



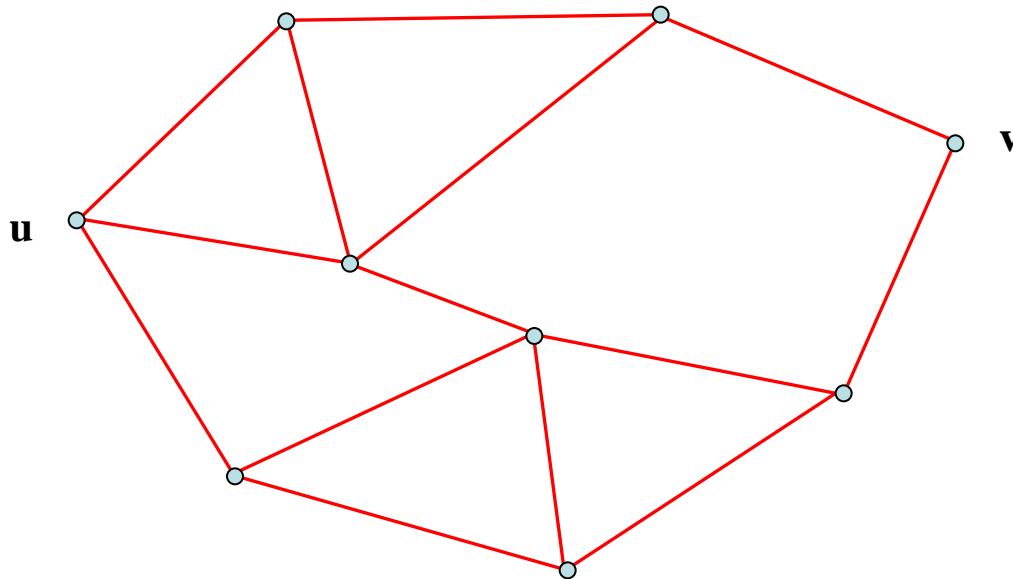
Soluciones locales para problemas locales en redes inalámbricas.

Jorge Urrutia, IMATE-UNAM

E. Chavez, S. Dobrev, E. Kranakis,
V. Stacho, J. Opartny, H. Singh,
I. Stojmenovic, J. Bose, P. Morin, ...

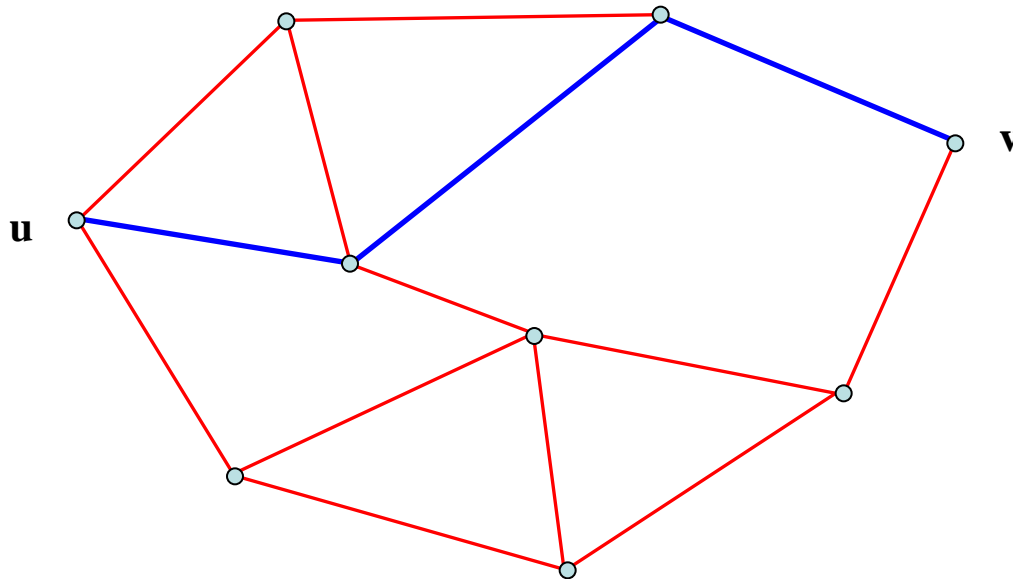


Enrutamiento en redes inalámbricas.



El problema de la ruta más corta.

Enrutamiento en redes inalámbricas.



El problema de la ruta más corta.

Alexander Graham Bell



Brantford, Ontario
Canada, 1874.





On March 10 1876: "Mr. Watson, come here, I want to see you."

Brantford, Ontario
Canada





G. Bell explicando a su padre como funciona el teléfono (1874)



Brantford, Ontario
Canada



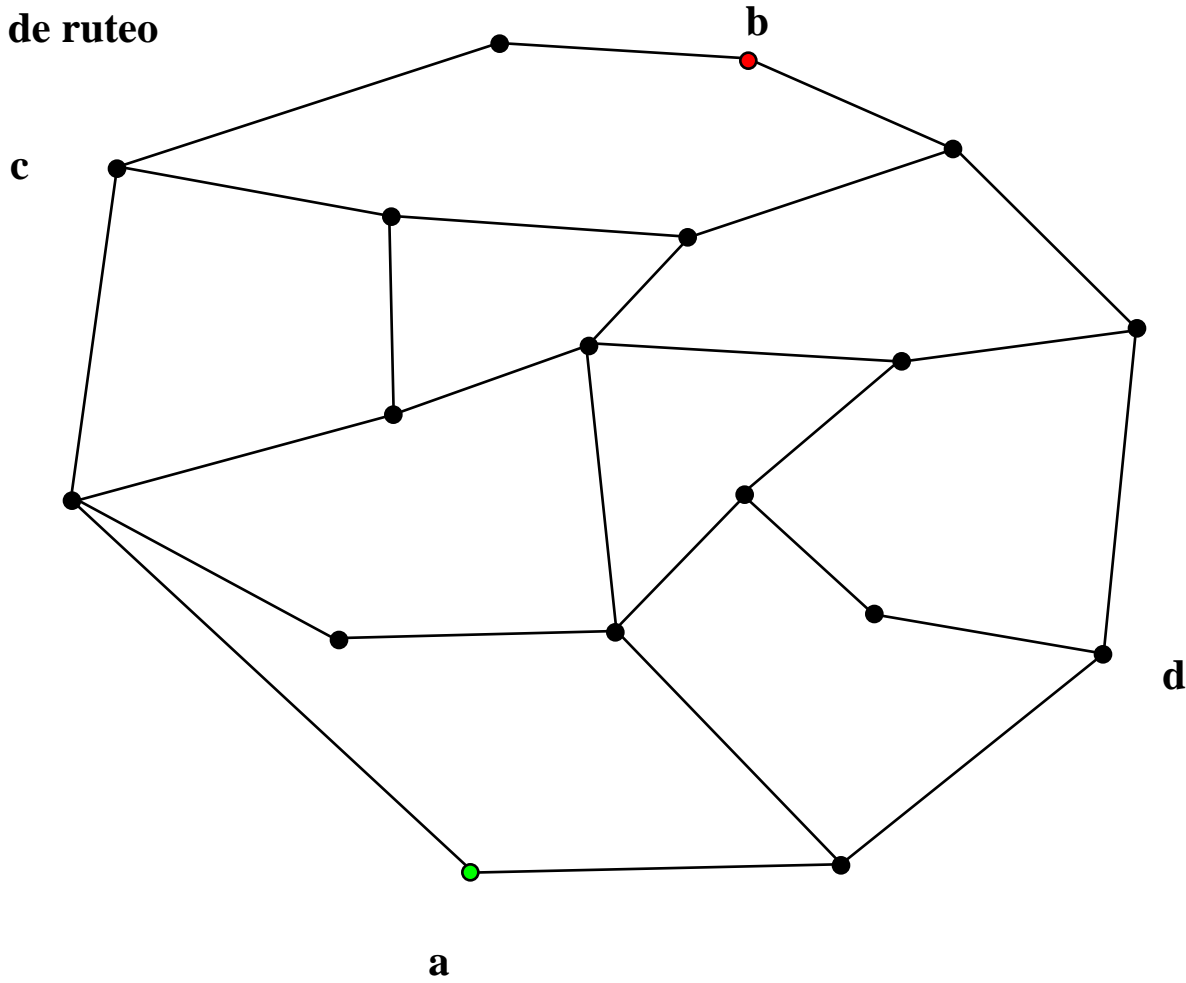


Brantford, Ontario
Canada



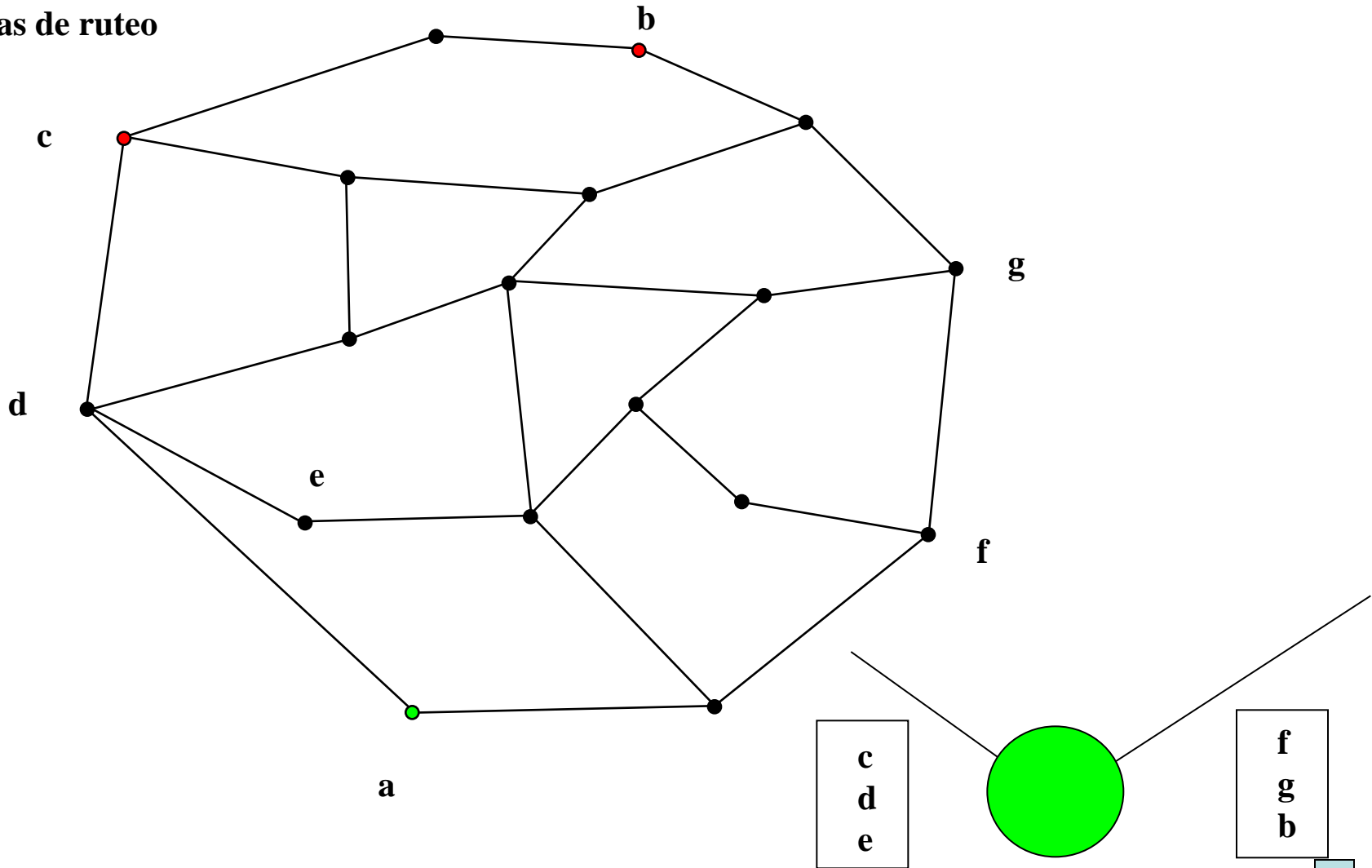


Tablas de ruteo



Otros problemas a considerar:

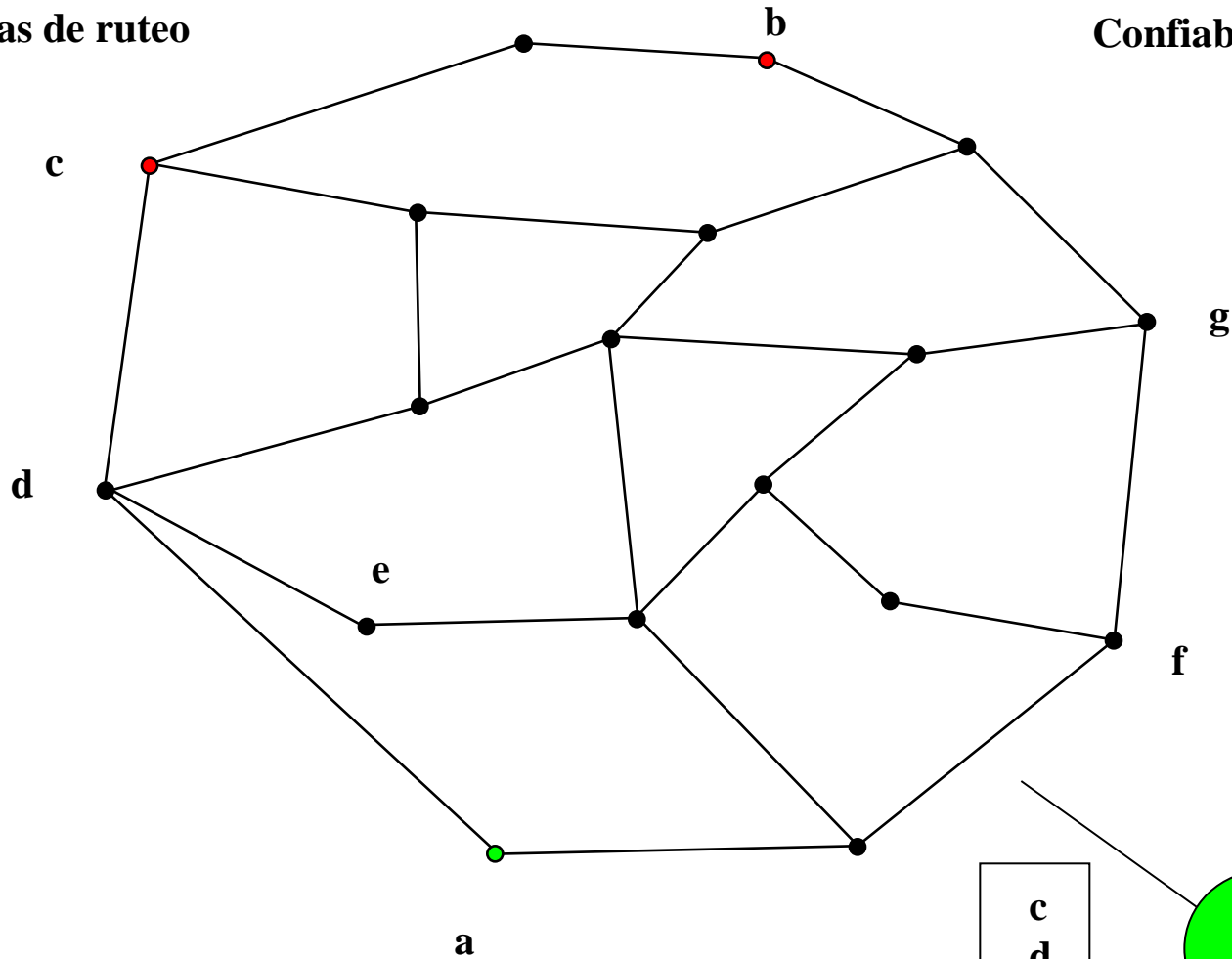
Tablas de ruteo



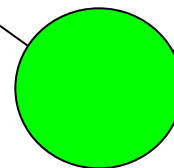
Otros problemas a considerar:

Tablas de ruteo

Confiabilidad, mantenimiento.



c
d
e



f
g
b



Brantford, Ontario
Canada





Brantford, Ontario
Canada

Readiness to Serve

The public has a right to expect more than *perfunctory service* from those who supply its telephone needs.

Telephone service is more than merely placing at the disposal of the public adequate telephone equipment.

Courtesy, readiness to oblige and to be of service—patience under trying conditions—these are only some of the things we require of our employees, and that every subscriber has a right to expect from us.

The Bell Telephone Co. of Canada

"Good service * * * our true intent."
—E. S. Johnson.

© BELL CANADA

An illustration of a telephone switchboard on a wooden stand, with a woman in a uniform and apron standing below it, holding a telephone receiver. The woman is looking towards the switchboard.

© An advertisement by
The Bell Telephone Co.
of Canada.
© Will you please read
it, and others of the
series to follow?





Can you imagine a day without phones or Internet access? Telecommunications technologies, powerful tools of socialization, are everywhere in our society. We've come a long way since the invention of the telephone in the early 1870s. Today, 130 years later, the system carries more than just voices and provides access to a whole array of services, including high-tech multimedia.

The telephone has been part of Canadian life since 1877, but until the 1920s, it was the preserve of businessmen and wealthy households. The phone became an everyday item when the expanded system enabled it to be used more widely. Founded on April 29, 1880, the Bell Telephone Company of Canada has played...



Brantford, Ontario
Canada





TELEPHONE NEWS

To give you a better understanding
of our business and the
services we provide.

© BELL CANADA

FOR TELEVISION AND TELEPHONE

New Radio-Relay Skyway Opens

Canadian communications history was made on May 14 with the opening of our modern Microwave Radio-Relay system for network television service and long distance telephone calling.

The new "skyway" — built and operated by telephone people — links the Canadian Broadcasting Corporation's television stations in Toronto, Ottawa and Montreal. It also connects those stations with United States networks via Buffalo, N.Y.

Telephone calls can travel over the Radio-Relay system at the same time as TV programs. Thus it provides many important new long distance voiceways between Toronto, Ottawa and Montreal.

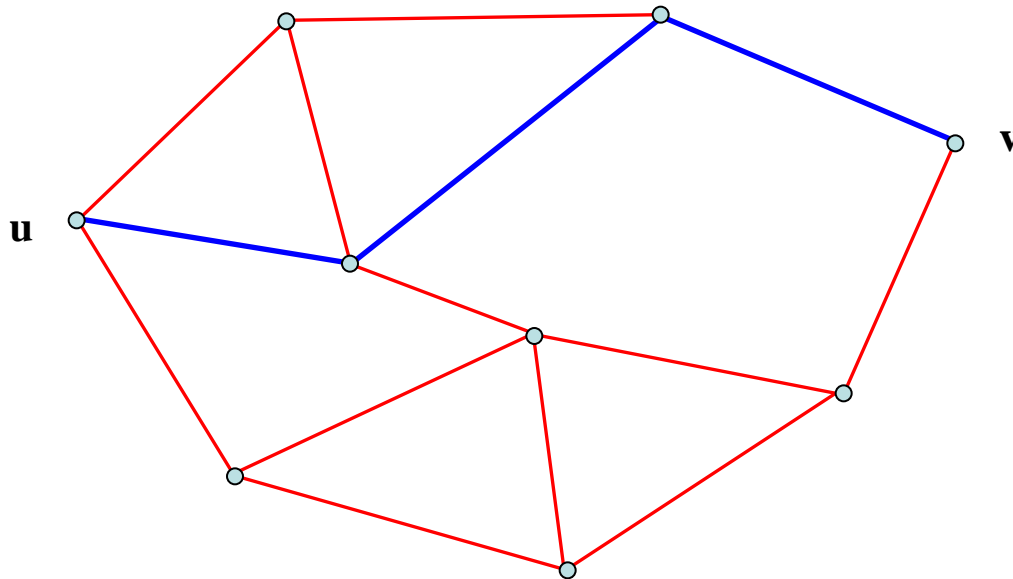
Building the 400-mile Radio-Relay system was a big telephone job. It required 15 stations, some with towers as tall as the 225-foot steel structure pictured at the left, and tons of intricate telephone equipment.

Telephone people, experienced in all branches of communications, completed the job on schedule. They are ready to extend the new skyway to other centres as requirements develop.

May 1953, No. 2

Enrutamiento en redes inalámbricas.

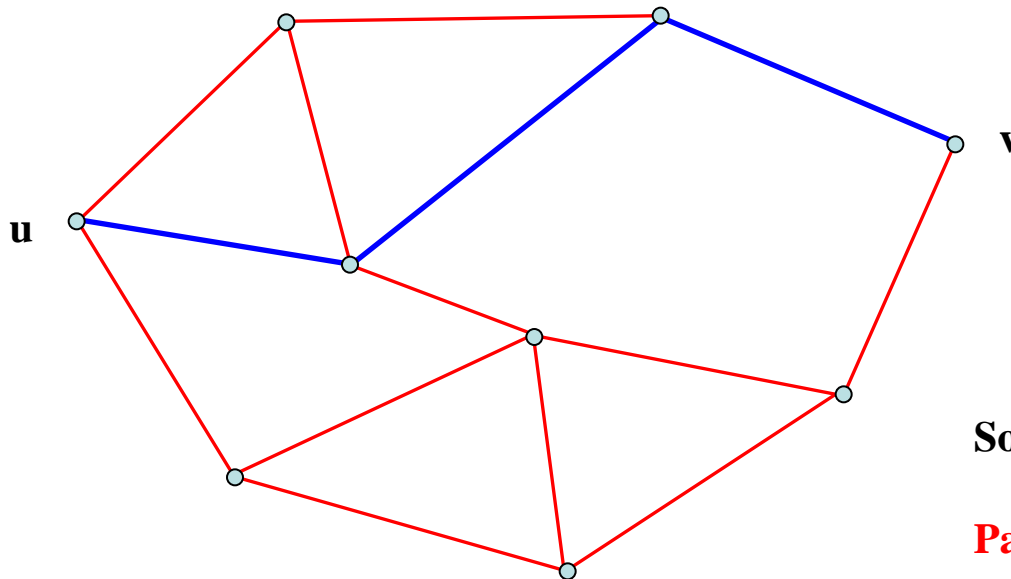
El algoritmo de Dijkstra



El problema de la ruta más corta.

Enrutamiento en redes inalámbricas.

El algoritmo de Dijkstra



Solución óptima pero ...

**Para muchas redes actuales
no es muy útil!**

El problema de la ruta más corta.

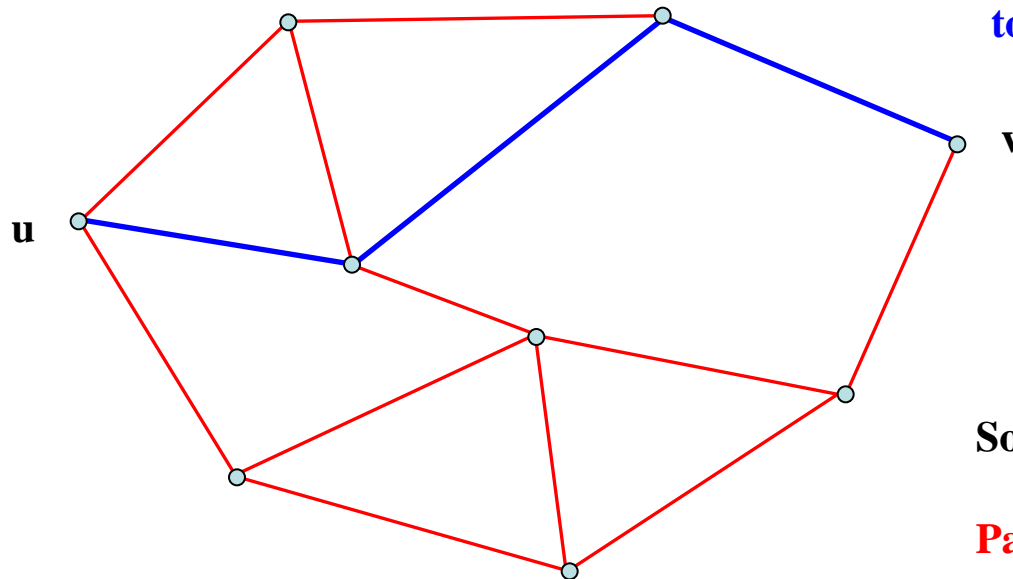
Enrutamiento en redes inalámbricas.

Supone:

a) **Redes estables.**

b) **Conocimiento de la topología de la red!**

El algoritmo de Dijkstra

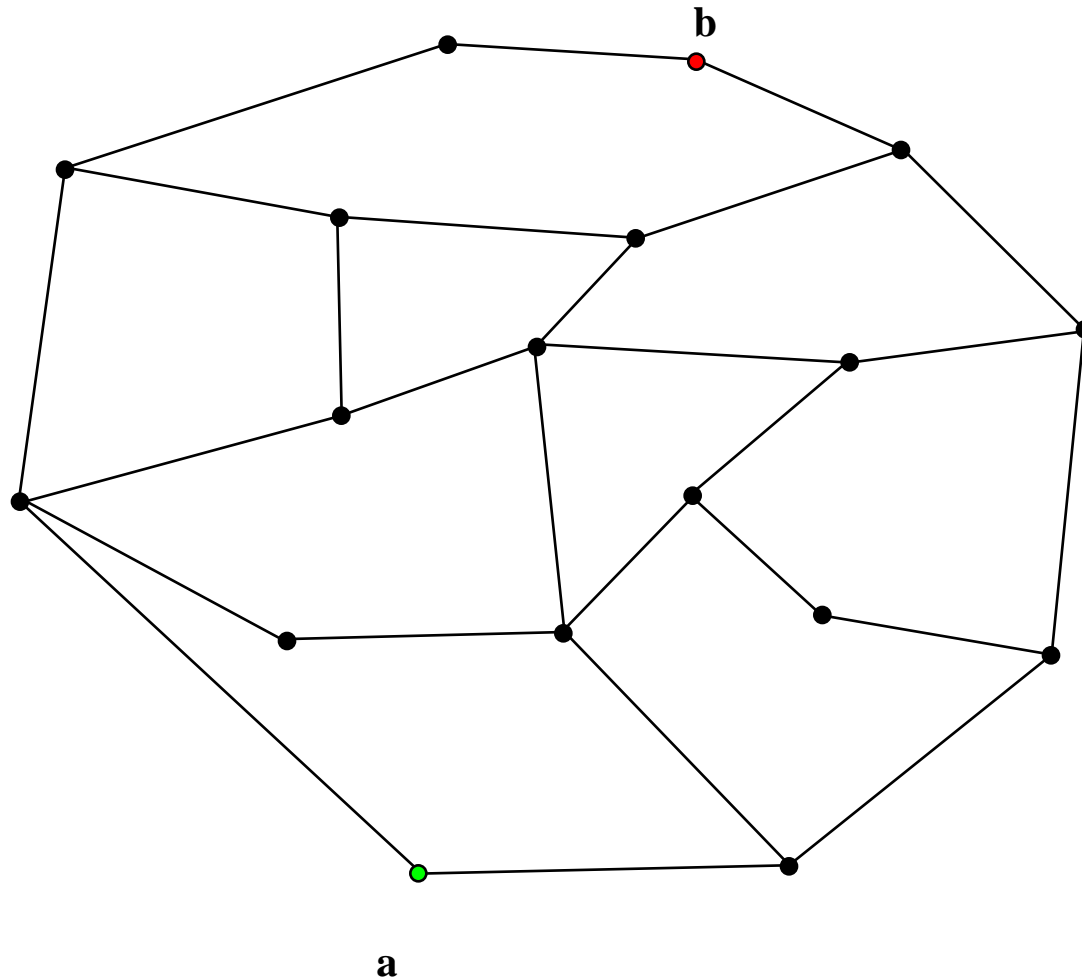


Solución óptima pero ...

**Para muchas redes actuales
no es muy útil!**

El problema de la ruta más corta.

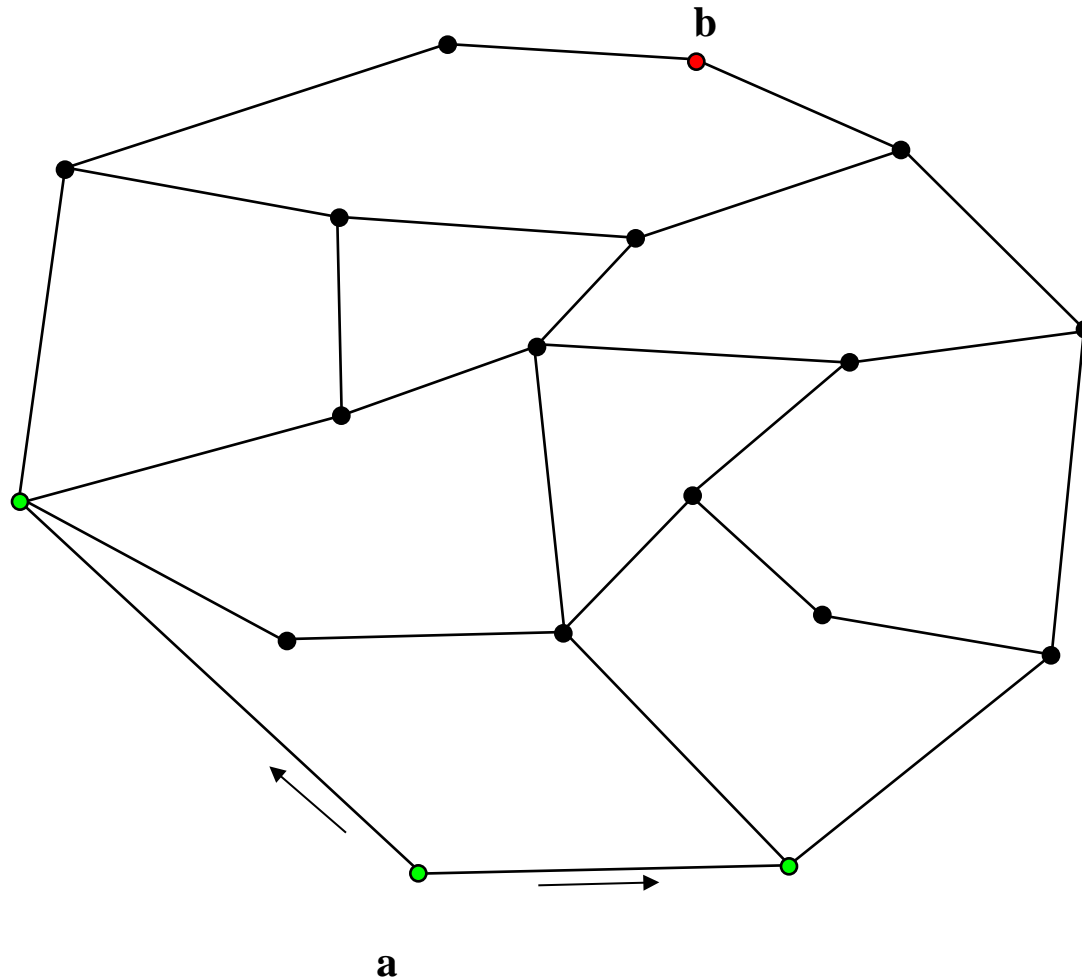
Soluciones alternas (parches):



a
b
Message
Hi!
How are you?

Inundación:

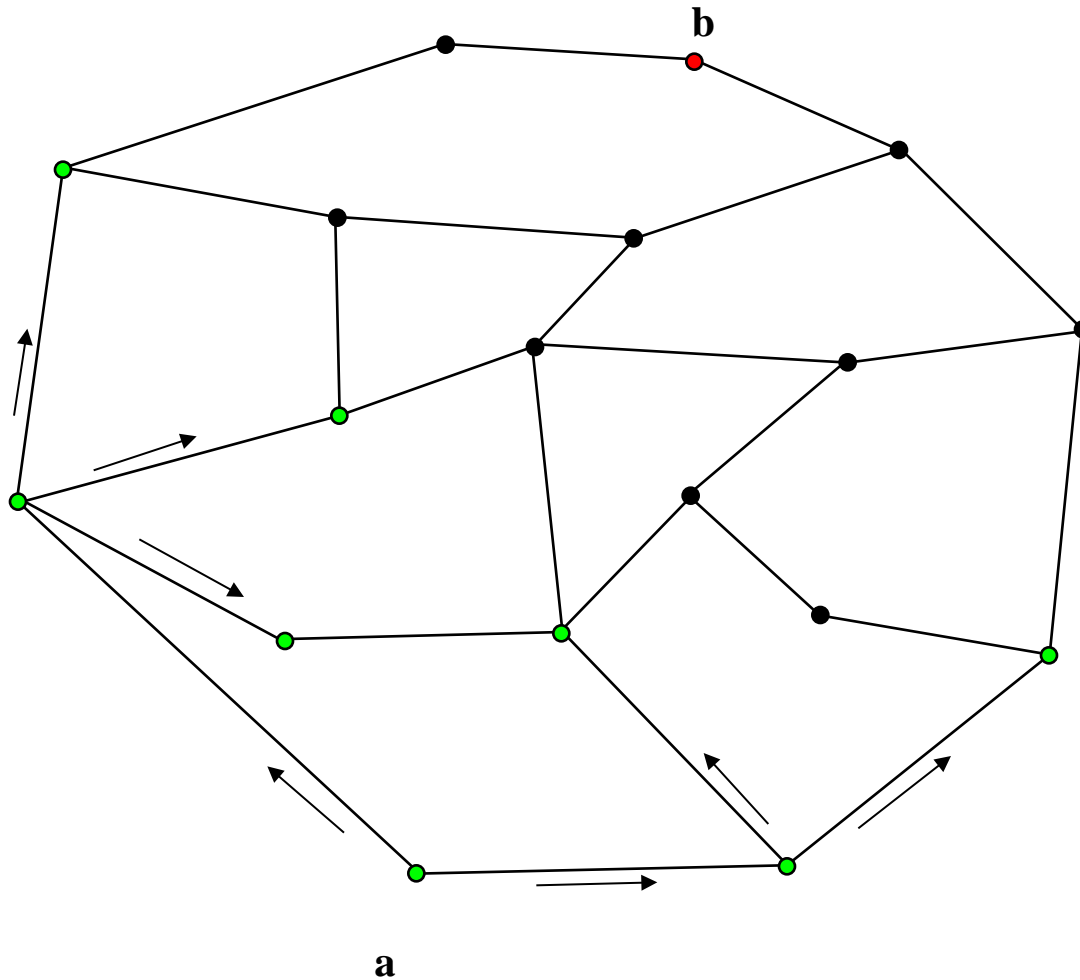
Soluciones alternas (parches):



a
b
Message
Hi!
How are you?

Inundación:

Soluciones alternas (parches):

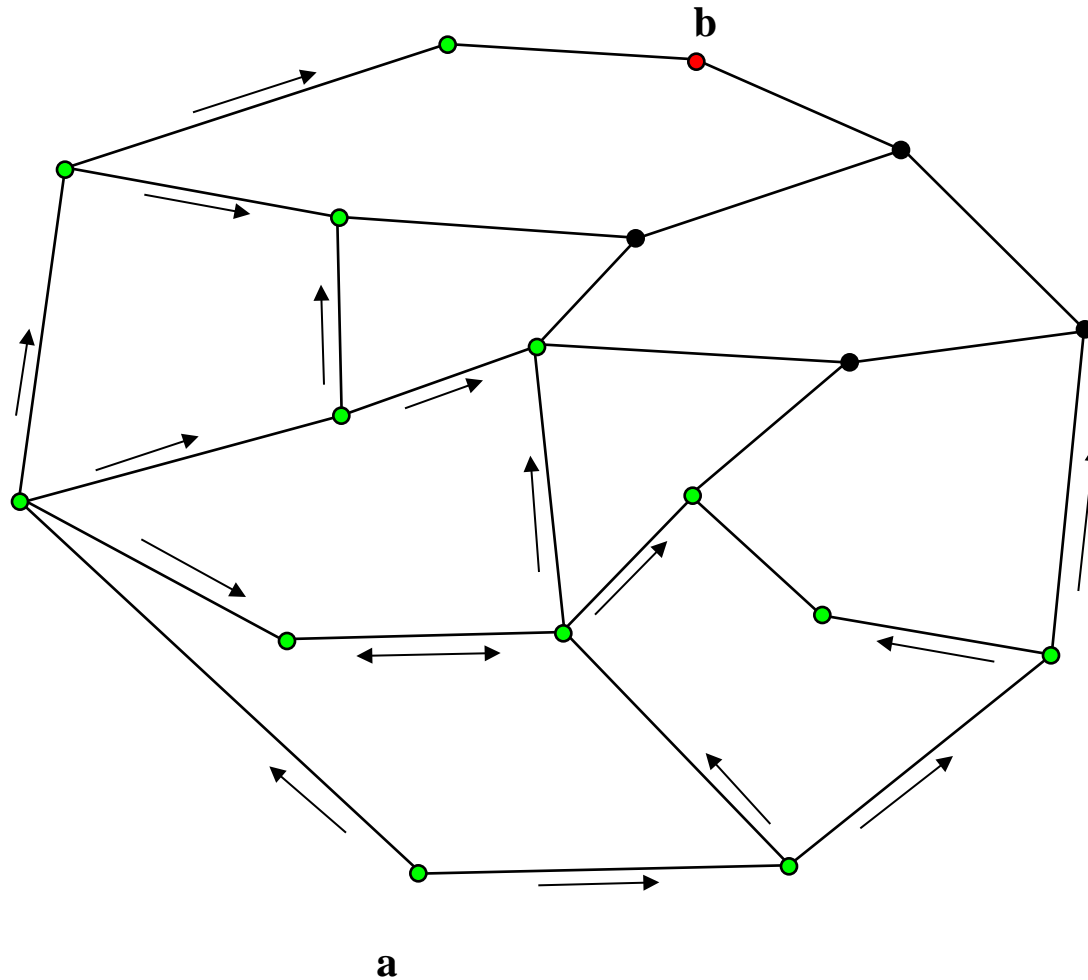


a
b

Message
Hi!
How are you?

Inundación:

Soluciones alternas (parches):

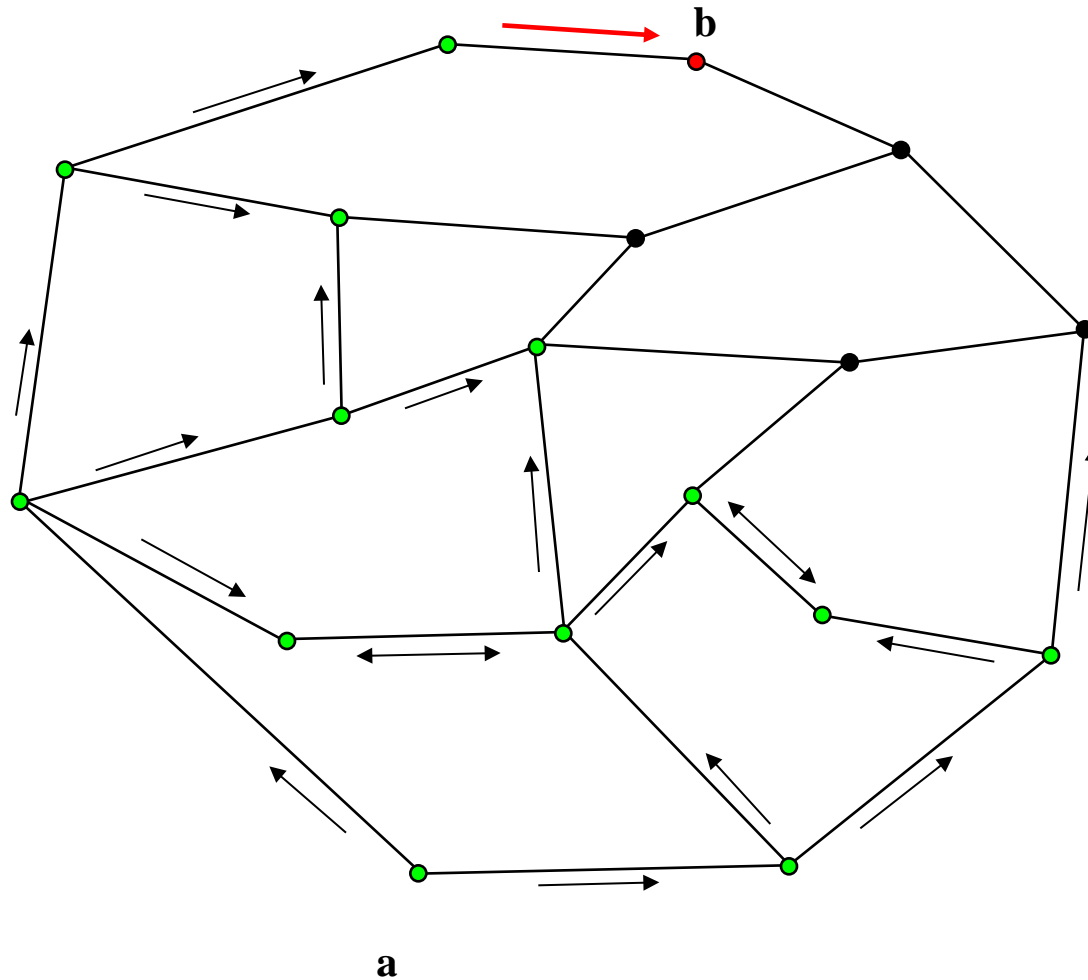


a
b

Message
Hi!
How are you?

Inundación:

Soluciones alternas (parches):



a
b
Message
Hi!
How are you?

Inundación:



Nos gustaría obtener algoritmos con las siguientes características:



■

Nos gustaría obtener algoritmos con las siguientes características:

- a) **Algoritmos locales:** (conocer el punto de partida y el destino)
Tomar decisiones basadas solamente en información local
Almacenada en los nodos de la red.

La estructura de la red es muy dinámica!



■

Nos gustaría obtener algoritmos con las siguientes características:

- a) **Algoritmos locales: (conocer el punto de partida y el destino)**
Tomar decisiones basadas solamente en información local
Almacenada en los nodos de la red.

- b) **No sabemos nada, salvo que la red es conexa.**

Por lo mismo!



Nos gustaría obtener algoritmos con las siguientes características:

a) Algoritmos locales: (conocer el punto de partida y el destino)

Tomar decisiones basadas solamente en información local

Almacenada en los nodos de la red.

b) No sabemos nada, salvo que la red es conexa.

c) Garantiza que los mensajes llegan a su destino.



■

Nos gustaría obtener algoritmos con las siguientes características:

a) **Algoritmos locales:** (conocer el punto de partida y el destino)

Tomar decisiones basadas solamente en información local

Almacenada en los nodos de la red.

b) **No sabemos nada, salvo que la red es conexa.**

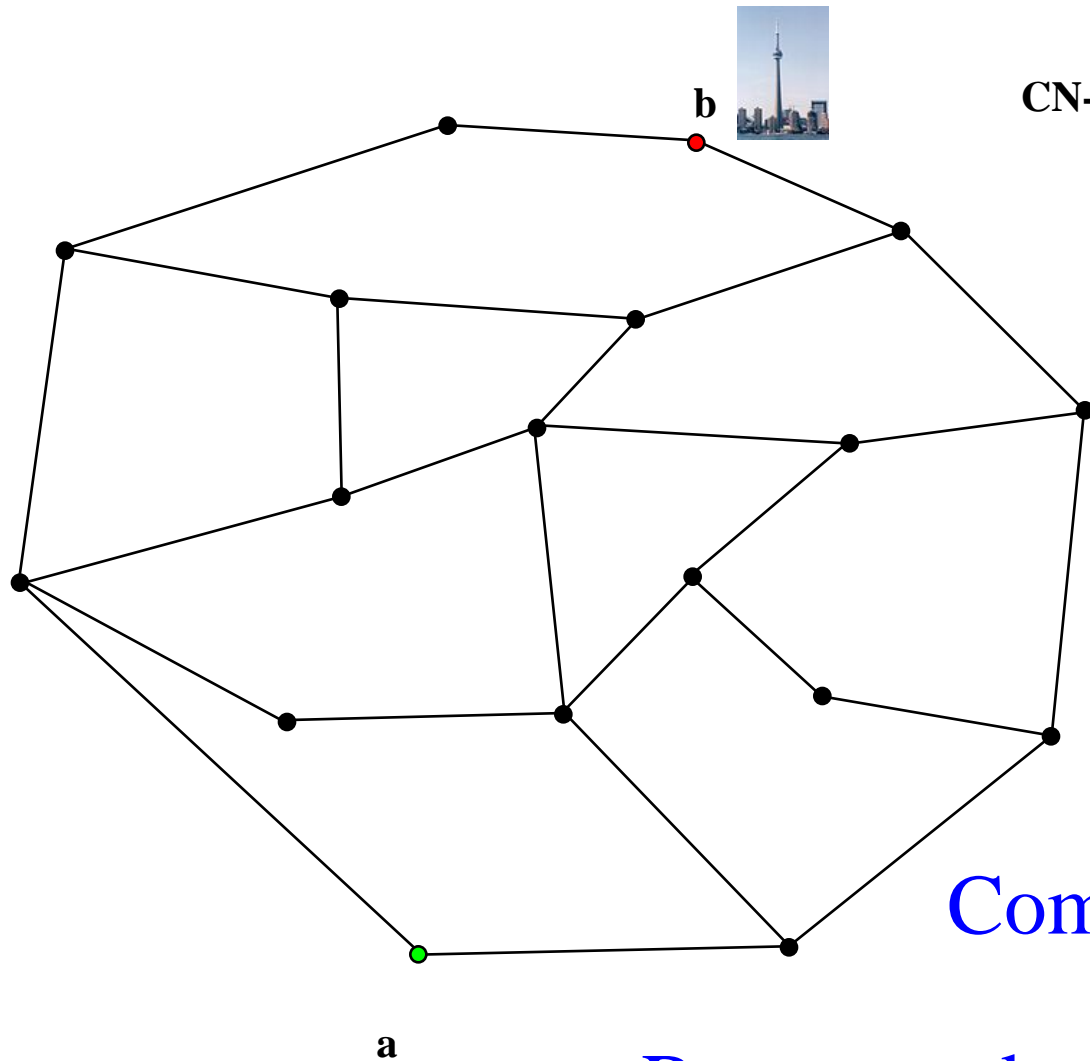
c) **Garantiza que los mensajes llegan a su destino.**

d) **Un mensaje no aprende mucho, i.e. memoria constante.**

e) **No deja marcas!** De otra forma estamos haciendo laberintos!



El problema del turista distraído y desmemoriado!



