

# Estrategias de ruteo para redes móviles vinculadas a índices espacio-temporales

Daniela C. Giraudi, Gabriela S. Segura Guzmán, Edilma O. Gagliardi

Universidad Nacional de San Luis, Facultad de Ciencias Físico,

Matemáticas y Naturales, Departamento de Informática

San Luis, Argentina, D5700HHW

{dcgiraud, ggsegura, oli}@unsl.edu.ar

## Resumen

Nuestro trabajo de investigación consiste en estudiar la siguiente problemática. Sobre una red móvil, total o parcialmente desconocida, transitan objetos en búsqueda de un camino que los conduzca desde un origen hacia un destino. El algoritmo de búsqueda es voraz, adaptado a utilizar diversas heurísticas definidas de acuerdo a las caracterizaciones propias de la red subyacente. Así, vinculamos las disciplinas, Bases de Datos Espacio-Temporales y Geometría Computacional. Por la primera estudiamos los modelos de red según definición del índice espacio-temporal considerado, MON-Tree y su extensión I+MON-Tree. En la segunda, estudiamos clases de grafos que modelan adecuadamente las conexiones en una red móvil, sobre las cuales se ejecutaron las estrategias de ruteo.

En este artículo presentamos las estrategias de ruteo usando el algoritmo de ruteo voraz, con heurísticas basadas en el modelo de red definido por el método de indexación espacio-temporal I+MON-Tree. Y conjuntamente, presentamos las evaluaciones experimentales realizadas para mostrar el buen desempeño de estos algoritmos de ruteo en aplicaciones espacio-temporales en redes móviles.

**Palabras claves:** Ruteo, grafos, redes móviles, heurísticas para algoritmos voraces de búsqueda, Geometría Computacional.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad existe una gran variedad de situaciones en donde el problema, referenciado con el nombre de *Ruteo*, consiste en encontrar un camino entre un origen y un destino específicos, donde no se conoce en su totalidad el escenario por dónde transitar, sino que el mismo se va descubriendo a medida que se avanza. Para ello, se han desarrollado una variedad de estrategias de ruteo que, en general, tienen como objetivo encontrar el camino más corto entre dos puntos determinados en una red parcial o totalmente desconocida, utilizando nuevas clases de algoritmos de ruteo que se basan en el uso de información geográfica.

Nuestro trabajo consistió vincular dos disciplinas Bases de Datos Espacio-Temporales y Geometría Computacional, con el fin de estudiar los modelos de red propuestos en la definición de los índices espacio-temporales MON-Tree [1,2] e I+MON-Tree [7,8,9]. Luego, se consideraron algunas clases de grafos que modelan adecuadamente las conexiones en una red móvil: *Grafo de Vecindad Relativa* y *Triangulación de Delaunay*. Sobre ellos, se definieron los modelos de red propuestos por estos métodos espacio-temporales, basados en la definición de poligonales que cubren el grafo subyacente.

A partir de estos grafos y de los conocimientos parciales o totales de tales poligonales, desarrollamos las estrategias de ruteo alternativas, haciendo una adaptación del algoritmo de *Ruteo Voraz* en grafos geométricos, e incorporamos diferentes criterios de búsqueda, relacionándolos con dos heurísticas: *Distancia Euclidiana* y *Menor Angulo*.

Por lo expuesto, realizamos la evaluación experimental, aplicando los diferentes criterios de búsqueda sobre el *Ruteo Voraz*. Los resultados, en su mayoría, mostraron un incremento notable

sobre la tasa de éxito respecto del *Algoritmo Voraz* tradicional con heurísticas  $H_1$  y  $H_2$  en los grafos de Vecindad Relativa y Delaunay.

Este artículo está orientado a mostrar, según el escenario presentado, los desarrollos realizados en ruteo, dejando para etapas posteriores las publicaciones de los desarrollos realizados respecto de las adaptaciones de los índices espacio-temporales a redes móviles. Por tanto, está organizado de la siguiente manera. En la Sección 2 presentamos los antecedentes; en la Sección 3 presentamos nuestra propuesta; en la Sección 4 presentamos los resultados experimentales obtenidos, y en la última sección presentamos las conclusiones y visión de futuro de la investigación.

## 2. ANTECEDENTES

En esta sección presentamos los aspectos teóricos relevantes de los índices espacio-temporales considerados y ruteo geométrico. Para ello, presentamos las definiciones de redes basadas en el uso de poligonales que cubren una red, y los grafos geométricos usados para la modelación de las redes, conjuntamente con el algoritmo de ruteo elegido y las heurísticas planteadas.

### 2.1 I+MON-Tree

Este es un índice espacio-temporal que permite almacenar y recuperar información histórica y actual de objetos que transitan sobre redes fijas, basado en la versión original MON-Tree [1,2]

I+MON-Tree define dos tipos diferentes de modelos de redes. El primer modelo es *orientado a arcos*, donde la red es un grafo  $G=(V, A)$  compuesto por  $V$ , un conjunto de vértices, y  $A$ , un conjunto de aristas, donde cada vértice  $v \in V$  es la representación de un punto  $p_v=(x, y)$  en el espacio bidimensional y donde cada arista  $a \in A$  conecta dos vértices  $v_{1a}$  y  $v_{2a}$  y se le asocia una poligonal  $l_a=p_1, \dots, p_k$  donde cada  $p_i$  es un punto bidimensional  $1 < i < k$ , donde  $k$  es el tamaño de la arista,  $p_1=p_{v_1}$  y  $p_2=p_{v_2}$ . Cada objeto se mueve a lo largo de la poligonal y su posición  $apos$  se representa como un número entre 0 y 1, donde 0 indica que el objeto está en el vértice  $v_{1a}$  y 1 que está en  $v_{2a}$  de la arista. El segundo modelo es el *orientado a rutas*. Aquí, la red se representa como un conjunto de rutas y un conjunto de intersecciones que vinculan esas rutas, es decir,  $G'=(R, I)$  donde  $R$  es el conjunto de rutas e  $I$  el conjunto de intersecciones. A cada ruta  $r \in R$  se le asocia una poligonal  $l_r=p_1, \dots, p_k$ , donde cada  $p_i$  es un punto bidimensional y  $1 < i < k$  y  $k$  es el tamaño de la ruta. Una posición  $rpos$  dentro de la ruta se representa como un número real entre 0 y 1, donde 0 significa que se encuentra en la posición  $p_1$  y 1 en la posición  $p_k$  de la ruta. Una intersección  $i \in I$  está representada por dos rutas  $r_1$  y  $r_2$ . En la Figura 1 se muestra un ejemplo de cada modelo de red [1]:

