolló el sistema de información geográfica además de la implementación del algoritmo de Dijkstra.

BIBLIOGRAFÍA

Kenneth P. Bogart. (1998) "Matemáticas Discretas". Ed. Limusa, segunda edición.

Ordóñez, Celestino y Martínez-Alegría, Roberto. Sistemas de información geográfica Aplicaciones Prácticas con Idrisi32 al Análisis de Riesgos Naturales y Problemáticas Medioambientales. Coedición: Alfa omega-Rama, pp.248.

<http://java.sun.com/products/java-media/jmf/index.jsp> May 23, 2003

Ralph P. Grimaldi. (1997) "Matemáticas Discretas y Combinatoria", 3ª. Edición, ed. Addison Wesley.

<http://www.lcc.uma.es/~av/Libro/CAP5.pdf>; "programación Dinámica"; Universidad de Málaga; ON LINE; Noviembre 2004.

<http://www.ayc.unavarra.es/burusco/tema4.pdf>;
"estructuras de Datos Avanzadas"; Universidad Publica de Navarra; ON LINE; Septiembre 2004.

Morris Mano M. (1987) "Diseño Difital". Ed. Prentice Hall, primera edición.

<http://www.webpersonal.net/avl3119/infmt4/color0.htm/>; "Colores HSB"; Web Personal; ON LINE; Enero 2005.

<http://www.webusable.com/colours.htm>; "Los colores"; Web usable; ON LINE; Enero 2005.

Lantada, Nieves y Núñez, Amparo. Sistemas de información geográfica prácticas con arcview.

Environmental Systems Research Institute Inc, "ARC/INFO User Guide: ARC/INFO data model, concepts and key terms.", ESRI Inc. Redlands, California, USA.

Moldes, Javier, "Proyectos GIS con Autocad 2002, Autodesk Map ", Editorial Anaya Multimedia.

Microsoft Visual Studio .NET Documentation.

AspMap 3.0 Documentation.