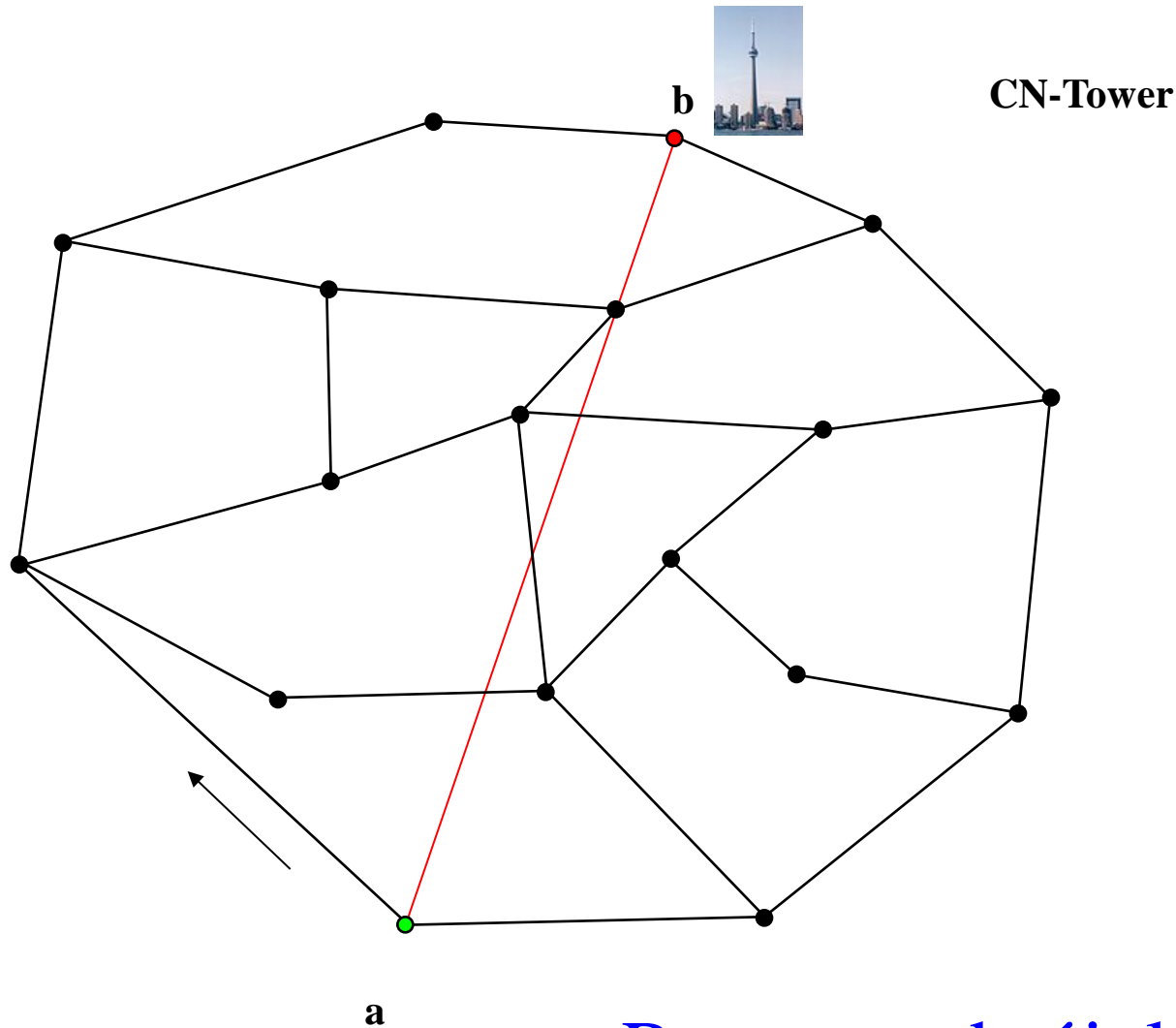
CN-Tower

Compass Routing.

Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

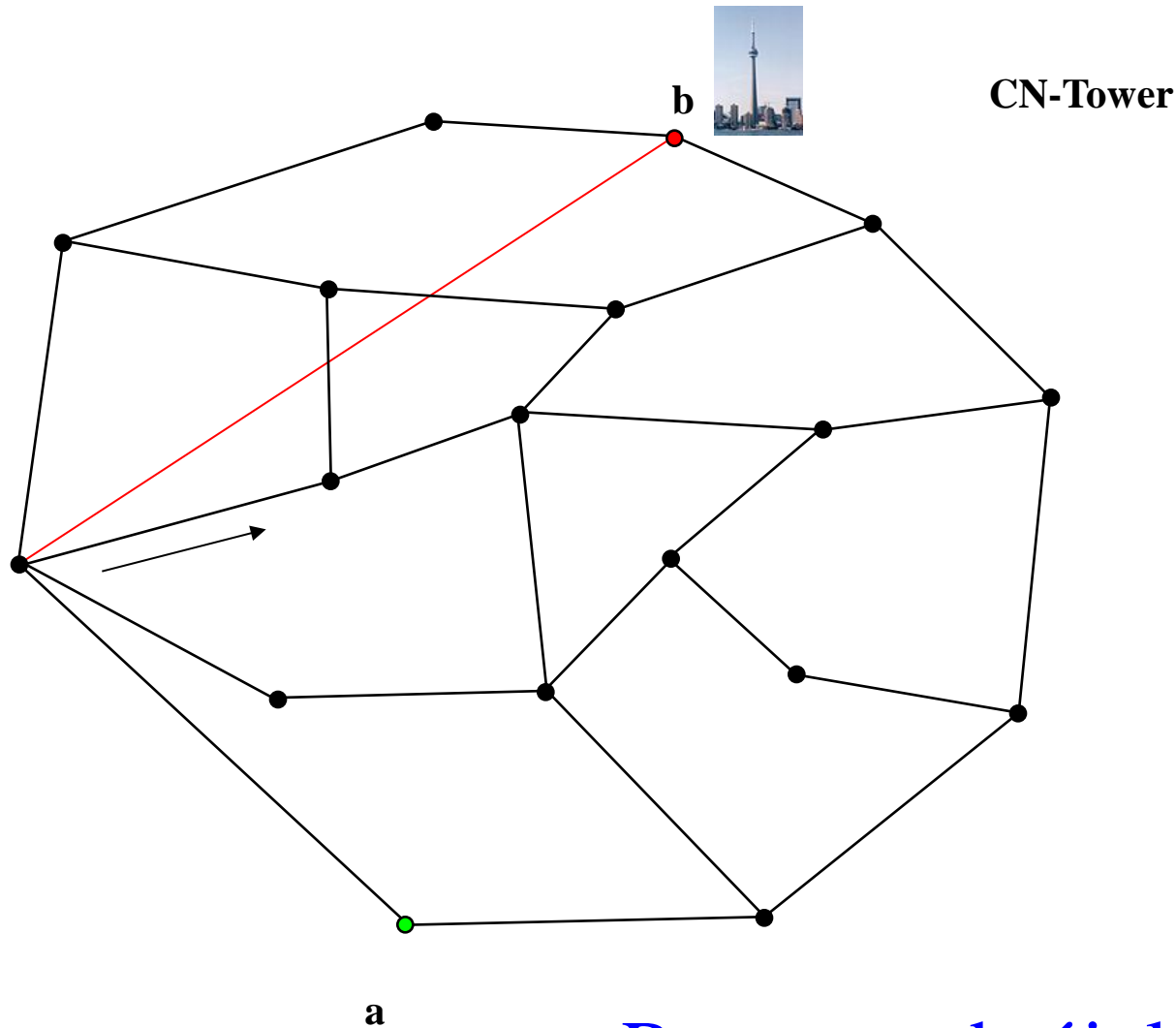
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

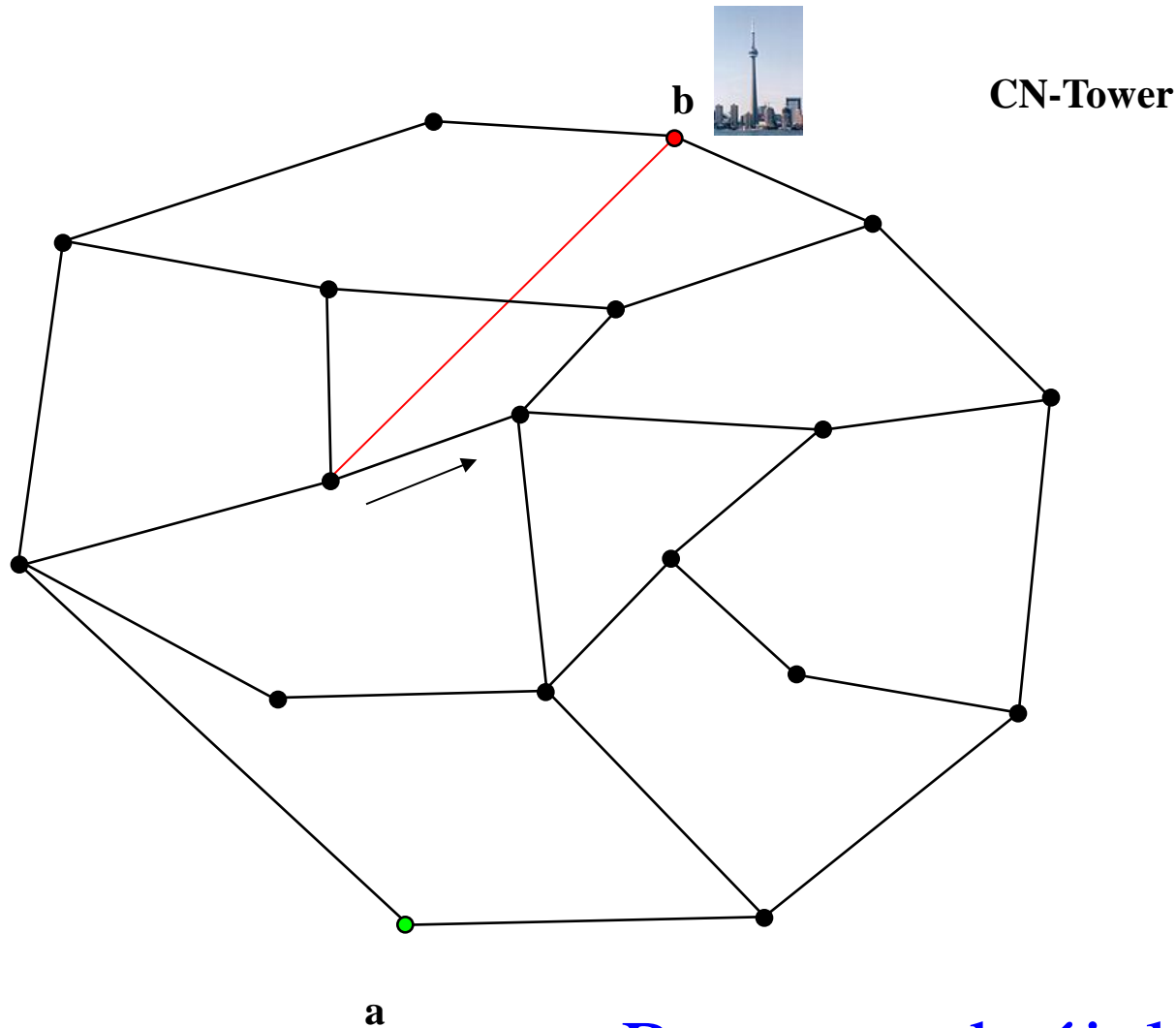
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

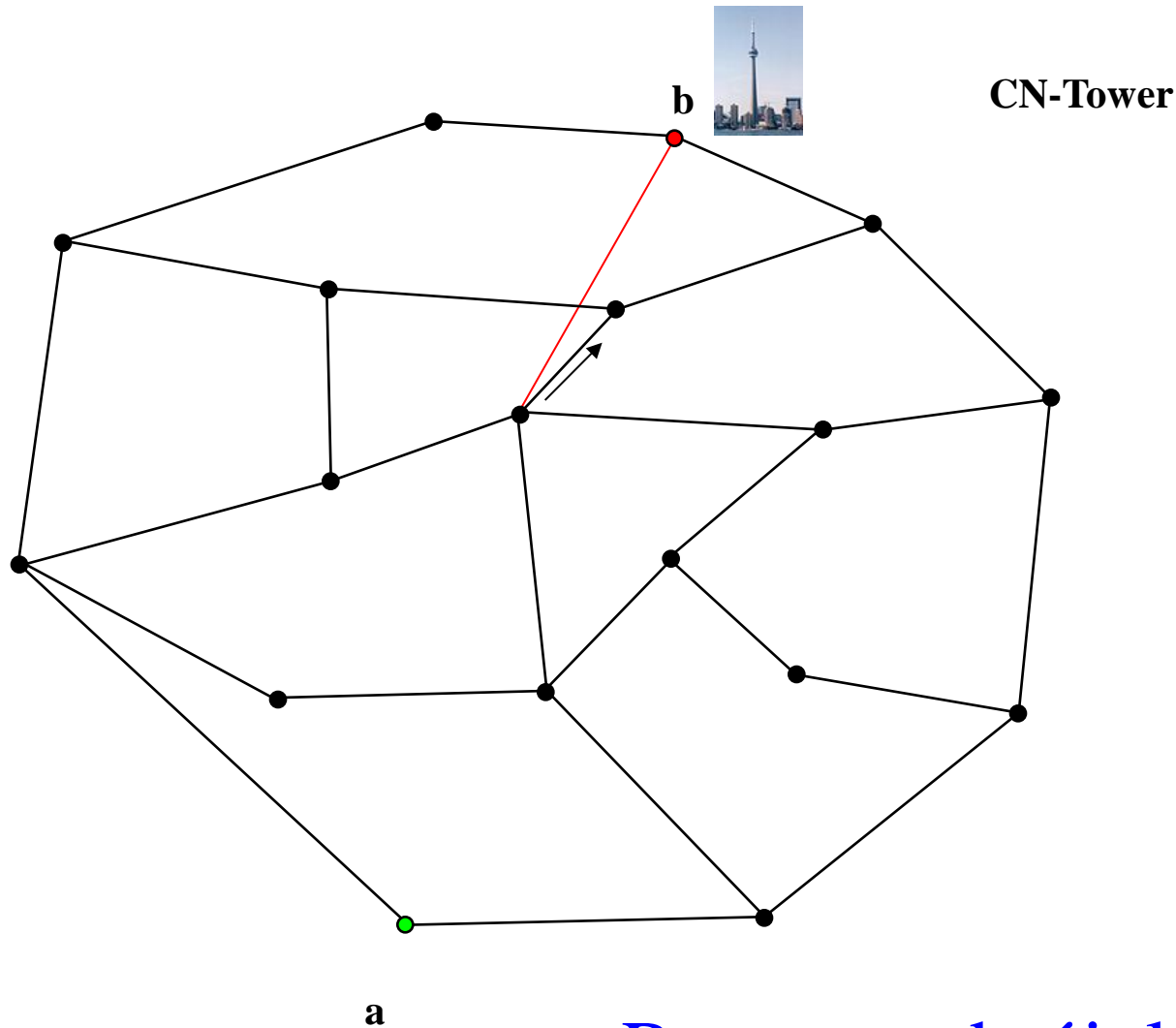
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

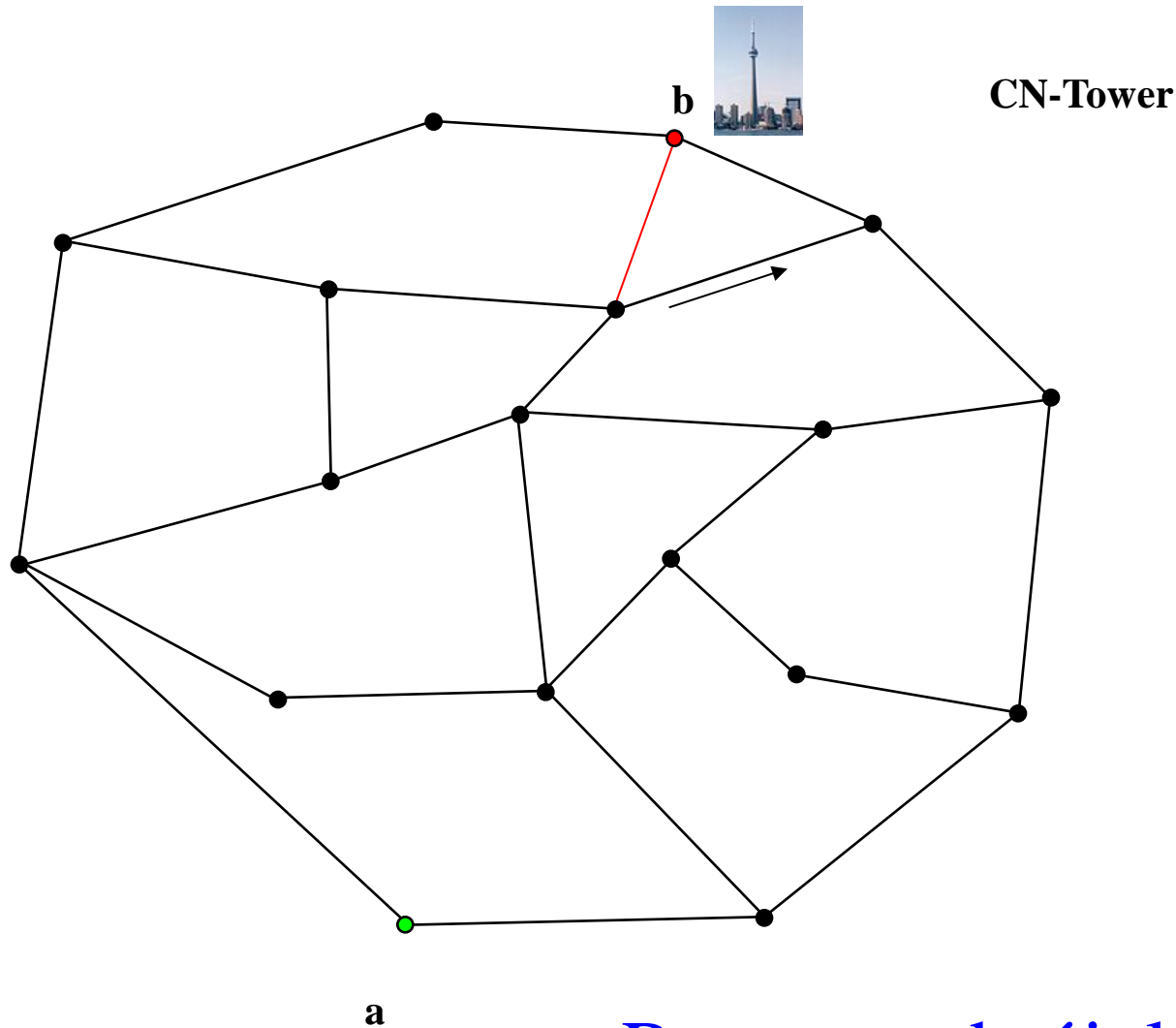
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

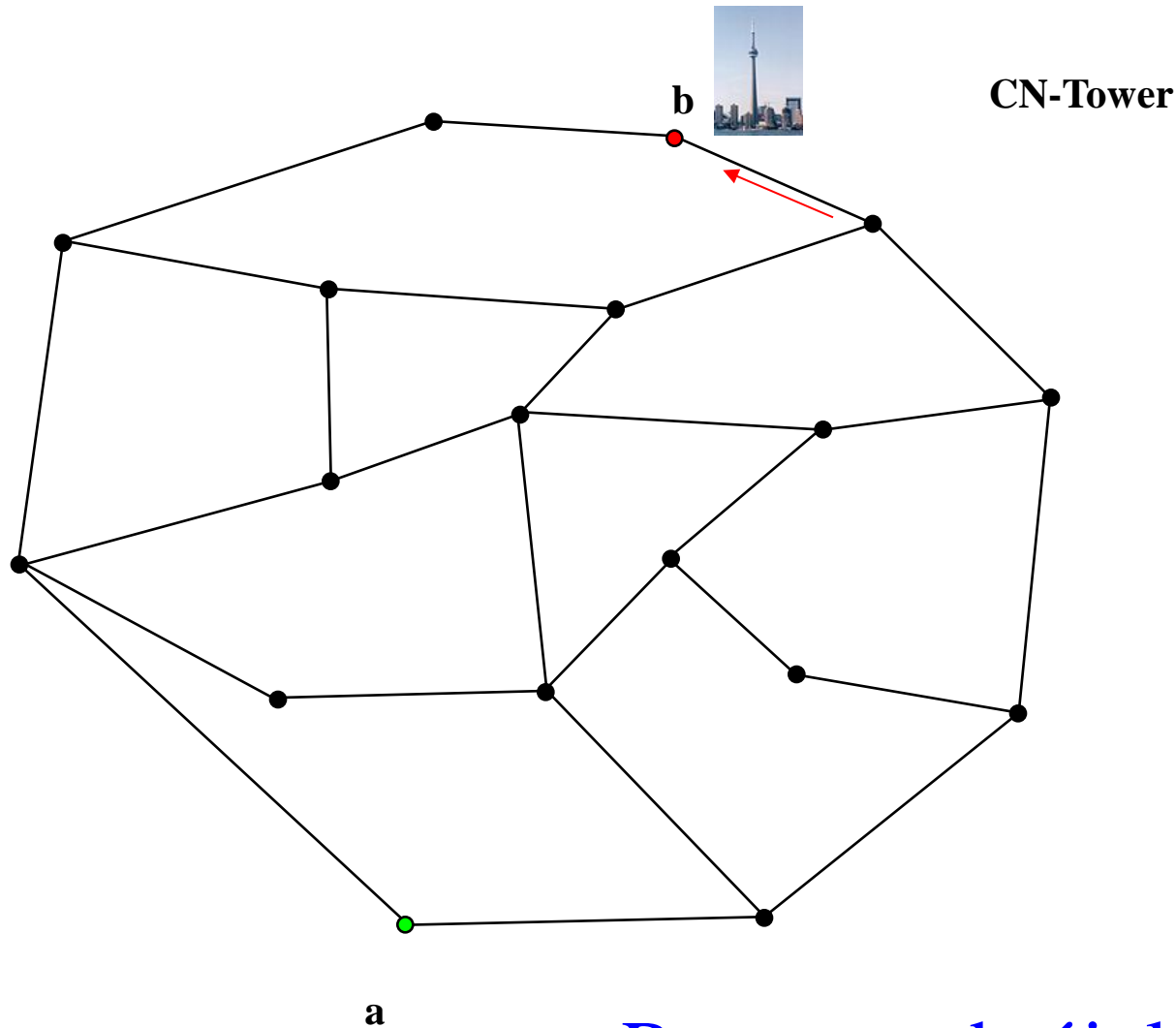
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

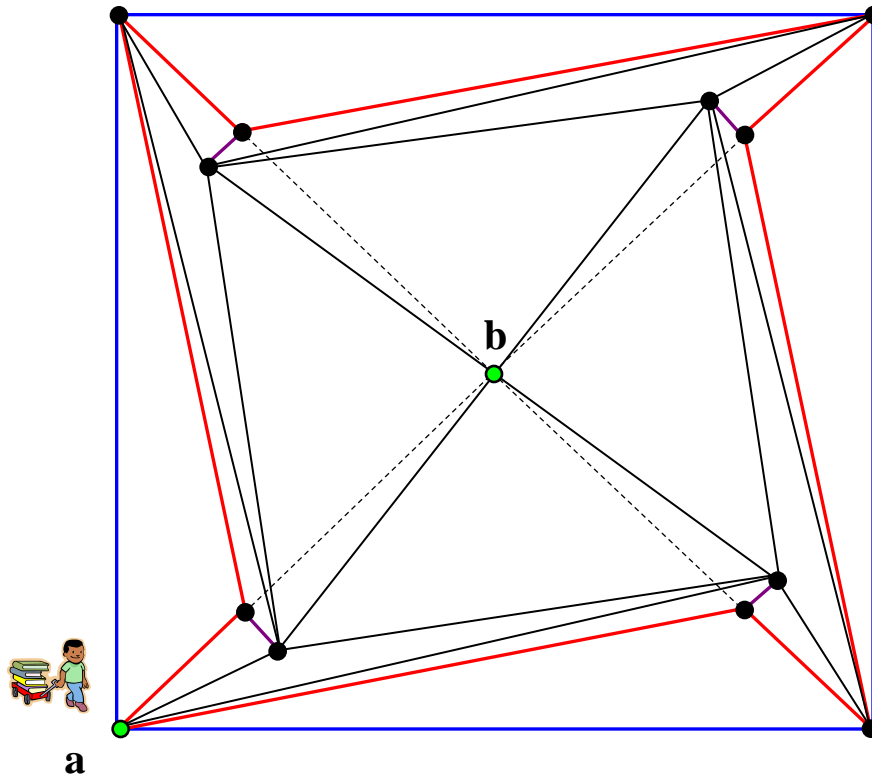
El problema del turista distraído y desmemoriado!



Ruteo por brújula.

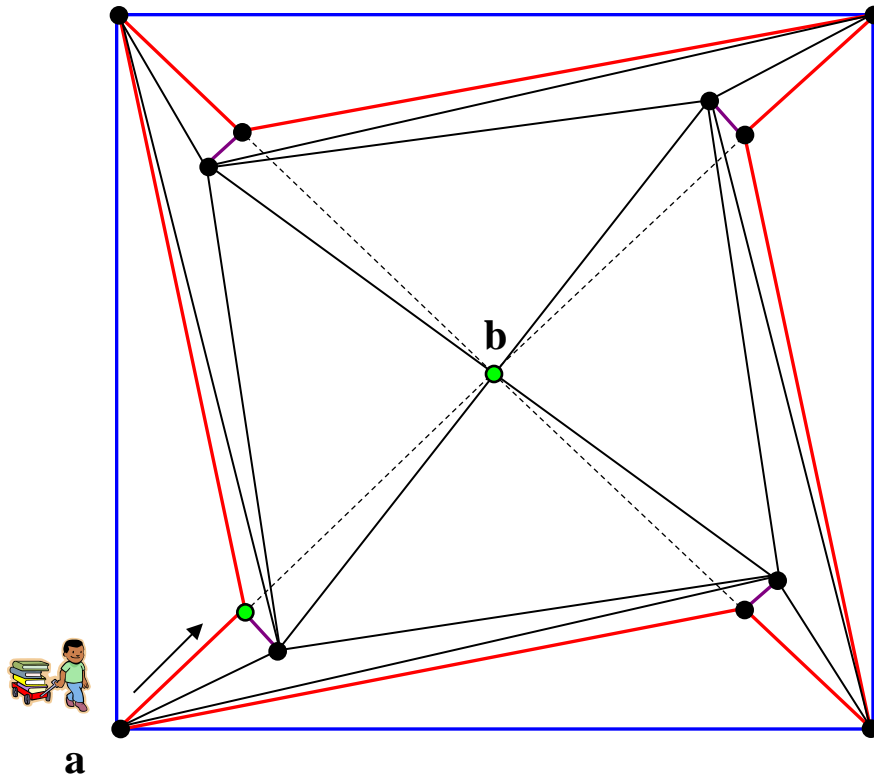
¡Llega a Toronto y no tiene un mapa!

Rutas por brújula.

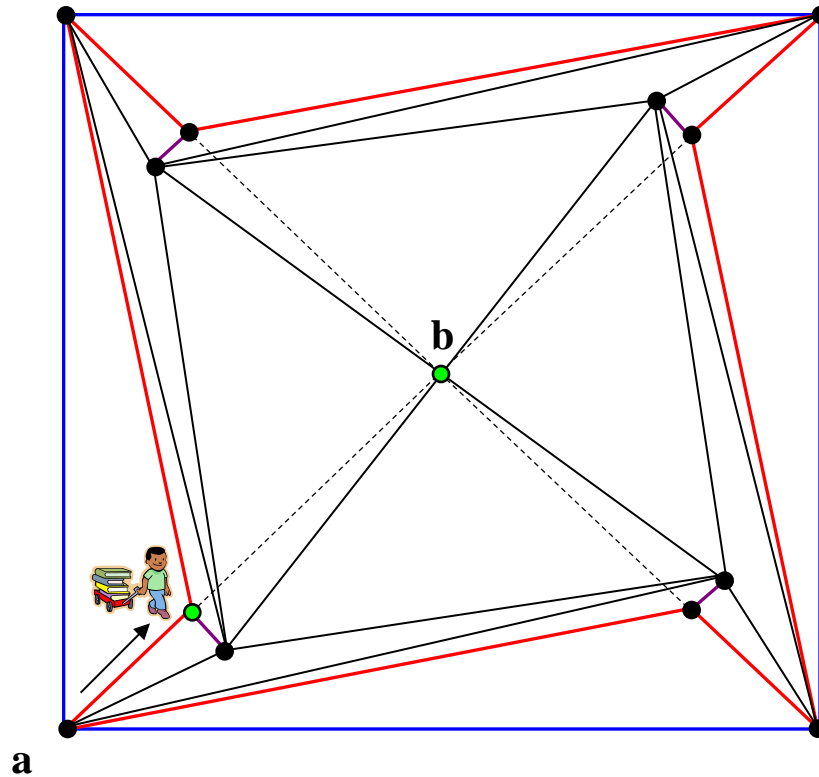




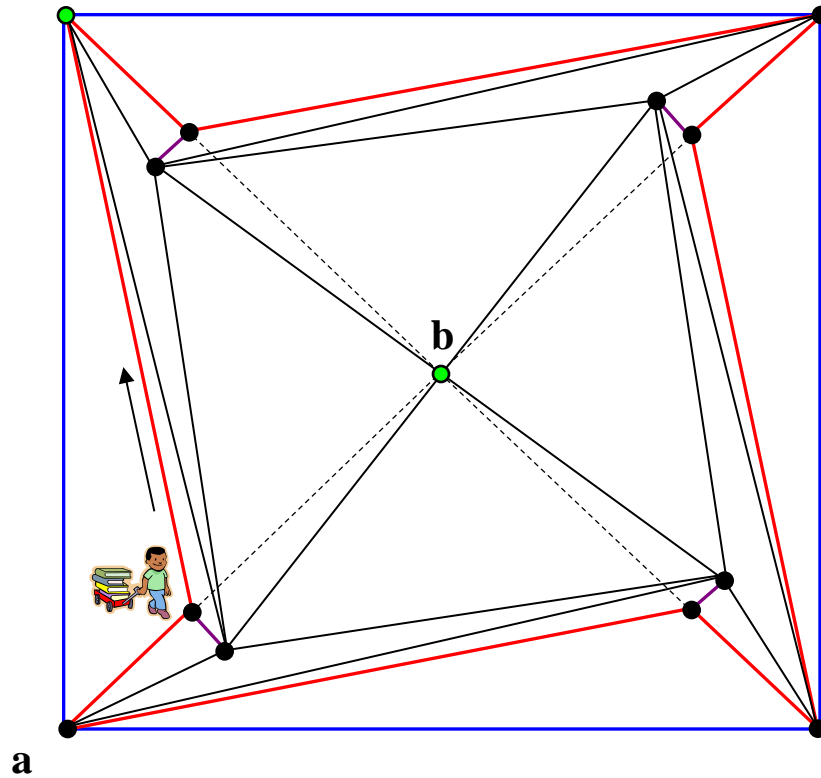
Rutas por brújula.



Rutas por brújula.

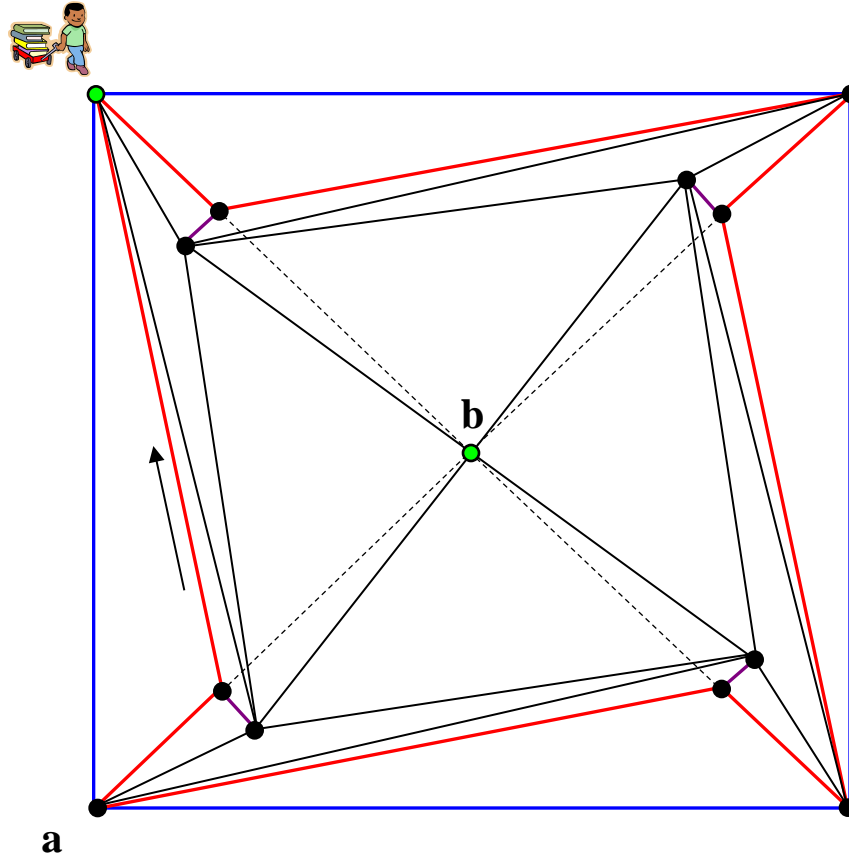


Rutas por brújula.



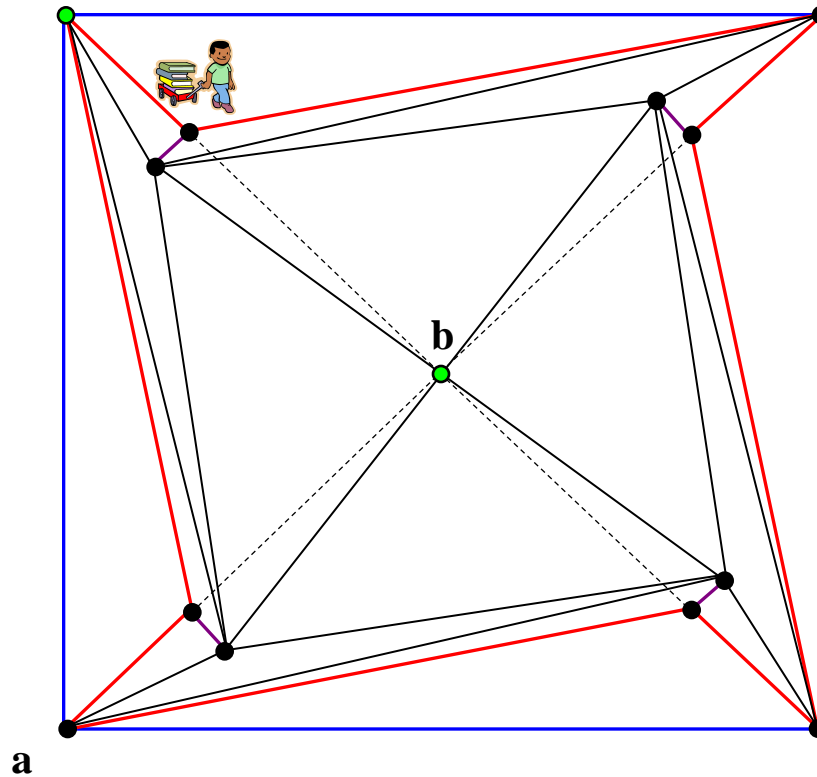
Rutas por brújula.

Entra en un ciclo!



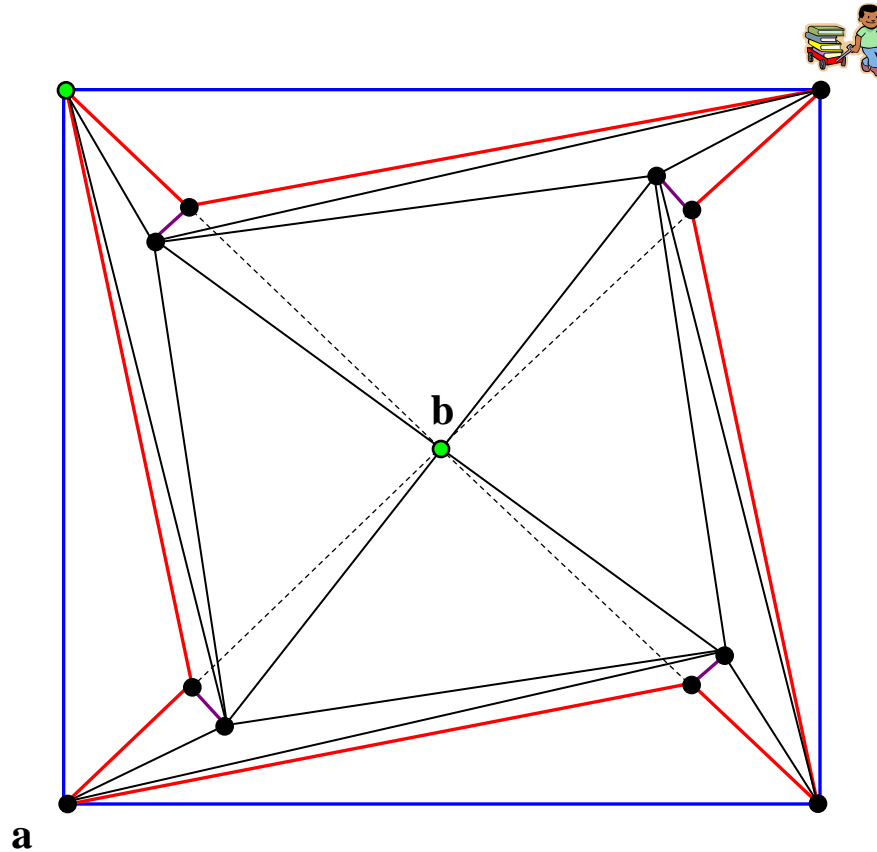
Rutas por brújula.

Entra en un ciclo!



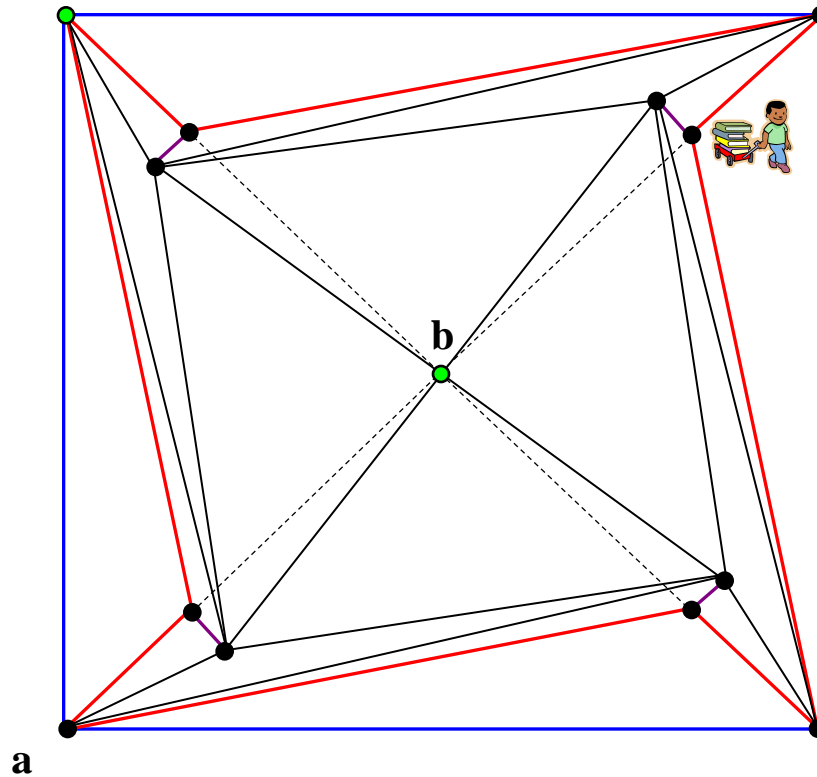
Rutas por brújula.

Entra en un ciclo!



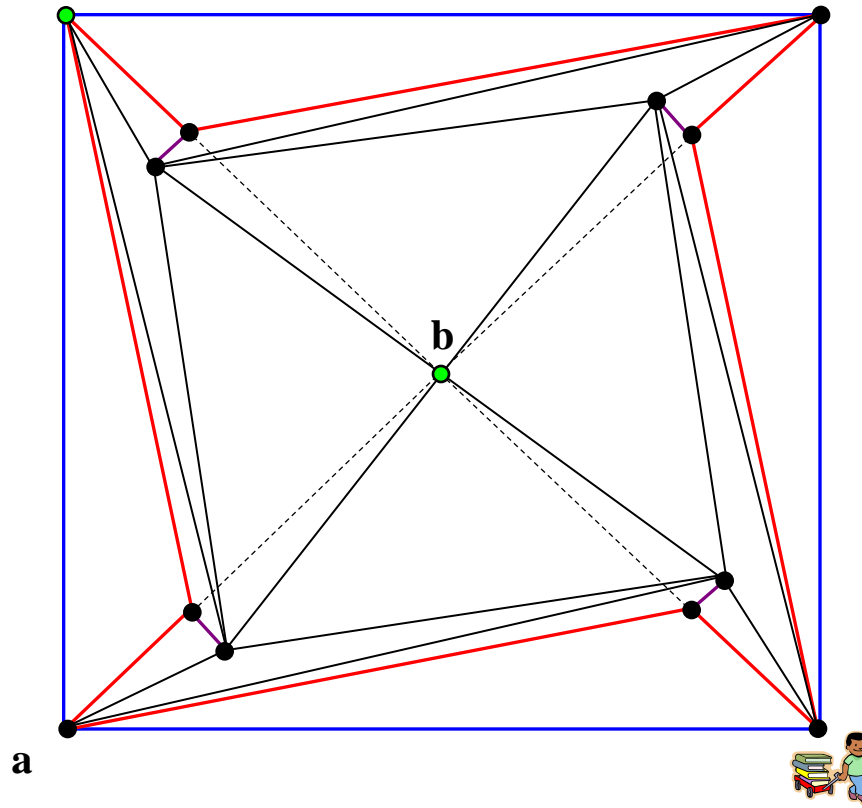
Rutas por brújula.

Entra en un ciclo!



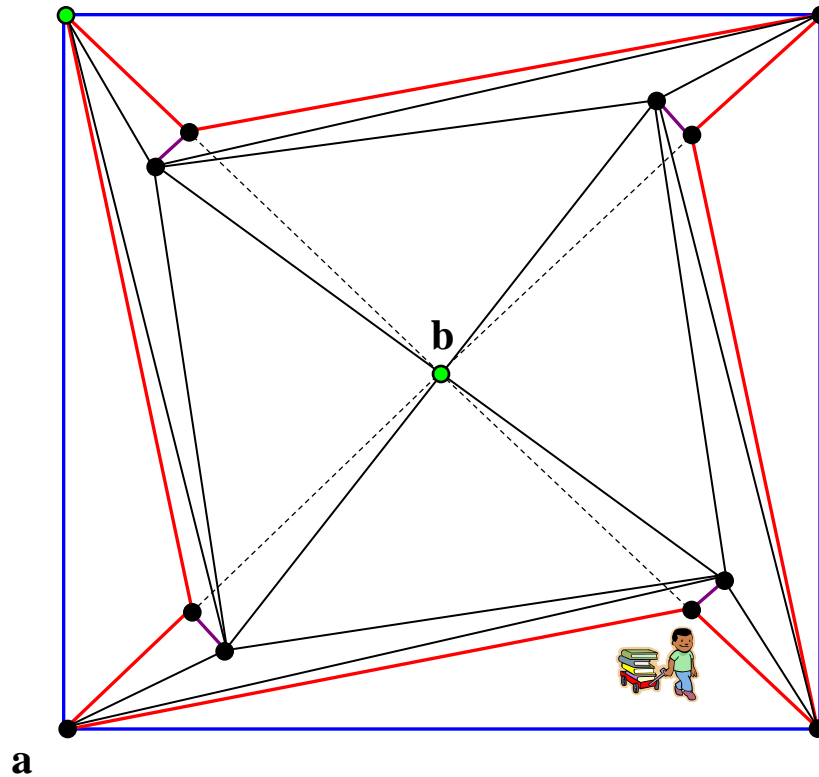
Rutas por brújula.

Entra en un ciclo!

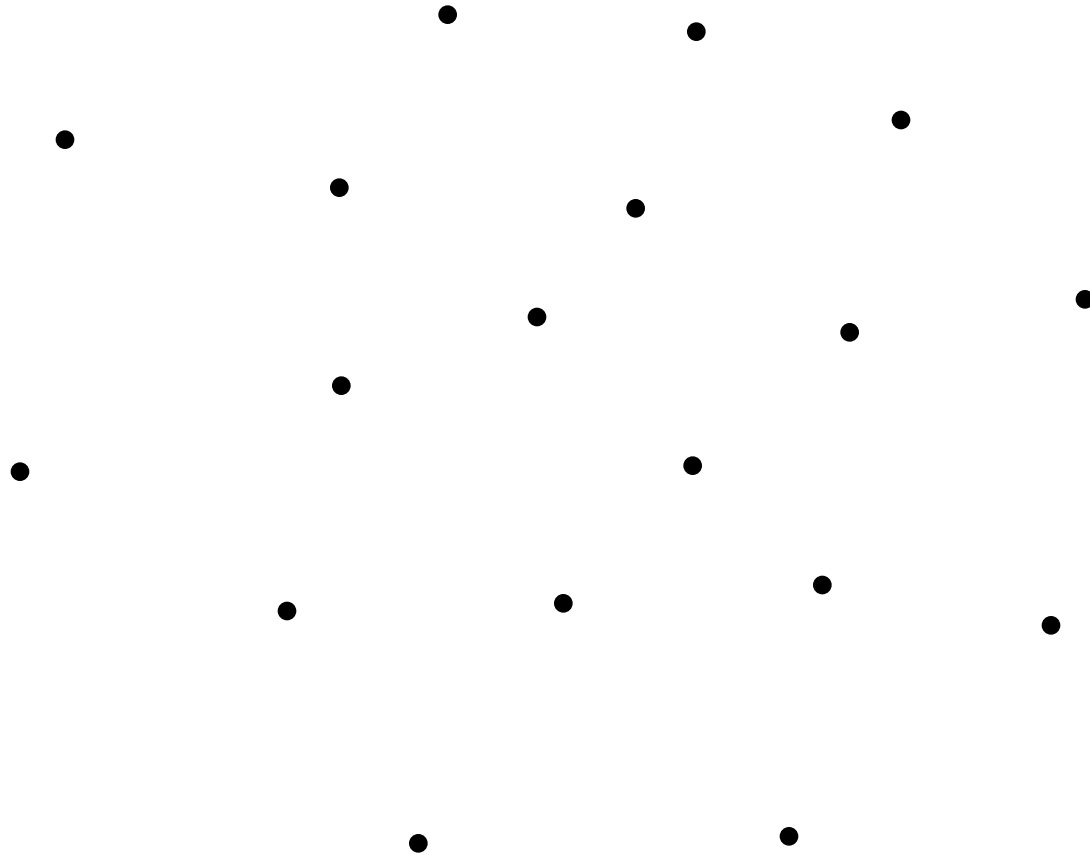


Rutas por brújula.

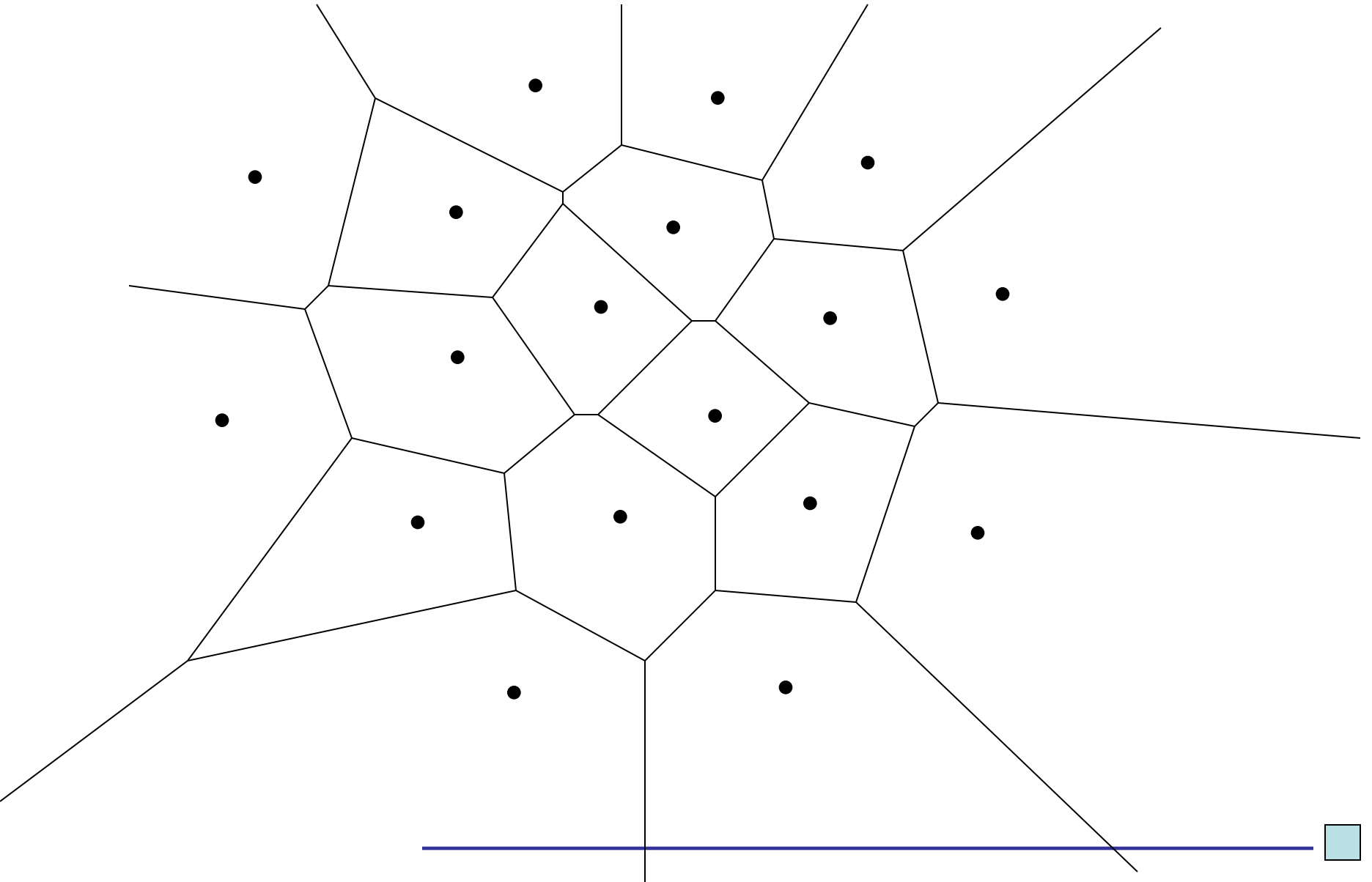
Entra en un ciclo!