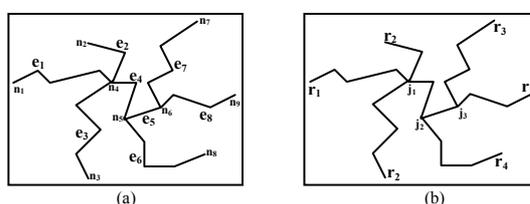


Figura 1: Ejemplo de una red (a) en el primer modelo y (b) en el segundo modelo

Considerando que este método se basa en redes fijas, nosotros extendimos las definiciones de las redes fijas a redes móviles, permitiéndonos hacer uso de las poligonales en la búsqueda de una ruta.

### 2.2 Ruteo Geométrico

Encontrar el camino entre dos puntos es el problema central en *Ruteo*. Para poder modelar dicho camino es necesario tener un grafo  $G = (V, A)$ ; donde  $V$  es el conjunto de vértices que representan

objetos de un dominio específico y  $A$  es el conjunto de aristas del grafo, en donde cada elemento de  $A$  contiene un par de vértices contenidos en  $V$ .

Debido que la mayoría de las aplicaciones presentan restricciones en cuanto al camino que se desea encontrar, se necesita aplicar o crear una estrategia de ruteo que resulte más conveniente para cada situación particular. Con este fin surgen los *Algoritmos de Ruteo*, cuyo propósito consiste en la búsqueda de un camino que dirija un objeto desde un vértice origen a un vértice destino sobre una red.

Por esto podemos decir que, es necesario tener un grafo subyacente adecuado y un algoritmo de ruteo que permita obtener una ruta para alcanzar el vértice destino.

### 2.2.1 Clases de grafos

En esta subsección presentamos los grafos utilizados para modelar la red subyacente. Las redes móviles pueden ser representadas por un grafo no dirigido denominado grafo de *distancias unitarias*. Debido que las estrategias de ruteo geométrico asumen que el grafo subyacente es plano, sus aristas no se cruzan, y el grafo de *distancias unitarias* no cumple ésta condición, surge la necesidad de trabajar con subgrafos planos a partir del grafo de *distancias unitarias* tales como el grafo de *Vecindad Relativa* y *Delaunay*.

Sobre estos grafos aplicamos el algoritmo de ruteo, por lo que a continuación, presentamos las definiciones correspondientes a cada uno de ellos con sus respectivos ejemplos.

*Grafo de distancias unitarias*: Dado un conjunto de puntos  $S$  en el plano, el grafo UNIDAD asociado a  $S$ ,  $UDG(S)$ , es el grafo cuyos vértices son los puntos de  $S$ , y tal que dos vértices son adyacentes si están a distancia menor o igual a uno. [3]

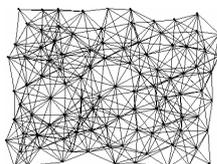


Figura 2: Ejemplo de distancias unitarias

*Grafo de Vecindad Relativa*: El grafo de *Vecindad Relativa* de un conjunto de puntos  $V$ , designado por  $GVR(V)$ , es un grafo cuyos vértices son los puntos de  $V$  y tal que, para cada par de puntos  $v, w \in V$ , existe la arista  $(v, w)$  si ningún otro punto de  $V$  se encuentra en la zona de intersección de los círculos  $C$  y  $C'$ , de radio  $dist(v, w)$ , con centro en los puntos  $v$  y  $w$  respectivamente. [3]

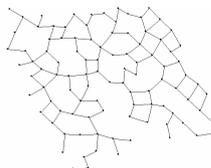


Figura 3 Ejemplo de Grafo de Vecindad Relativa

*Triangulación de Delaunay*: Dado un conjunto  $V$  de puntos del plano, una triangulación  $T$  de  $V$ , denotada por  $T(V)$ , es un grafo geométrico plano cuyos vértices son los puntos de  $V$  y maximal respecto de la planaridad. Es decir, cualquier arista conectando dos puntos de  $V$  que no esté en  $T(V)$  corta a una de las existentes. [3]

Todas las caras de una triangulación son triángulos, salvo la cara no acotada. La unión de las caras acotadas de  $T(V)$  es el cierre convexo del conjunto  $V$ .



Figura 4: Ejemplo de Triangulación de Delaunay

Para lograr el objetivo de encontrar un camino entre un punto y otro es necesario tener en cuenta la necesidad de obtener un grafo adecuado que modele la red subyacente, los cuales fueron presentados en esta subsección. Además, es necesario utilizar un algoritmo de ruteo que dirija el camino hacia el destino deseado, los cuales presentaremos en la siguiente subsección.

### 2.2.2 Algoritmos de Ruteo

En esta subsección presentamos los aspectos teóricos del algoritmo de ruteo elegido y las heurísticas que se aplicaran sobre el mismo.

*Ruteo Voraz (greedy routing)* [13,5]: permite rutear entre un vértice origen y otro destino en redes donde la topología es desconocida o parcialmente conocida como es el caso de las redes móviles. Para cada vértice de la red selecciona cuál es el vecino inmediato que, de acuerdo a algún criterio, es el más prometedor para incluir en la búsqueda del camino.

Consideremos un grafo  $G = (V, A)$ , que modela la red móvil. Suponga que el vértice  $o$  desea enviar un objeto al vértice  $d$ . El vértice  $o$  sólo conoce las coordenadas de sus vecinos y del destino. El Ruteo Voraz elige el próximo vértice por el cual avanzar en la red dependiendo de una de las dos posibles heurísticas que se detallan a continuación:

*Mínima distancia euclidiana ( $H_1$ )*: El Ruteo Voraz dirige el objeto en movimiento al vecino de  $o$  que minimiza la distancia euclidiana con el vértice  $d$ . Cuando más de un vértice se encuentra a la misma distancia hacia el vértice destino, el algoritmo selecciona uno de ellos al azar.

*Menor Angulo ( $H_2$ )*: El Ruteo Voraz dirige el objeto en movimiento al vecino de  $o$  que minimiza el ángulo  $\angle vod$ . Cuando existe más de un vértice que poseen igualdad de ángulos uno de ellos se selecciona al azar. El algoritmo de Ruteo Voraz con esta heurística es también conocida con el nombre de *Ruteo por Brújula* [5, 12, 13, 4, 10].

## 3. PROPUESTA

En general, en Ruteo Geométrico se considera que, la elección del camino a seguir en cada vértice se basa exclusivamente en la información local almacenada en cada vértice y en la información que lleva el objeto que recorre el camino. Básicamente, la información local almacenada en cada vértice es la posición geográfica de los vértices vecinos en forma inmediata, es decir, aquellos vecinos adyacentes al vértice actual mediante alguna arista  $a \in A$ .

En el modelo de redes orientado a rutas y/o arcos en I+MON-Tree, se puede contar con información adicional. Ésta consiste no solo en saber cuáles son los vecinos inmediatos de un vértice, sino cuáles son las poligonales subyacentes sobre la red sobre las que se ubica el vértice. Haciendo uso del conocimiento parcial y/o total de las poligonales que representan ambos modelos, podemos ampliar el concepto de *vecinos*, de manera que no sólo recuperamos los vecinos inmediatos, sino también los vértices más alejados.

Para modelar esta situación, diseñamos diversas funciones heurísticas que orientan al algoritmo *Ruteo Voraz* a encontrar un camino entre dos puntos determinados sobre la red, con la intención de evaluar el funcionamiento del algoritmo en un entorno, total y/o parcialmente desconocido de rutas (poligonales).

Las funciones heurísticas diseñadas en este trabajo son las siguientes:

- Criterio de búsqueda por *dist-vecinos*: a partir del vértice  $o$  selecciona el vecino  $v$  que se encuentra a una distancia de longitud  $dist$  desde el vértice  $o$ , medida en vértices, que de acuerdo a la H1, es el más cercano al vértice destino  $d$ ; o de acuerdo a la H2, es el que menos desviación presenta respecto de la línea directa que une los vértices  $o$  y  $d$ .

En la Figura 5 vemos que, el vecino  $v$  es el elegido después de pasar por  $dist$  vecinos anteriores.

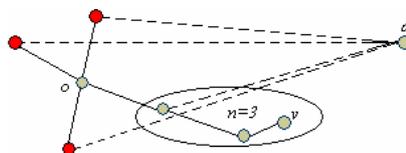


Figura 5: Criterio de búsqueda por *dist-vecinos*

- Criterio de búsqueda por *Radio r*: a partir del vértice  $o$  selecciona el vecino  $v$  que se encuentra dentro de un radio determinado de tamaño  $r$  y más cerca al límite del radio, que de acuerdo a la H1, es el más cercano al vértice destino  $d$ ; o de acuerdo a la H2, es el que menos desviación presenta respecto de la línea directa que une los vértices  $o$  y  $d$ .

En la Figura 6 vemos que, desde el origen  $o$  al destino  $d$  selecciona el vecino  $v$  porque es el vértice que se encuentra más cerca del límite del radio  $r$ .

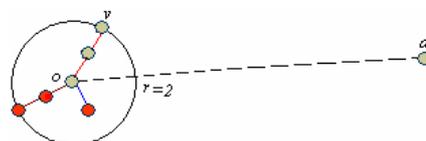


Figura 6: Criterio de búsqueda por Radio  $r$

- Criterio de búsqueda por *Poligonal*: a partir de un vértice  $o$  selecciona aquella poligonal cuyo vértice final se encuentra más cercano al vértice destino  $d$ ; que de acuerdo a la H1, es el más cercano al vértice destino  $d$ ; o de acuerdo a la H2, es el que menos desviación presenta respecto de la línea directa que une los vértices  $o$  y  $d$ . Este criterio tiene la siguiente salvedad, si el vértice destino se encuentra dentro de la poligonal seleccionada, en vez de obtener la poligonal completa solo se recupera la poligonal hasta la posición del vértice destino.

En la Figura 7 vemos que desde el origen  $o$  al destino  $d$  selecciona el vecino  $v$  porque es el vértice final de una de las poligonales que se encuentran más cerca del destino.

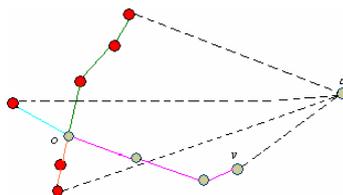


Figura 7: Criterio por poligonal utilizando H1

Así, nuestra propuesta consistió en diseñar diversos criterios de búsqueda combinándolos con las heurísticas tradicionales presentadas anteriormente en este artículo. Luego estas combinaciones fueron aplicadas al nuevo algoritmo de Ruteo Voraz, el cual previamente fue adaptado al modelo de

red basado en poligonales descrito por el I+MON-Tree.