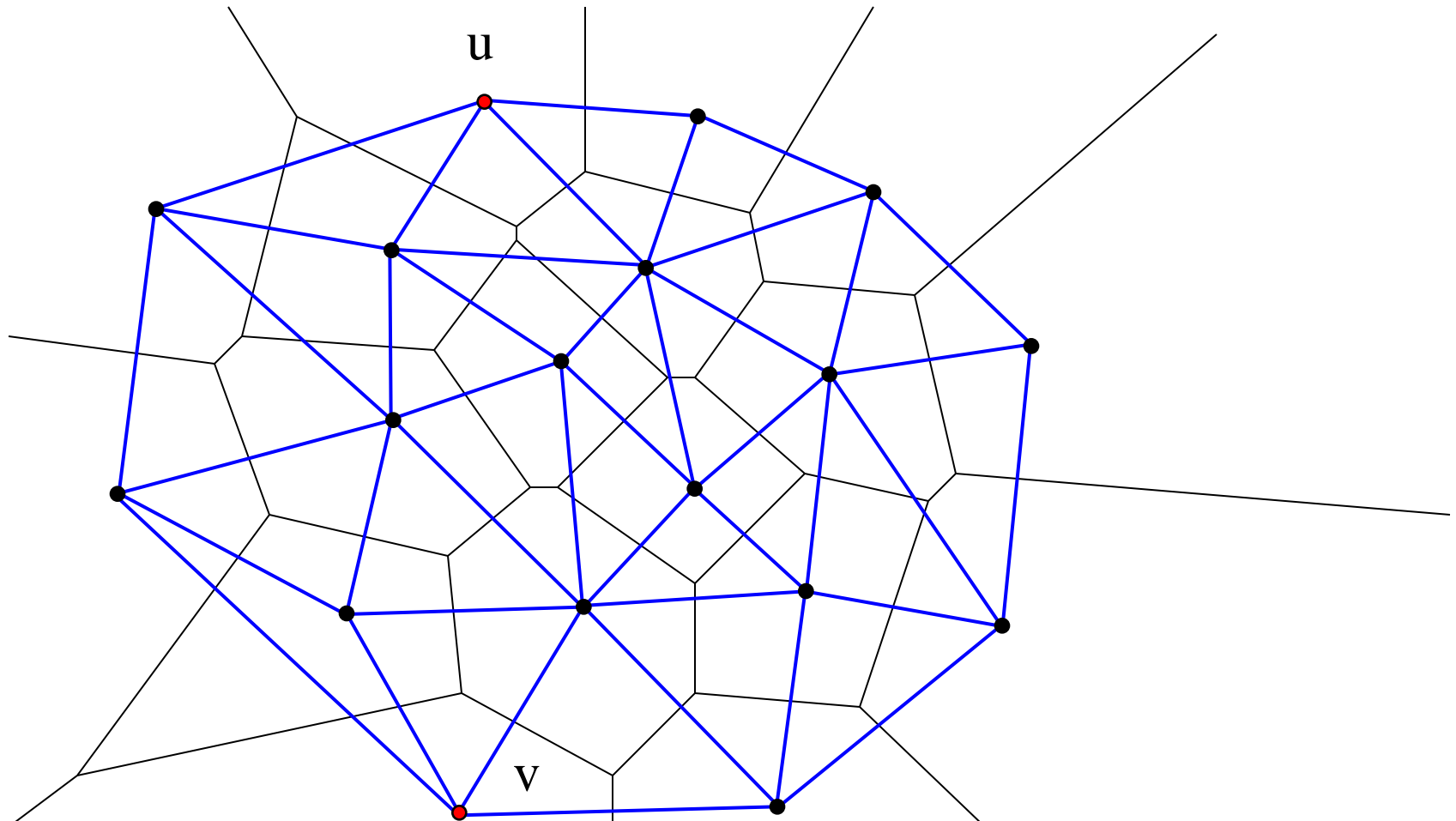
Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



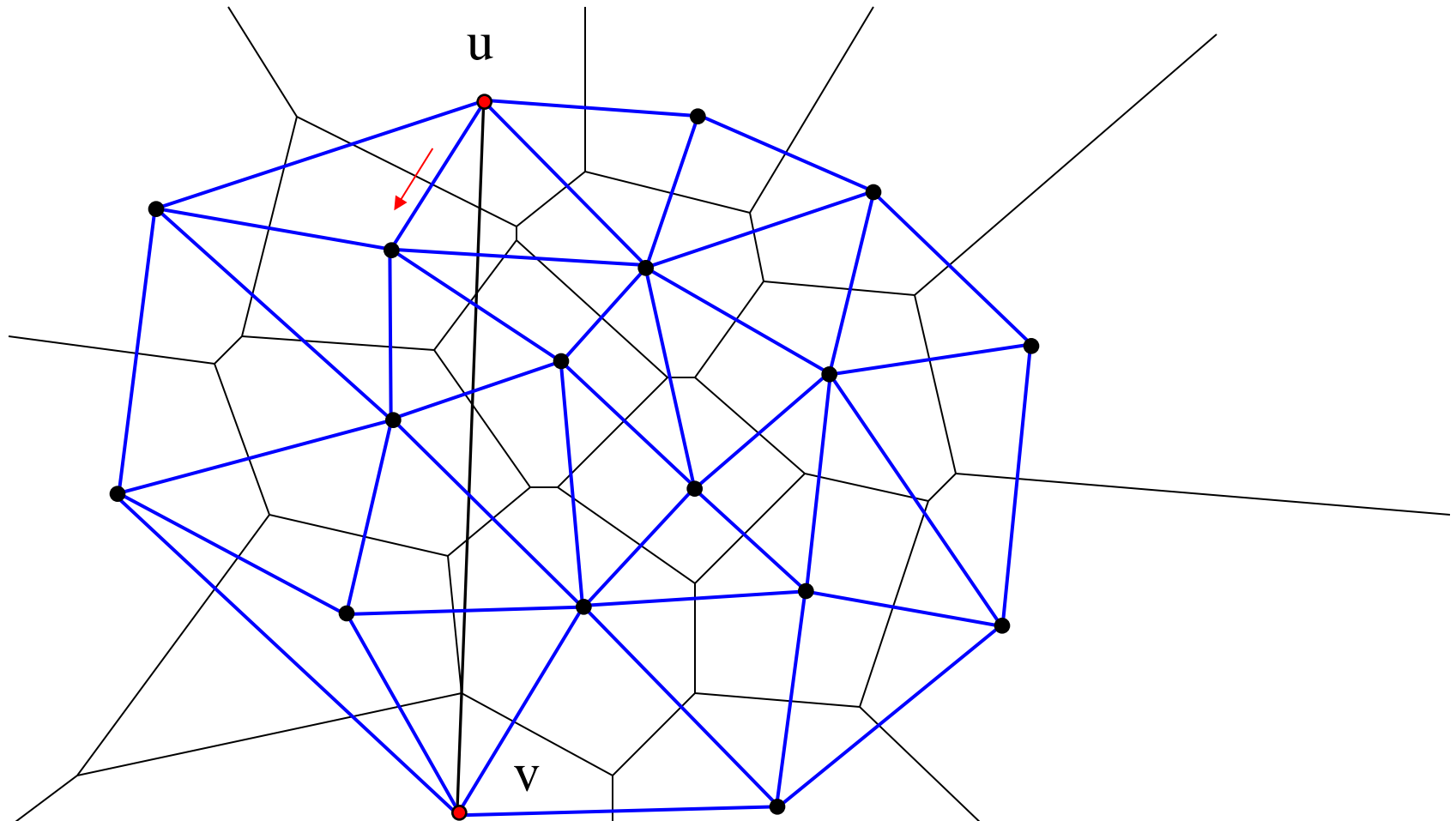
Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



¡Ruteo por brújula funciona!



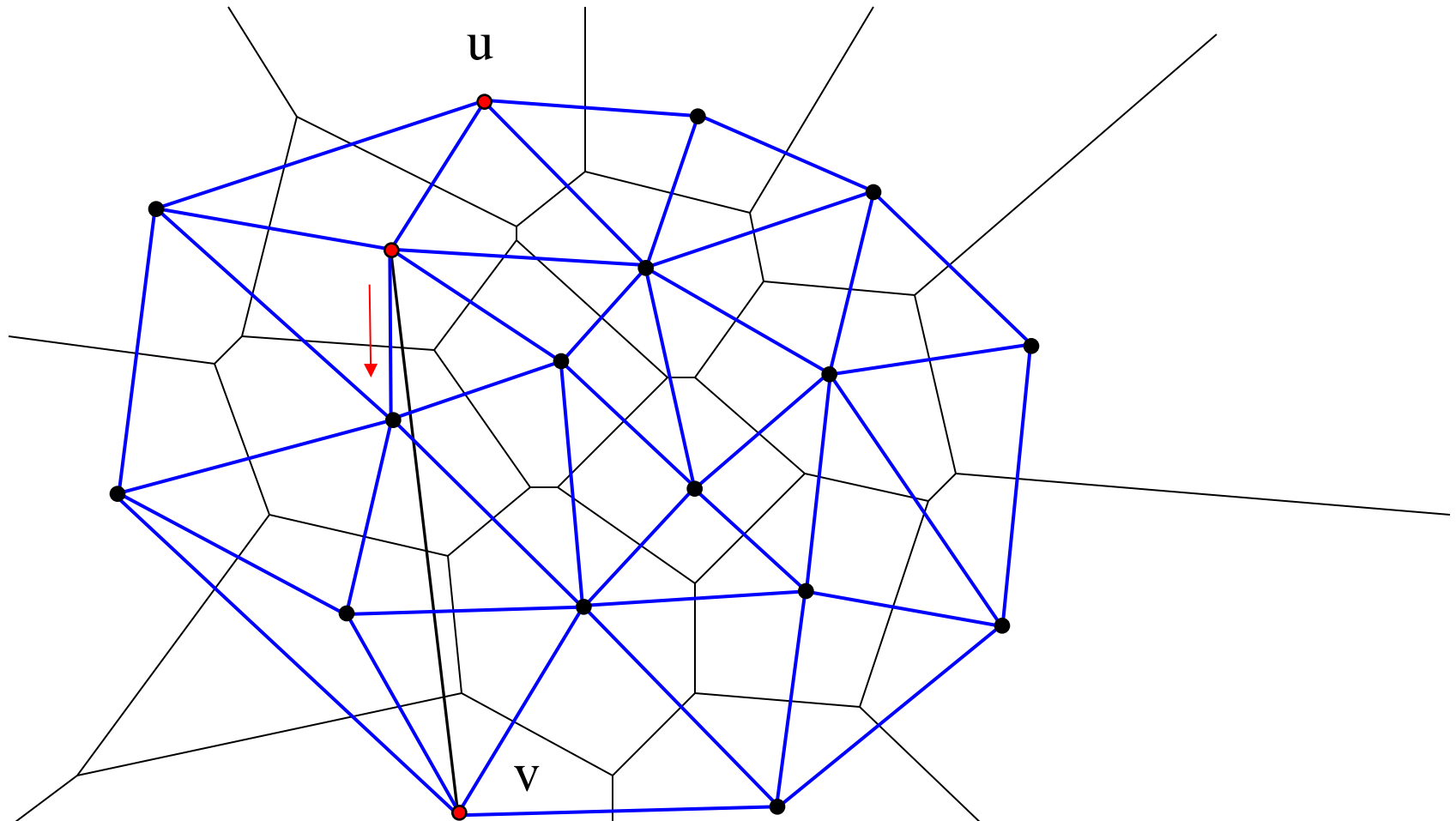
Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



¡Ruteo por brújula funciona!



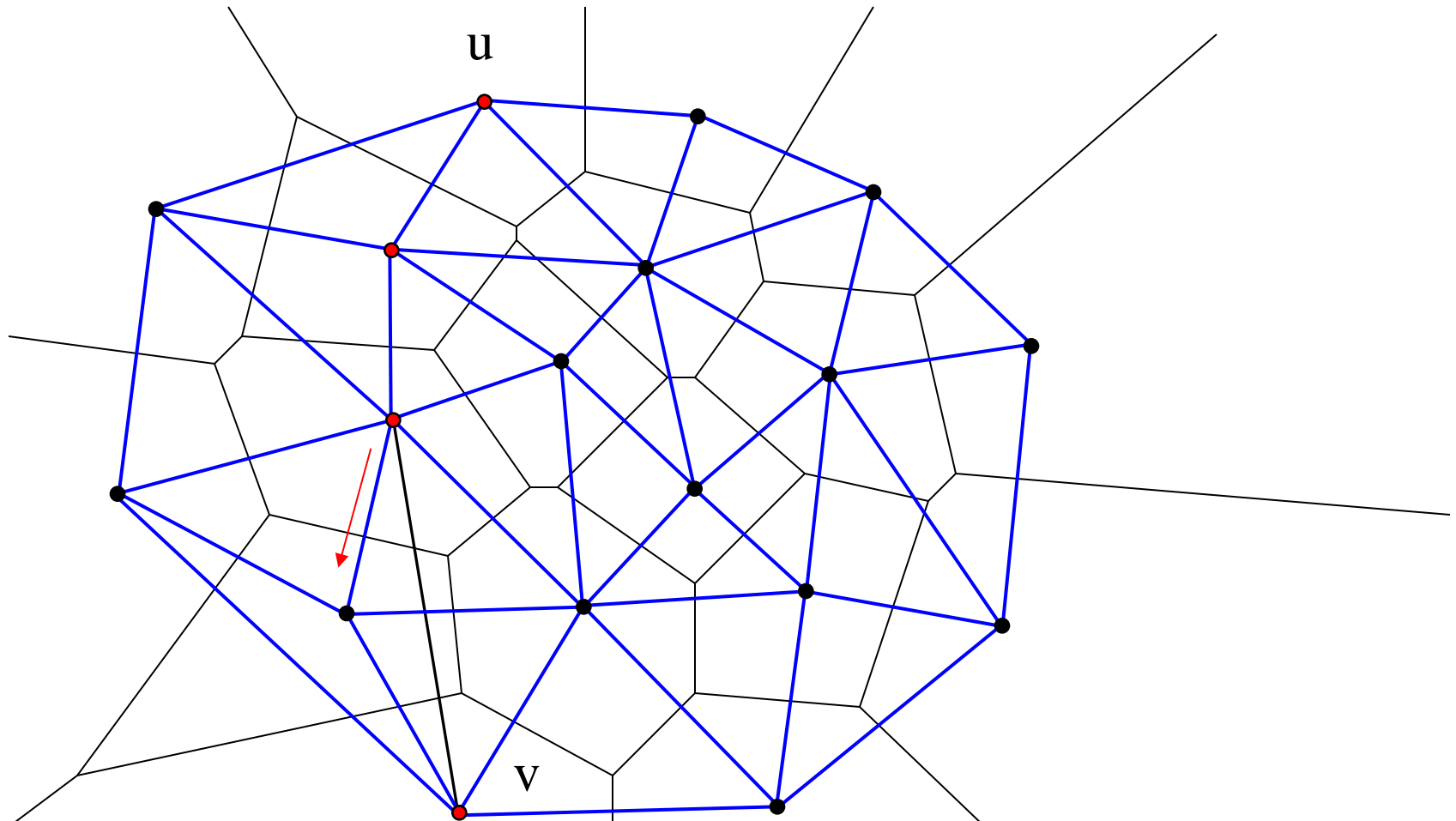
Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



¡Ruteo por brújula funciona!

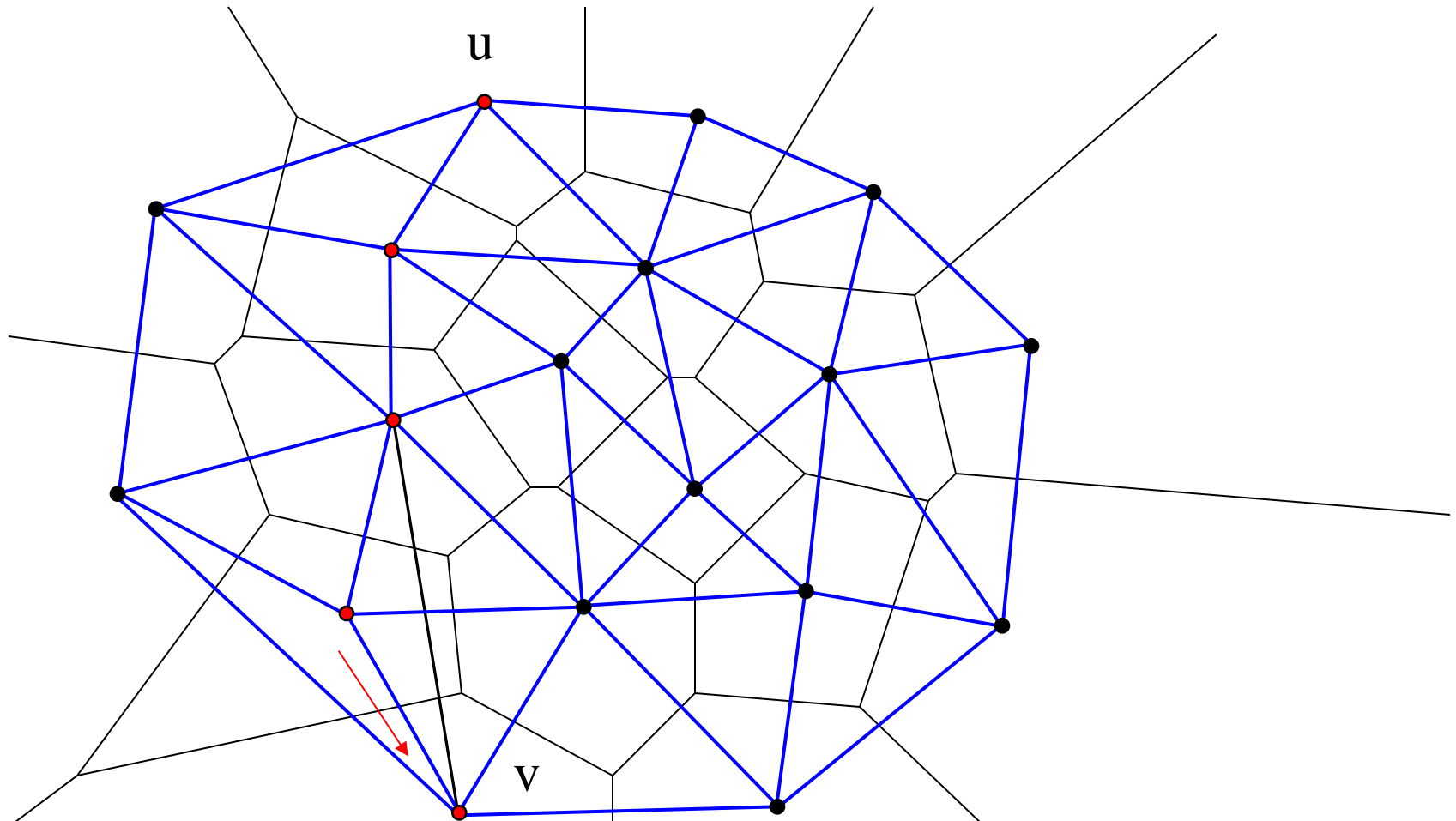


Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



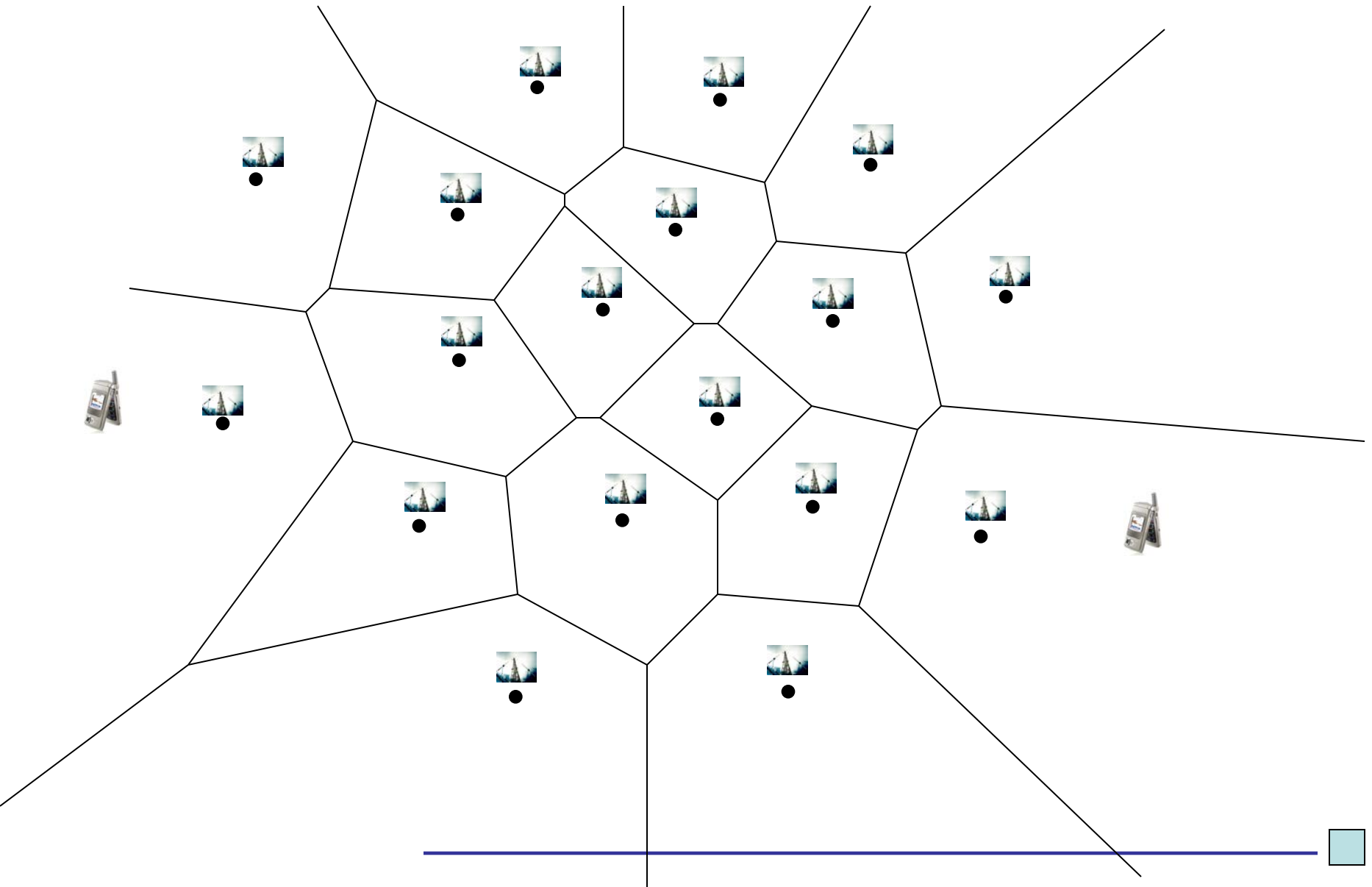
¡Ruteo por brújula funciona!

Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.



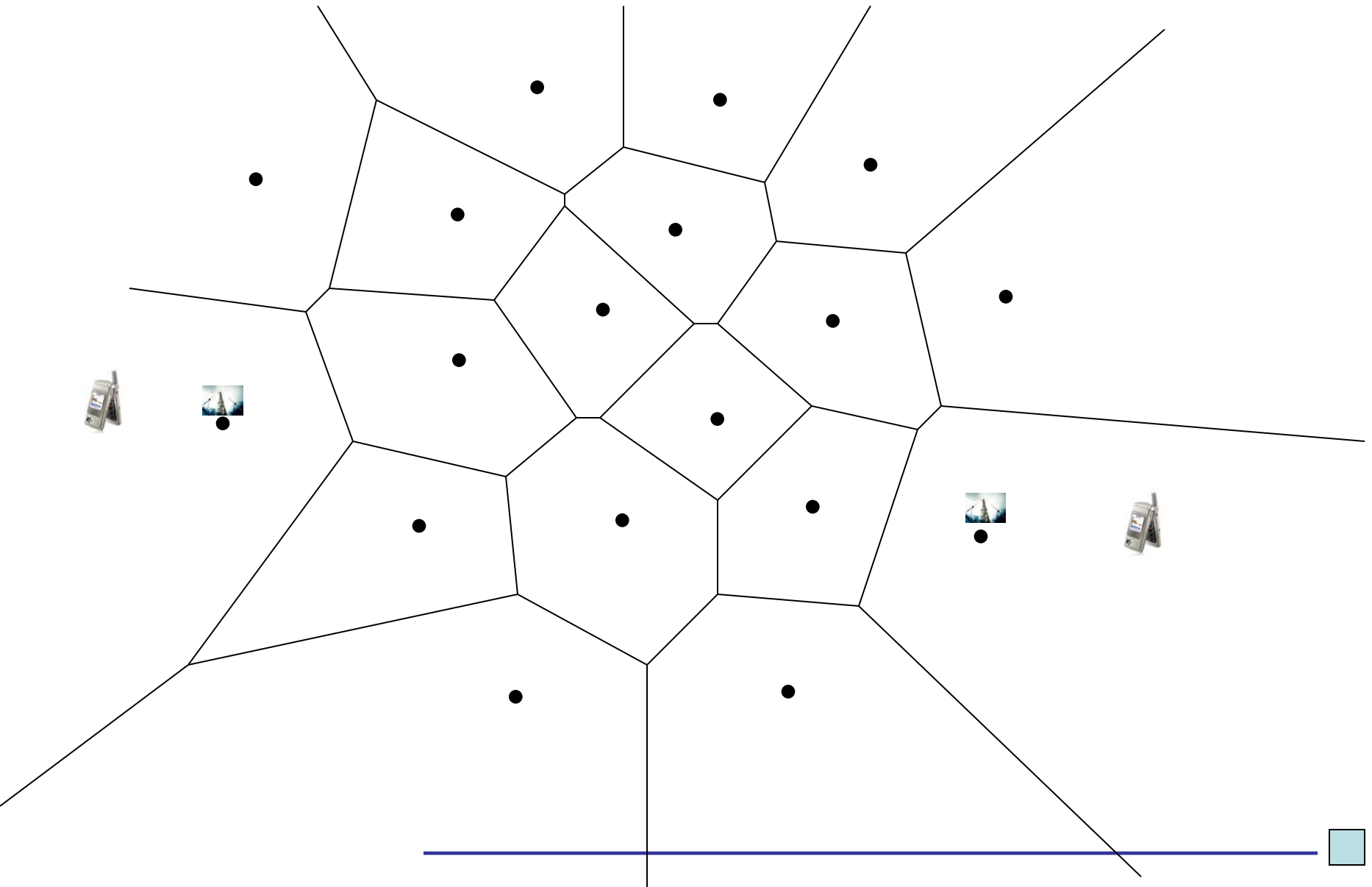
¡Ruteo por brújula funciona!

Redes celulares

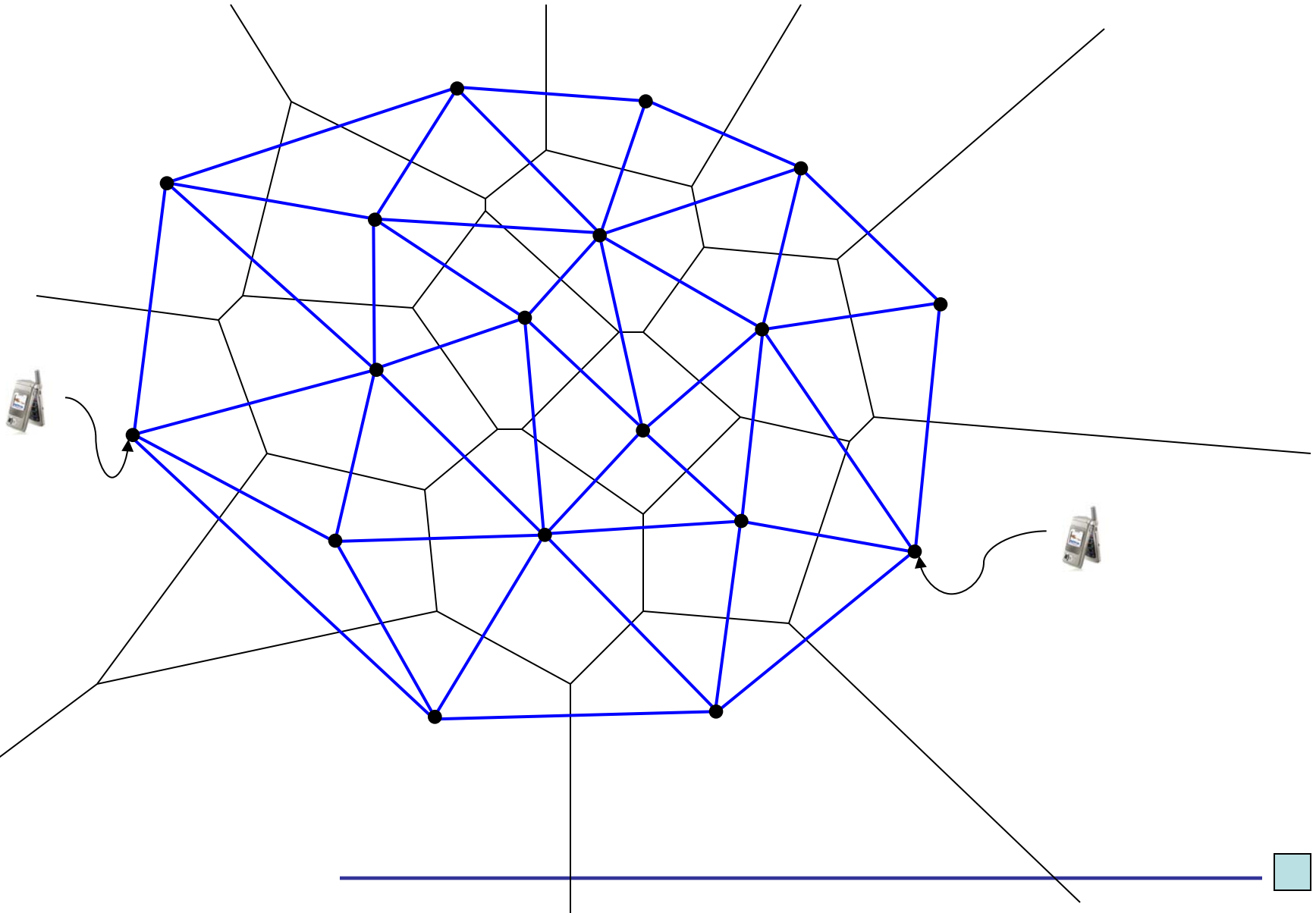




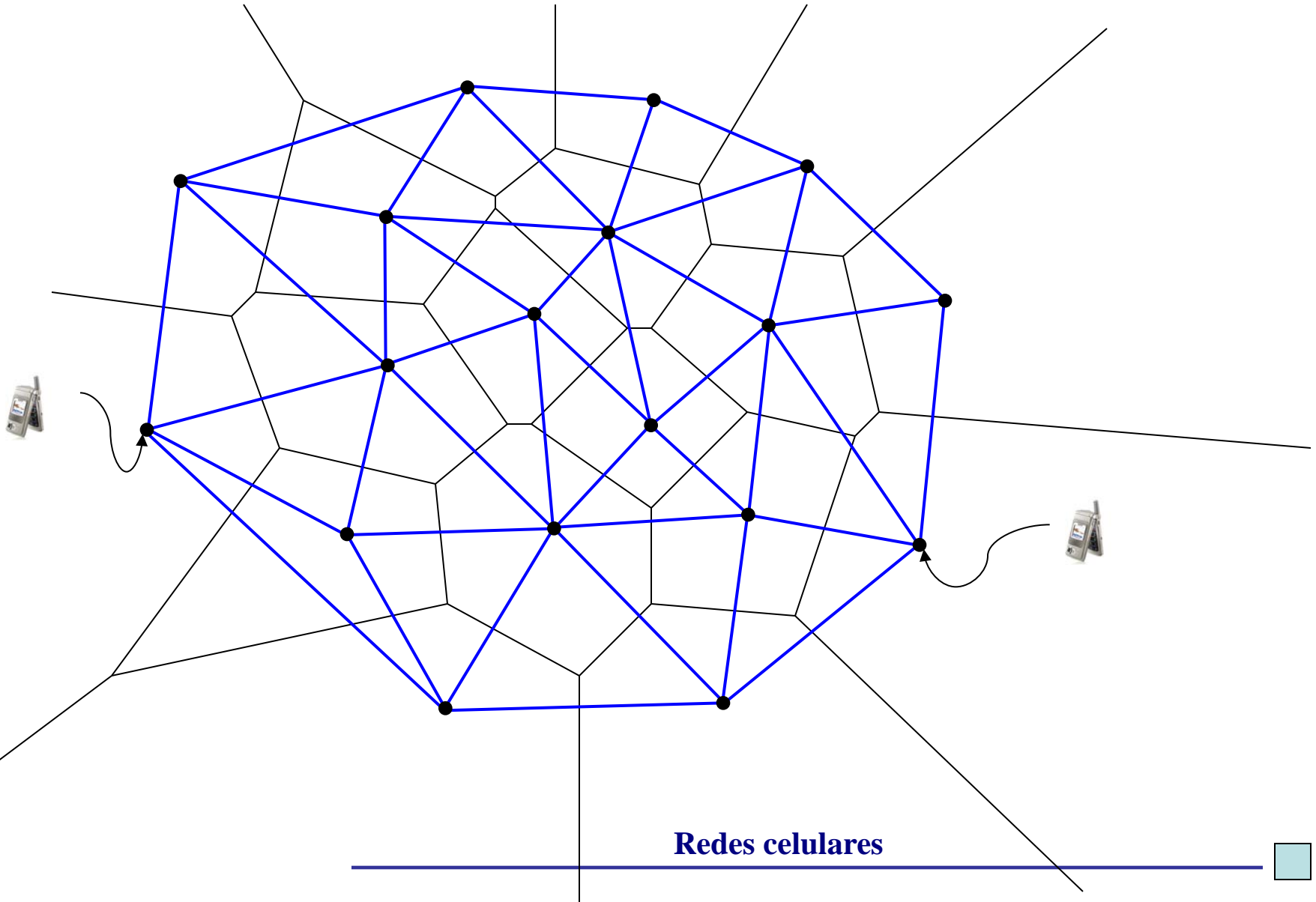
Redes celulares



Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.

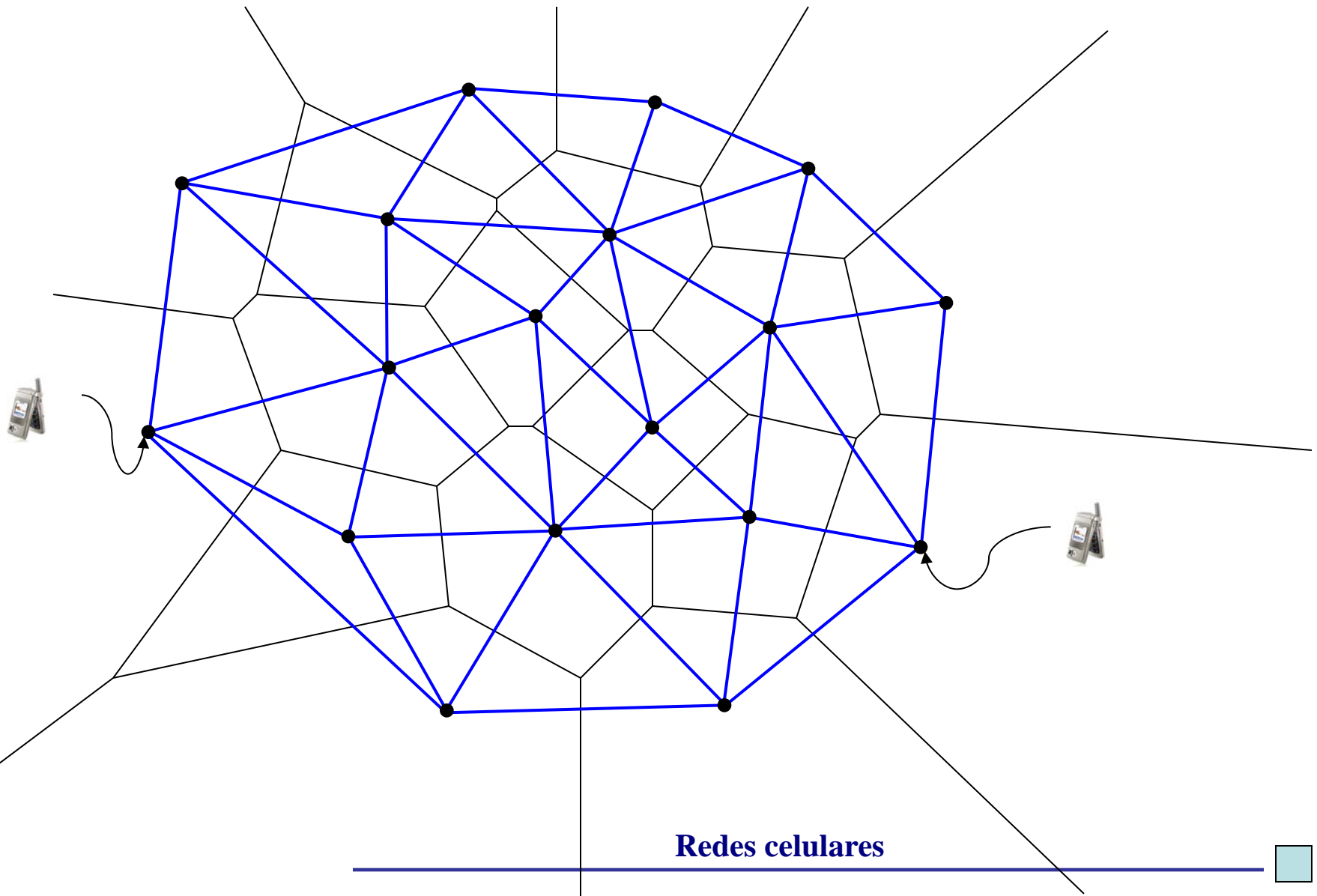


Triangulaciones Delaunay, diagramas de Voronoi.





Redes celulares

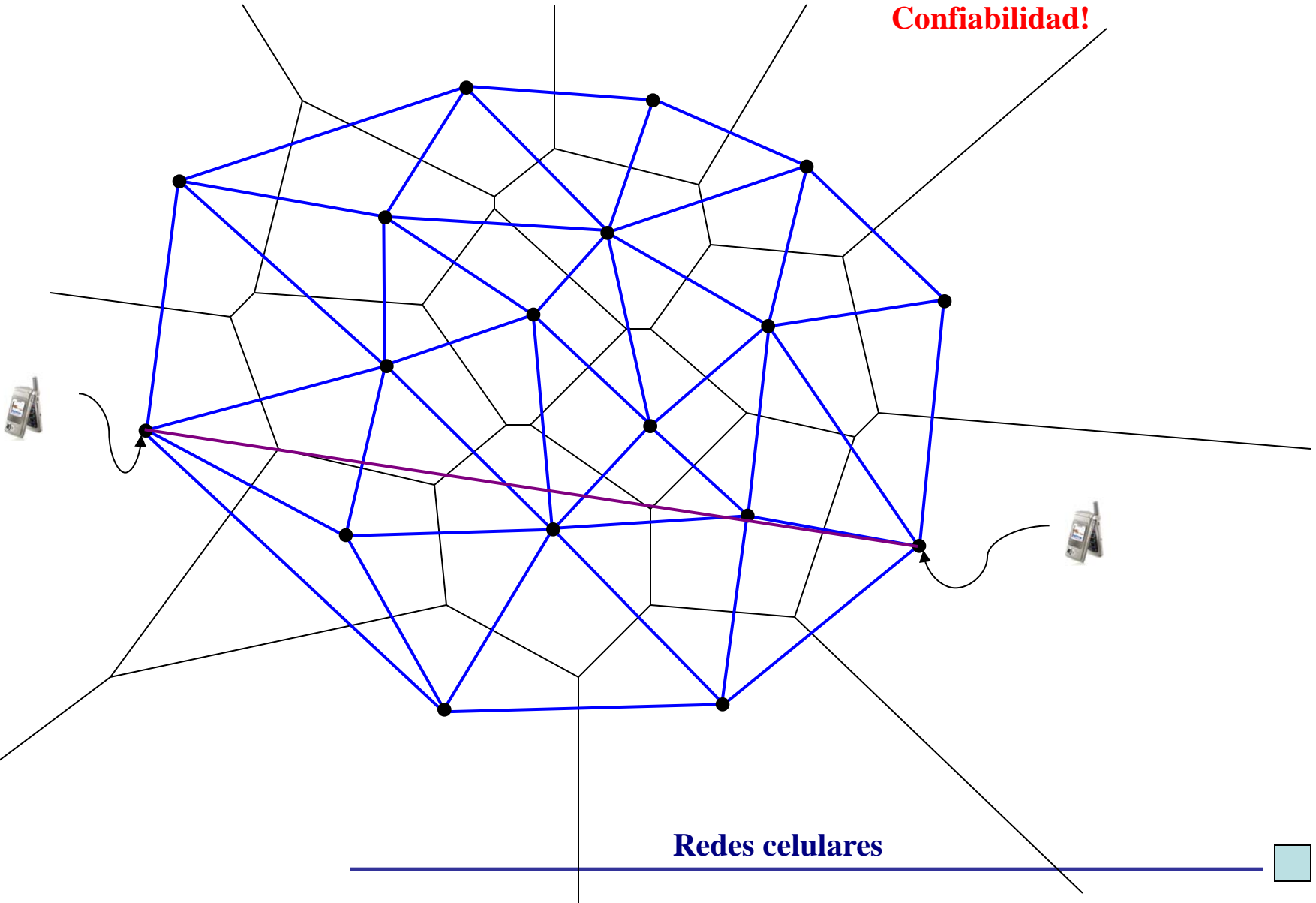


Redes celulares



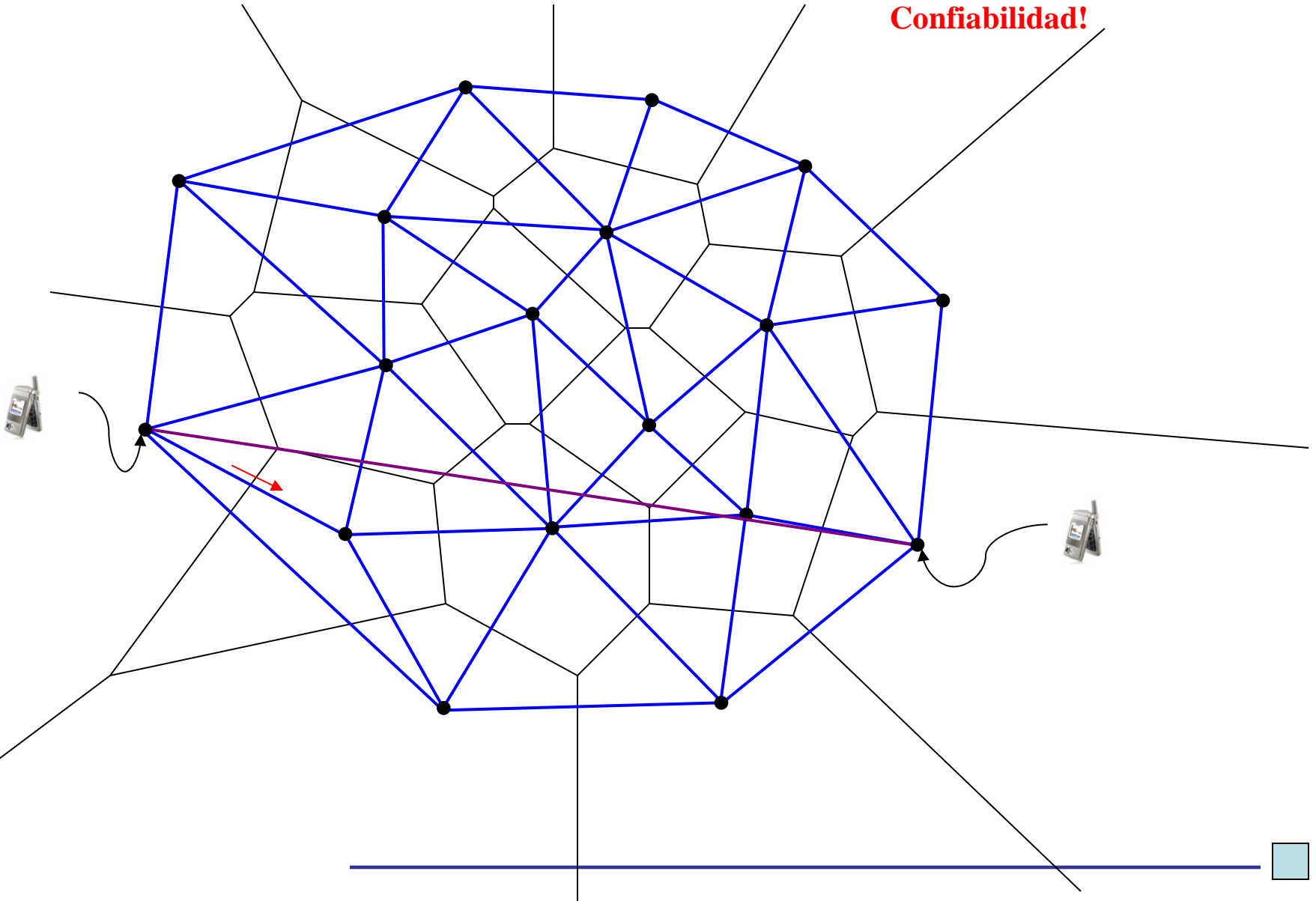
Redes celulares

Confiabilidad!



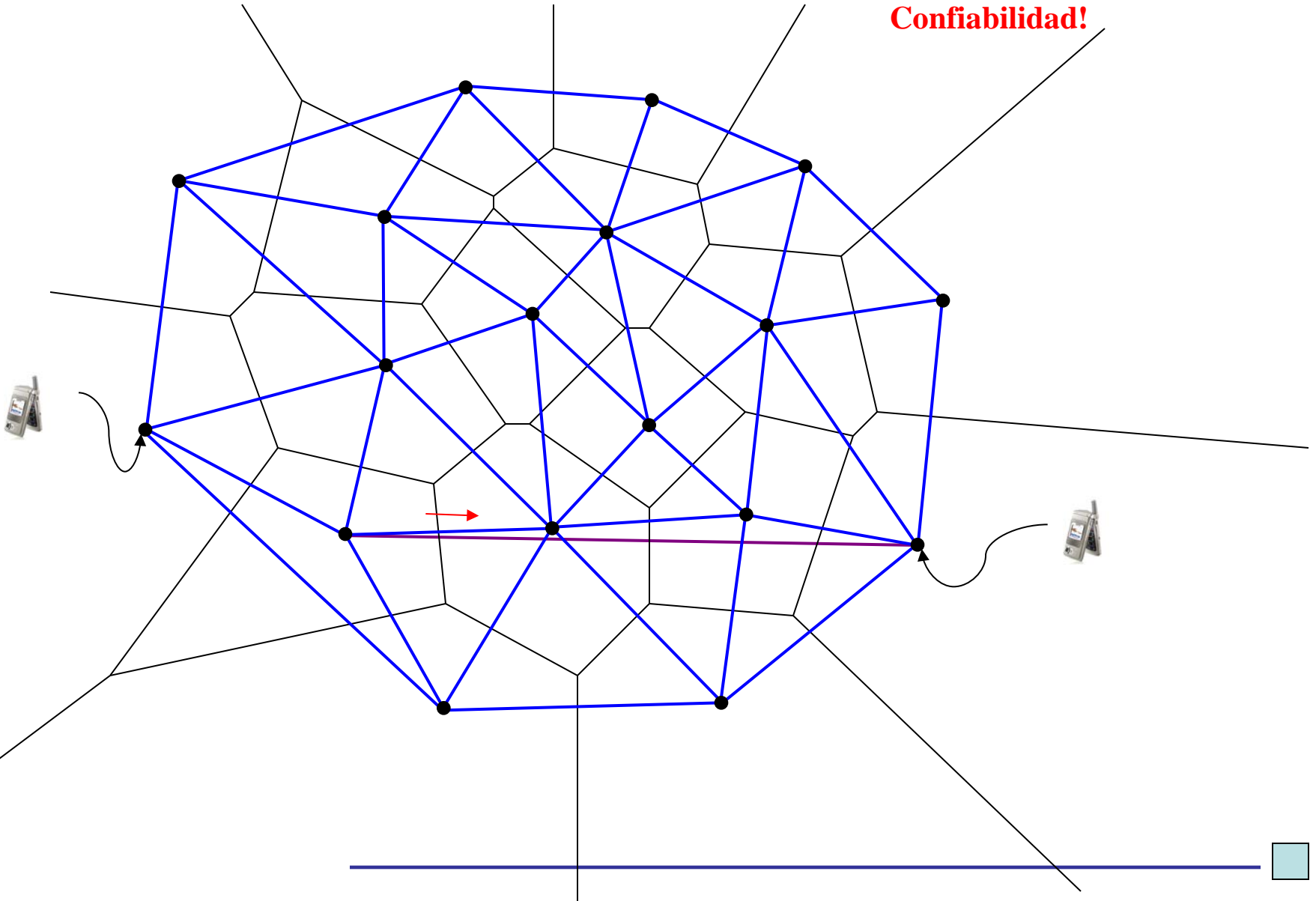
Redes celulares

Confiabilidad!



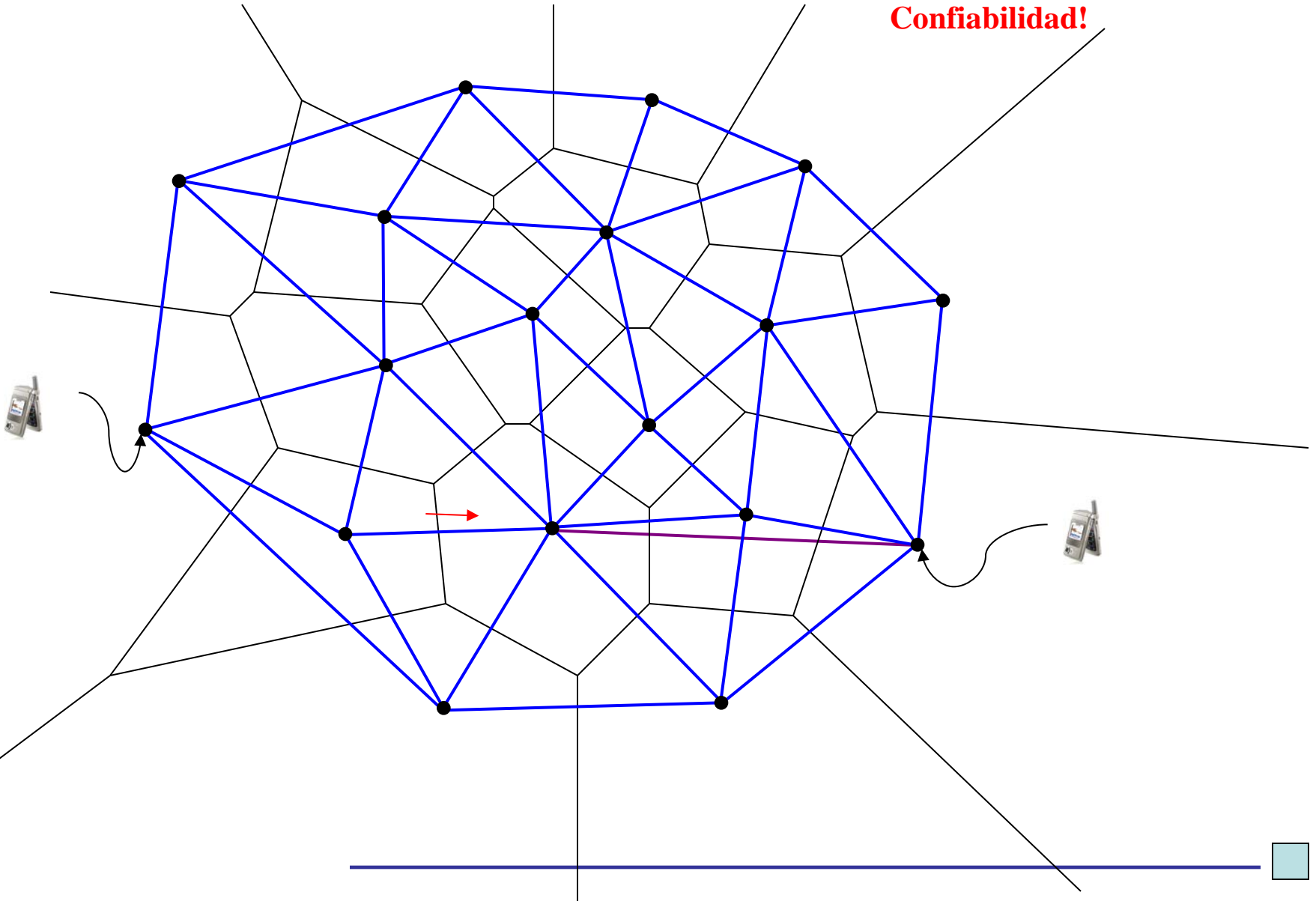
Redes celulares

Confiabilidad!



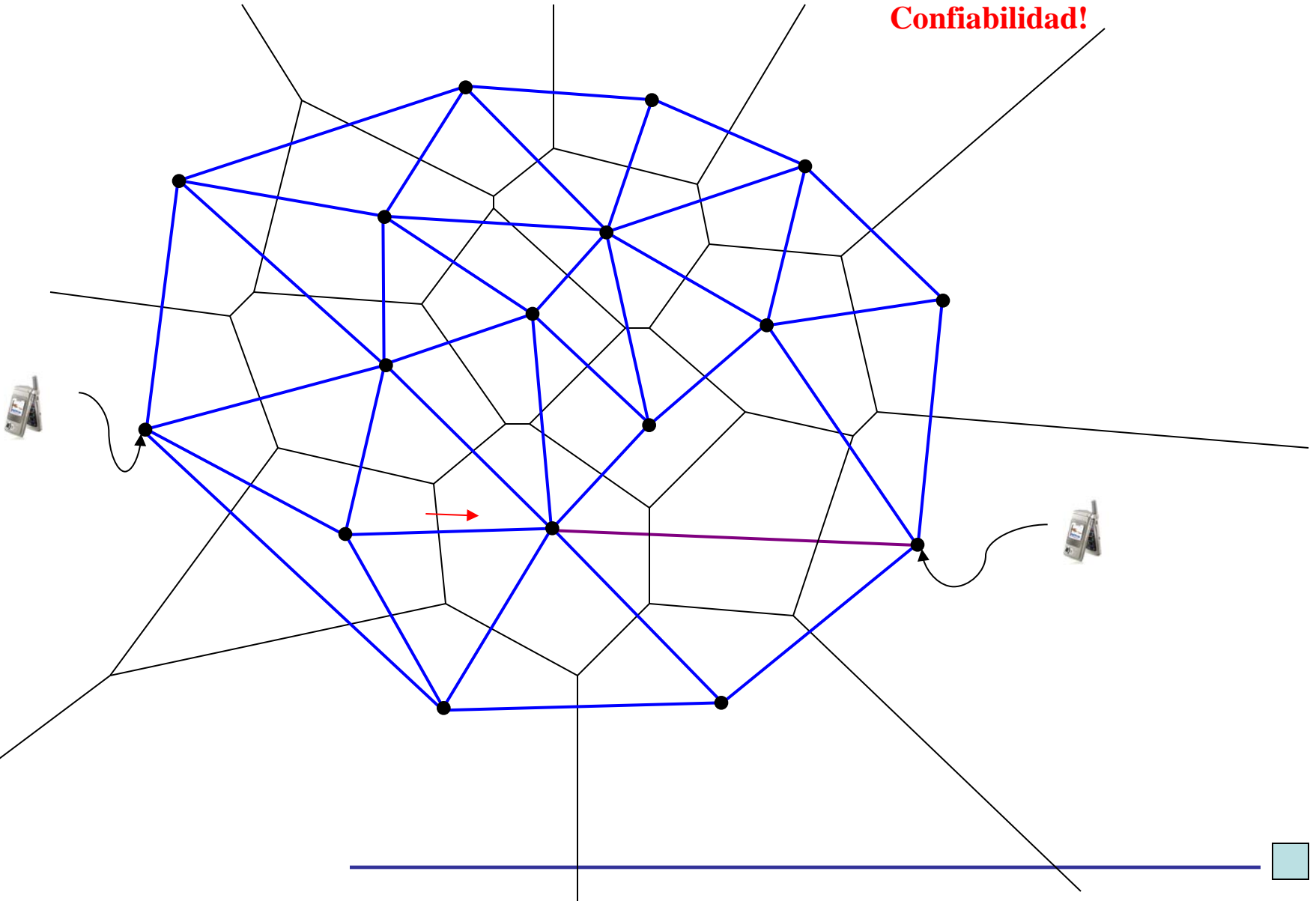
Redes celulares

Confiabilidad!



Redes celulares

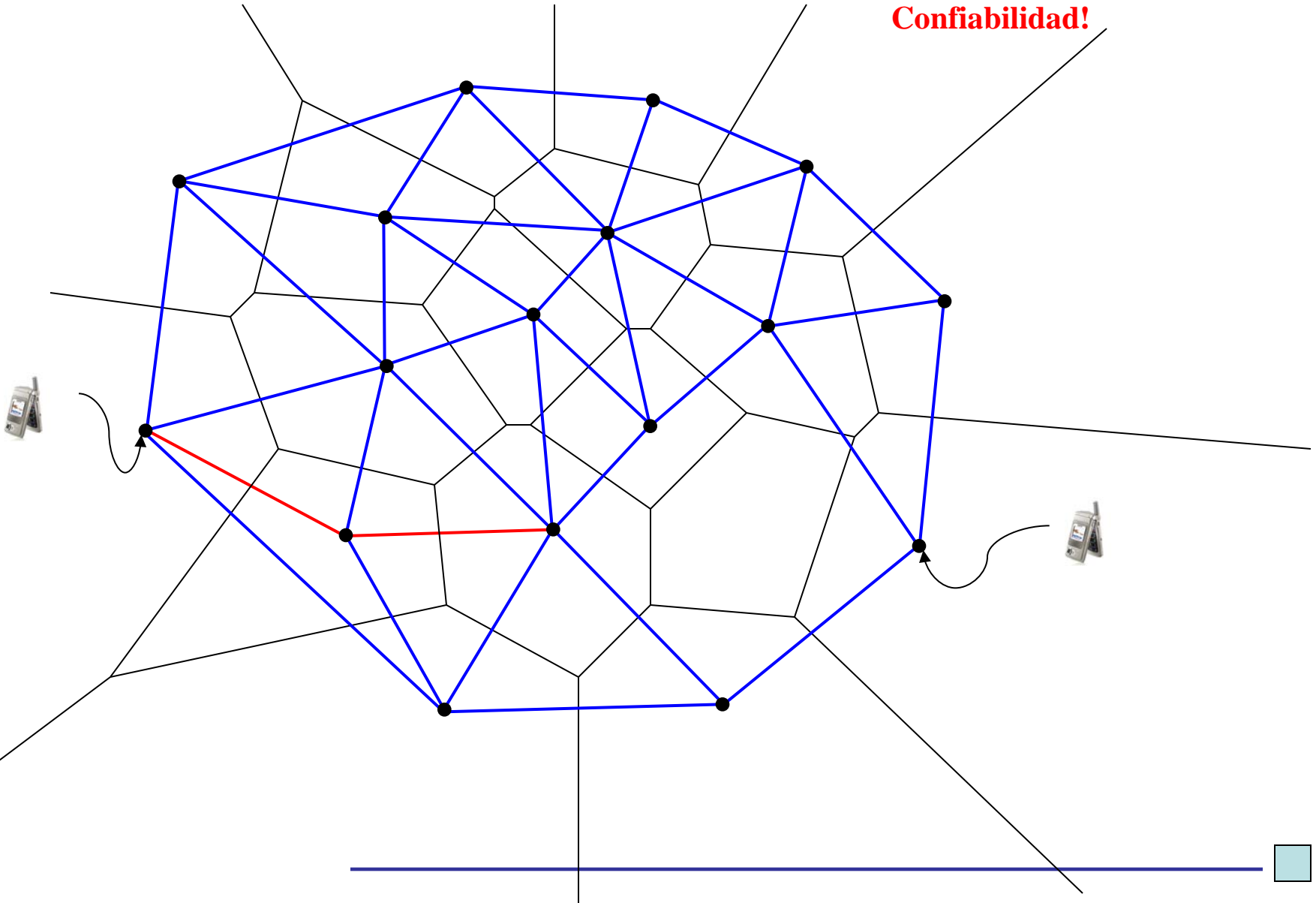
Confiabilidad!





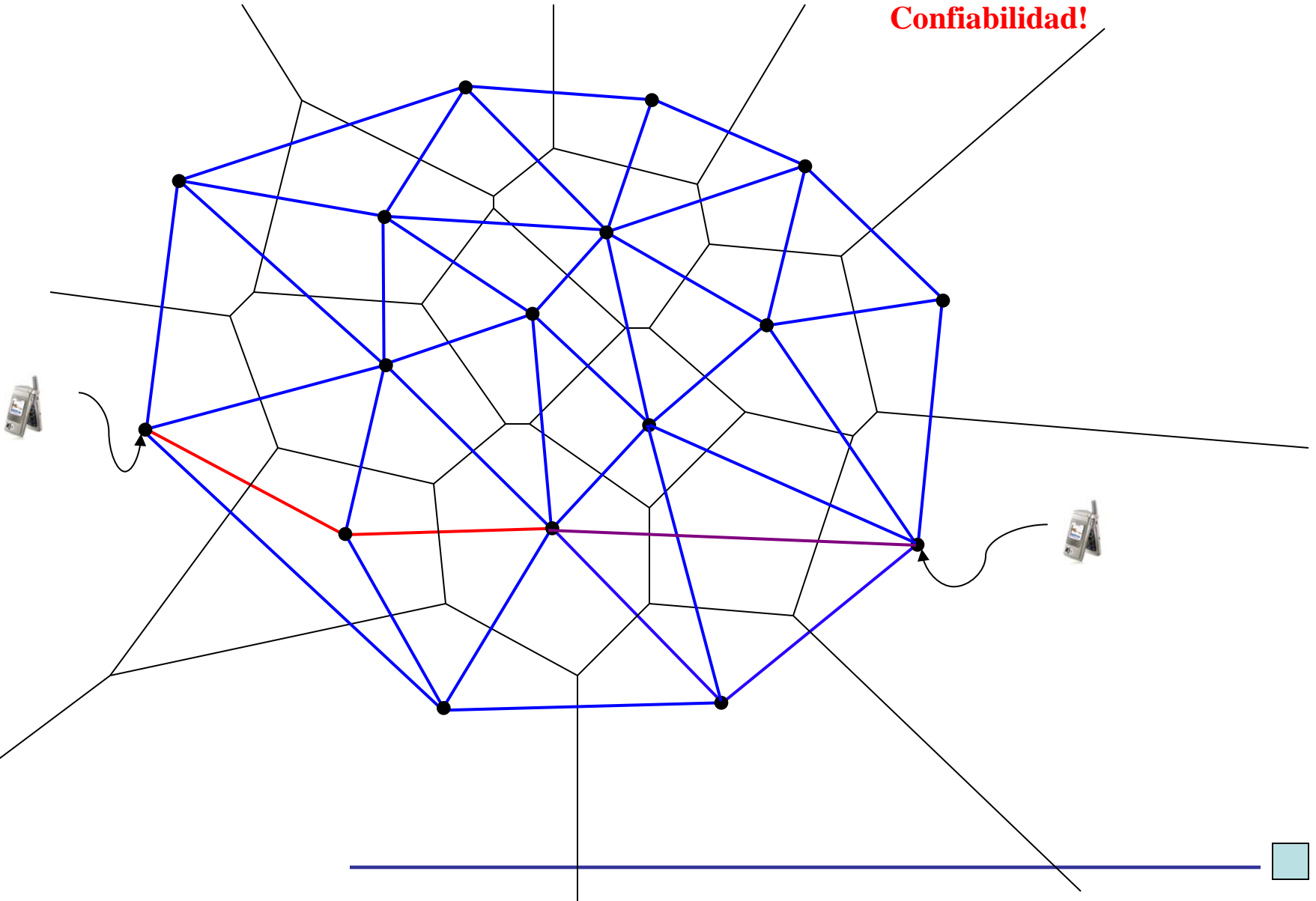
Redes celulares

Confiabilidad!



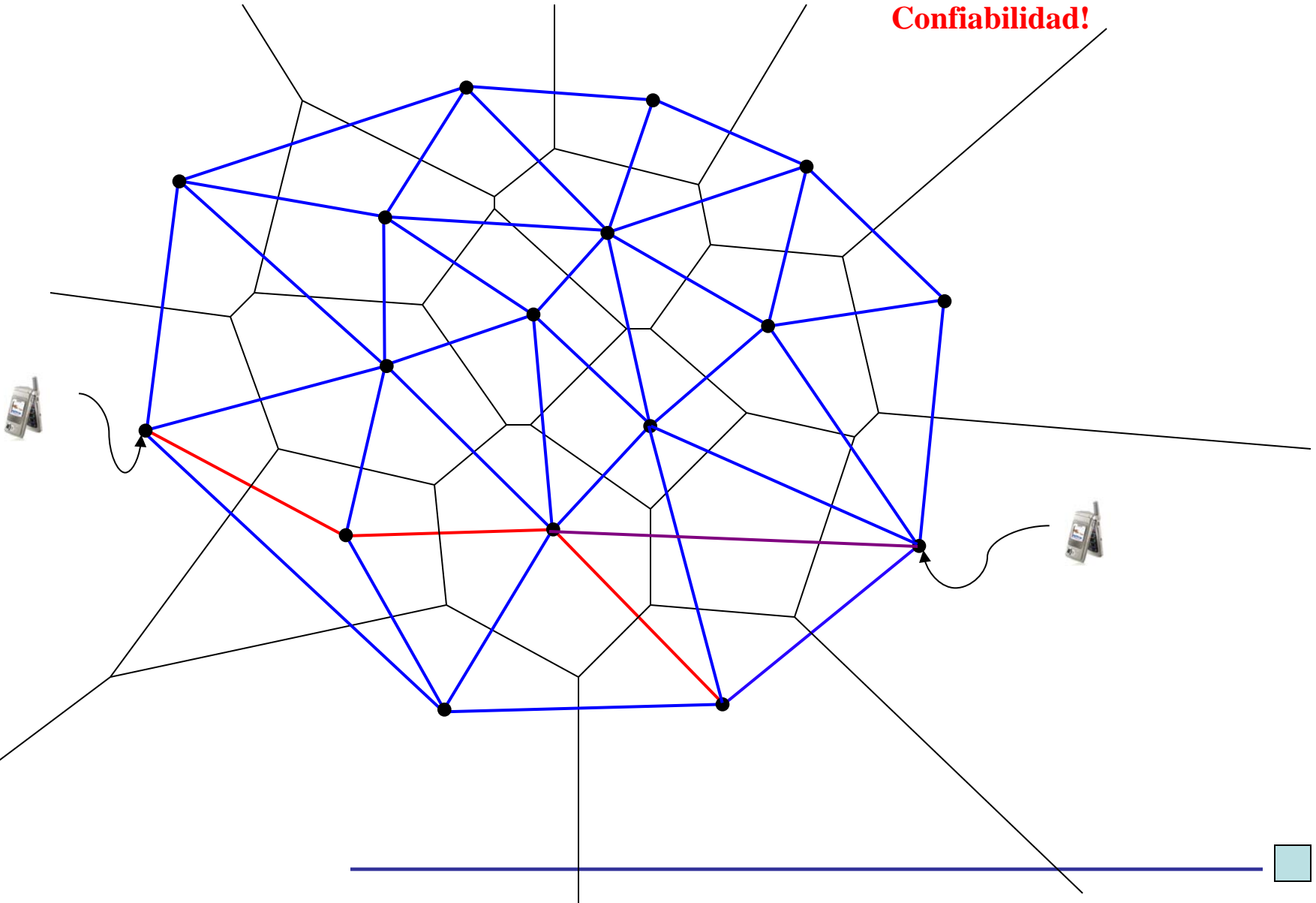
Redes celulares

Confiabilidad!



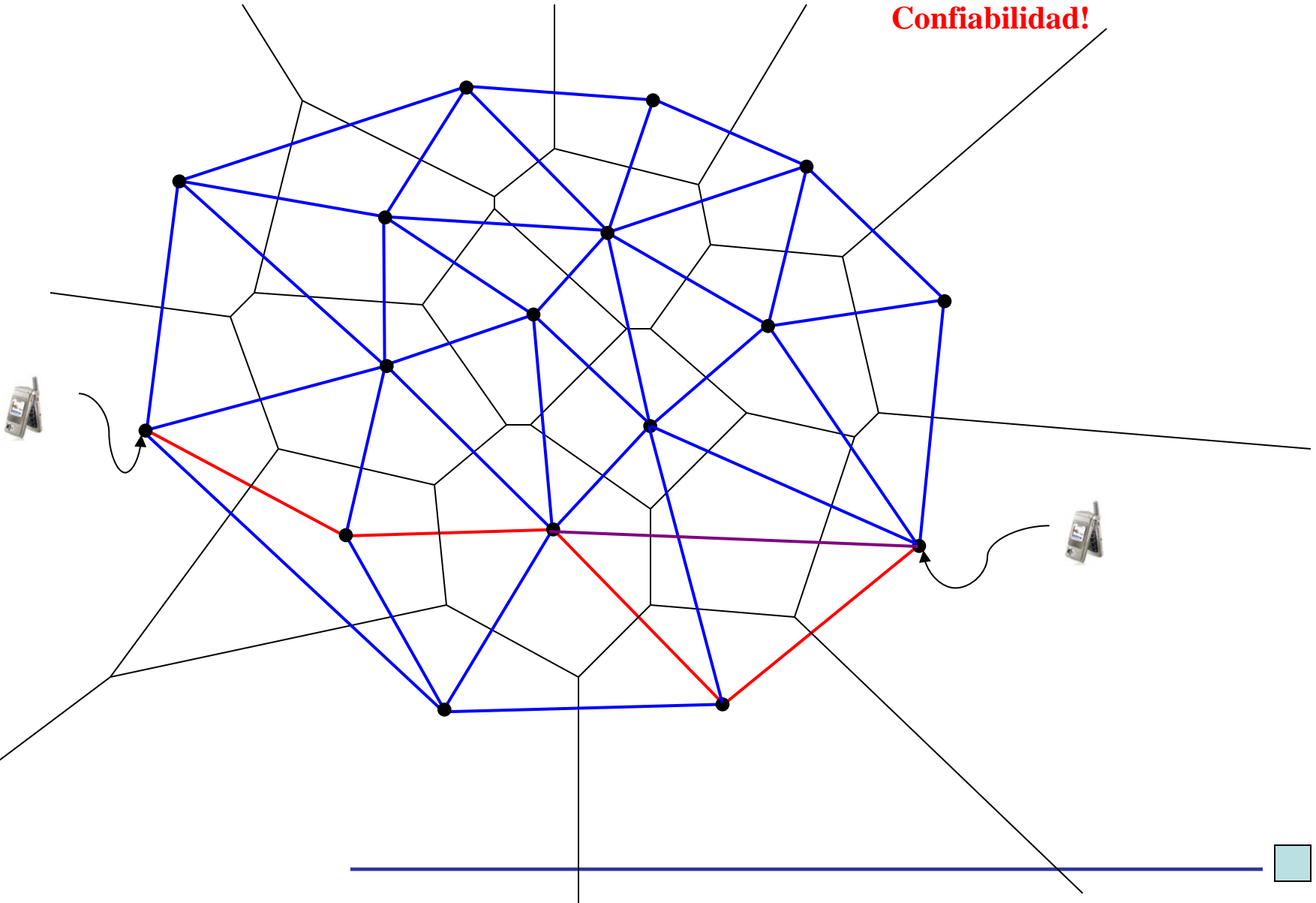
Redes celulares

Confiabilidad!



Redes celulares

Confiabilidad!

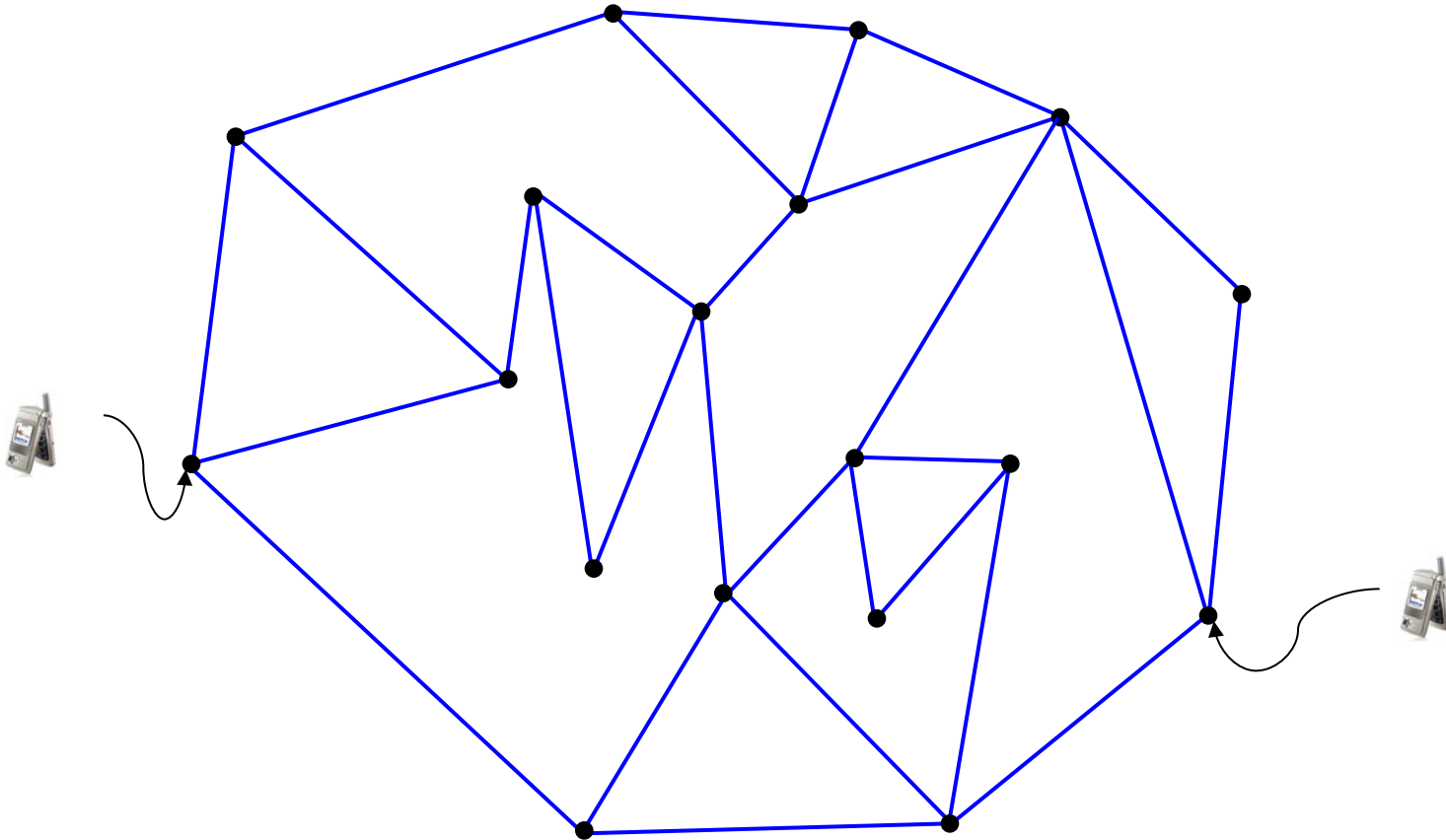




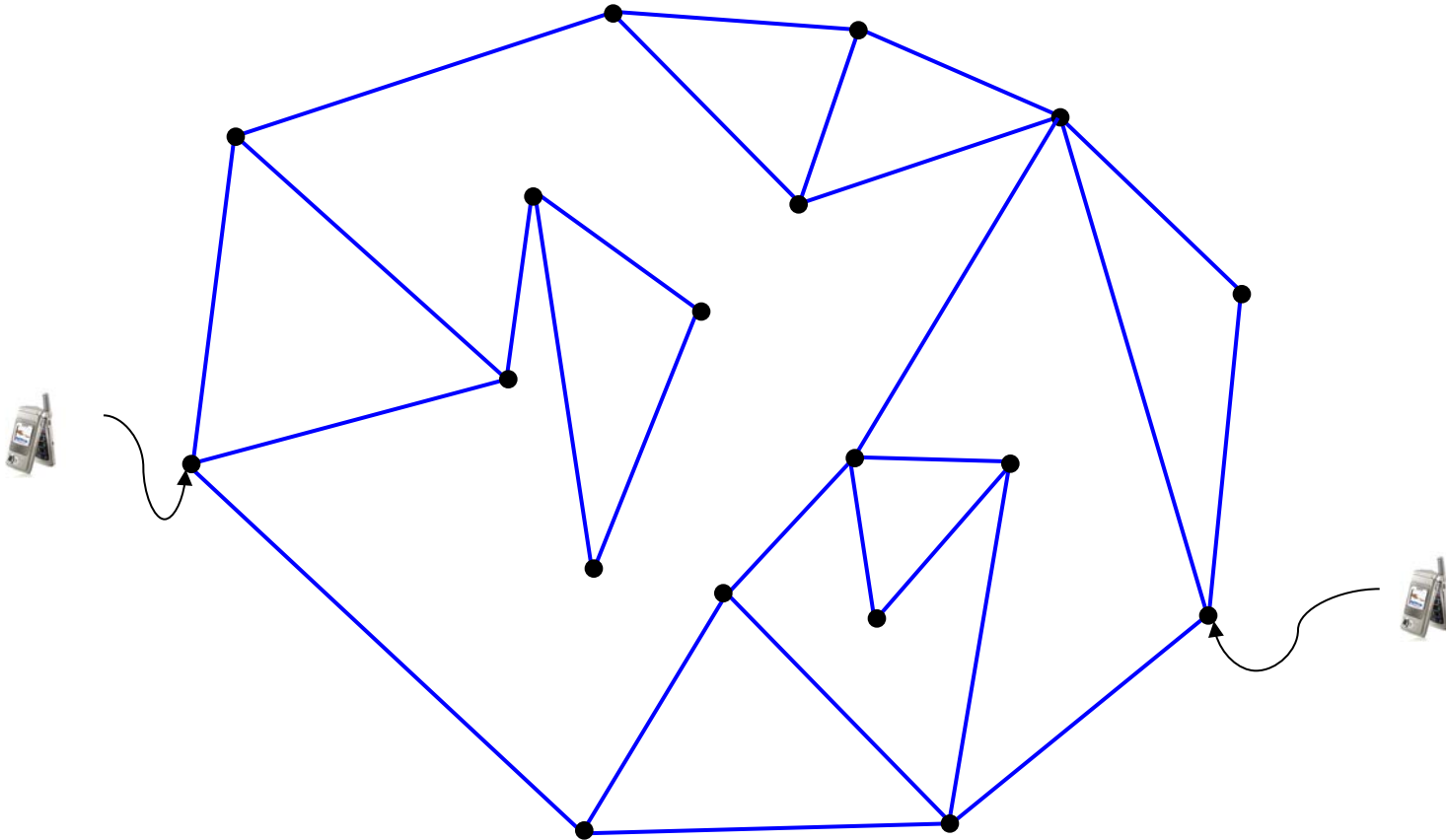
Sin embargo la mayoría de las redes no son
Delaunay!



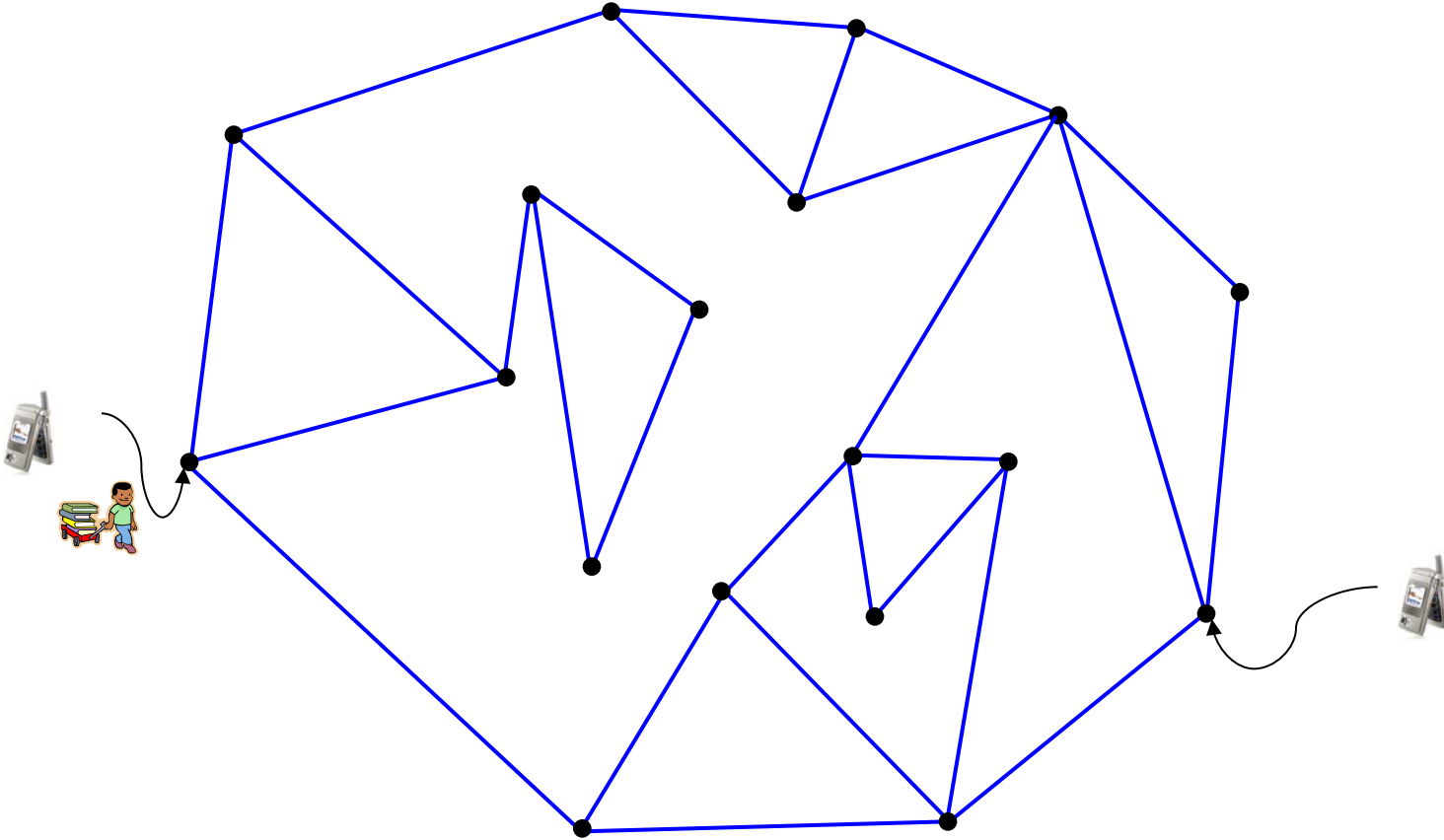
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas Anteriormente al menos para gráficas planas?



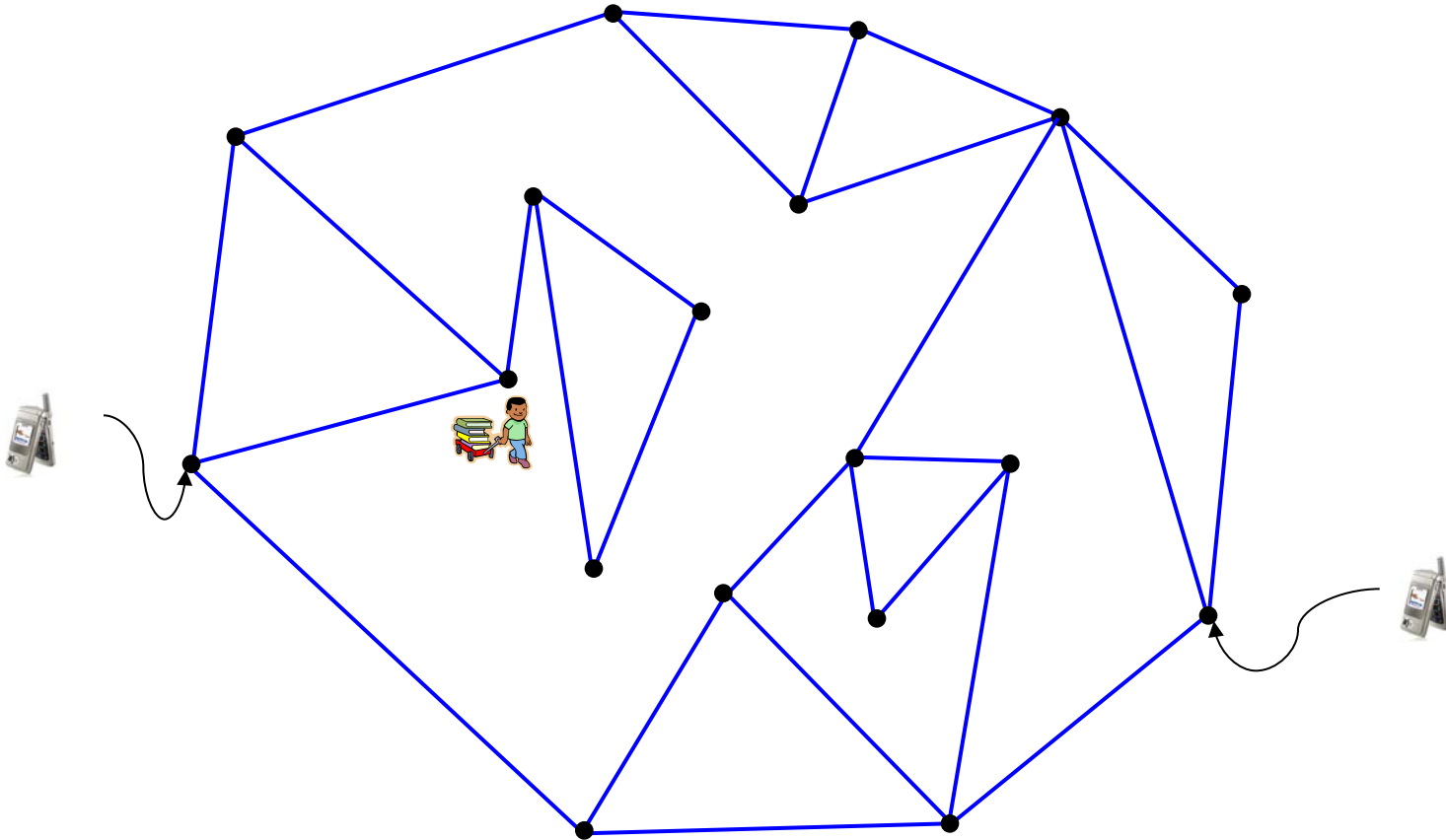
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas Anteriormente al menos para gráficas planas?



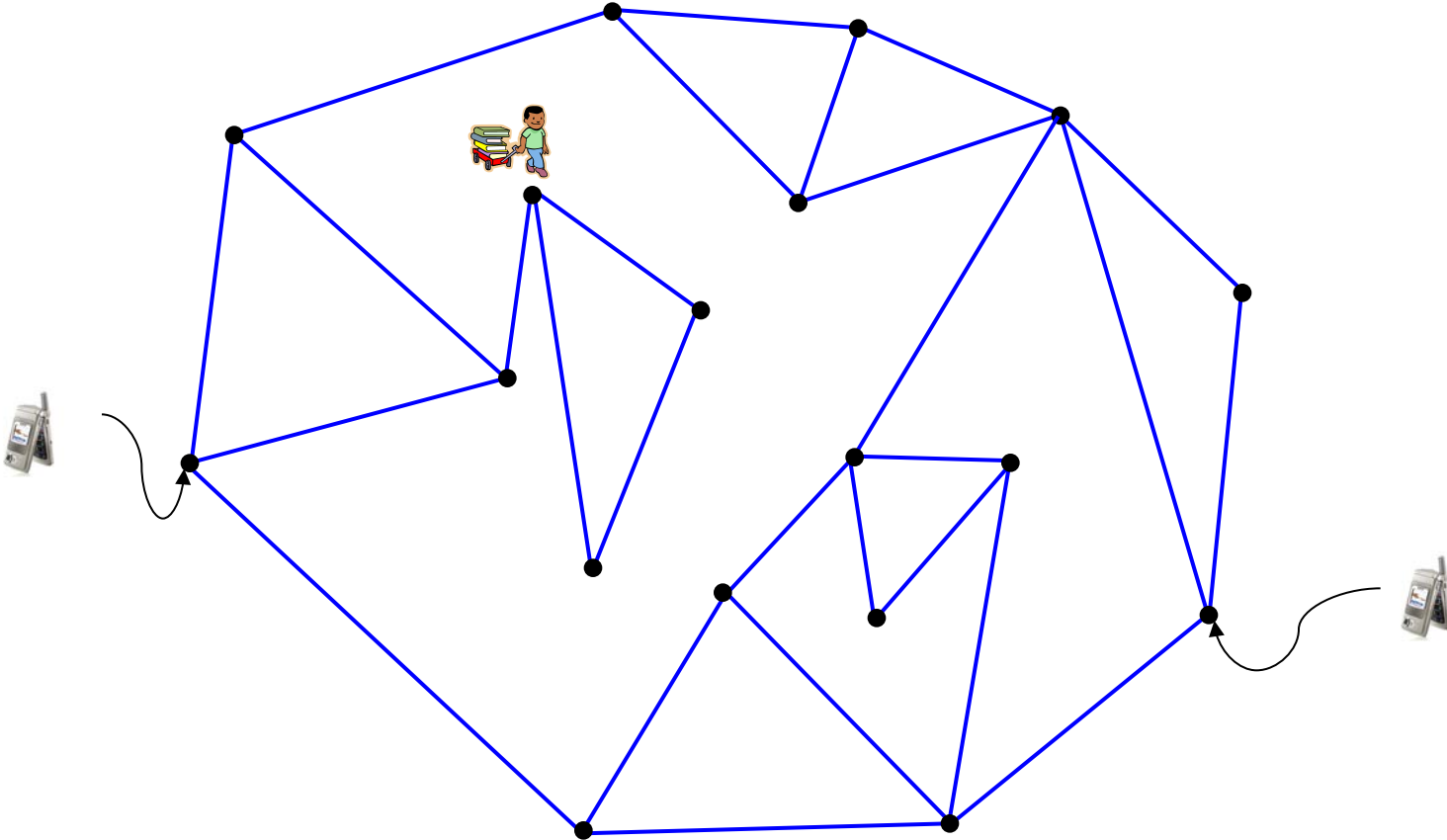
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas
Anteriormente al menos para gráficas planas?



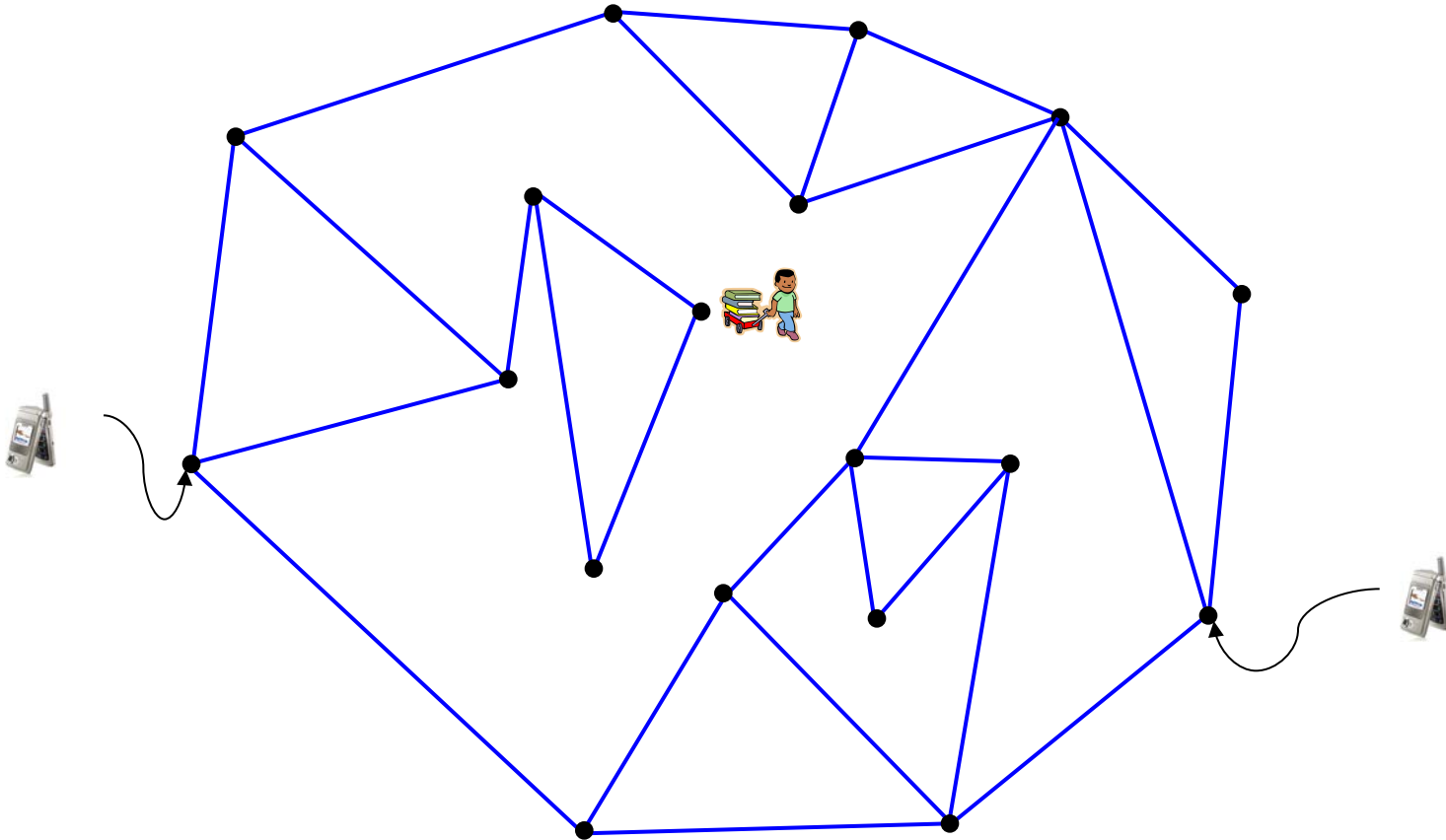
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas
Anteriormente al menos para gráficas planas?