#### 4. EVALUACIÓN EXPERIMENTAL

En los experimentos realizados comparamos los resultados obtenidos por cada uno de los métodos de selección sobre un mismo grafo. Como describimos en la sección anterior, los métodos de selección son los siguientes:  $H_1$ ,  $H_2$ , criterio *dist-vecinos*, criterio *radio r* y criterio *poligonal completa*. Estos tres últimos se combinan con  $H_1$  y  $H_2$ . Trabajamos con dos tipos de grafos: Vecindad Relativa y Delaunay, en cada caso con hasta 100 nodos y la evaluación experimental aplicamos tres métricas, estas son: *Tasa de éxito*, que determina el promedio de veces que se rutea con éxito desde un vértice a otro; *Dilatación de Enlace Promedio* que determina la cantidad de vértices intermedios, en promedio, desde el vértice origen al destino; y por último, *Distancia Euclidiana Promedio* que determina la longitud promedio euclídea del camino. [2, 6]

##### 4.1 Resultados obtenidos para grafos de Vecindad Relativa

Los resultados experimentales revelan que el criterio de búsqueda sobre el Ruteo Voraz sobre poligonales que presenta una mayor tasa de éxito es el de *dist-vecinos* con  $dist=9$ , seguido por el de *dist-vecinos* con  $dist=6$  y  $dist=3$ . Vemos que éste criterio supera ampliamente a la heurística  $H_1$  y  $H_2$ , en el cual nos damos cuenta que a medida que crece el *dist* hay más posibilidades de llegar con éxito al destino. Posteriormente siguen las búsquedas por radio donde ocurre lo mismo con el criterio nombrado anteriormente, a medida que el radio crece tiene mayor probabilidad de alcanzar con éxito el destino aplicando cualquiera de las dos heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ . Esto se debe a que, si determinamos un radio pequeño el Ruteo Voraz selecciona los vecinos que se encuentran a distancias mínimas del vértice origen, en muchos casos no existen vecinos tan cercanos en distancias a dicho vértice. El peor caso lo presenta el criterio por poligonales completas donde podemos observar que, en gran medida la tasa de éxito no supera el 38%. Esto debe a que, al seleccionar una poligonal en su totalidad, el algoritmo puede que siga un camino en el cual no hay manera de llegar al destino y por lo tanto fracasa.

Por otro lado, vemos que los resultados obtenidos para la Distancia Enlace Promedio indican que el criterio con mayor número de enlaces es el criterio *dist-vecinos* con  $dist=6$  y  $dist=9$ . Esto se debe a que, el algoritmo siempre trata de elegir cada *dist* vecinos, provocando así una mayor cantidad de enlaces. En cuanto a los demás criterios, ellos intentan minimizar la cantidad de enlaces que deben recorrerse para llegar al destino. En este caso, muchas veces los criterios arrojan resultados similares. El criterio que presenta menor cantidad de enlaces es el criterio por poligonales completas esto se debe a que, como es un criterio que, como vimos anteriormente, no tiene una tasa de éxito elevada debido a su método de búsqueda, generalmente cuando alcanza el éxito es porque, el vértice origen y destino se encontraban cercanos, esto es, sobre la misma poligonal y con pocos enlaces entre ambos.

Finalizando con las evaluaciones experimentales para dicho tipo de grafo, podemos observar que, el mejor comportamiento lo presenta el criterio por radio. Esto se debe a que, como este criterio permite seleccionar aquellos vecinos que se encuentren a lo sumo a distancia  $r$  entonces el algoritmo selecciona los vecinos más cercanos a dicha distancia y en muchos casos los resultados se asemejan a la búsqueda tradicional con las heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ . Aparentemente, a medida que la cantidad de vértices aumenta crecen los caminos provocando una mayor distancia entre los vértices.

Podemos destacar que el comportamiento de la mayoría de los criterios de búsqueda se mantiene estable o no difiere demasiado entre las diferentes cantidades de vértices.

## 4.2 Resultados obtenidos para grafos de Triangulación de Delaunay

Los resultados experimentales revelan que la tasa de éxito en los grafos de Delaunay es superior a la tasa de éxito de los grafos de Vecindad Relativa. La razón de este comportamiento es la triangulación existente en el primer tipo de grafo la cual permite obtener una planarización del grafo de distancias unitarias.

El criterio *dist-vecinos*, con los diferentes *dist* y sobre las diferentes heurísticas mantiene una tasa de éxito superior al 80%. Por su parte, la búsqueda por poligonal completa a medida que aumenta la cantidad de vértices decreta su desempeño (*performance*), esto se debe a que, cuantos más vértices hay, más largas son las poligonales que se forman y menor la probabilidad de encontrar el destino, si éste se encuentra en una poligonal distinta a la del origen. Este criterio supera los resultados obtenidos del algoritmo de Ruteo Voraz tradicional con las heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ .

Vemos que, como ocurría en los grafos de Vecindad Relativa el criterio por radio con  $r$  pequeño tiene menor probabilidad de alcanzar con éxito el destino. Pero a diferencia de lo que ocurría en los grafos de Vecindad Relativa las probabilidades de alcanzar el destino con éxito son mayores en los grafos de Delaunay. En la mayoría de los criterios, la disminución de la tasa de éxito se debe al incremento de vértices.

Es importante notar que los diferentes criterios no varían demasiado en sus resultados cuando se los combina con  $H_1$  y  $H_2$ .

Por otro lado, los resultados obtenidos para la dilatación de enlace presentan características similares a las obtenidas para el caso de grafos de Vecindad Relativa. En ambos tipos de grafos no se superan los 30 enlaces. Siendo el criterio *dist-vecinos* el que mejor cumple con lo anteriormente dicho.

El criterio radio con  $r=5$  tiene un incremento en la cantidad de enlaces en todos los casos en el grafo Delaunay con respecto al grafo de Vecindad Relativa.

Los resultados indican que, el criterio que tiene un mayor número de enlaces es el criterio *dist-vecinos* con  $dist=6$  y  $dist=9$ . Esto se debe a que, el algoritmo siempre trata de elegir cada *dist* vecinos, provocando así una mayor cantidad de enlaces. En cuanto a los demás criterios, ellos intentan minimizar la cantidad de enlaces que deben recorrerse para alcanzar el destino. En este caso, muchas veces los criterios arrojan resultados similares.

Podemos observar que hay cambios notables en los resultados obtenidos por los criterios cuando se los combina con las heurísticas  $H_1$  o  $H_2$ .

Para finalizar con las evaluaciones experimentales, para dicho tipo de grafo observamos que, el mejor comportamiento lo presenta tanto el criterio poligonal como el por radio, esto se debe a que, en el caso de las poligonales generalmente se encuentra el destino cuando estamos en la misma poligonal y las distancias son menores. En el caso por radio, el mismo permite seleccionar aquellos vecinos que se encuentren a lo sumo a distancia  $r$  entonces el algoritmo selecciona los vecinos más cercanos a dicha distancia y en muchos casos los resultados se asemejan a la búsqueda tradicional con heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ . Aparentemente, a medida que la cantidad de vértices aumenta crecen los caminos provocando una mayor distancia entre los vértices.

El criterio con mayor diferencia entre las distintas cantidades de vértices es el criterio *dist-vecinos*. Esto se debe a que, el criterio selecciona el vértice que se encuentra a *dist* vértices de distancia. Desde ese lugar, selecciona aquel que, en distancia euclidiana se encuentra más cerca del destino, pero no conocemos si los vértices intermedios seleccionados eran los de menor distancia euclidiana, siendo éste uno de los motivos de que los resultados obtenidos sean los más elevados.

Podemos destacar que, en el criterio *dist-vecinos* los resultados arrojados por las heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ , a medida que aumentamos la cantidad de vértices, difieren entre ellas, más que en los otros criterios.

Concluyendo, podemos destacar que al aplicar los diferentes criterios de búsqueda sobre el Ruteo Voraz se ha obtenido, en algunos casos, un incremento notable sobre la tasa de éxito del algoritmo voraz tradicional con heurísticas  $H_1$  y  $H_2$ .

De los grafos utilizados podemos concluir lo siguiente: los grafos Delaunay son más atractivos ya que por su forma y propiedades permite tener una tasa de éxito superior.

Por otra parte, los resultados obtenidos tanto en la dilatación de enlace promedio como así también en la distancia euclidiana se asemejan en los distintos grafos.

En el Anexo Figuras mostramos los diferentes resultados obtenidos para cada uno de los criterios y sobre los diferentes grafos.

## 5. CONCLUSIONES Y VISIÓN DE FUTURO

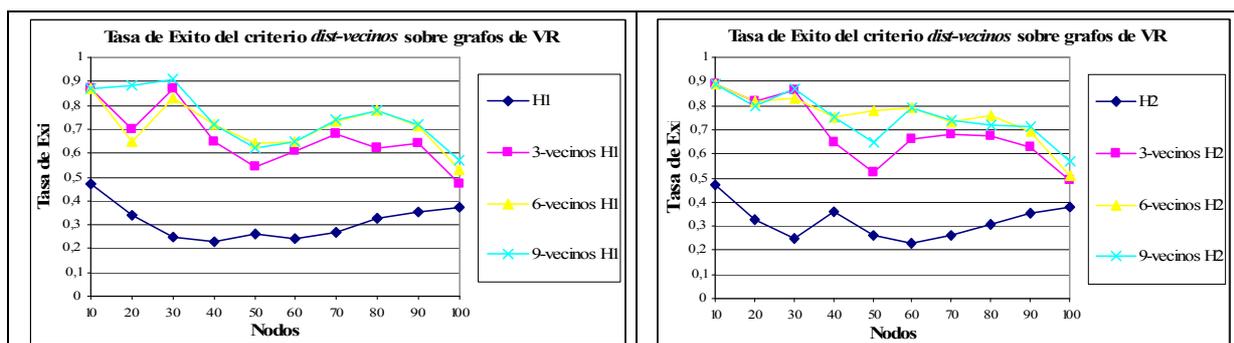
Luego de la implementación de las heurísticas presentadas en este trabajo, las evaluaciones experimentales realizadas nos brindaron resultados satisfactorios. Si bien ciertos criterios son mejores que otros, pudimos ver que, en la mayoría de los casos, la tasa de éxito lograda es superior respecto del algoritmo de *Ruteo Voraz* tradicional. Sin embargo, la Dilatación de Enlace Promedio y la Distancia Euclidiana Promedio no tuvieron grandes variaciones.