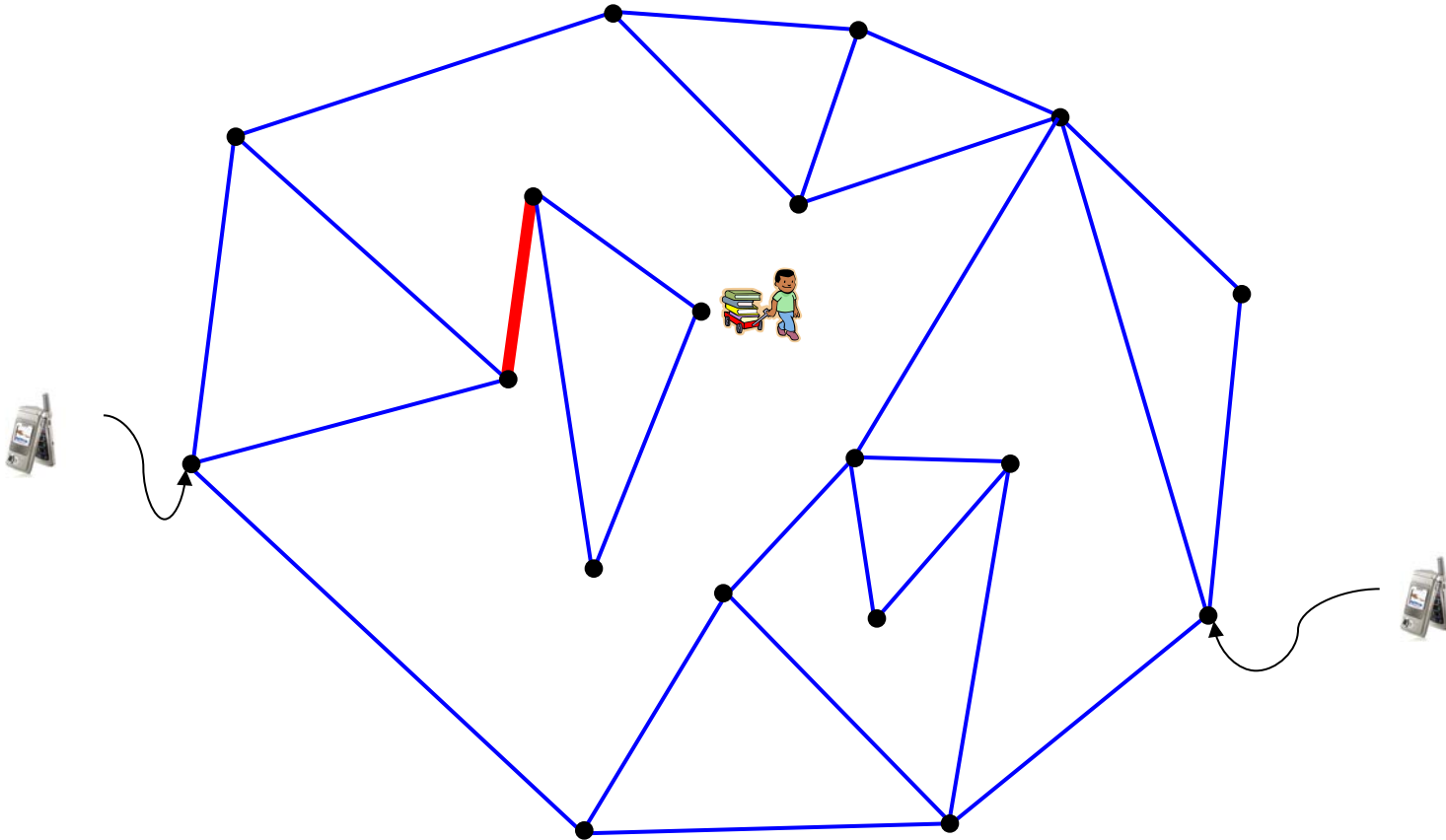
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas
Anteriormente al menos para gráficas planas?



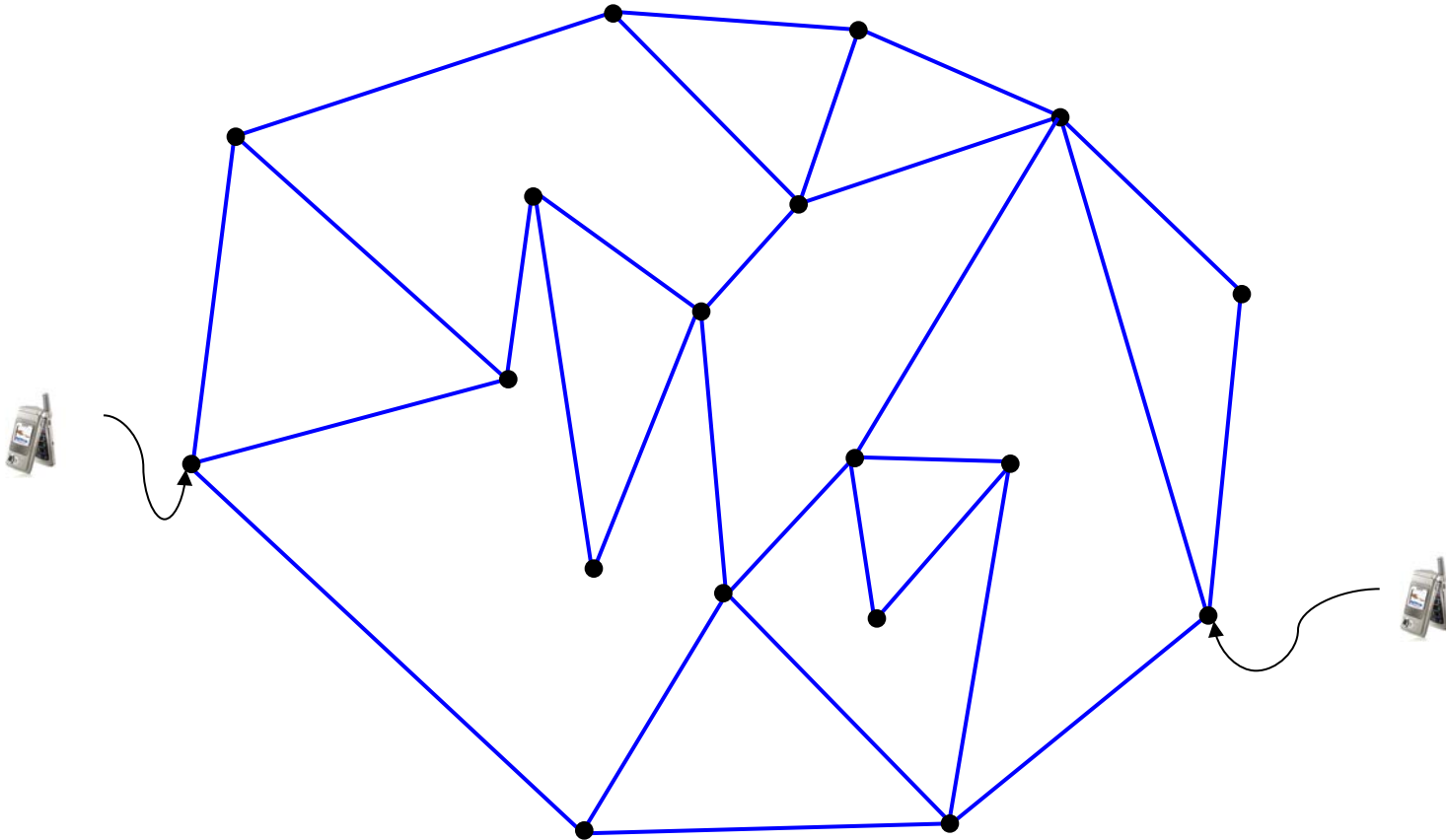
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas Anteriormente al menos para gráficas planas?



¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas Anteriormente al menos para gráficas planas?



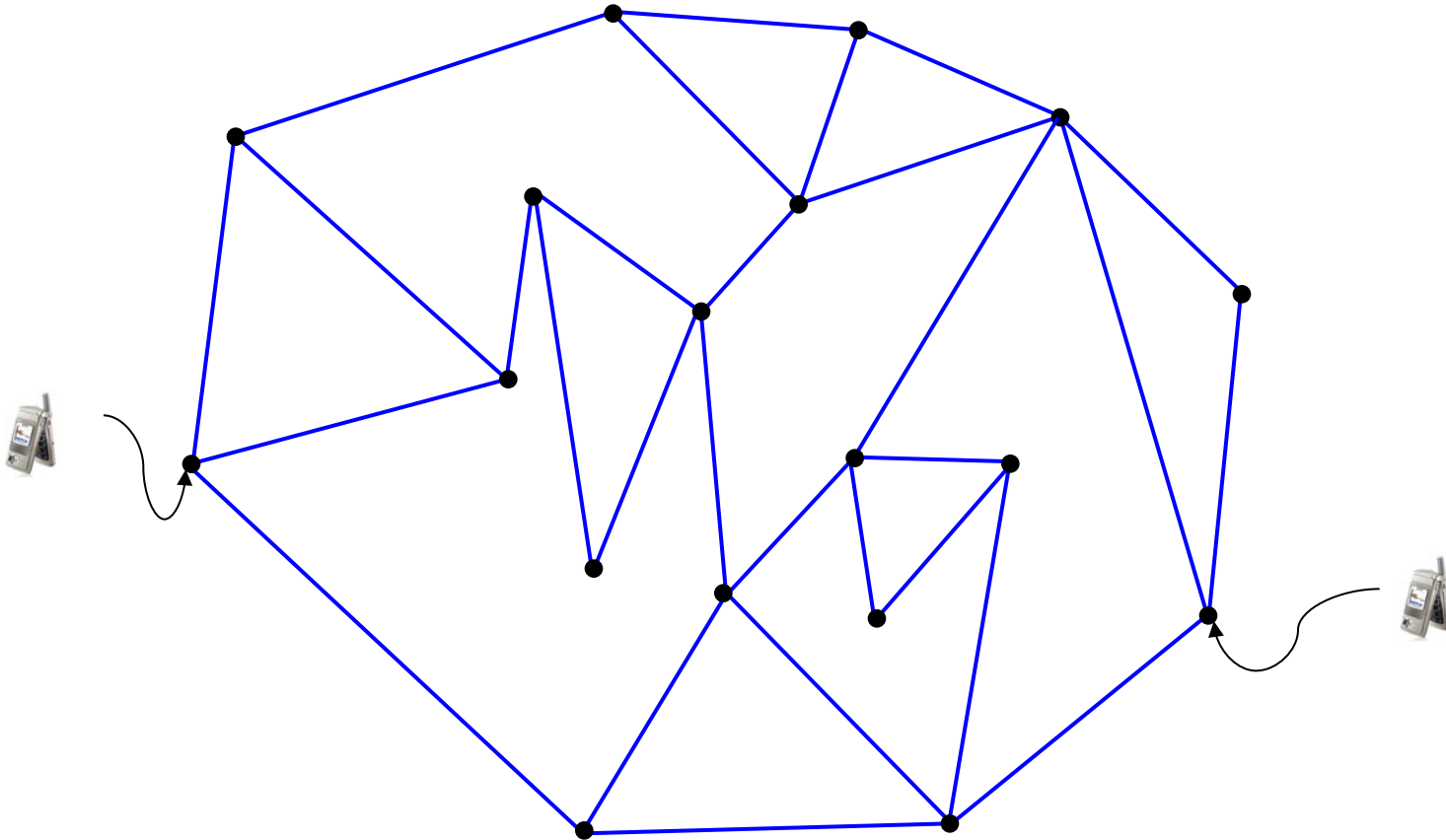
¿Podremos encontrar un algoritmo con las propiedades mencionadas Anteriormente al menos para gráficas planas?



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



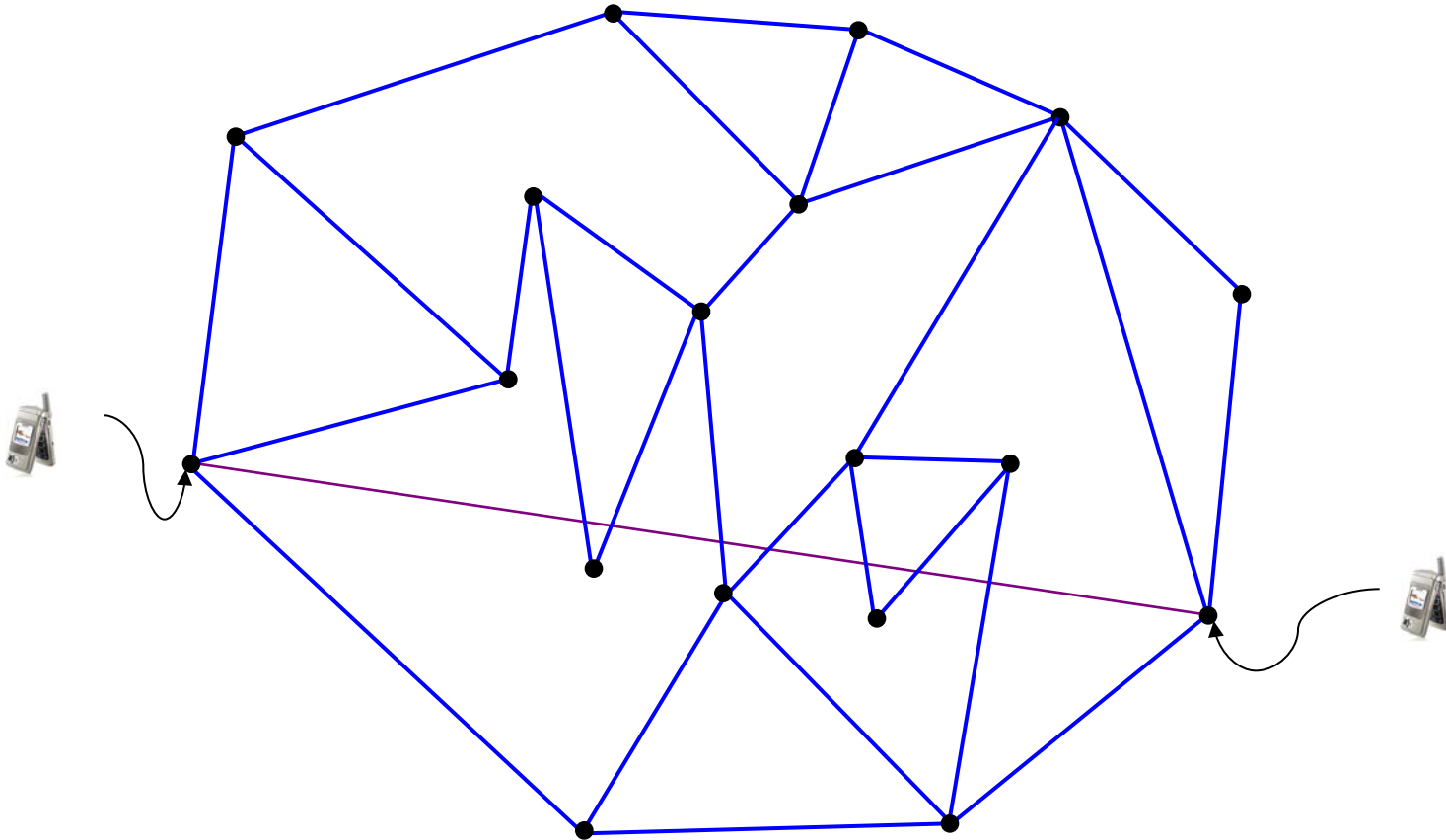
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

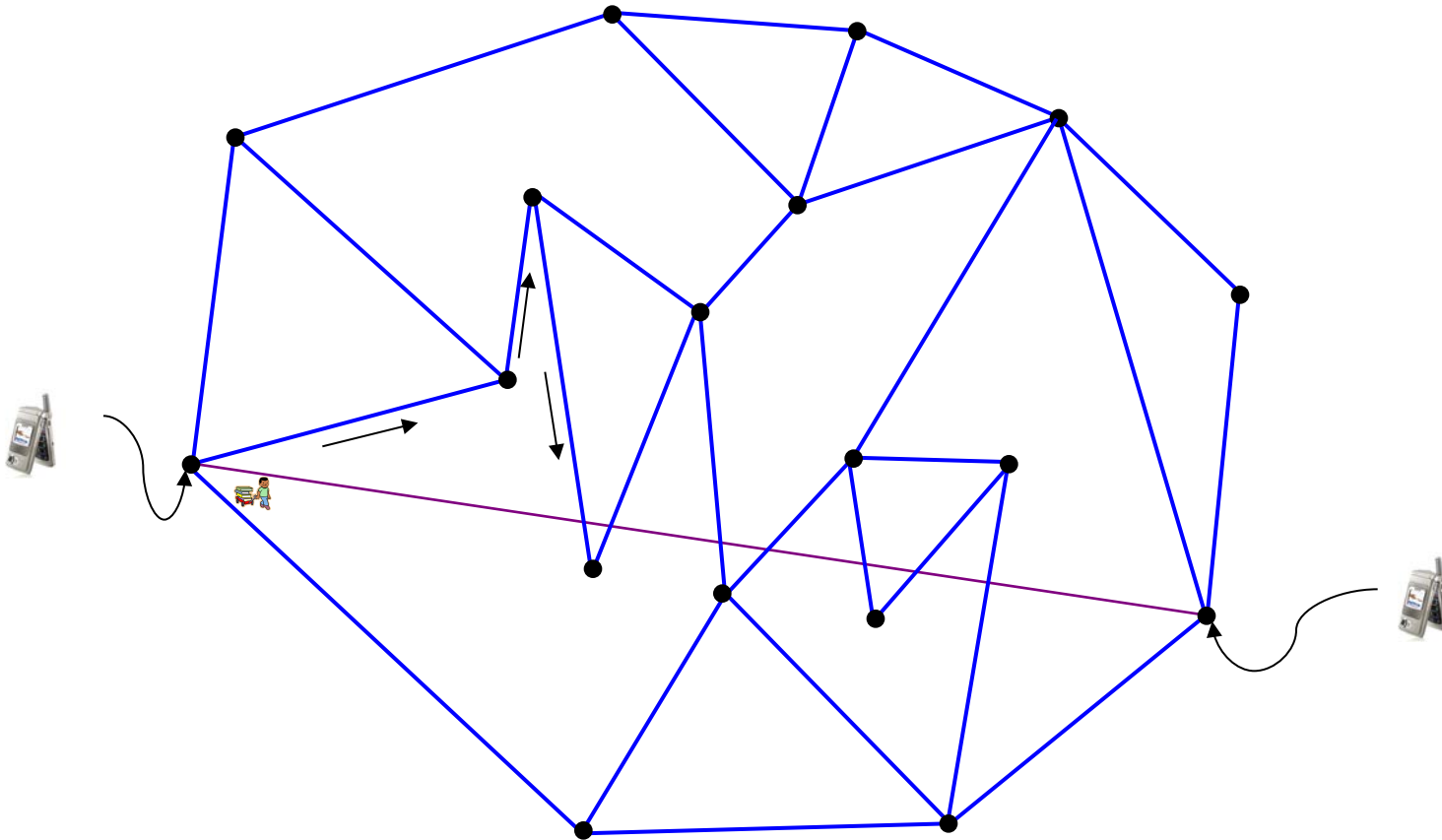


Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

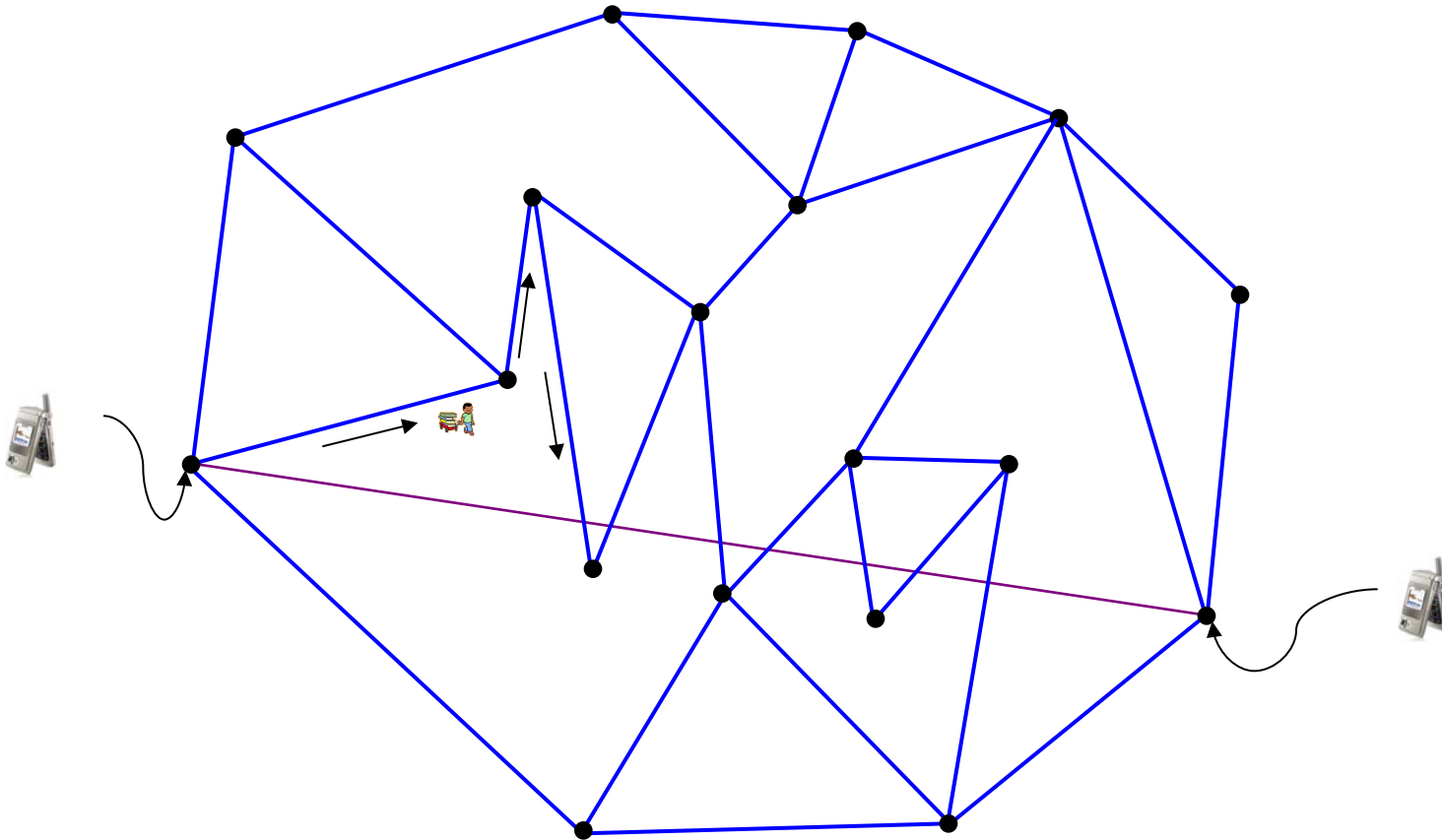
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

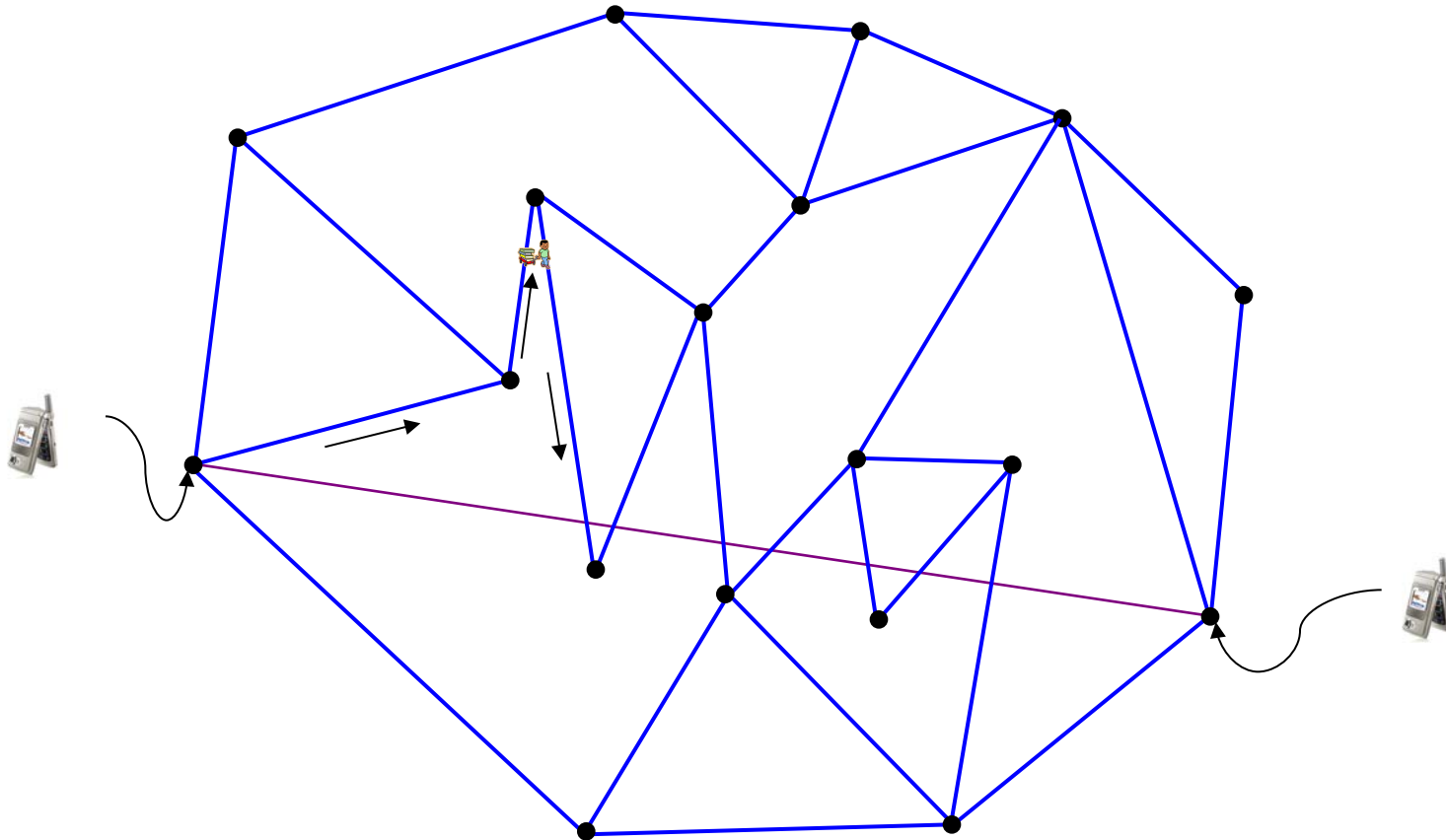


Enrutamiento por caras.



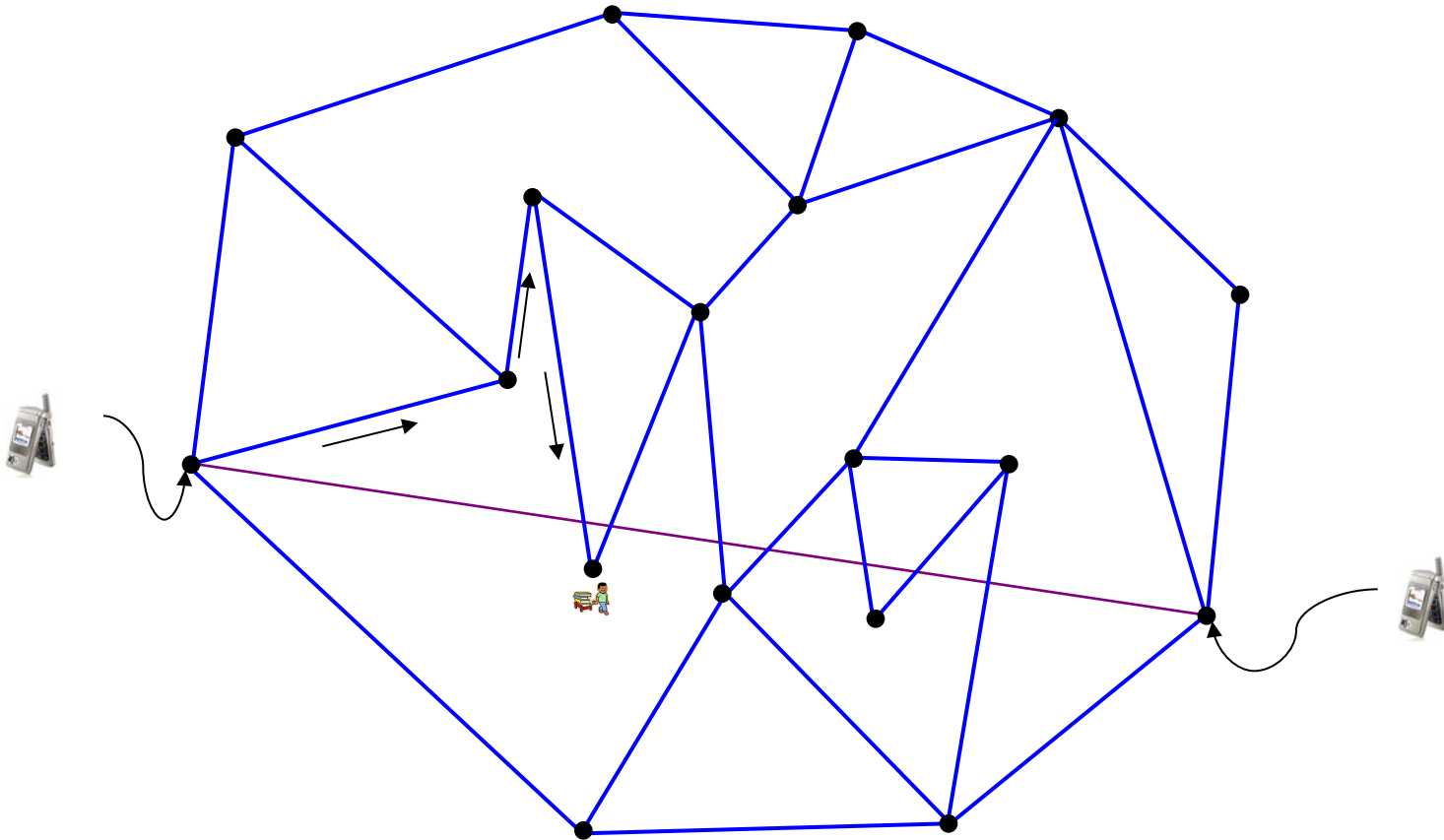
Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

Enrutamiento por caras.



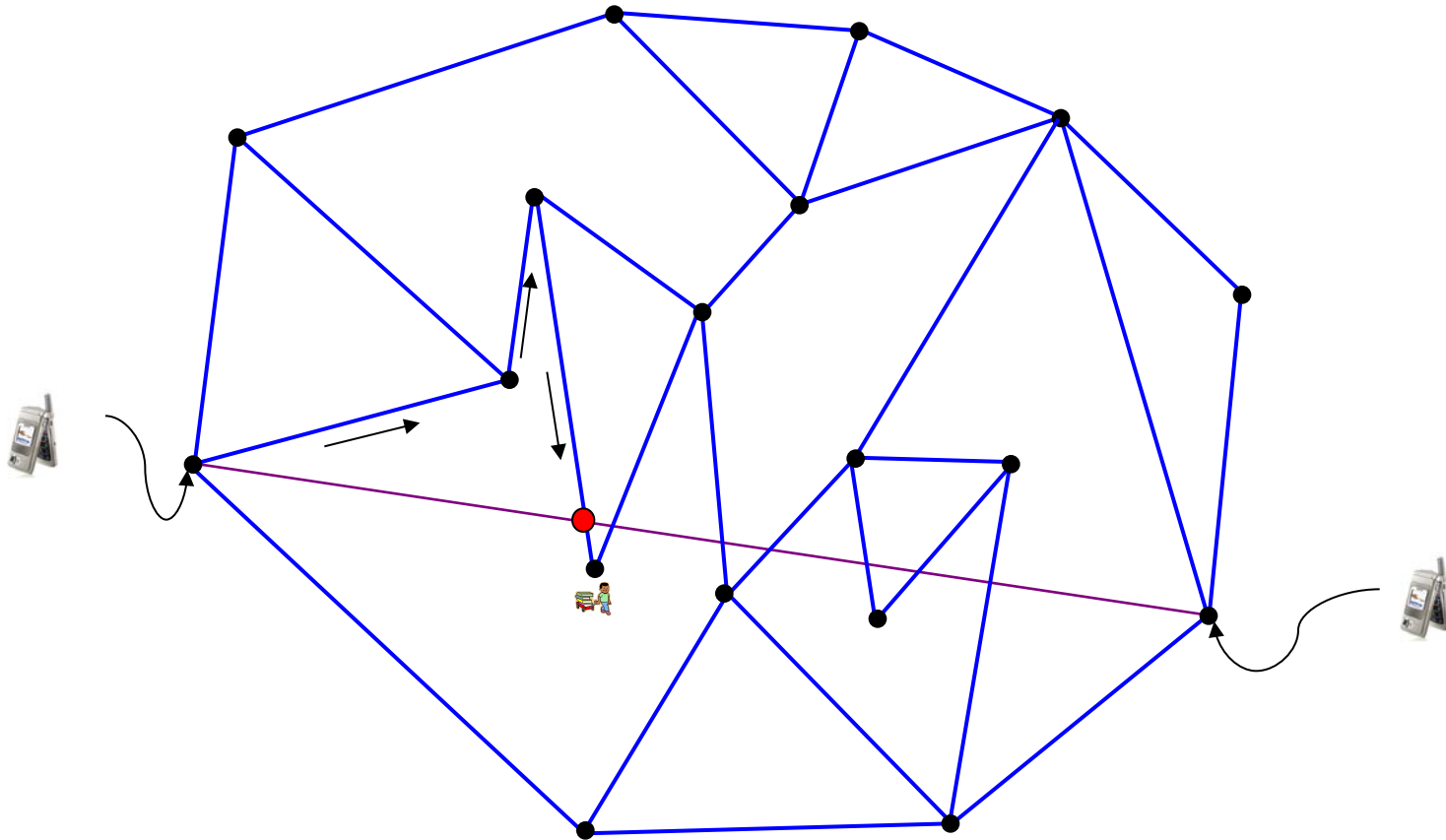
Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

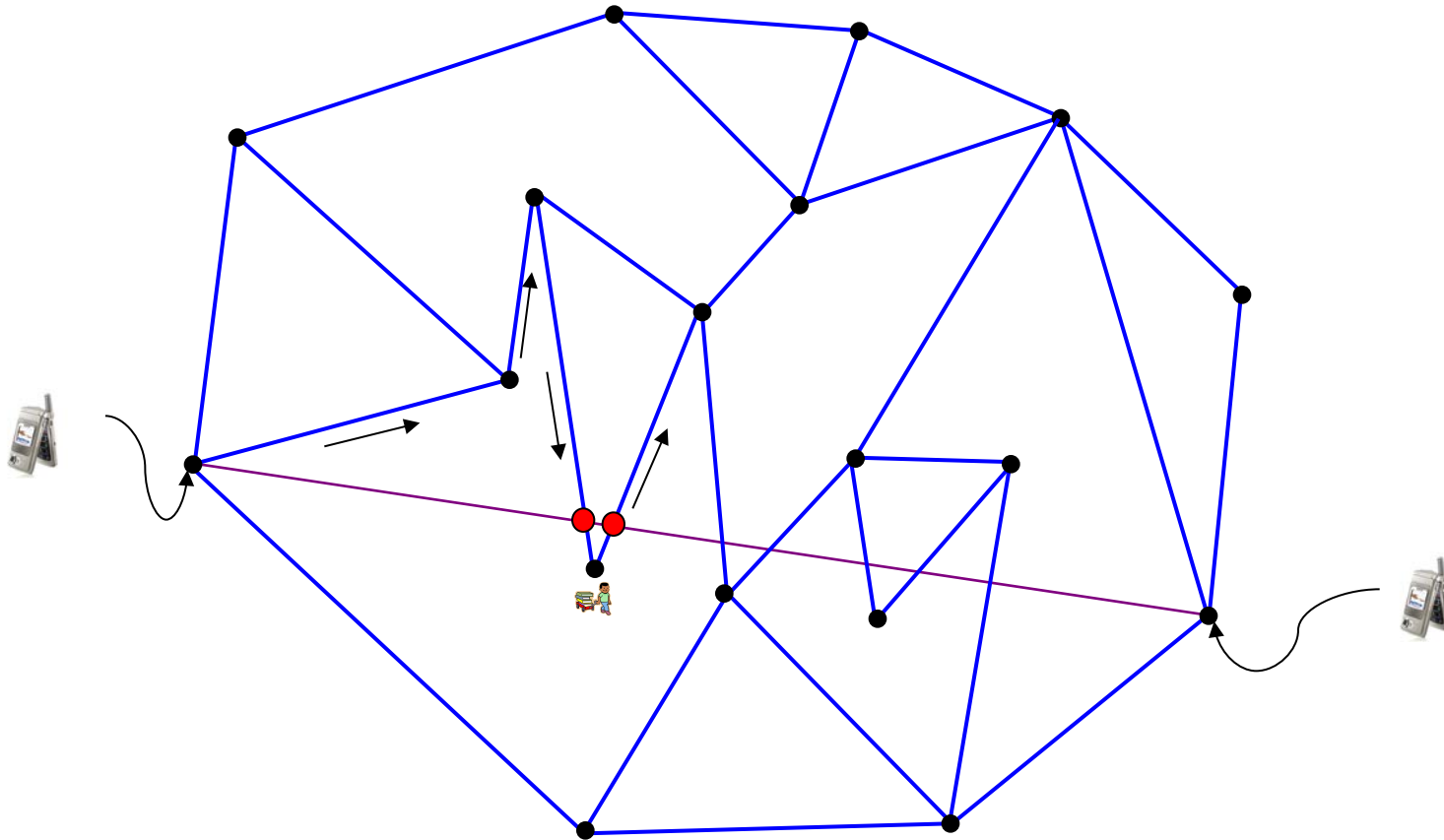
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



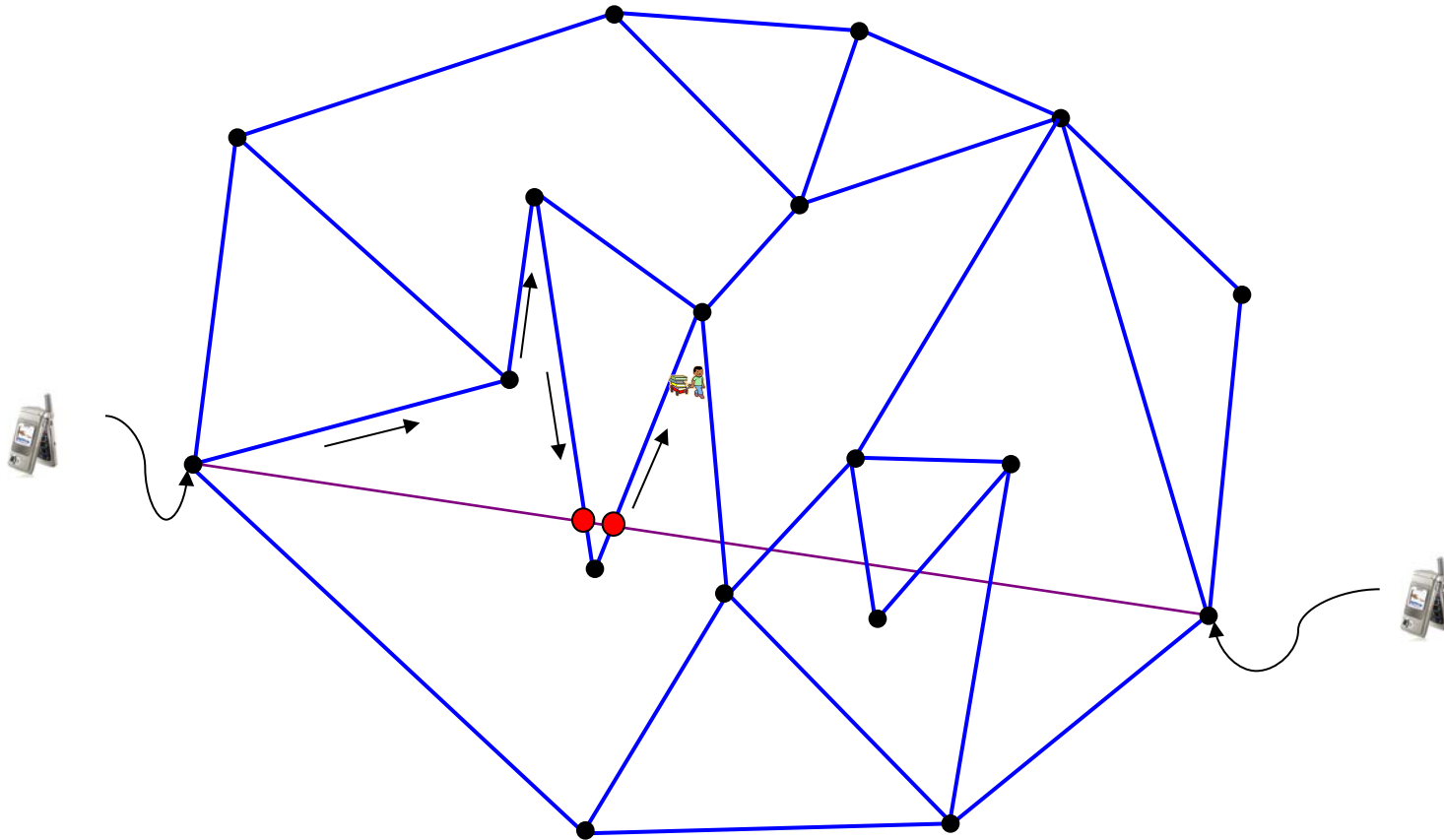
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



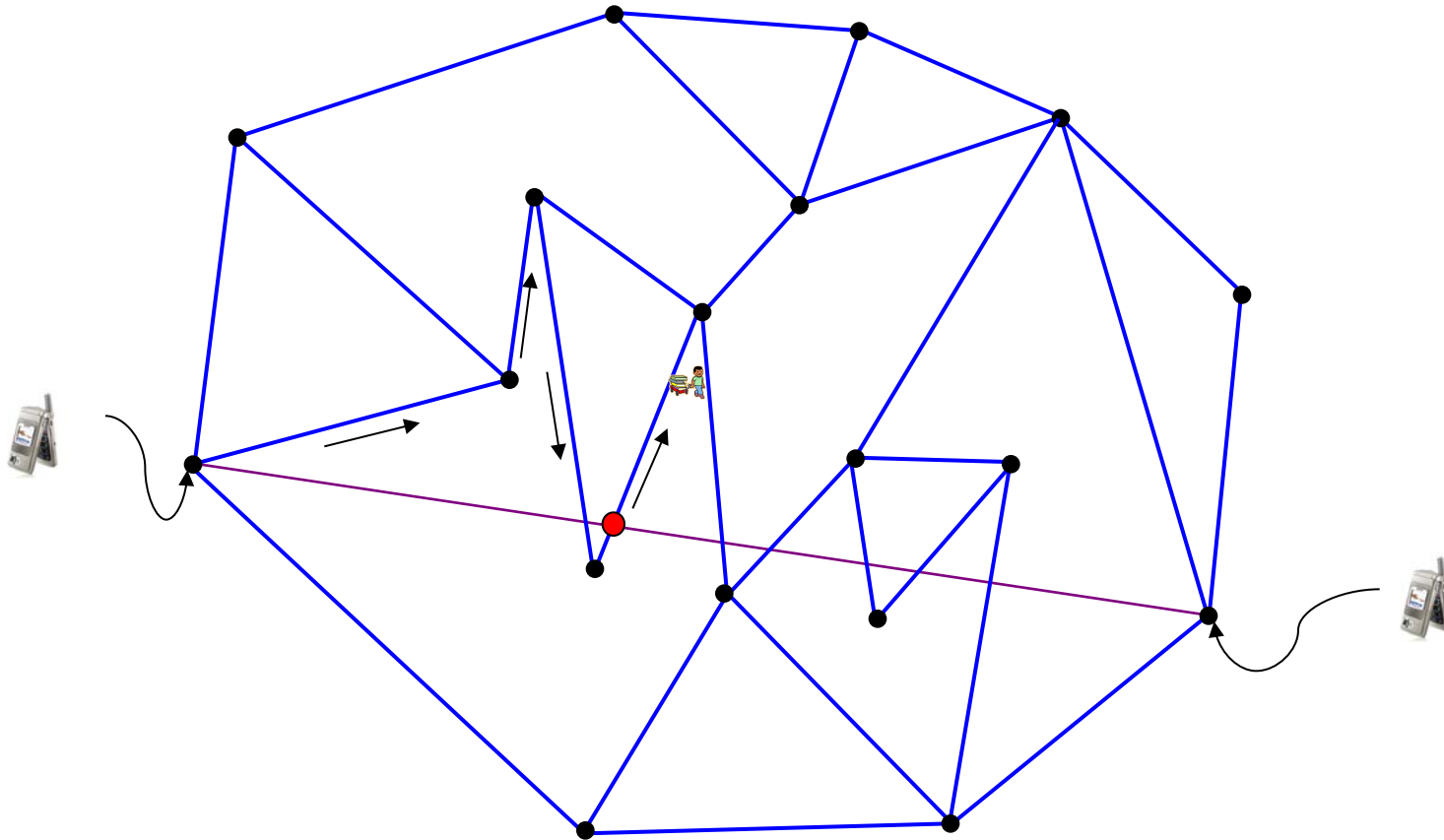
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