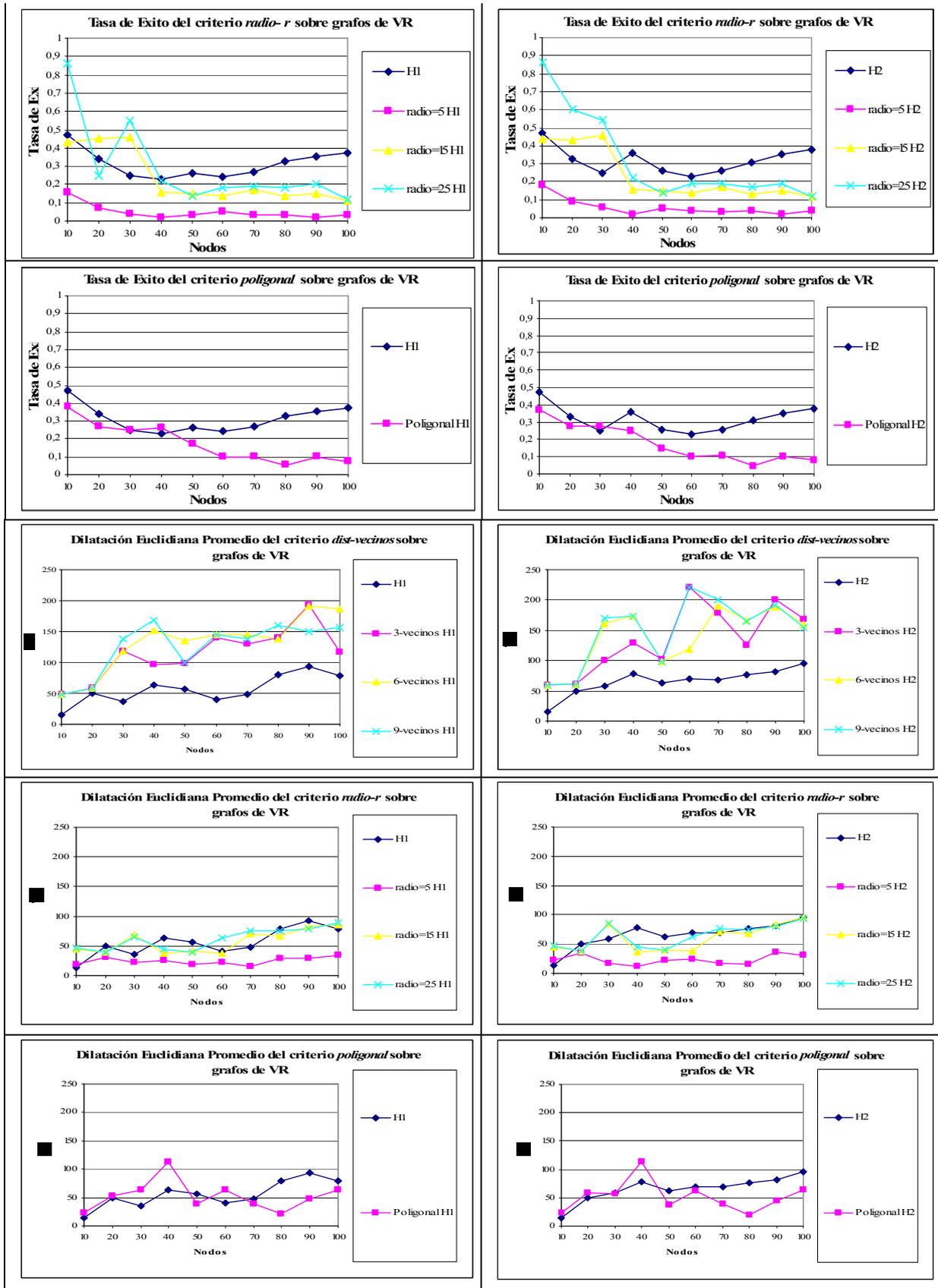
Sobre los grafos estudiados observamos que, las características de los grafos *Triangulación de Delaunay* posibilitan que los criterios de búsqueda tengan una mayor tasa de éxito. A nuestro modo de ver, éste criterio de evaluación es importante para esta ocasión porque nos permite determinar qué algoritmo de ruteo encuentra el camino entre un par de vértices con mayor frecuencia. Observamos que tanto la Dilatación de Enlace como la Distancia Euclidiana son métricas que toman importancia cuando conocemos el comportamiento de las estrategias de ruteo utilizadas.

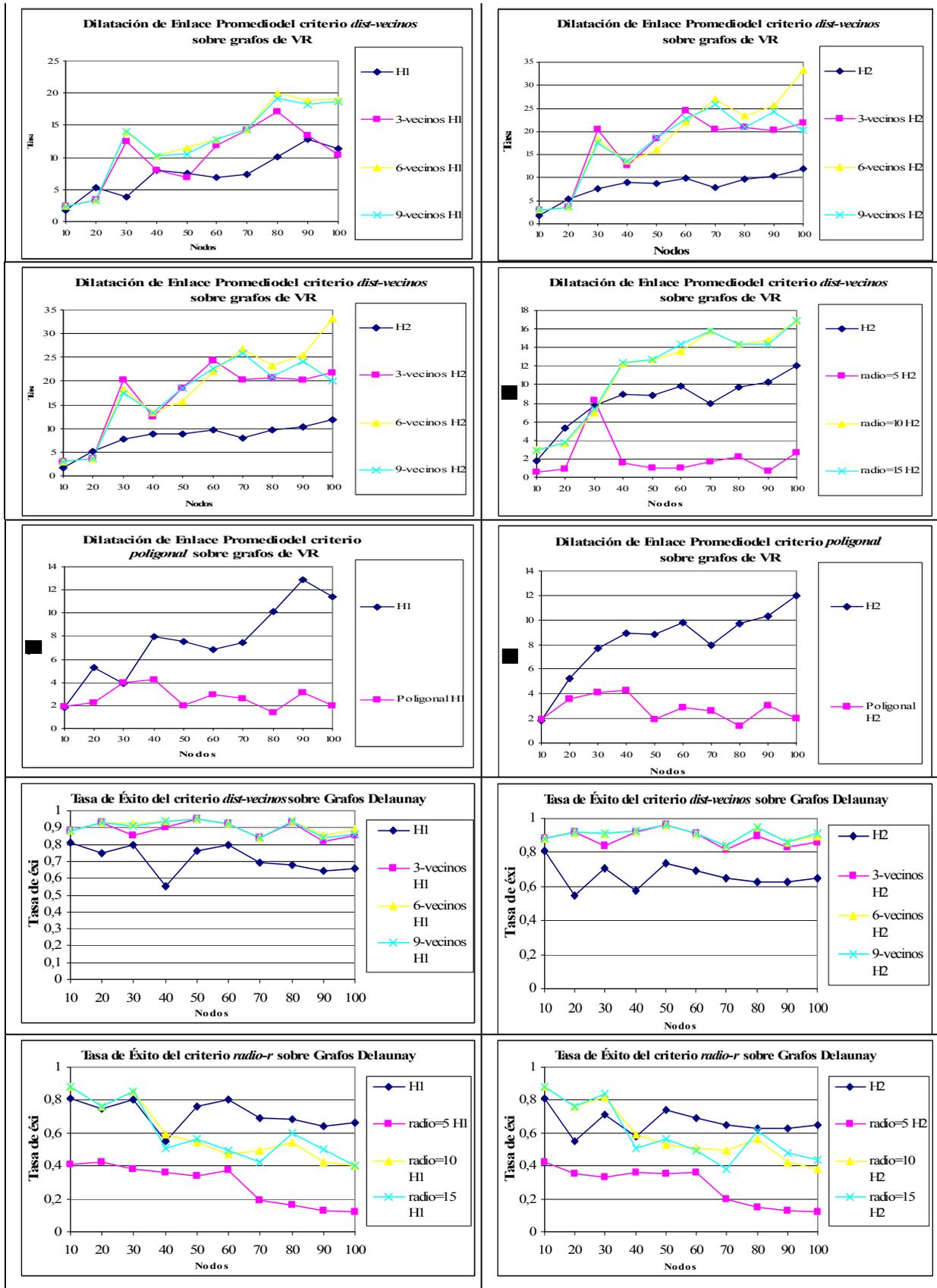
Quedan etapas por desarrollar respecto de la adaptación del método espacio-temporal a redes móviles, que si bien ya están planteados los diseños de las estructuras y algoritmos, quedan por realizar las evaluaciones experimentales [11].