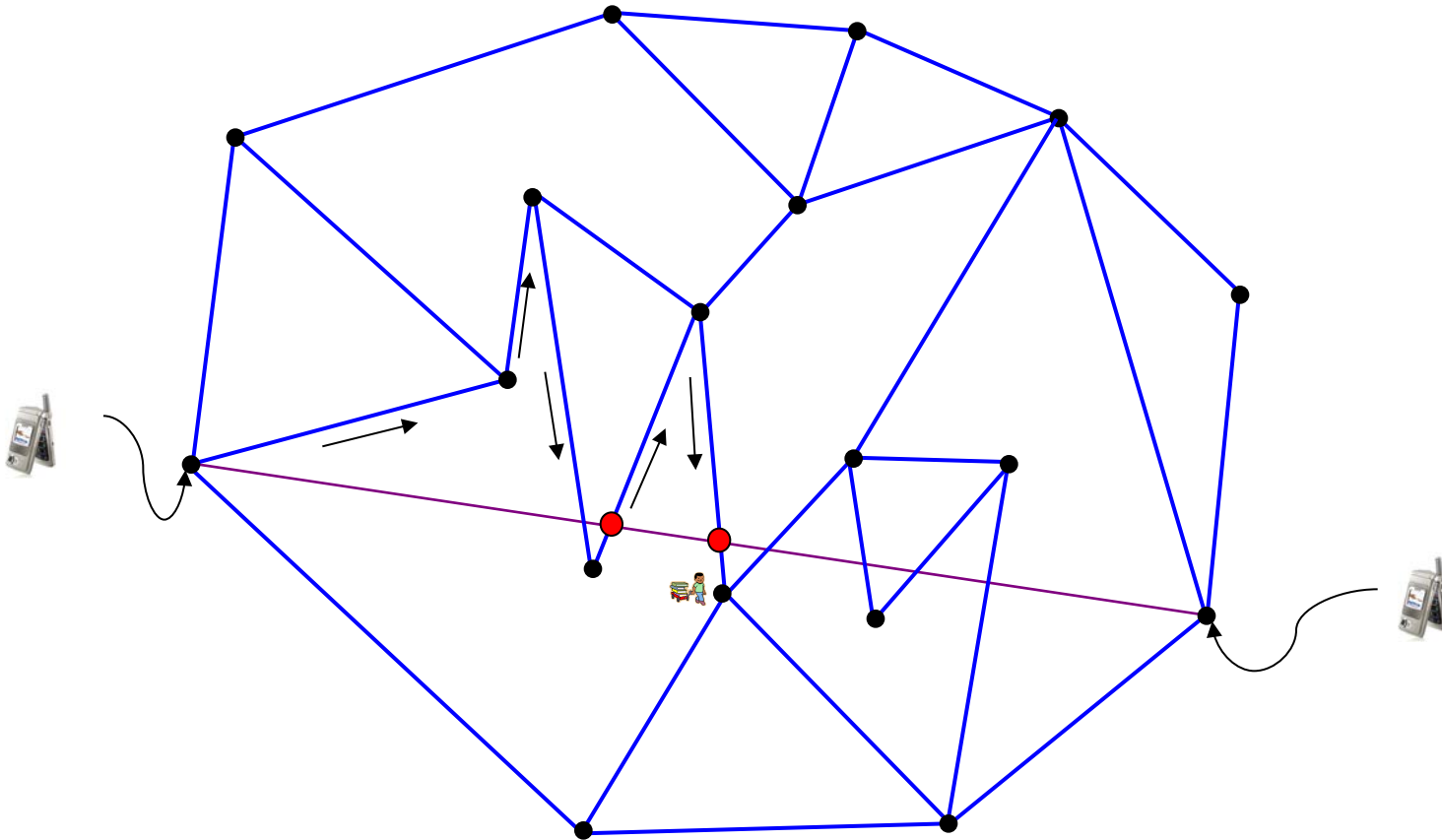


Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

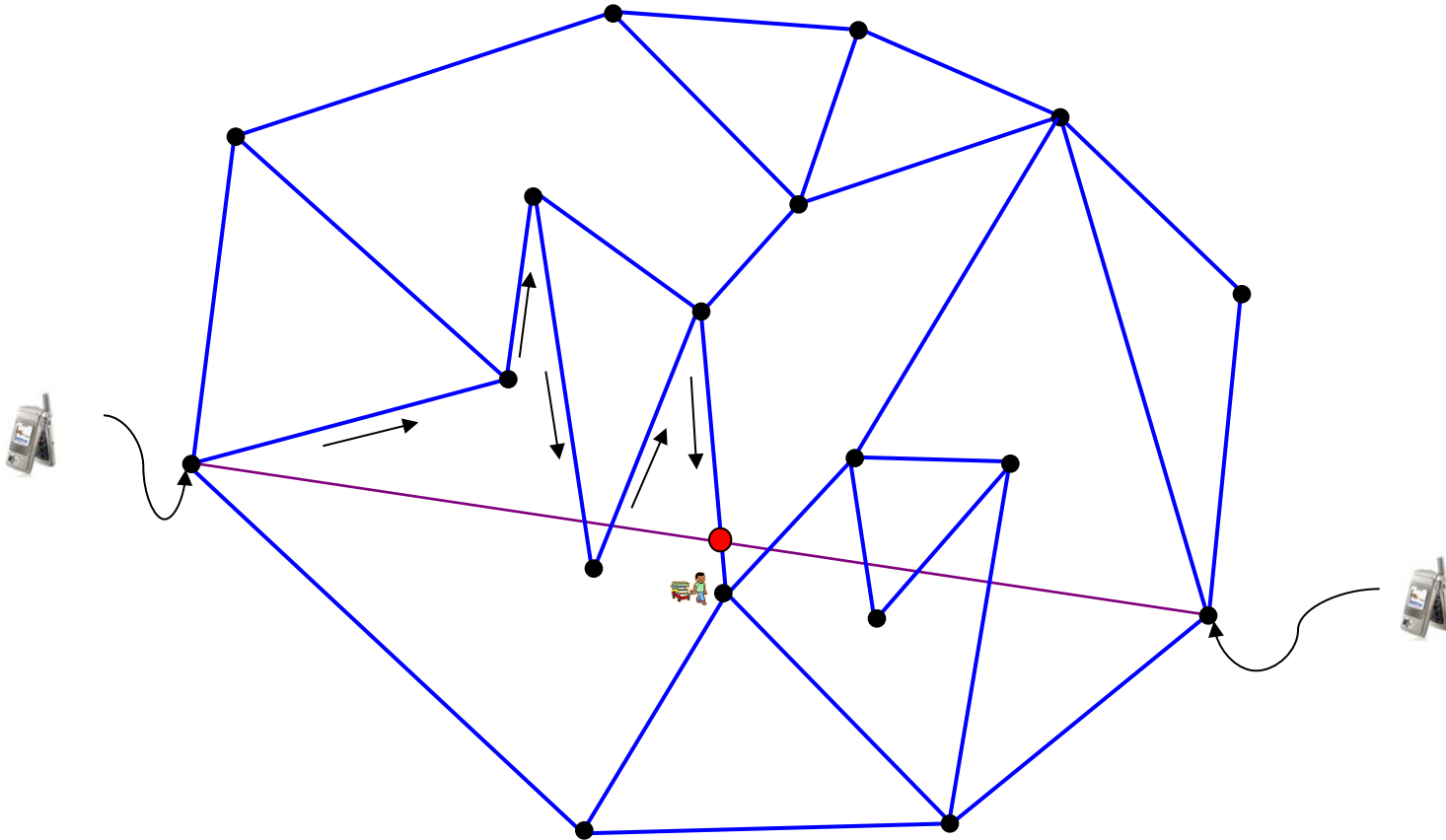
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

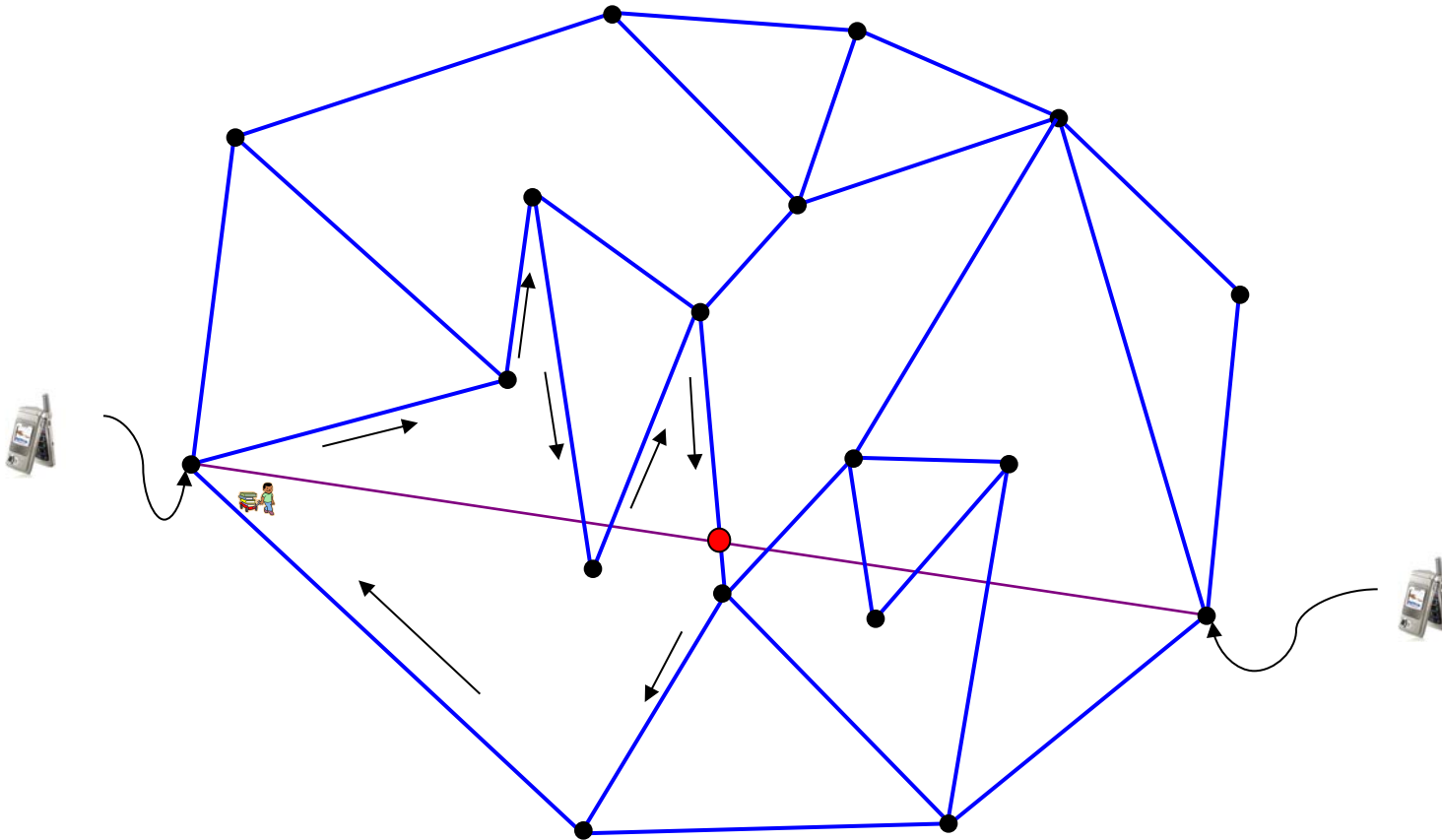


Enrutamiento por caras.



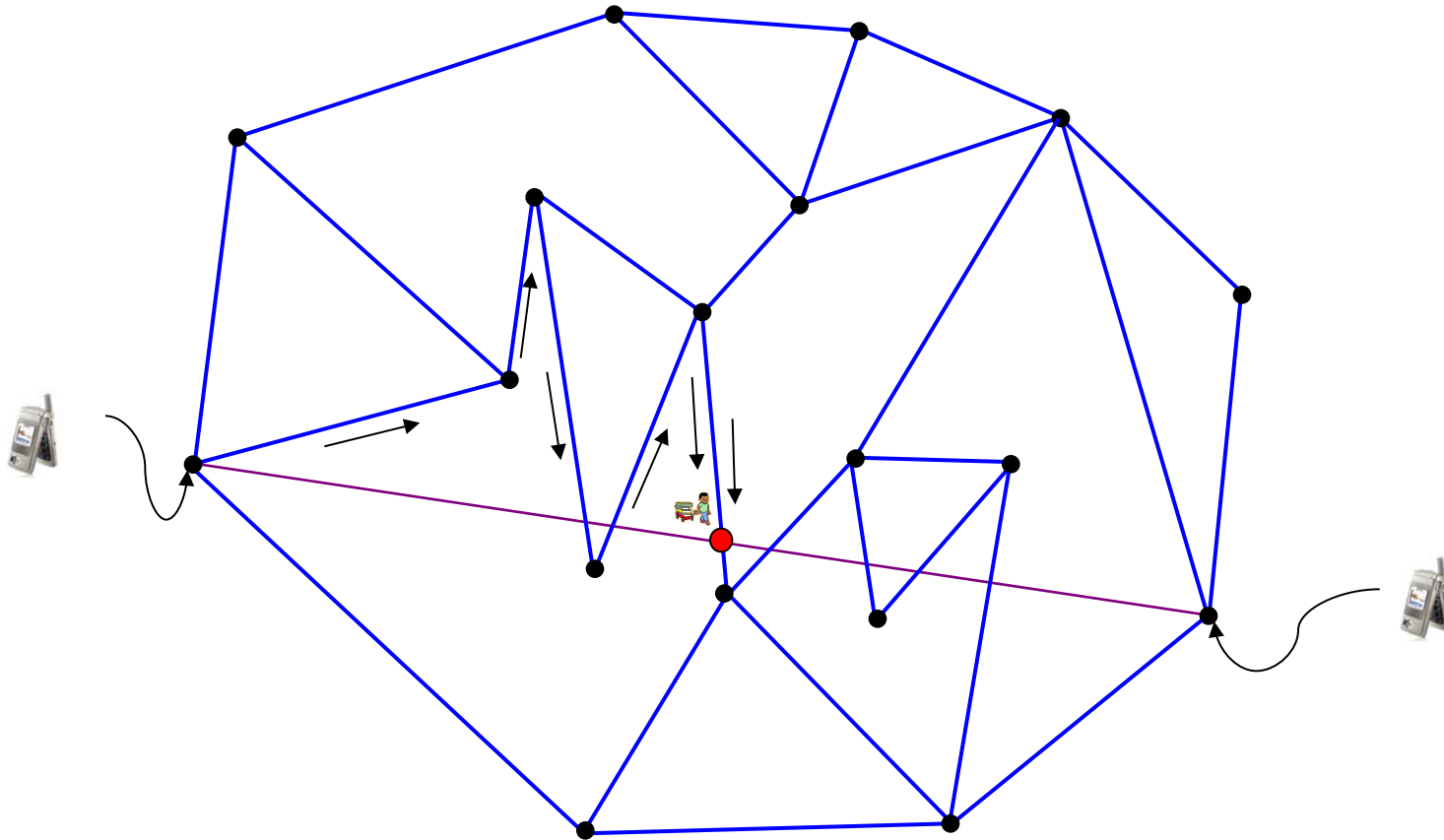
Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

Enrutamiento por caras.



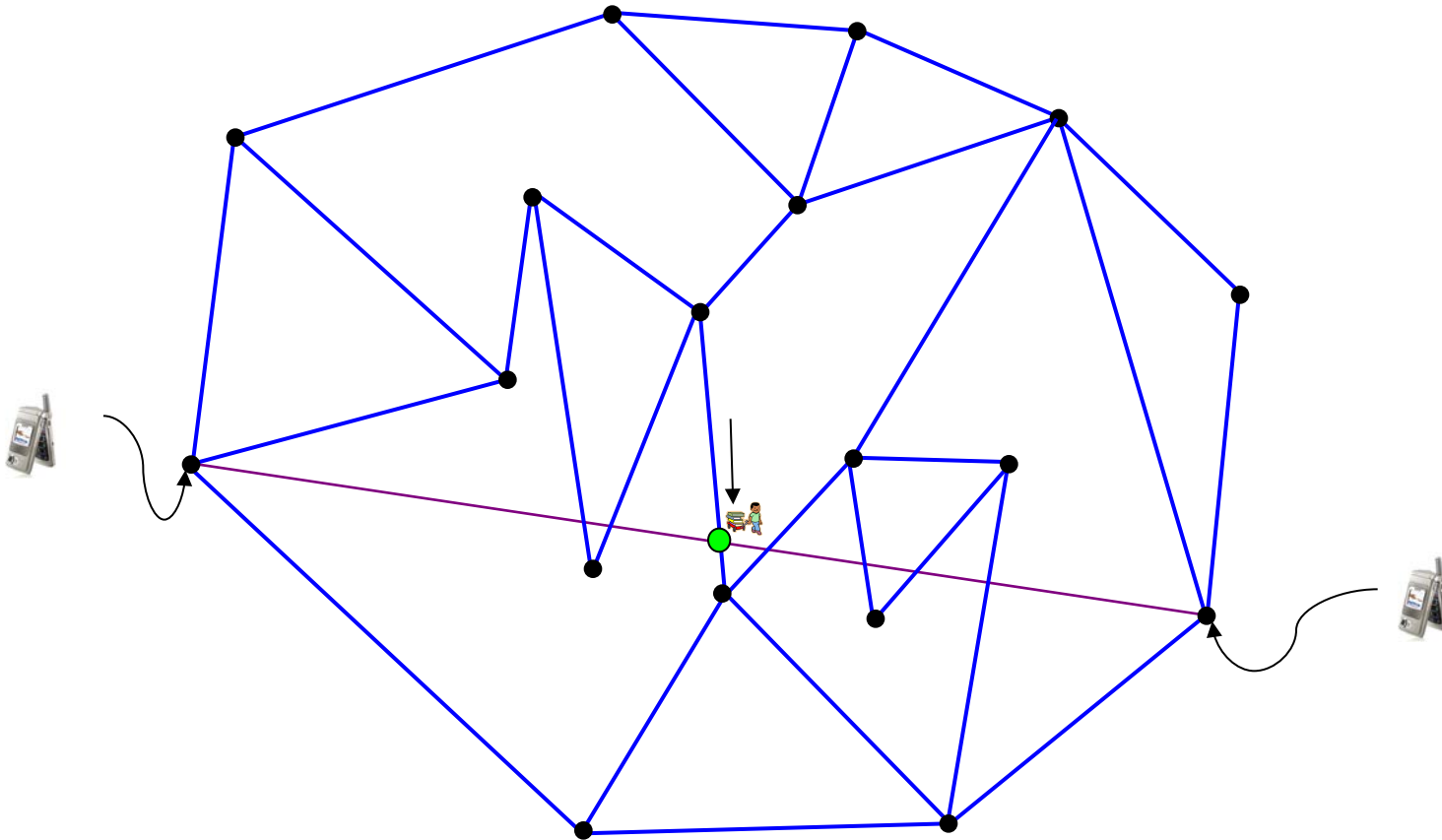
Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

Enrutamiento por caras.



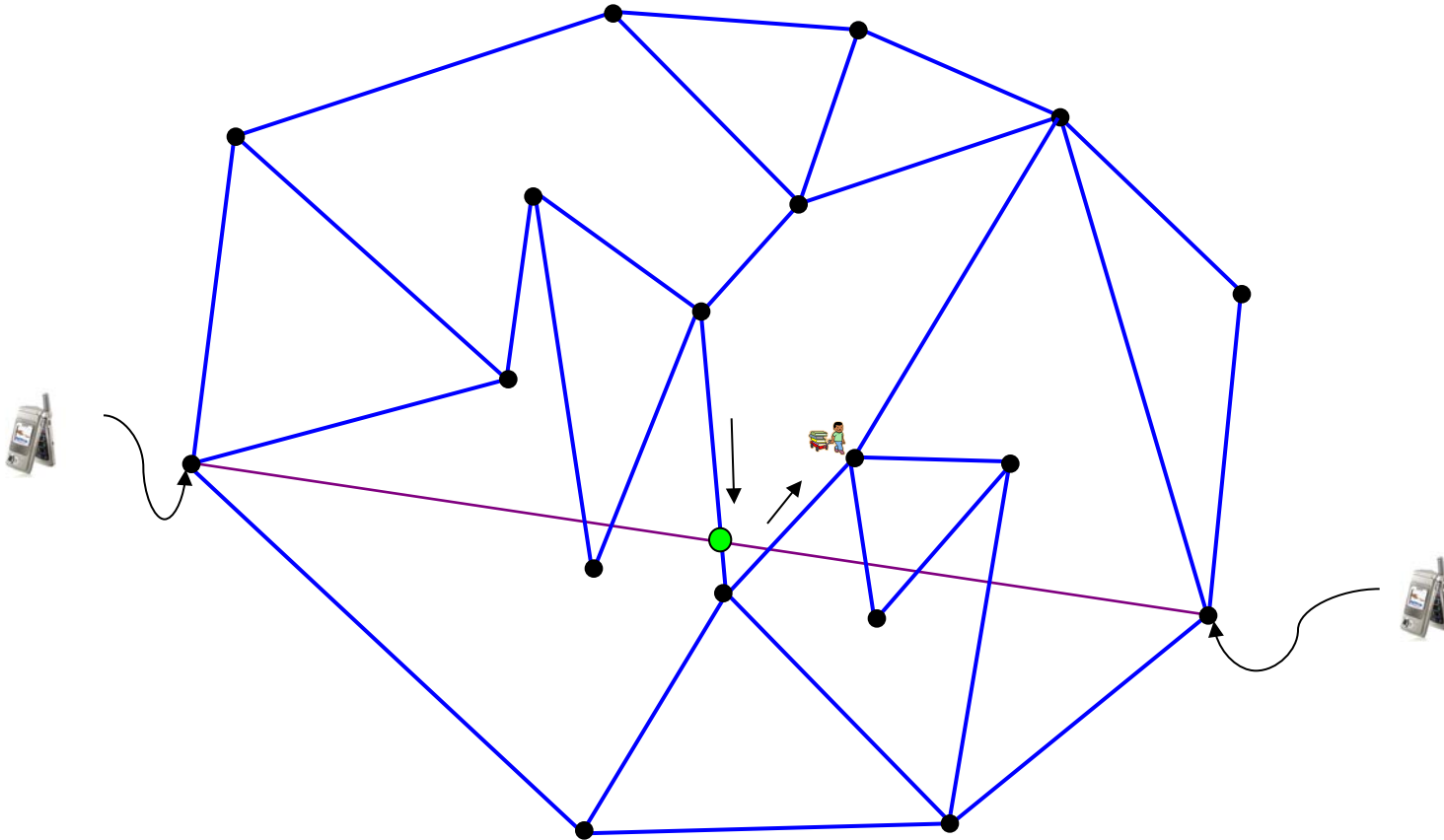
Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms

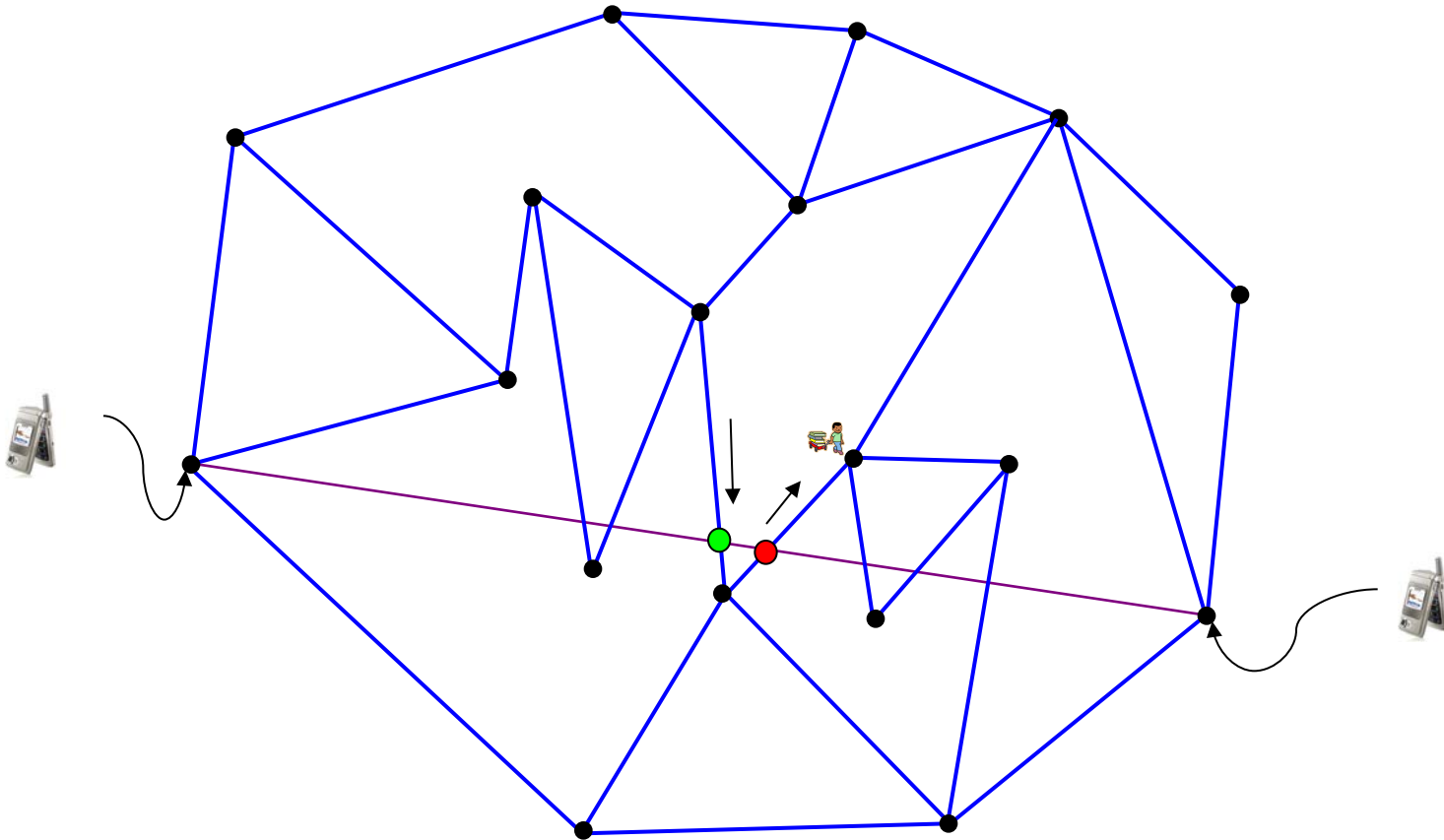
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



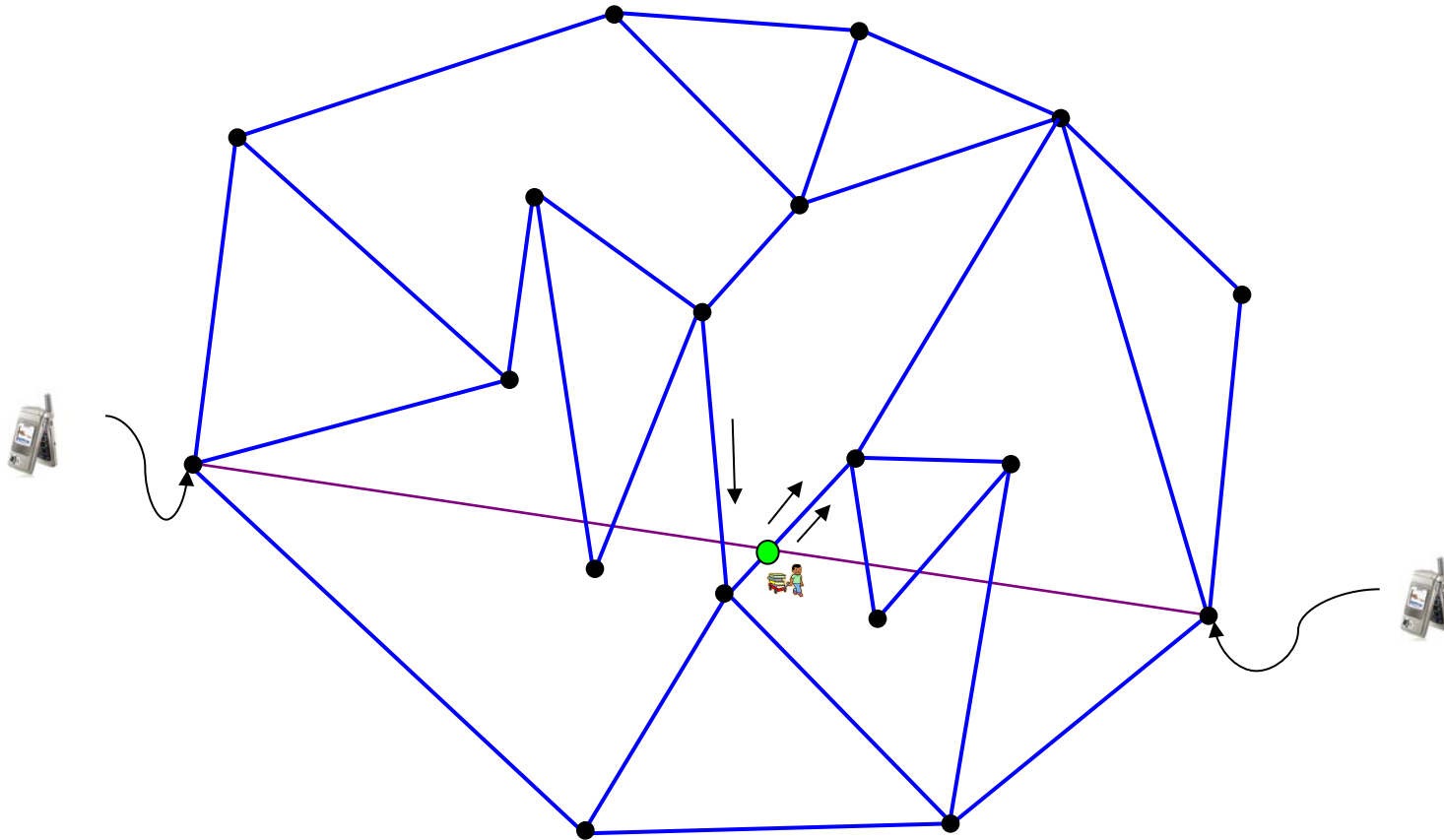
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



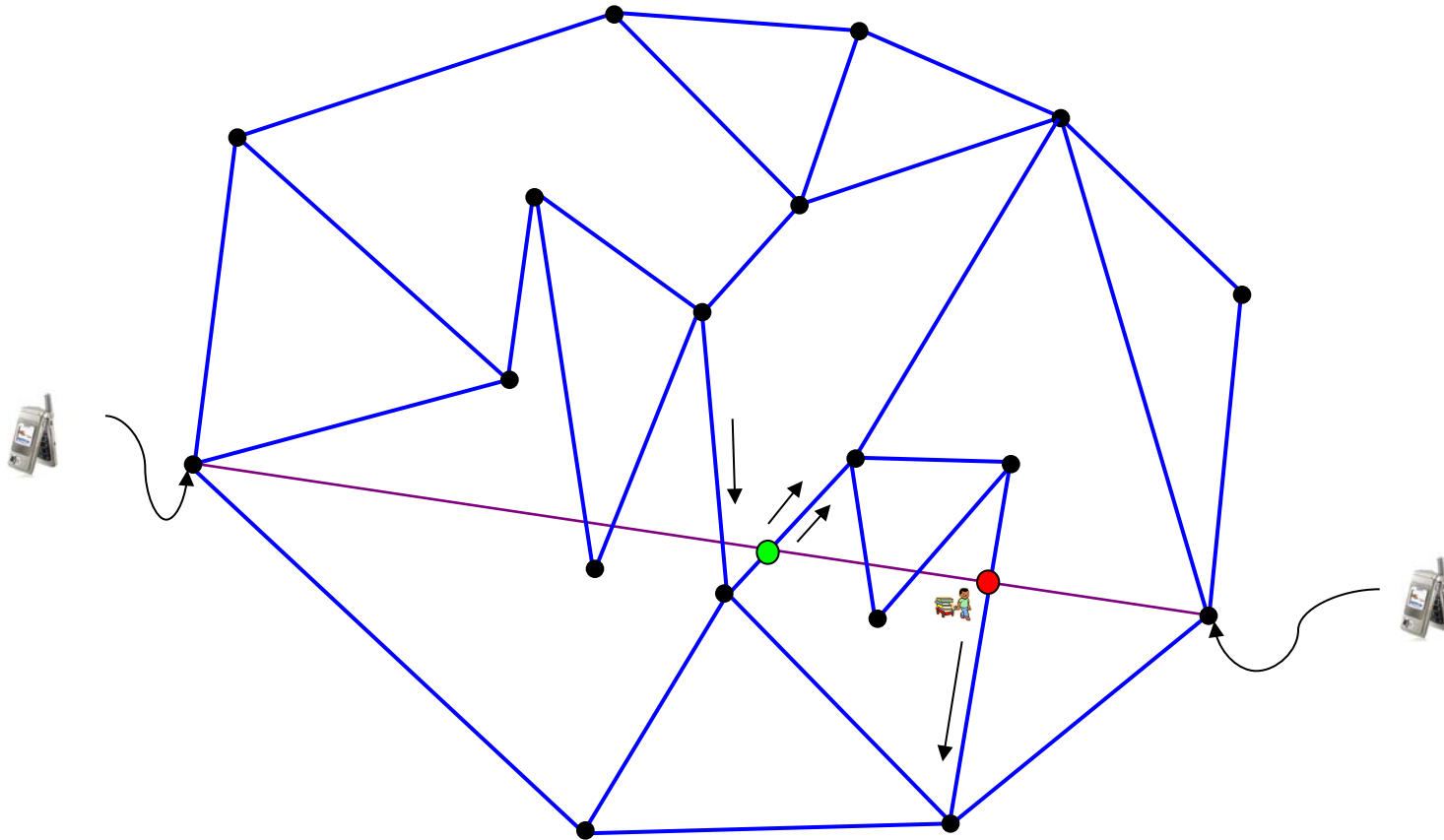
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



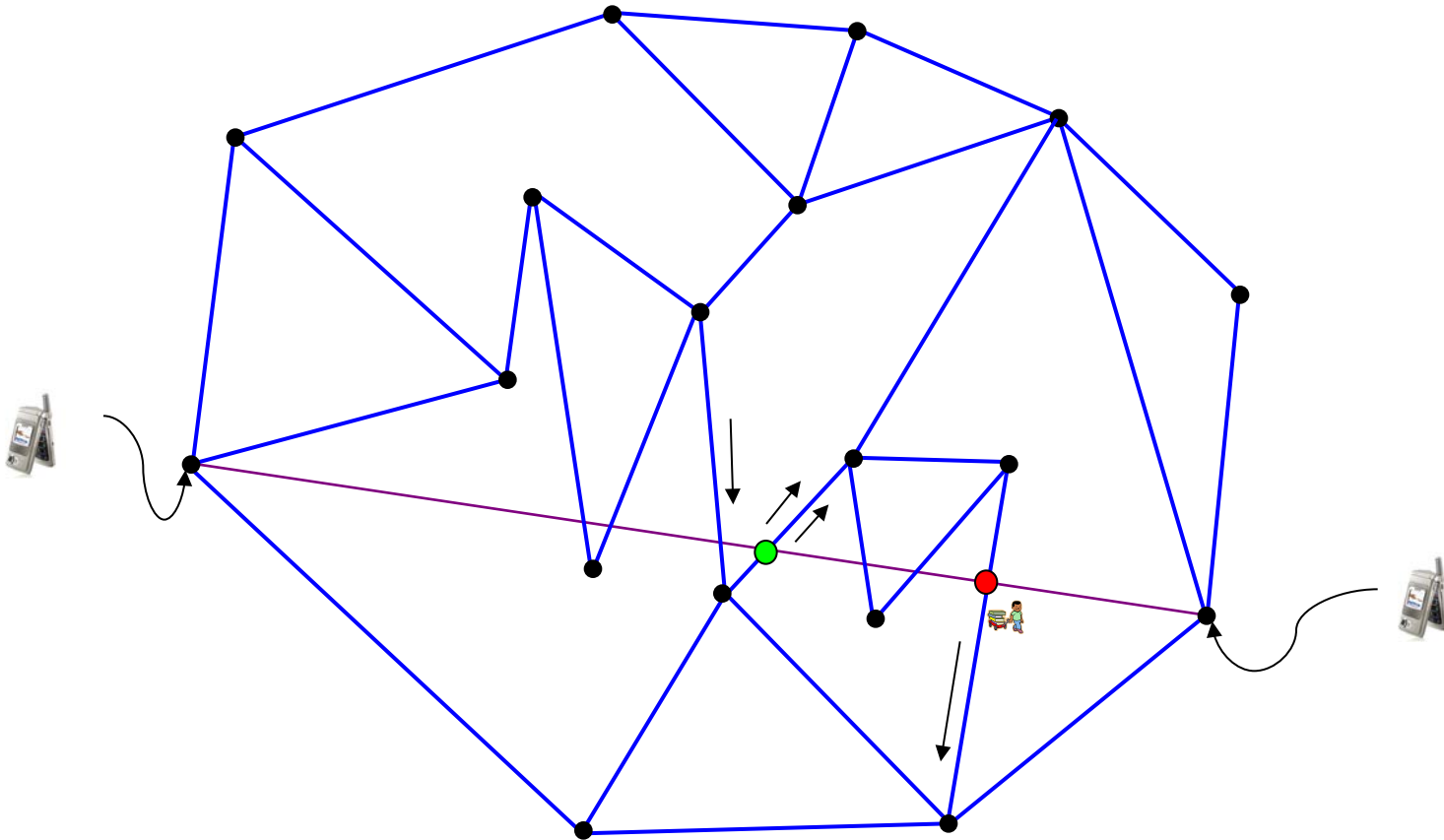
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



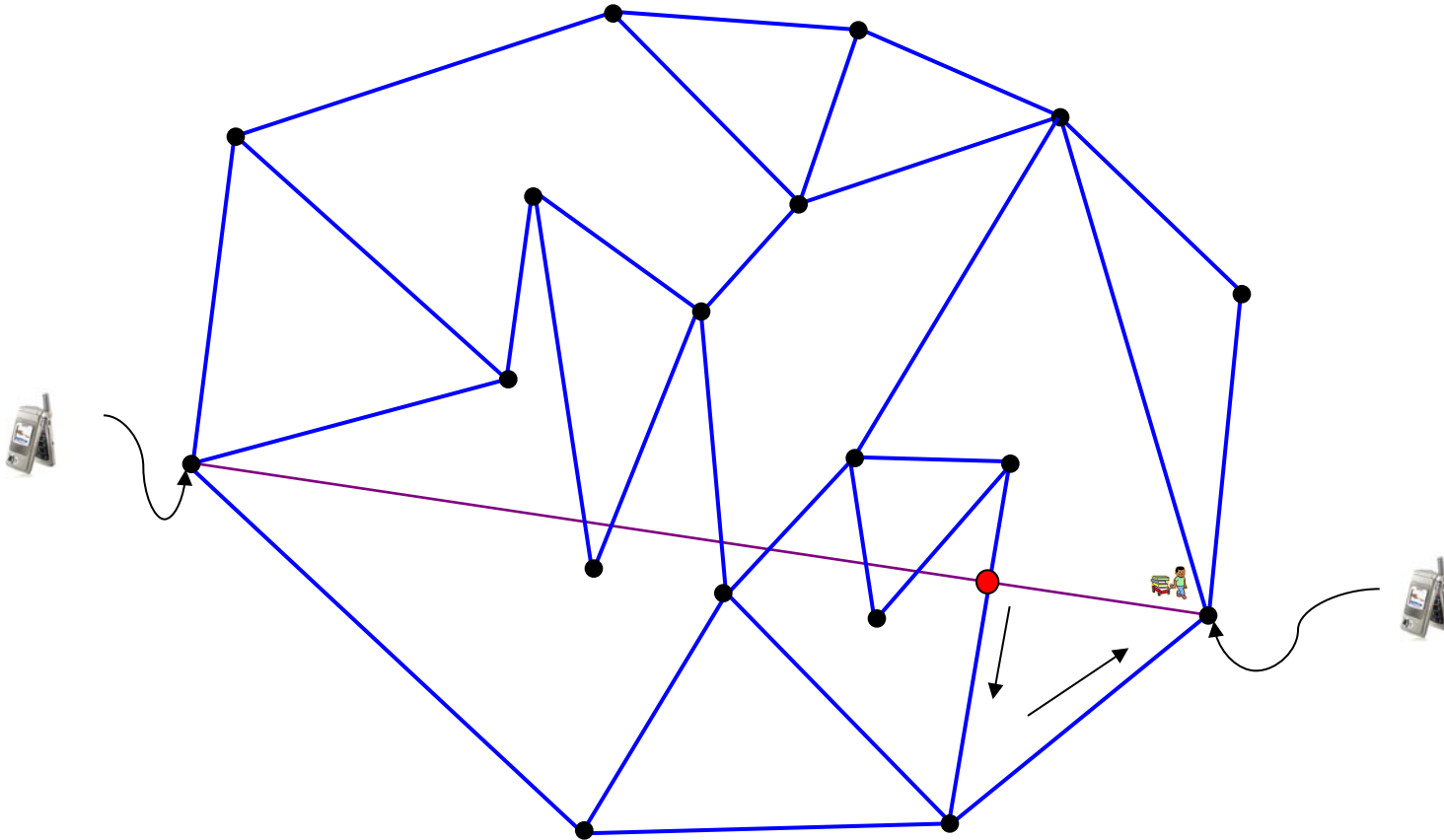
Enrutamiento por caras.



Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms



Enrutamiento por caras.

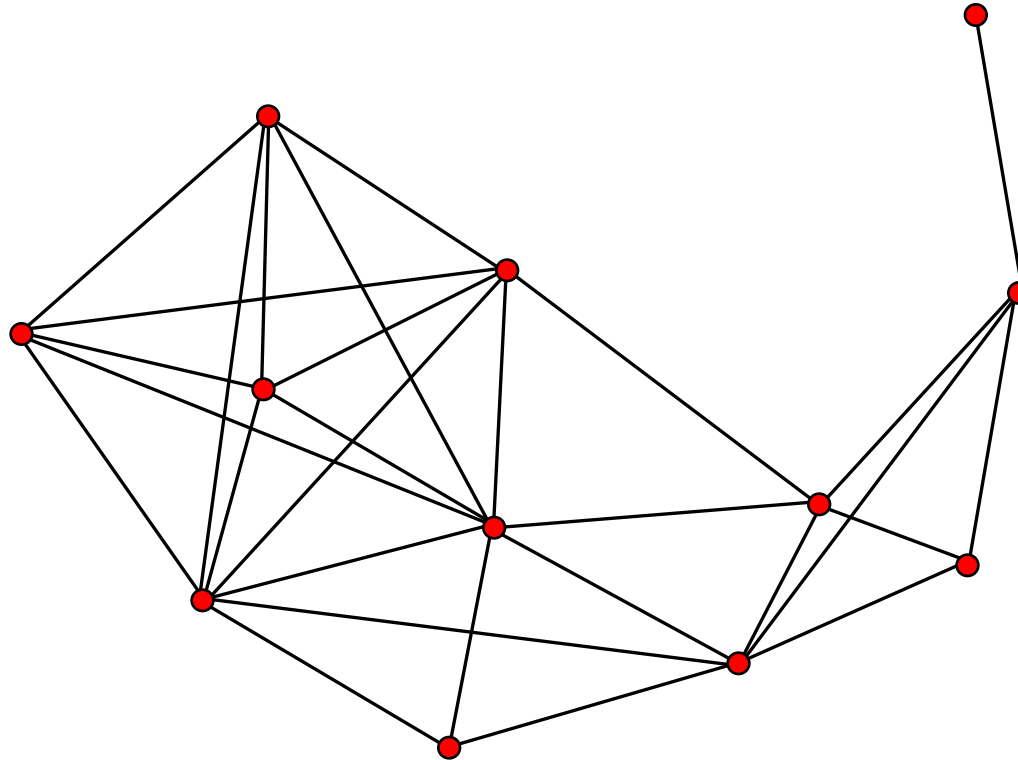


Algoritmos basados en la posición de los nodos.
Position based algorithms





El Modelo: Gráficas unitarias.



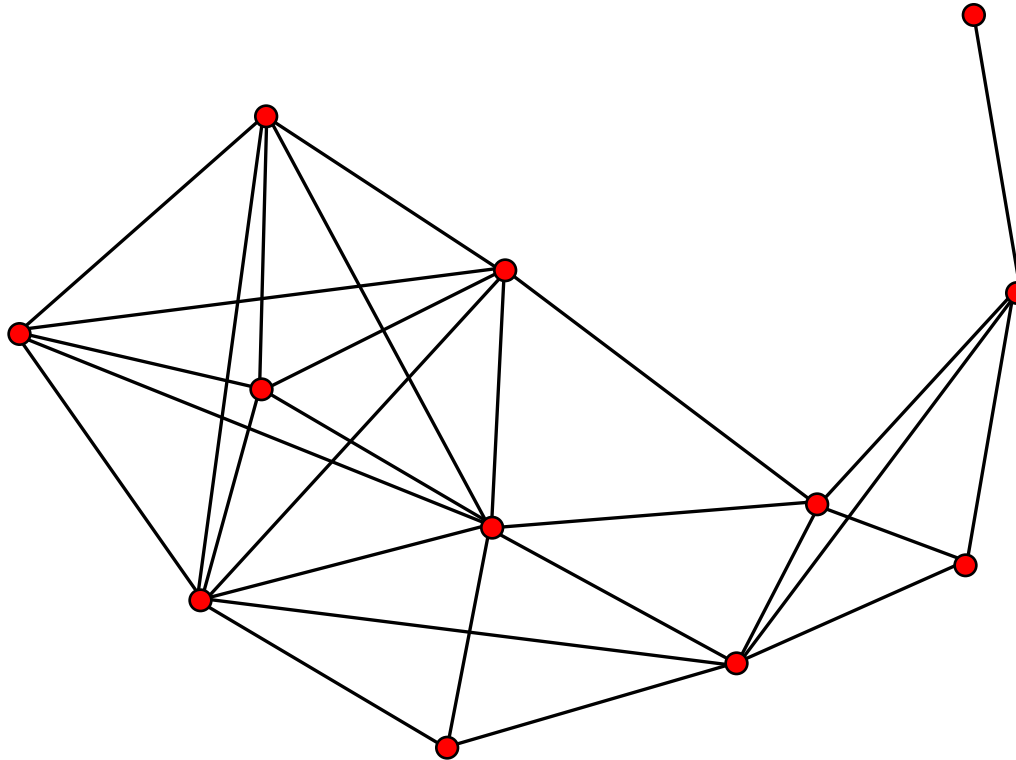
$d=1$



Puntos representan estaciones de radio.



¡La gráficas unitarias no son planas!



$d=1$

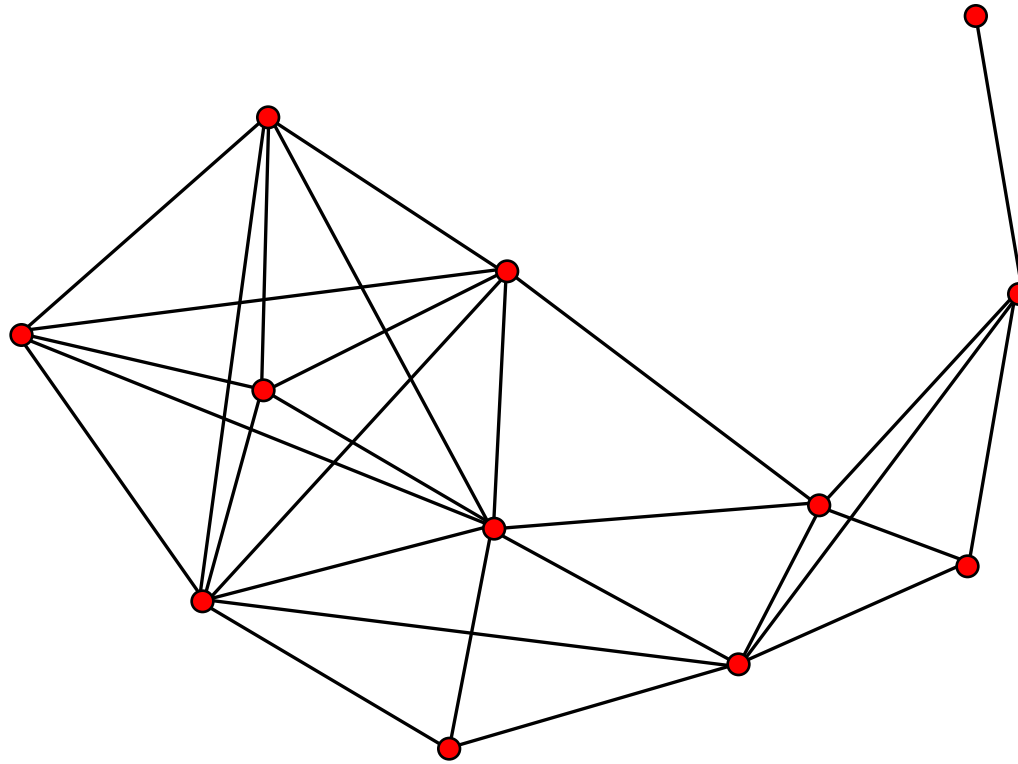


Puntos representan estaciones de radio.



□

¡La gráficas unitarias no son planas!