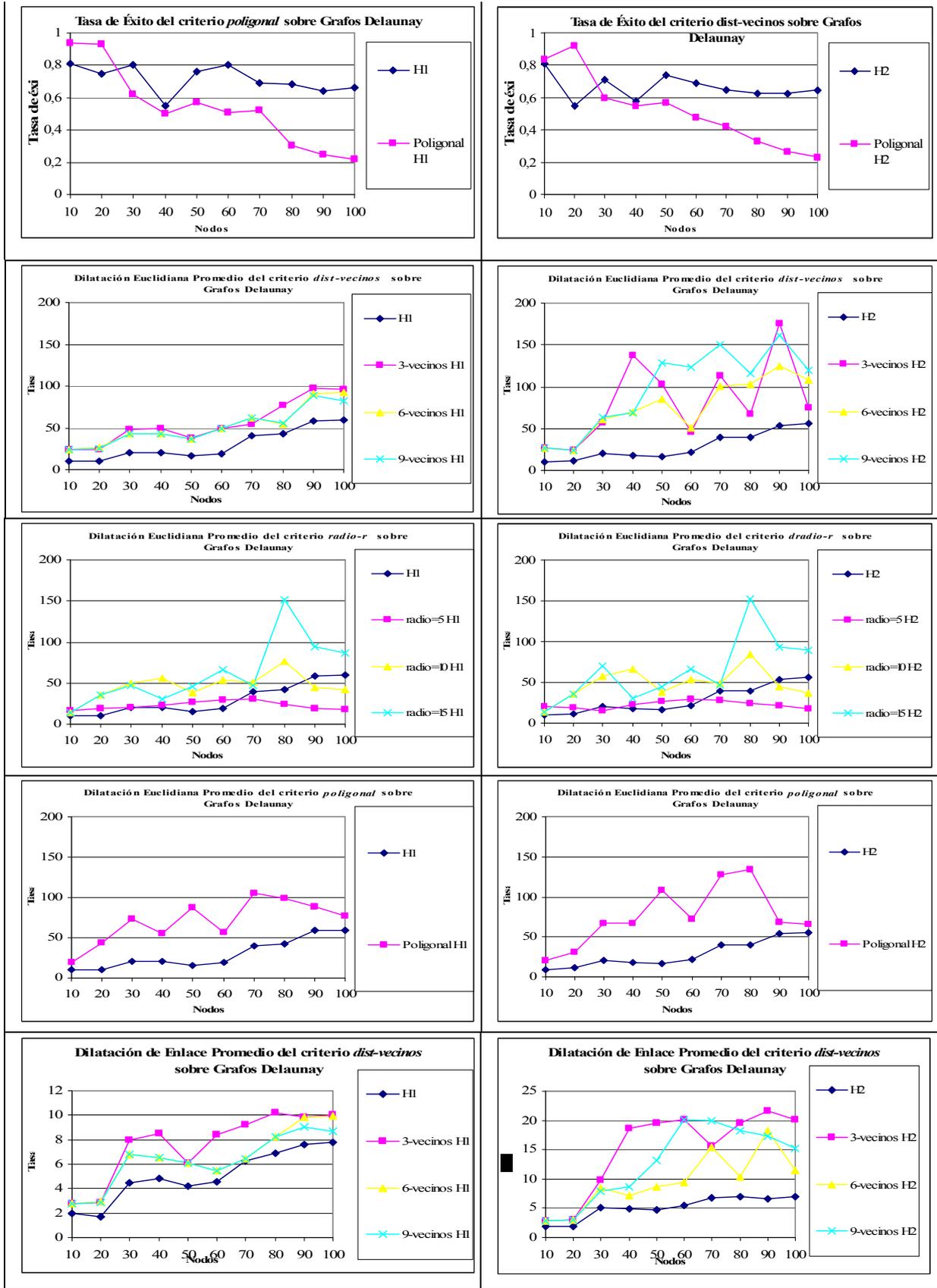
Con el desarrollo de este trabajo hemos profundizado en la temática y pretendido esencialmente destacar los resultados obtenidos, exponer los algoritmos desarrollados, consolidando y alimentando una línea de estudio, a fines de brindar un puente a investigaciones futuras.

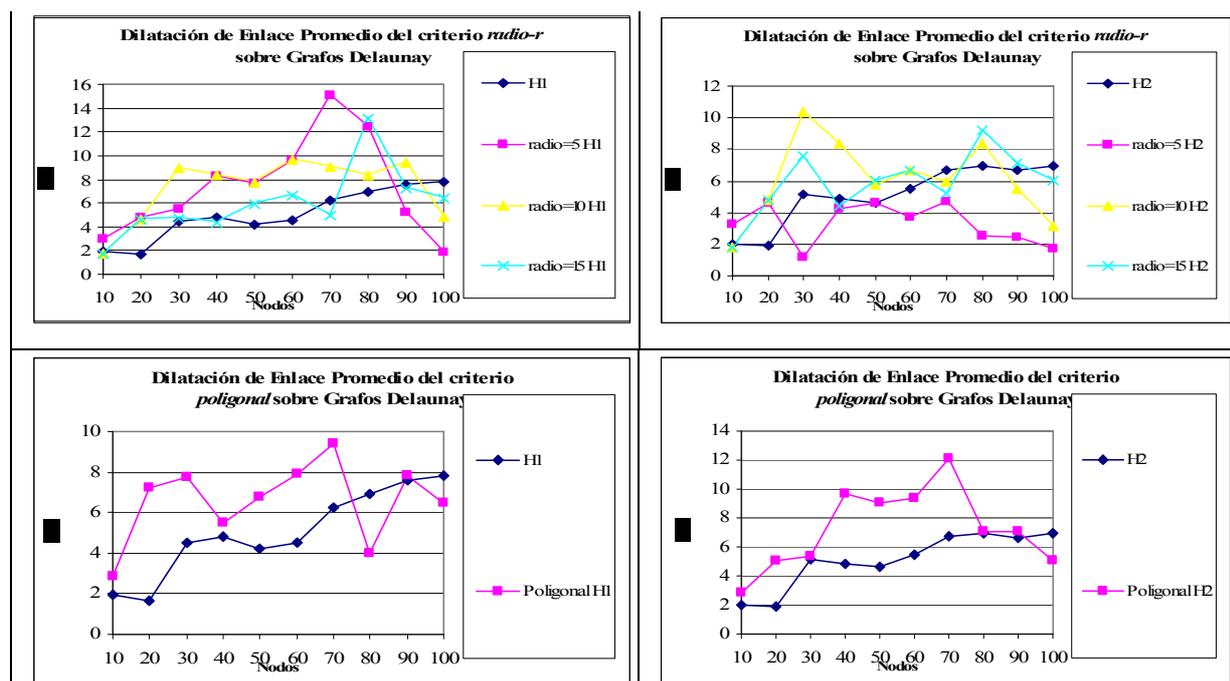
## FIGURAS











## REFERENCIAS

- [1] Almeida, V. y Güting, R. Indexing the trajectories of moving objects in networks. In *Proc. of the 16th Intl. Conf. on Scientific and Statistical Database Management (SSDBM)*. 2004.
- [2] Almeida, V. y Güting, R. Indexing the trajectories of moving objects in networks (Extended Abstract). In *Proc. of the 16th Intl. Conf. on Scientific and Statistical Database Management (SSDBM)*. 2004
- [3] Berón, M. Un evaluador de algoritmos de ruteo. Trabajo final de postgrado, Universidad Nacional de San Luis, 2005
- [4] Beron, M.; Flores, S.; Gagliardi, O. *Ruteo con Brújula en Redes sin Cables*. Argentina. CACIC 2001. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2001.
- [5] Bose, P.; Morin, P. *Online Routing in Triangulations*. In Proceedings of the Tenth International Symposium on Algorithms and Computation (ISAAC'99), volume 1741 of Springer LNCS, pages 113-122, 1999.
- [6] Berón, M; Gagliardi, O; Peñalver, G. *Estrategias de ruteo alternativas para redes móviles*. Argentina . CACIC 2005. Congreso Argentino de Ciencias de la Computación. 2005.
- [7] Correa, L, Ortiz, N, I + MON-Tree: índice espacio-temporal para objetos en movimiento; Trabajo final de la Licenciatura en Ciencias de la Computación, *Univ. Nac. de San Luis, Argentina*, 2006. Gagliardi, O., Directora.
- [8] Correa, M.L.; Ortiz, N.J.; Gagliardi, E.O.; Gutierrez, G.. *Un método de acceso espacio-temporal restringido a redes fijas*. Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación 2006, WICC 2006. La Matanza, Mayo de 2006.
- [9] Correa, M.L.; Ortiz, N.J.; Gagliardi, E. O.; *I+Mon-Tree: Índice Espacio-Temporal para Objetos en Movimiento*. XII Congreso Argentino de Ciencias de la Computación 2006 (CACIC 2006). San Luis, 17-21 de Octubre de 2006.
- [10] Gagliardi, O.; Taranilla, M.; Beron, M. *La Geometría Computacional a nuestro alrededor*. III Workshop de Informática y Ciencias de la Computación. Argentina. 2002.
- [11] Giraudi, D; Segura, G; Gagliardi, O.; Peñalver, G. Beron, M. Avances en el estudio de BDET y Ruteo sobre redes móviles. IX Workshop de Informática y Ciencias de la Computación. Argentina.2007.
- [12] Kranakis E.; Singh H.; J. Urrutia. *Compass routing on Geometric network*. Proc. 11<sup>th</sup> Canadian Conference on Computational Geometry, Vancouver. 1999.
- [13] Morin, P. Online Routing in Geometric Graph. *Tesis Doctoral*. Canada. 2001.