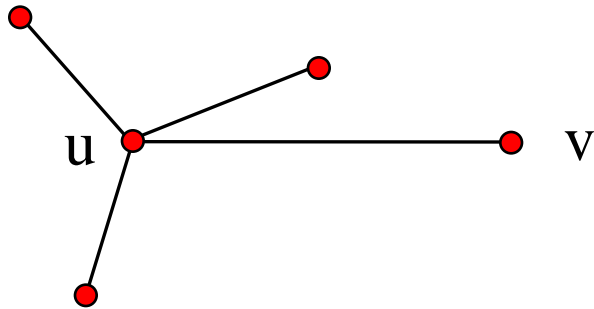


¿Podremos aplanarlas? ¿Con un algoritmo local?

□

¡La gráficas unitarias no son planas!

La subgráfica de Gabriel.

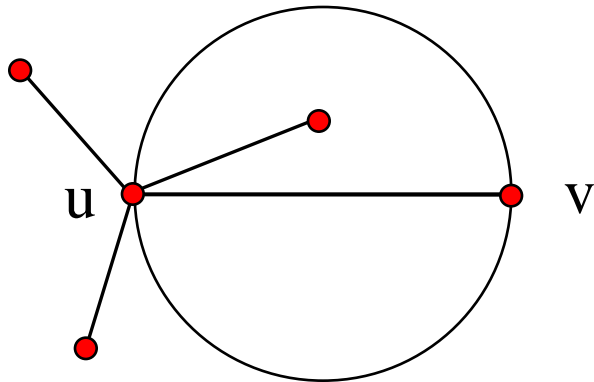


¿Podremos aplanarlas? ¿Con un algoritmo local?

□

¡La gráficas unitarias no son planas!

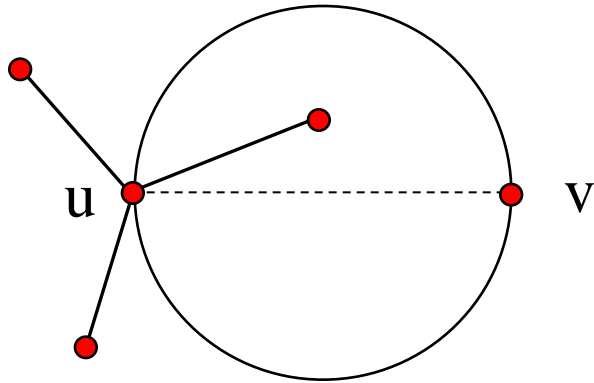
La subgráfica de Gabriel.



¿Podremos aplanarlas? **¿Con un algoritmo local?**

¡La gráficas unitarias no son planas!

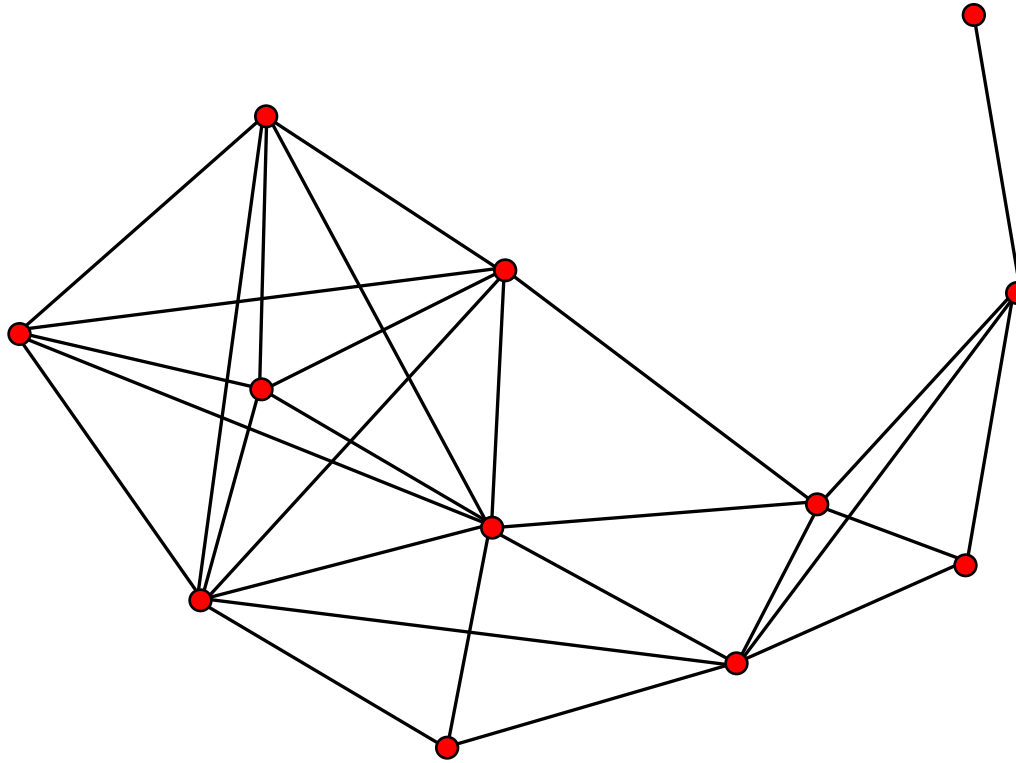
La subgráfica de Gabriel.



¿Podremos aplanarlas? **¿Con un algoritmo local?**

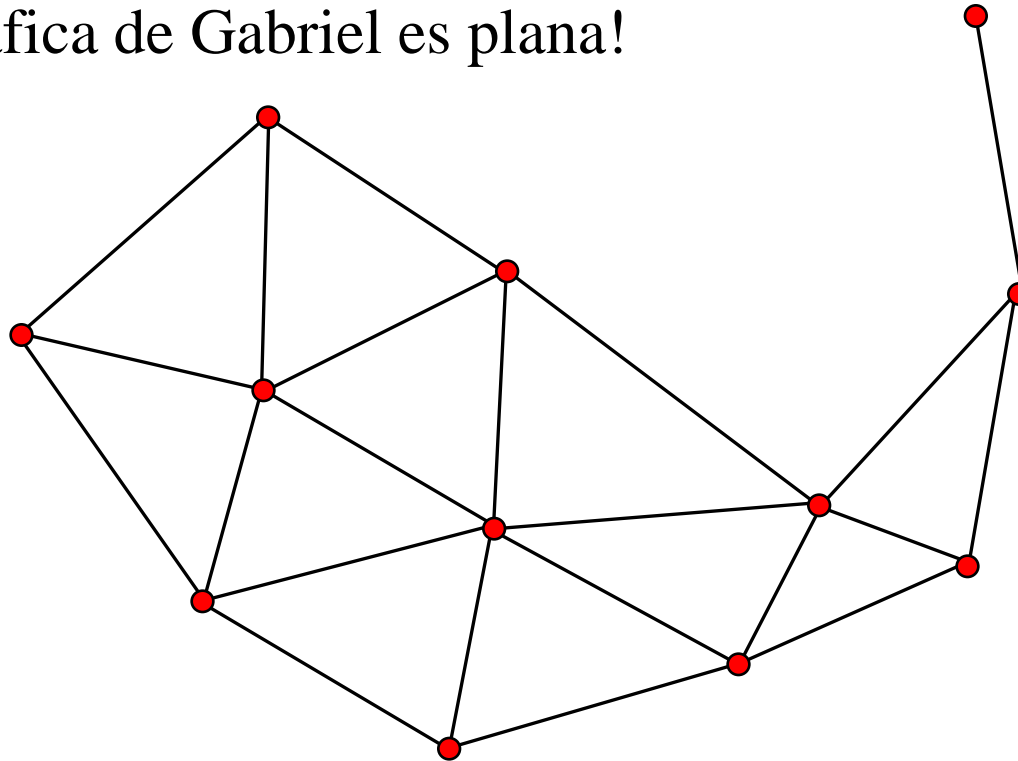


¡La gráficas unitarias no son planas!



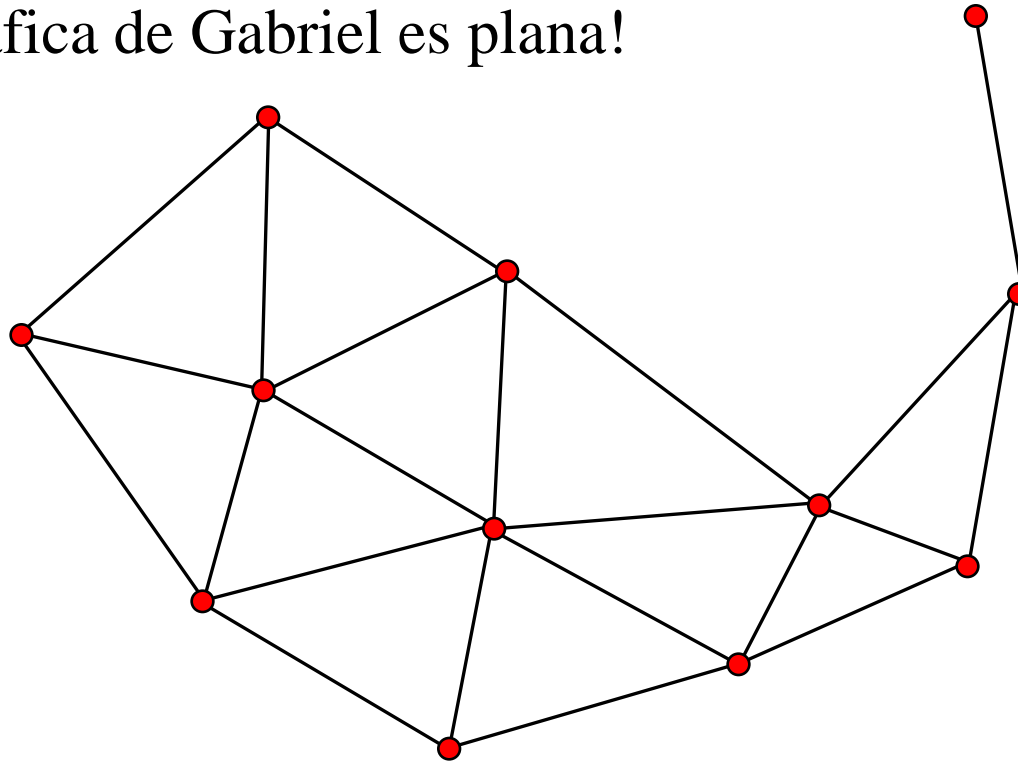
¡La gráficas unitarias no son planas!

¡La subgráfica de Gabriel es plana!



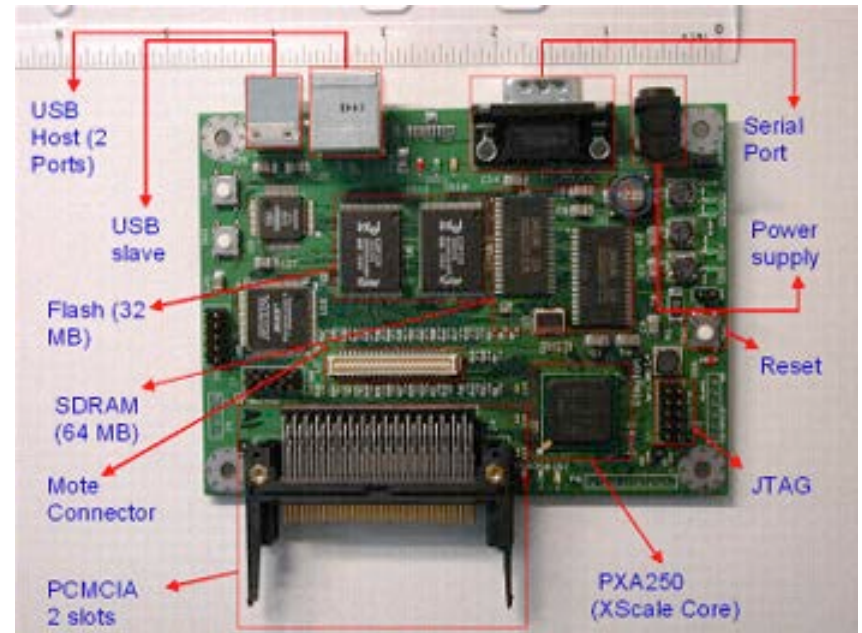
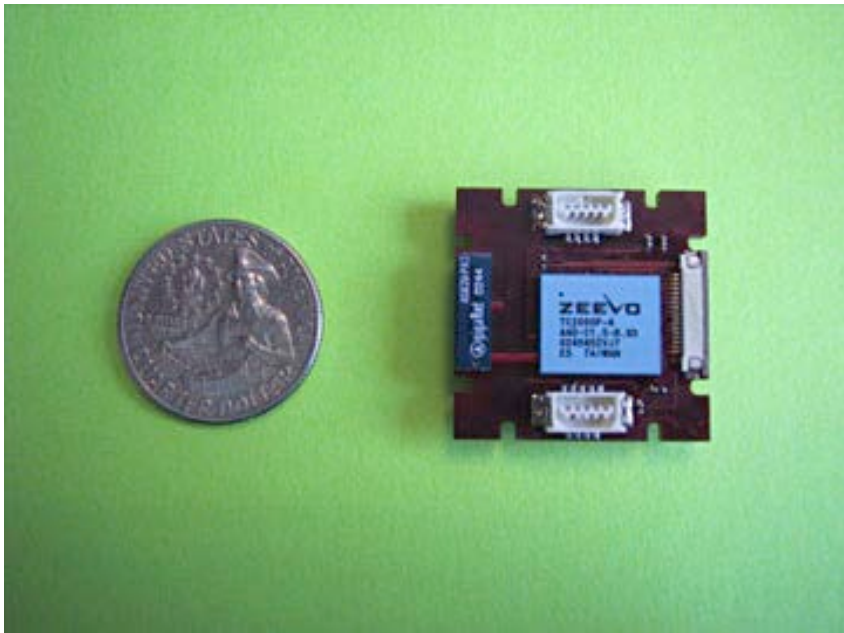
¡La gráficas unitarias no son planas!

¡La subgráfica de Gabriel es plana!

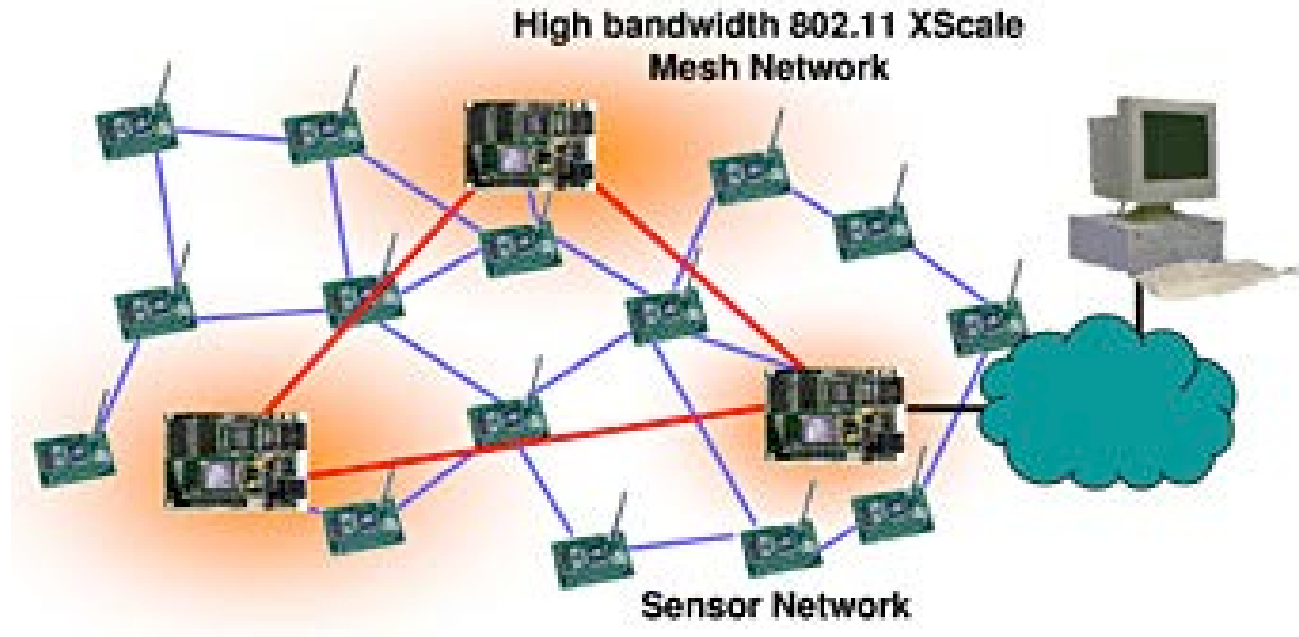


¡Podemos usar ruteo por caras!

Redes de sensores (Sensor networks)

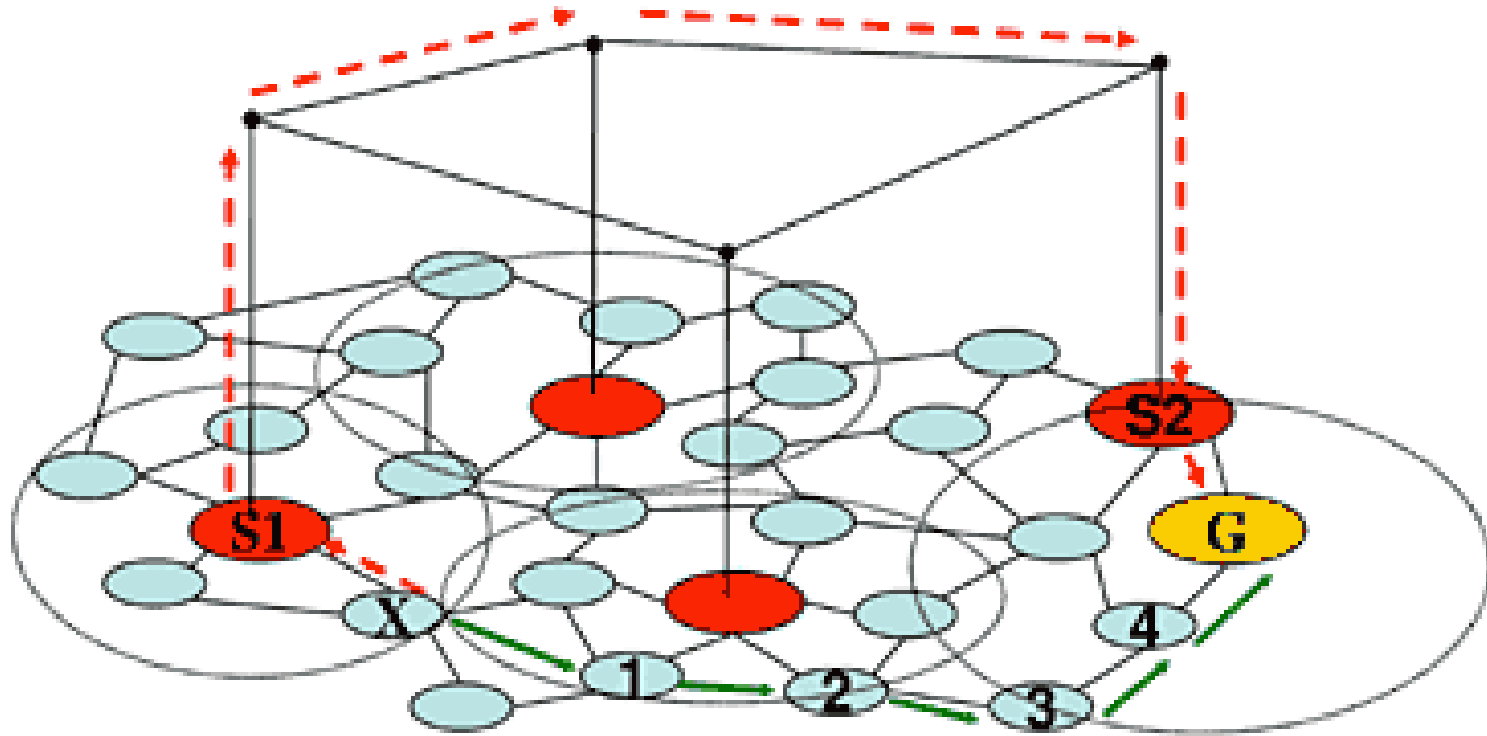


Redes de sensores (Sensor networks)



Location-based access control is just one of many applications that will be made possible by technology now in development at Intel Research. In the Precision Location project, Intel researchers are developing technology that will retain the advantages of GPS while overcoming its key deficiencies.

Redes de sensores (Sensor networks)





¿Tendremos un problema más general?

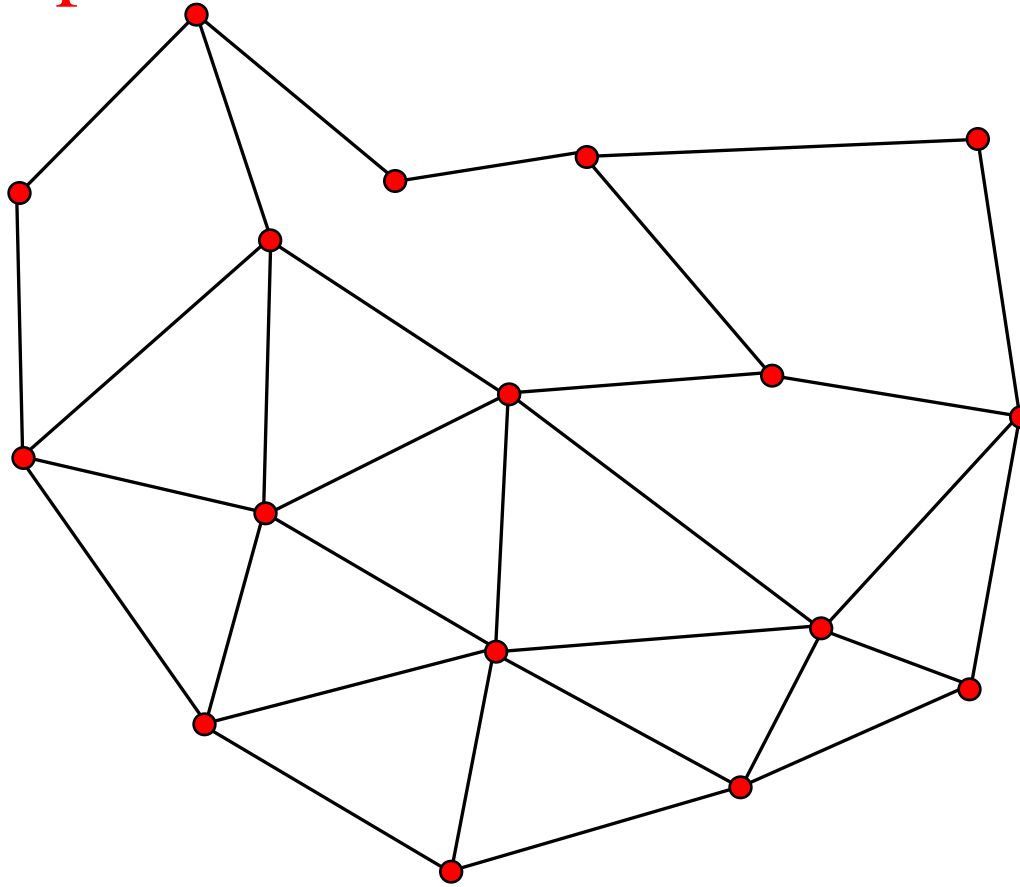




Soluciones locales para problemas **GLOBAES**.



¿Que mas podremos hacer?



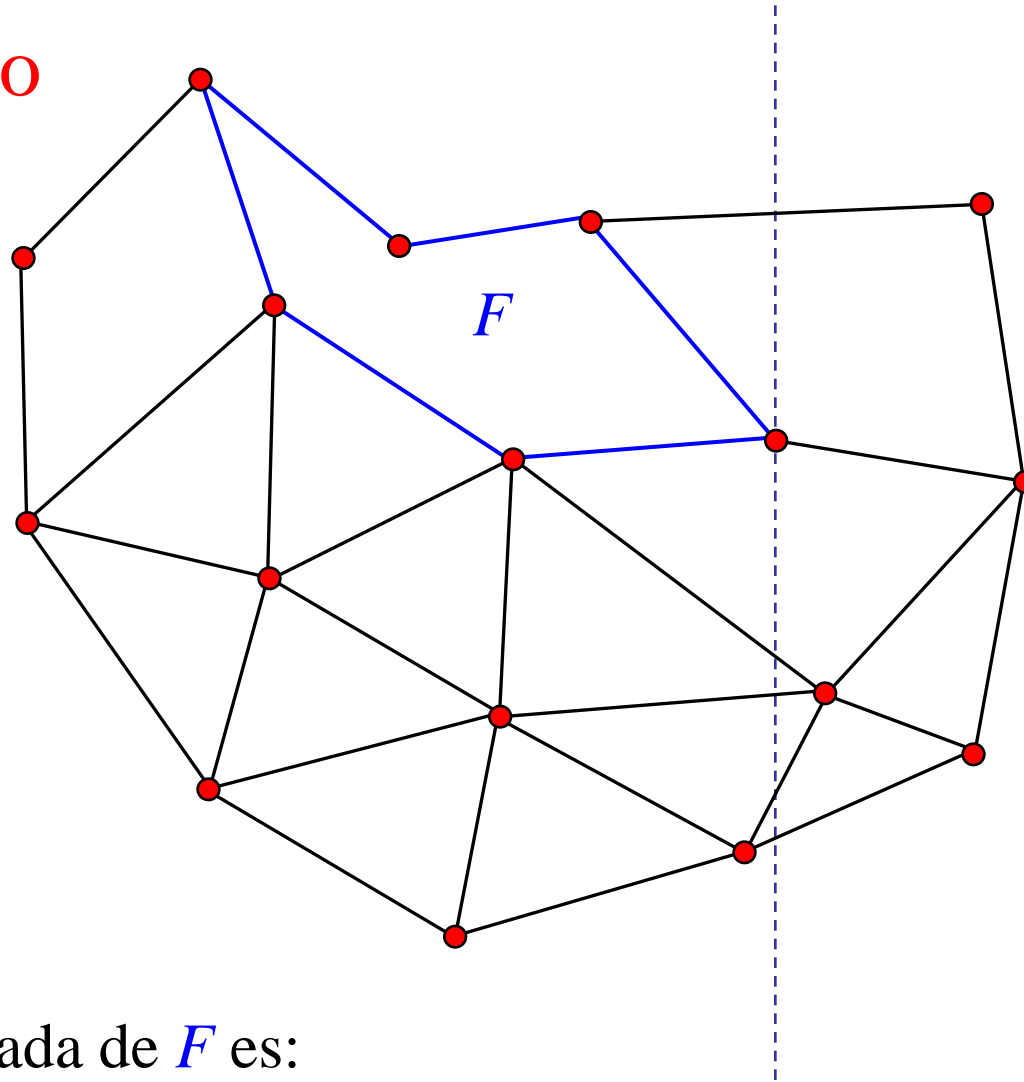
¿Árboles generadores?

Semi-local.





Recorrido

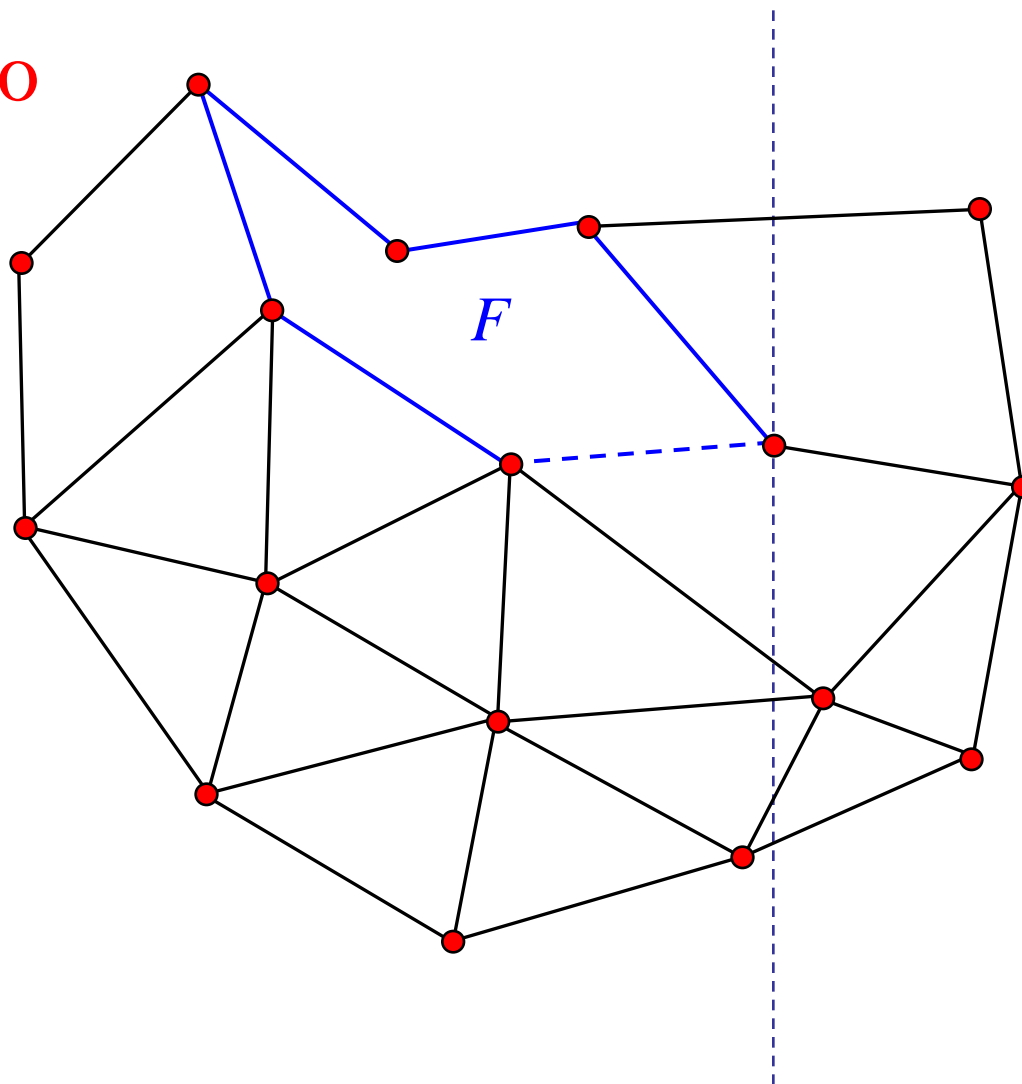


Arista de entrada de F es:



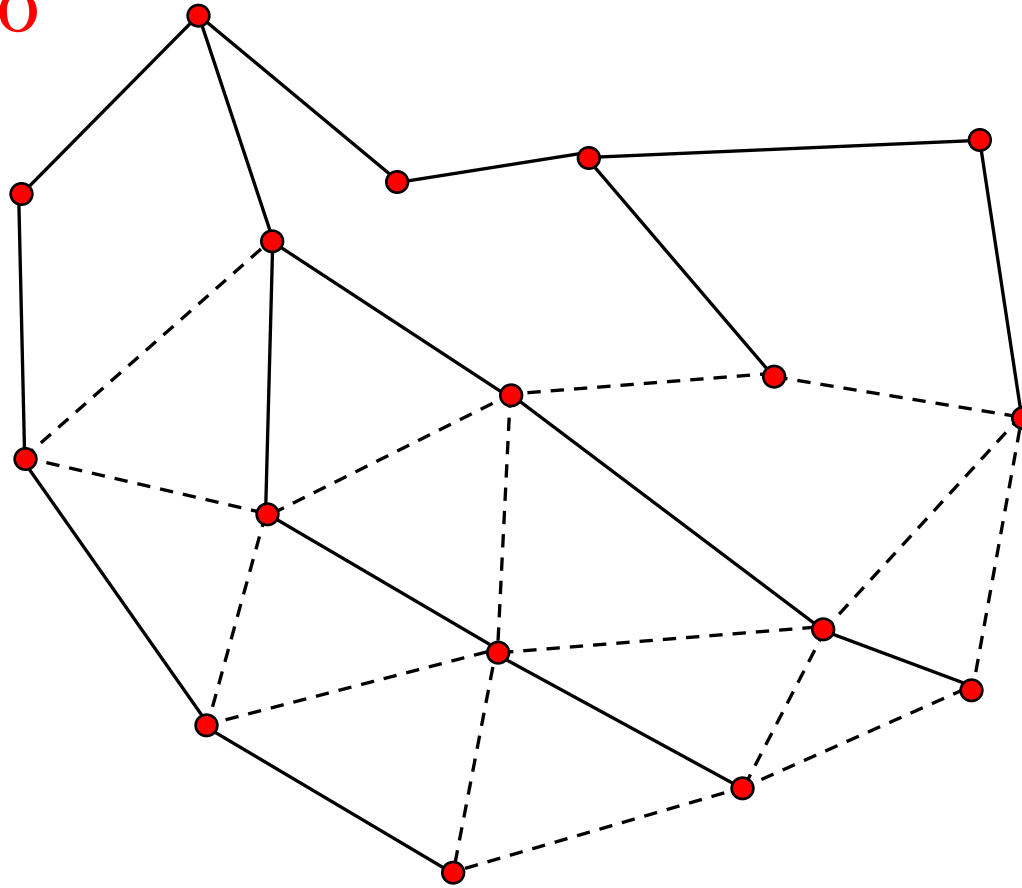


Recorrido





Recorrido

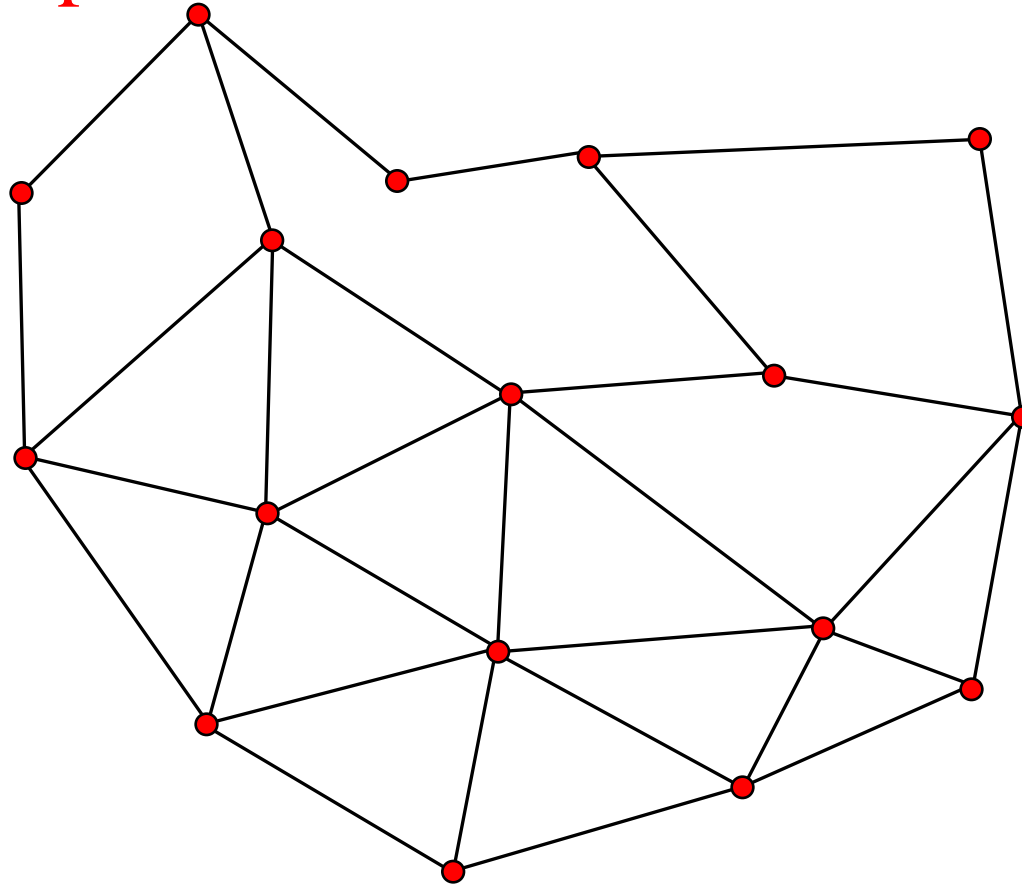


¡Árbol generador! (M. De Berg, M. Van Kreveld, R. Van Oostrum, M. Overmars, 1996)





¿Que mas podremos hacer?



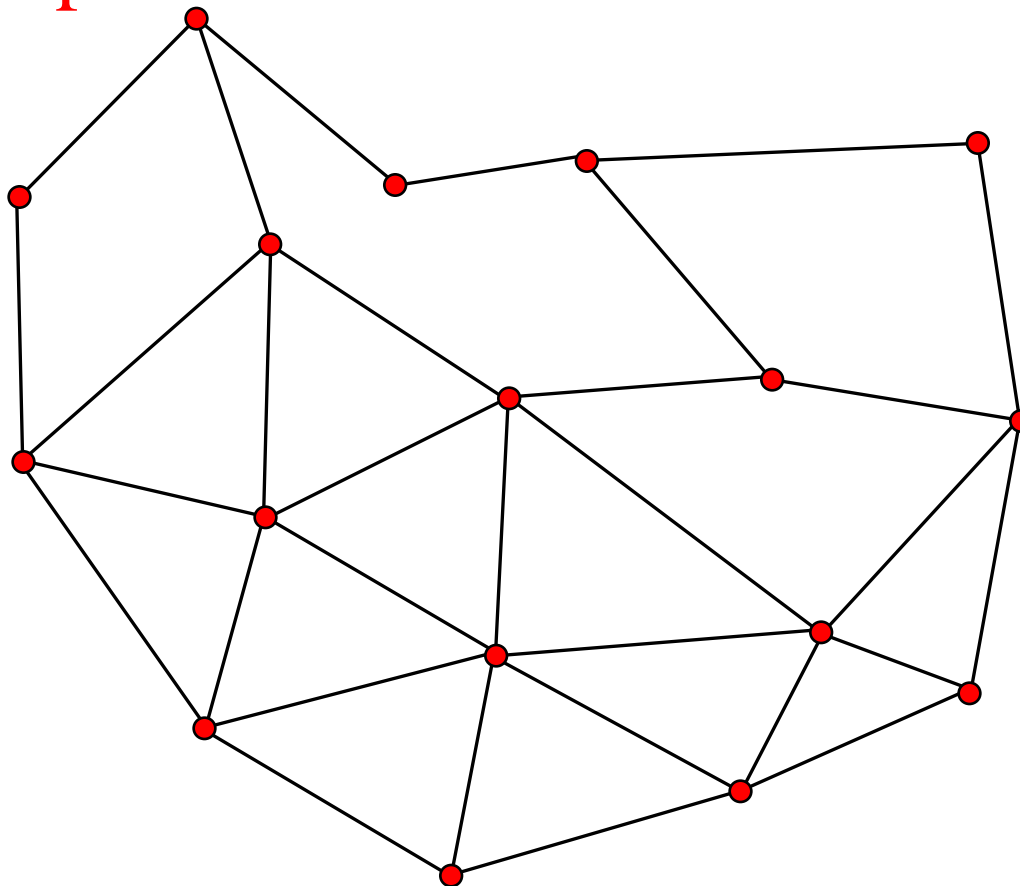
Recorrido



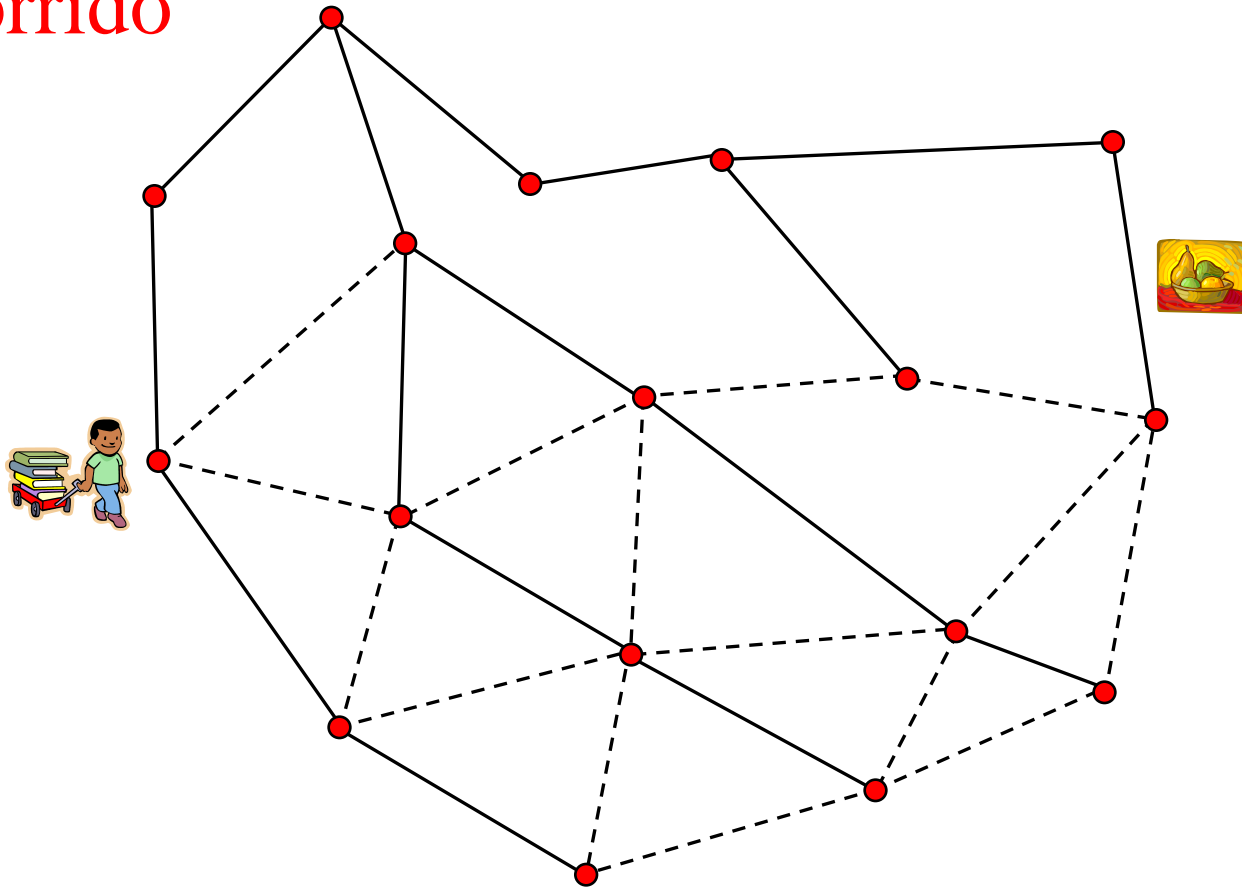


¿Que mas podremos hacer?

Recorrido

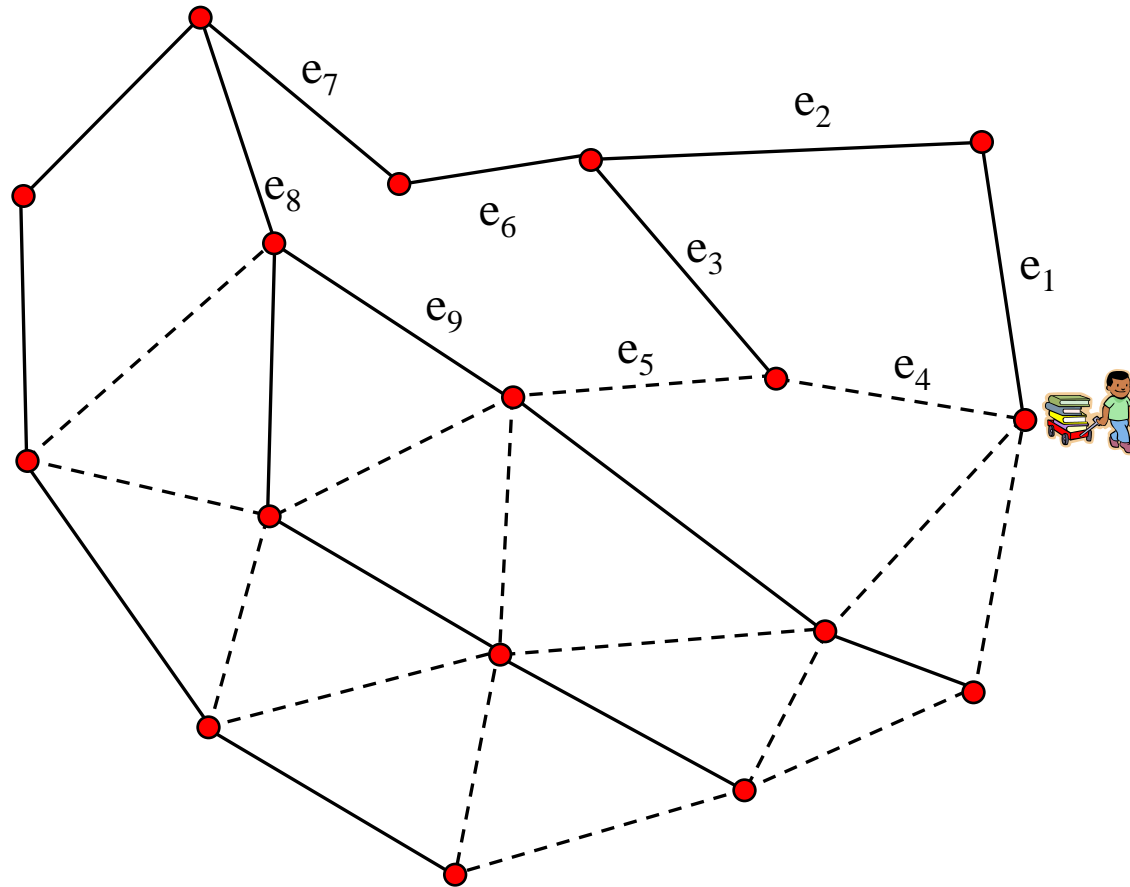


Recorrido



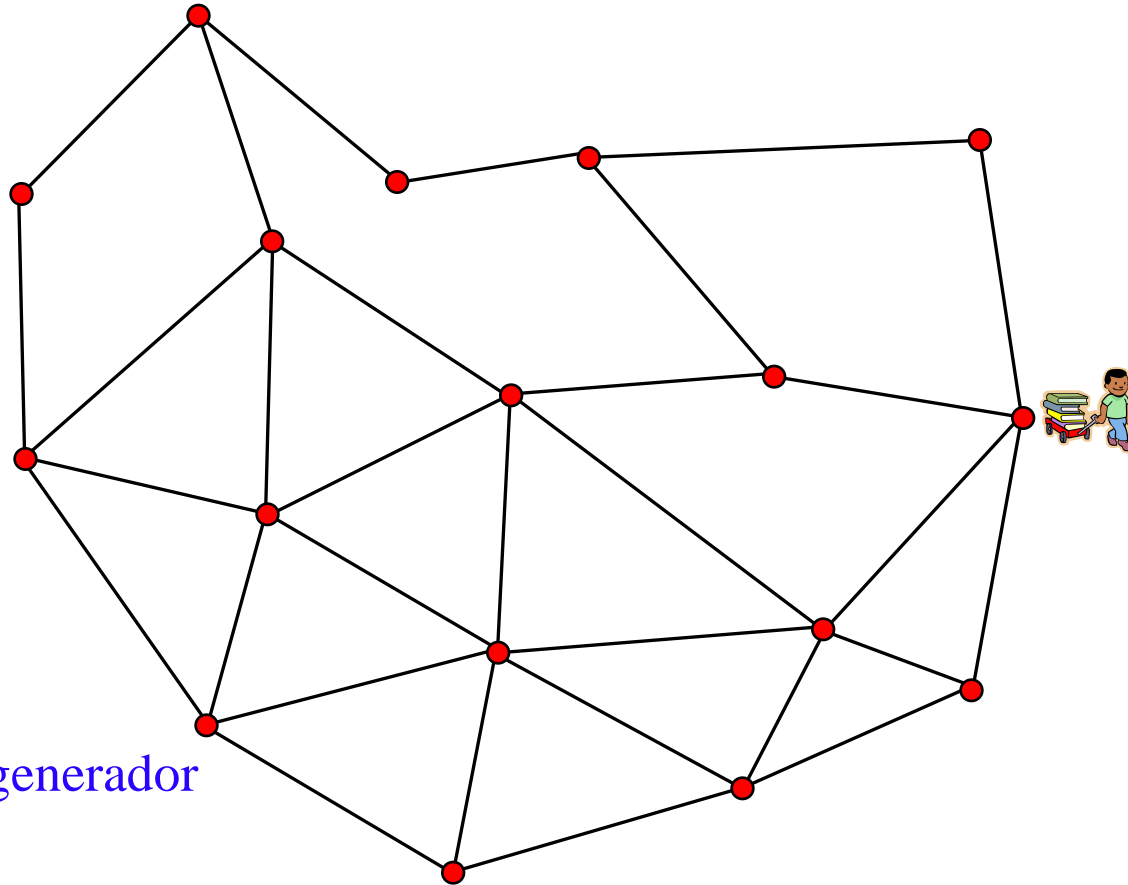
¡Esto nos permite recorrer la gráfica!

Implicaciones:



¡Enumeración efectiva de los vértices y aristas!

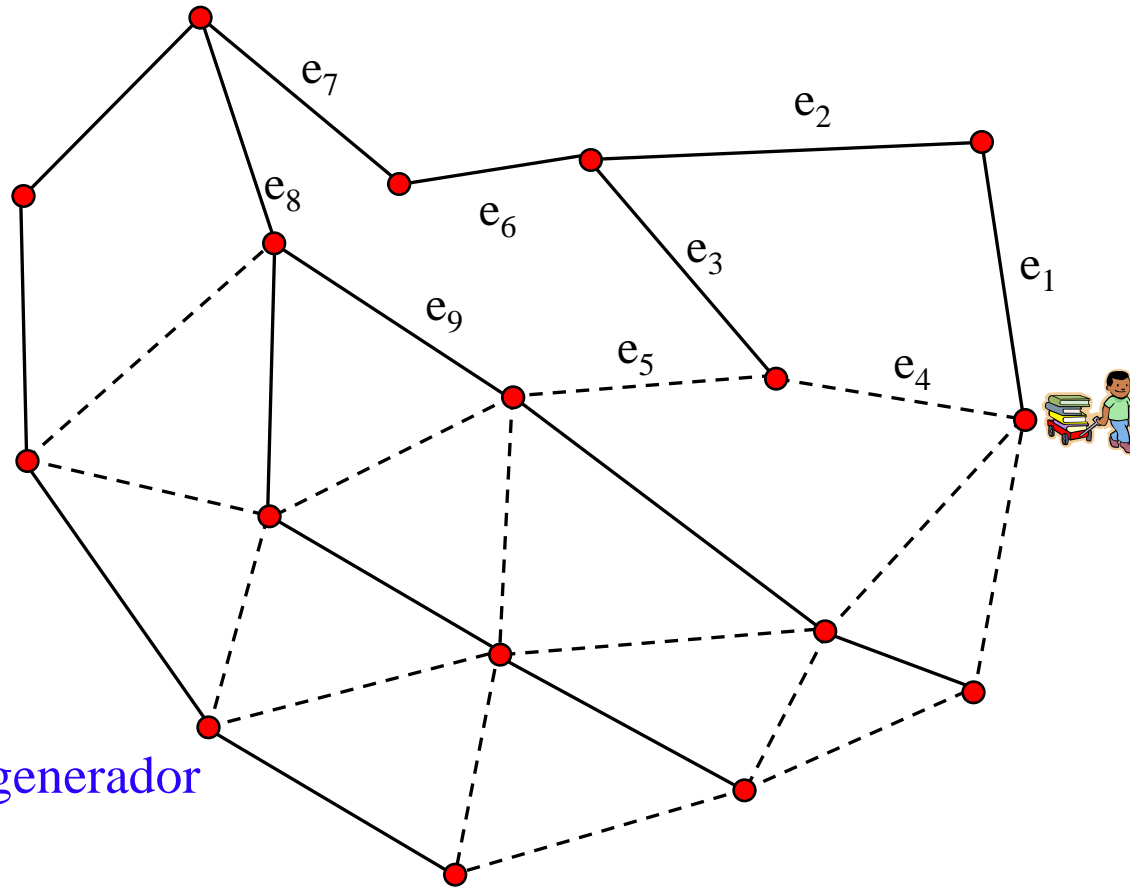
Implicaciones:



¡Calcular el árbol generador
De peso mínimo!

¡Enumeración efectiva de los vértices y aristas!

Implicaciones:

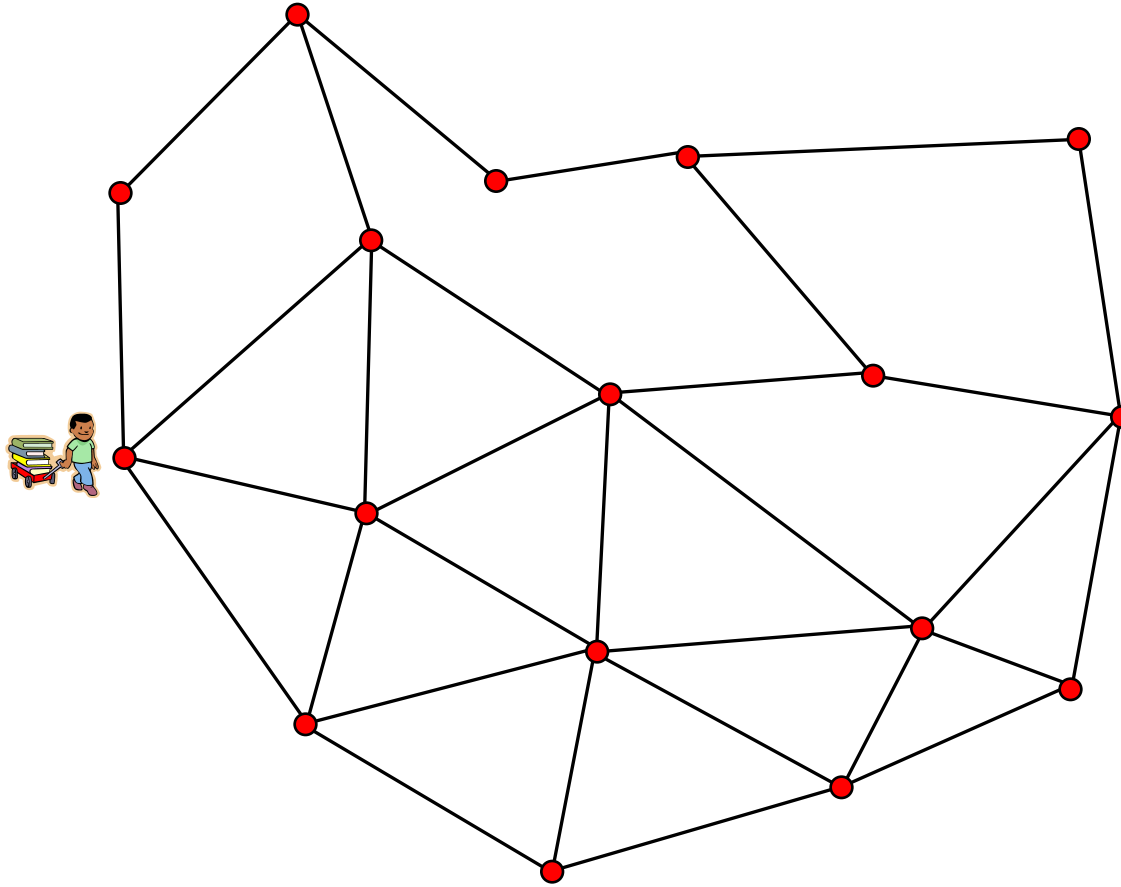


¡Calcular el árbol generador
De peso mínimo!

Dada una arista decidir si pertenece al árbol generador de peso mínimo!

¡Enumeración efectiva de los vértices y aristas!

Implicaciones:

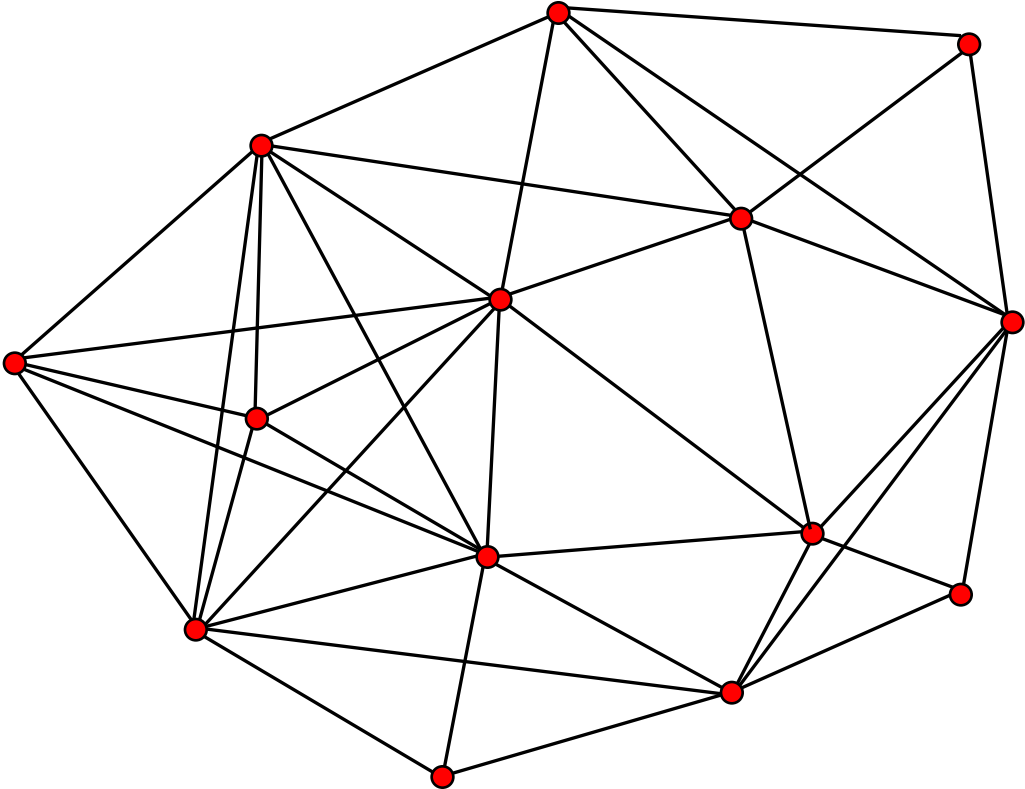


¡Calcular la conexidad por vértices y aristas!



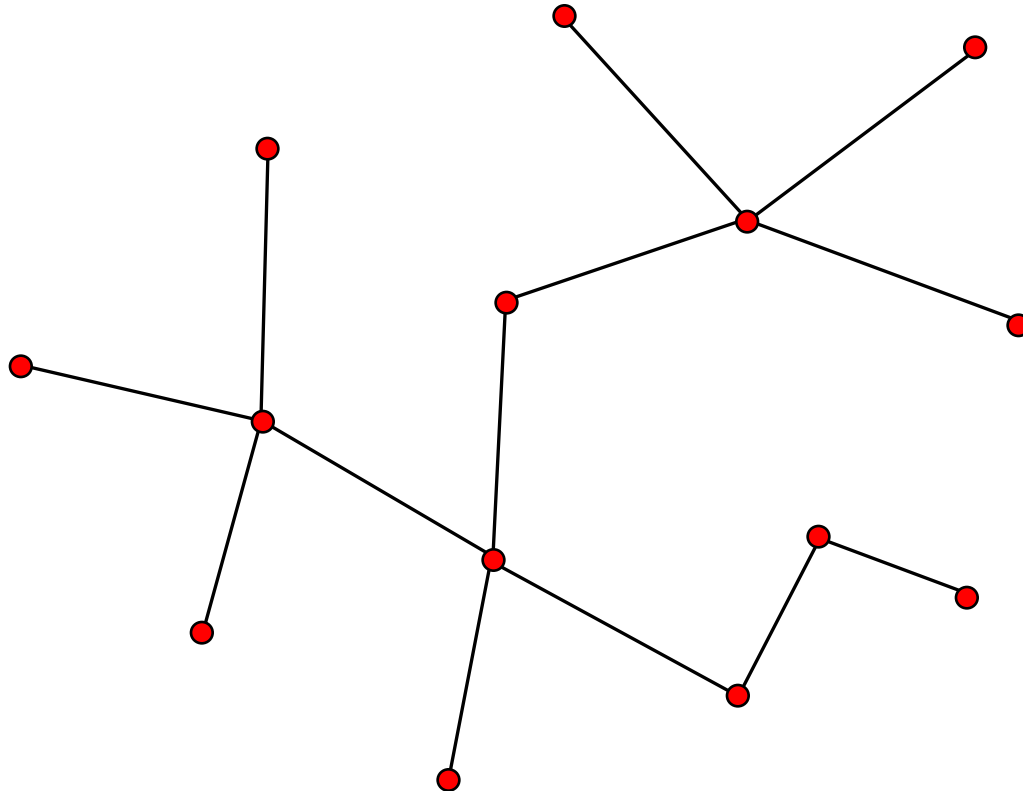


Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



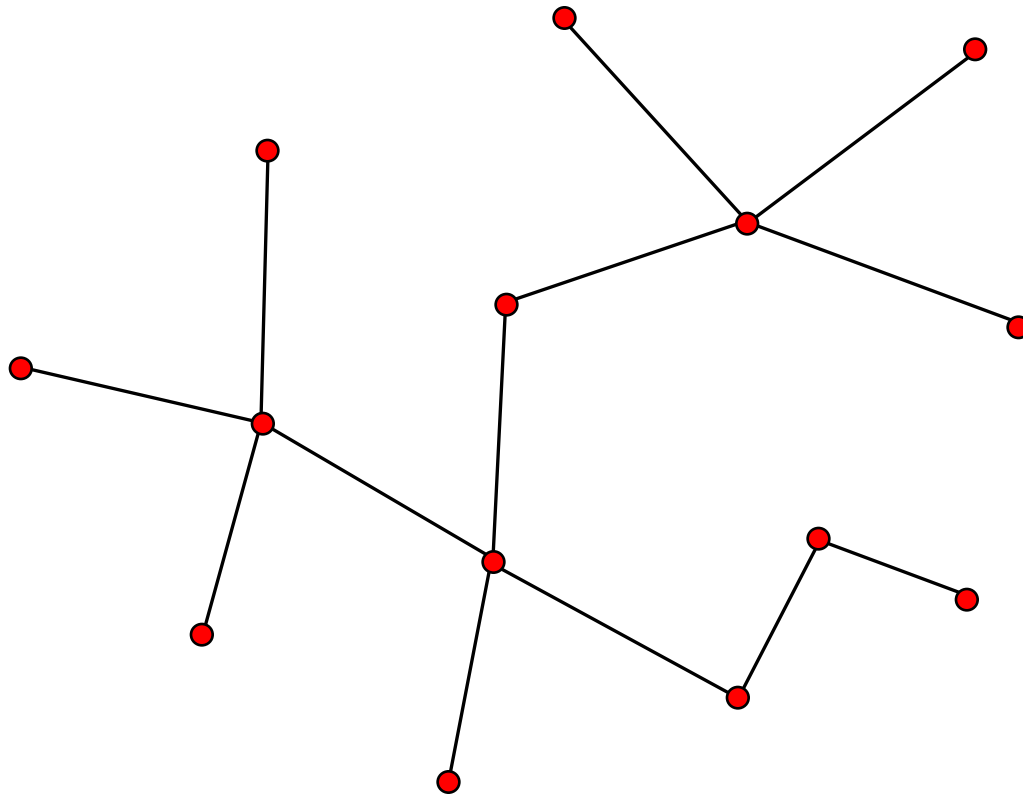


Aproximación del árbol generador de peso mínimo.





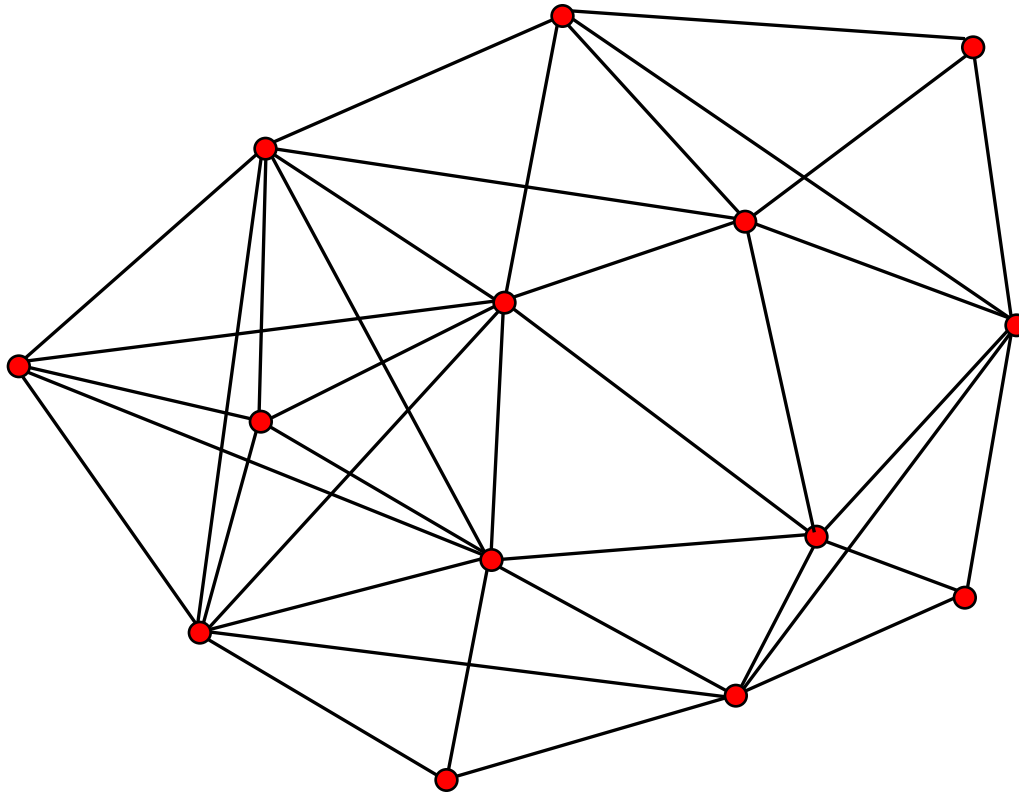
Aproximación del árbol generador de peso mínimo.
Obtener una subgráfica tal que la suma de las longitudes de sus aristas es r veces $Peso(AGPM)$.





Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

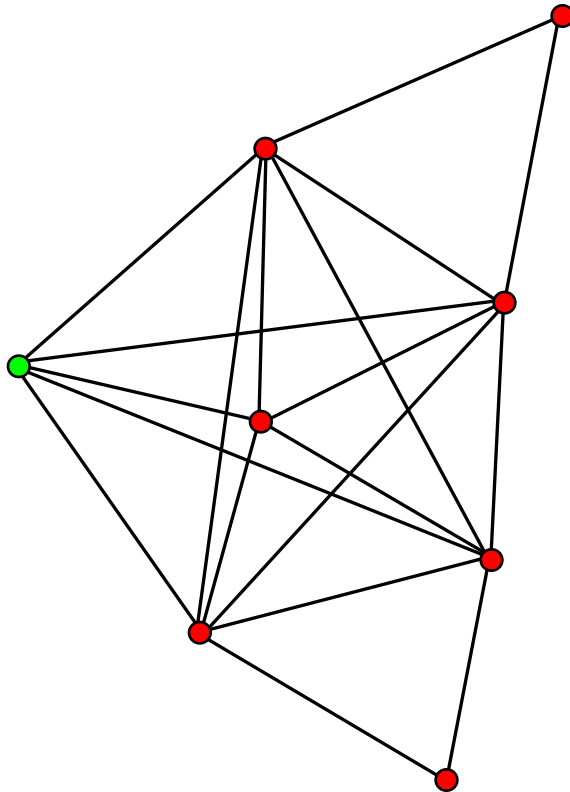
Cada vértice calcula la subgráfica inducida por sus vecinos a distancia a lo mas k , e.g. $k=2$.





Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

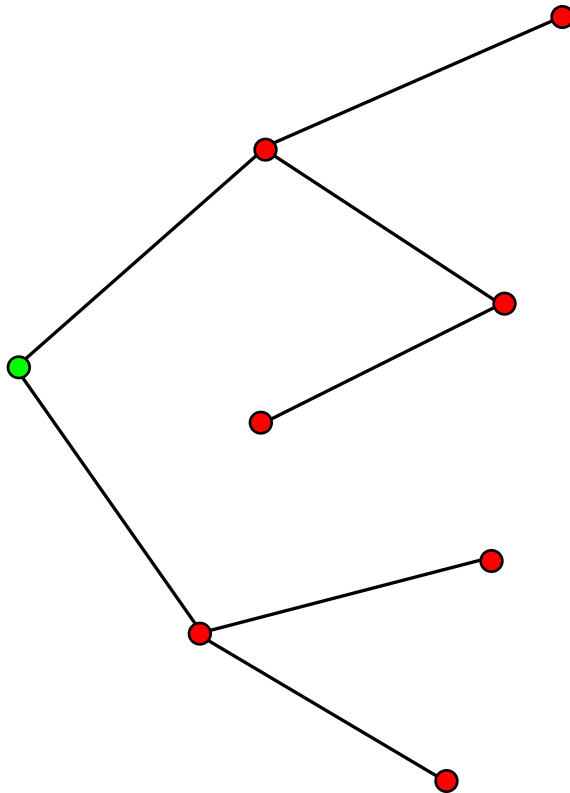
Cada vértice calcula la subgráfica inducida por sus vecinos a distancia a lo mas k , e.g. $k=2$.





Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

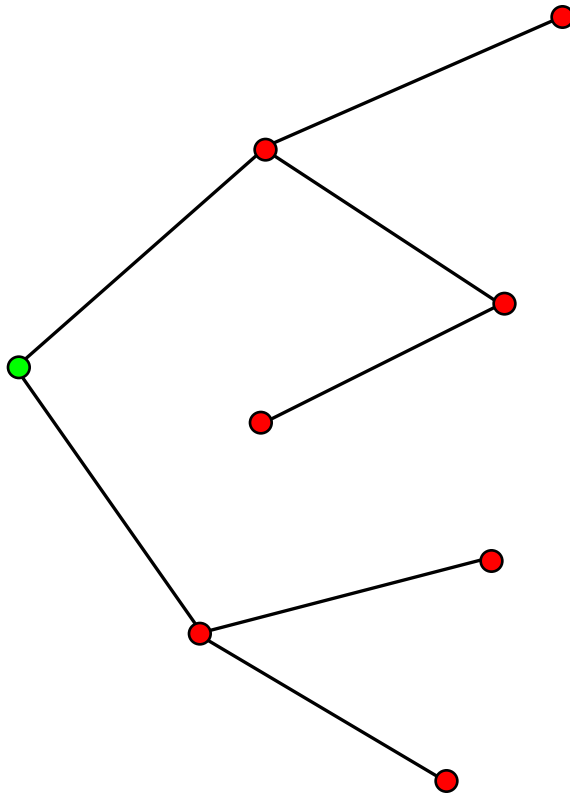
Cada vértice calcula la subgráfica inducida por sus vecinos a distancia a lo mas k , e.g. $k=2$.





Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

Cada vértice calcula la subgráfica inducida por sus vecinos a distancia a lo mas k , e.g. $k=2$.



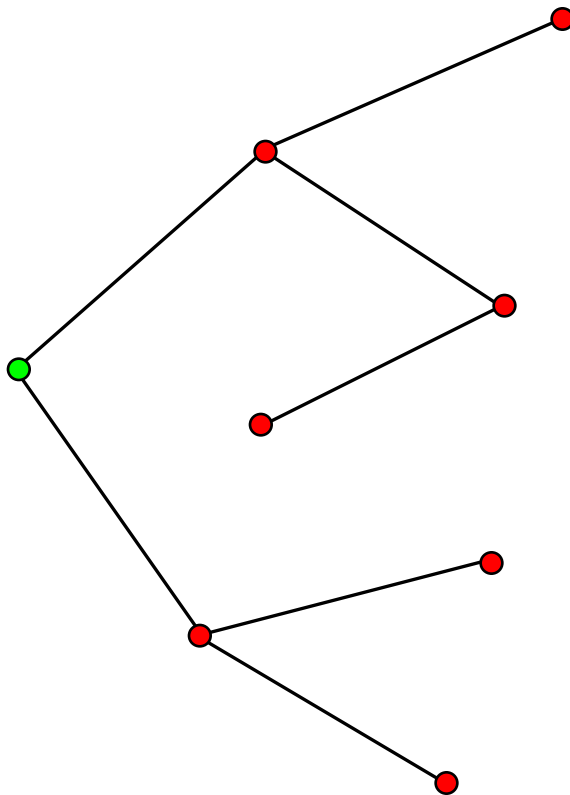
Unión de dichos subárboles
Verifiamos consistencia.





Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

Cada vértice calcula la subgráfica inducida por sus vecinos a distancia a lo más k , e.g. $k=2$.



Unión de dichos subárboles
Verifiamos consistencia.

Teorema: El peso del árbol resultante es a lo más $(k+1)/(k-1)$ el peso del AGPM.





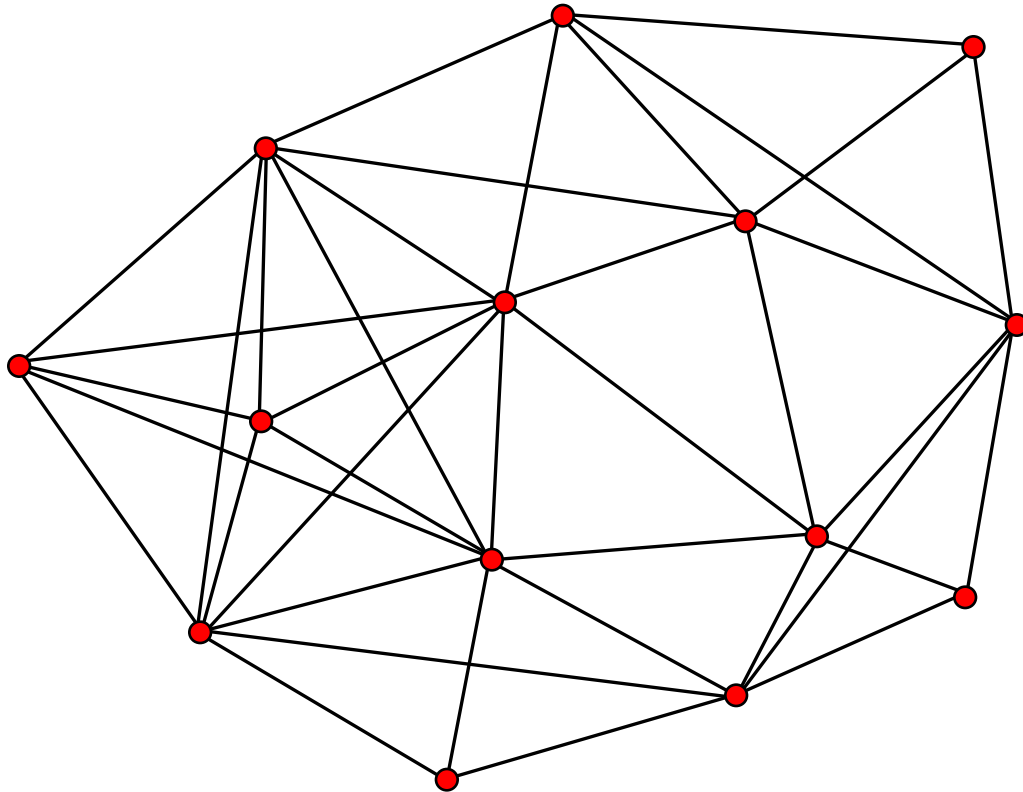
Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de transmisión.



Coloración de aristas.

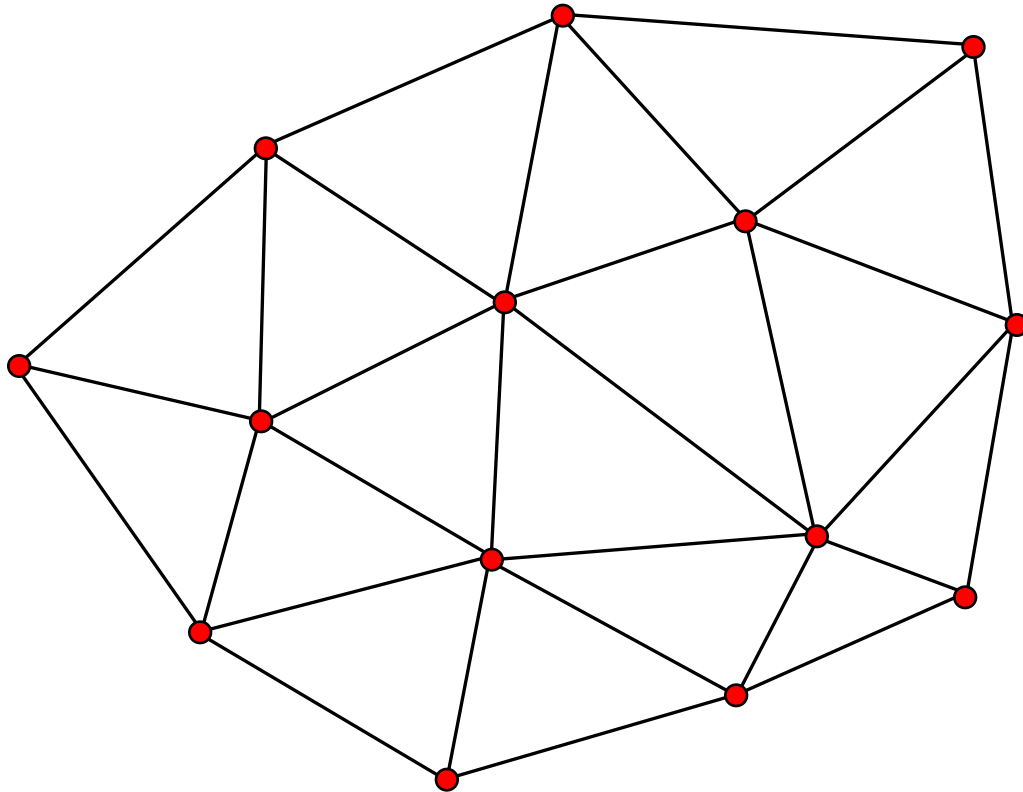
Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.





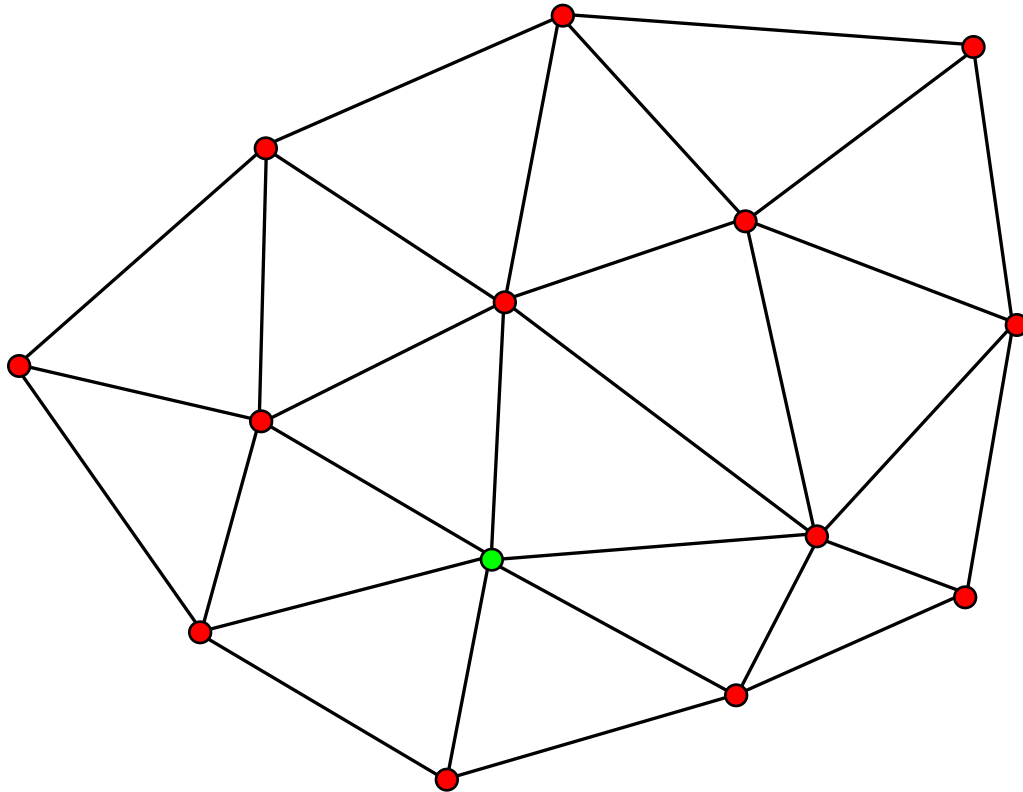
Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.



Coloración de aristas.

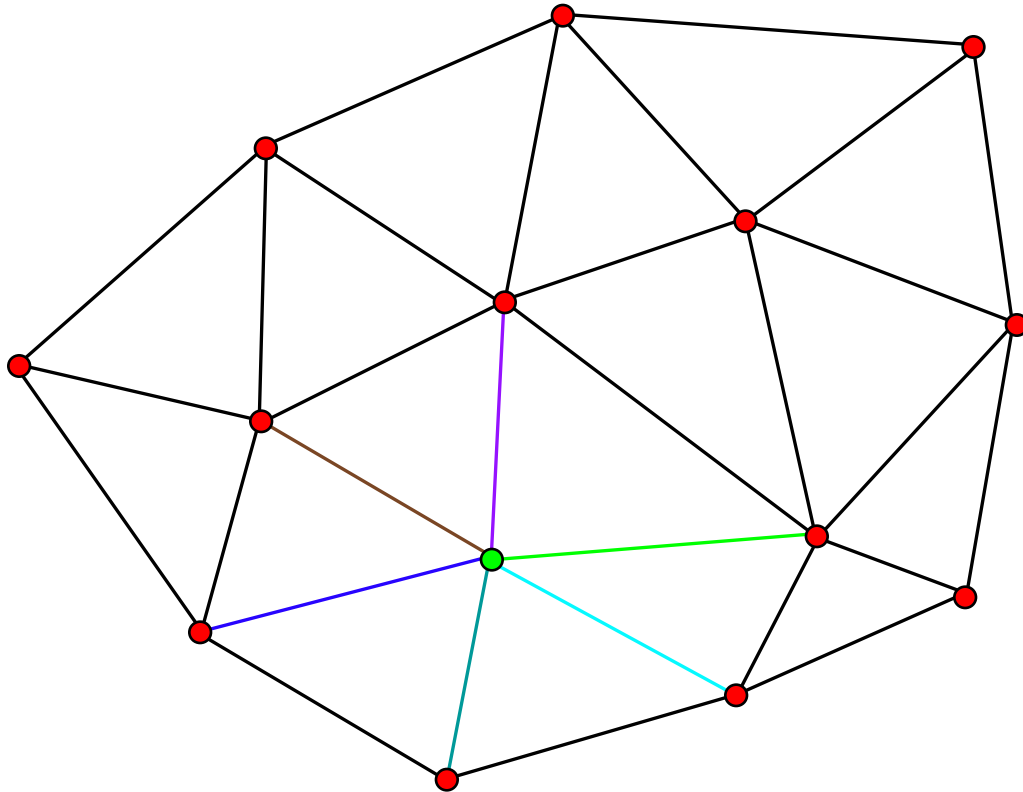
Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.





Coloración de aristas.

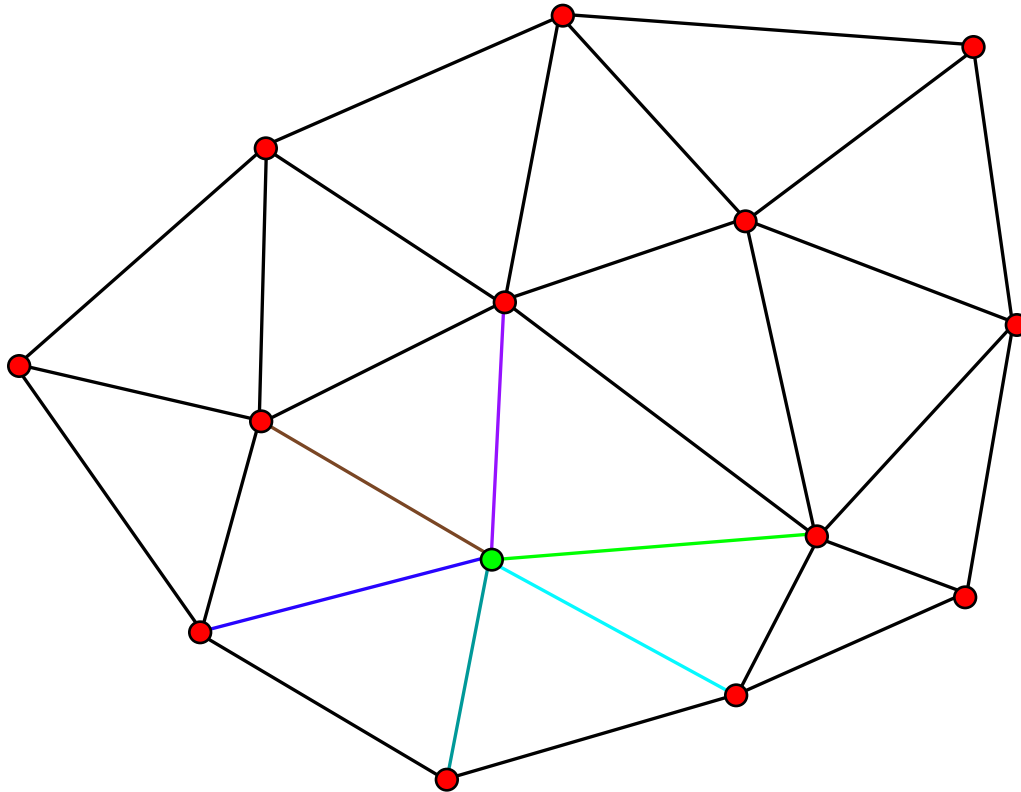
Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

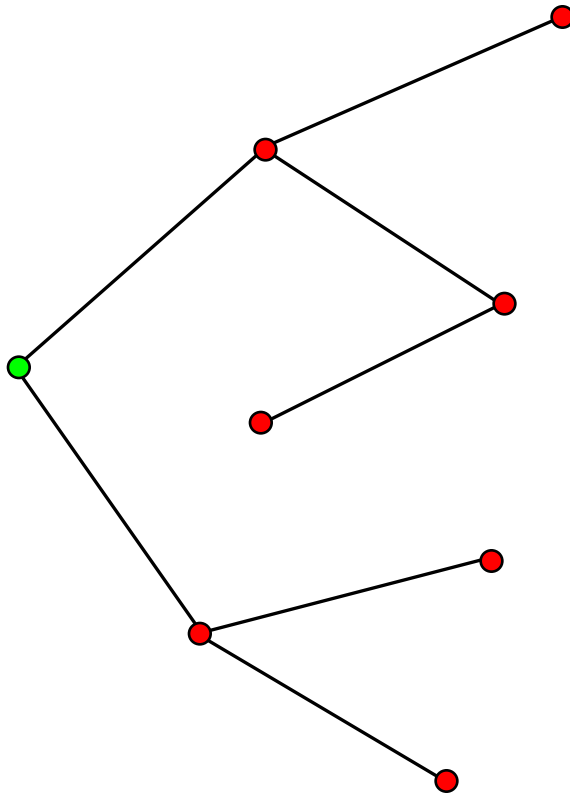
Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



Algunas propiedades:

a) grado máximo 5

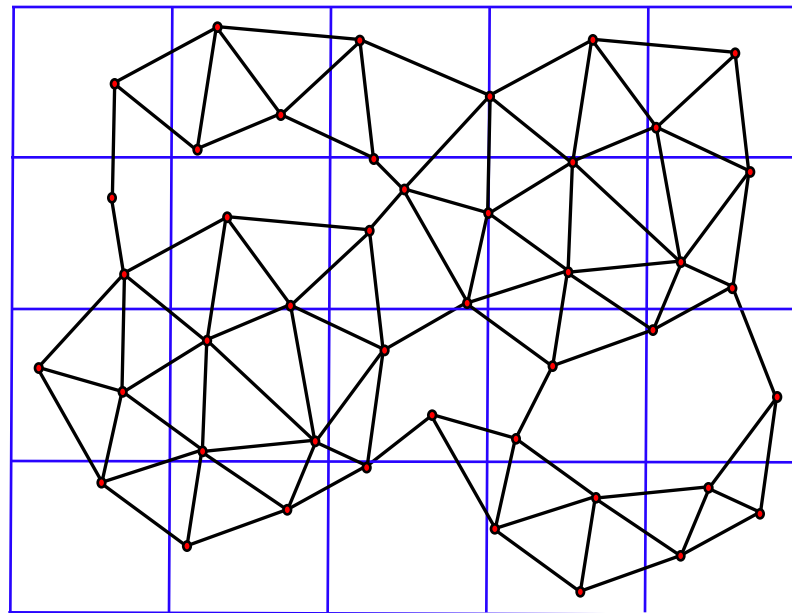
b) ángulo entre aristas consecutivas es al menos $\pi/3$.



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de transmisión.

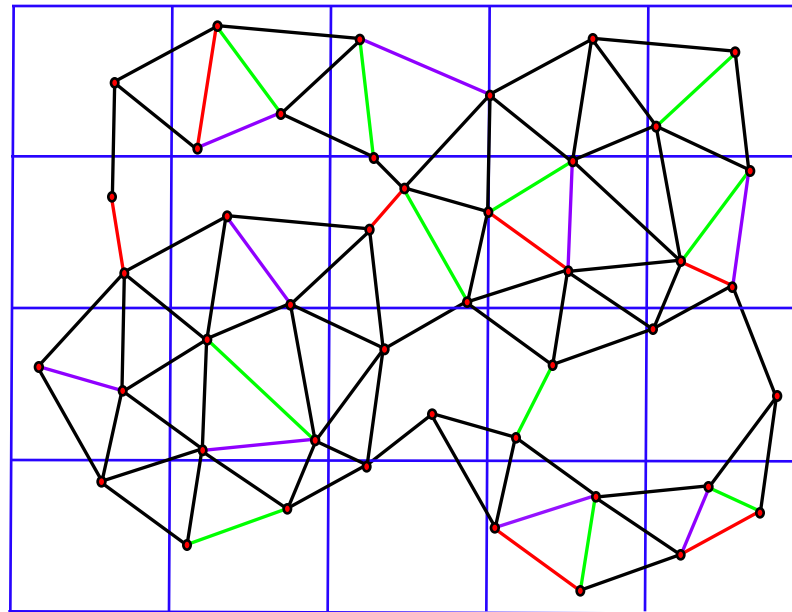
Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



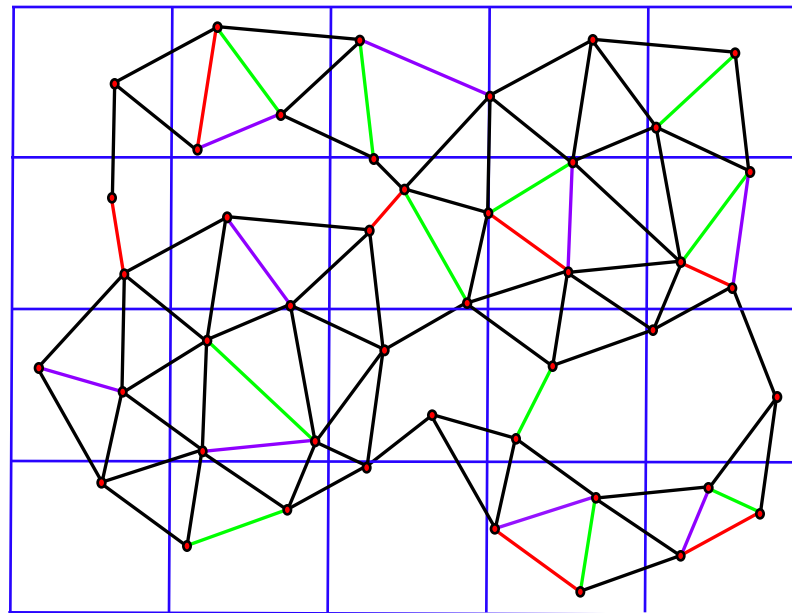
Colorear localmente
en cada cuadrado.



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



Colorear localmente
en cada cuadrado.

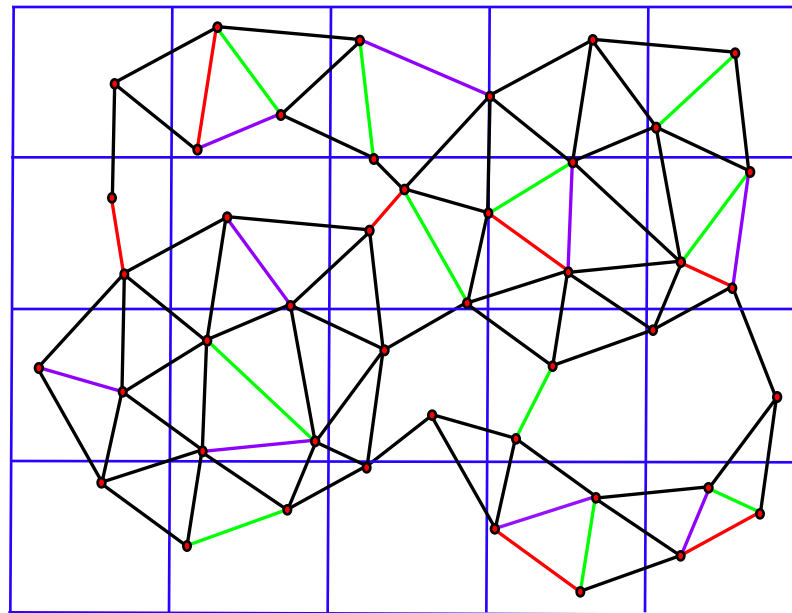
¡Podemos hacerlo con a lo más **seis** colores!



Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

Aproximación del árbol generador de peso mínimo.



Colorear localmente
en cada cuadrado.

¡Podemos hacerlo con a lo más **seis** colores!

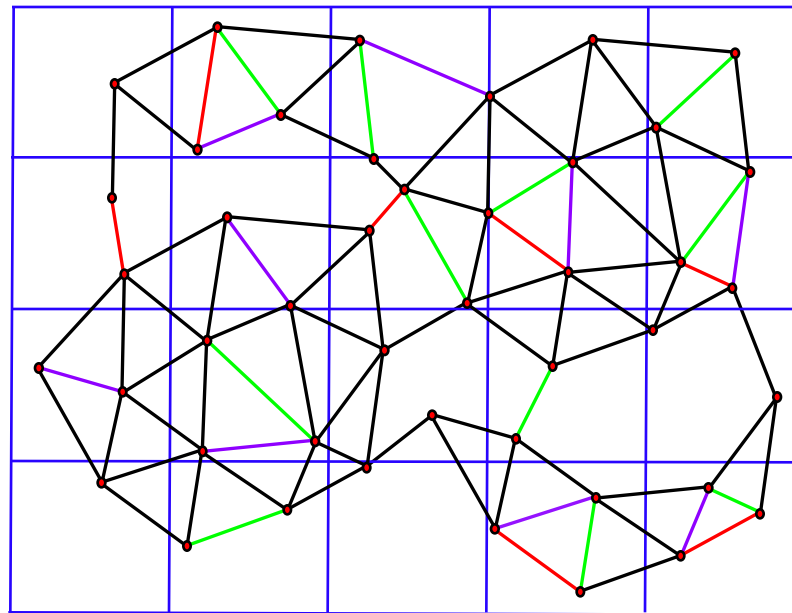


Coloración de aristas.

Problema de asignación de frecuencias de trasmisión.

Aproximación del árbol generador de peso mínimo.

Lo haremos utilizando
a lo más seis colores mas.



Colorear localmente
en cada cuadrado.

¡Podemos hacerlo con a lo más seis colores!



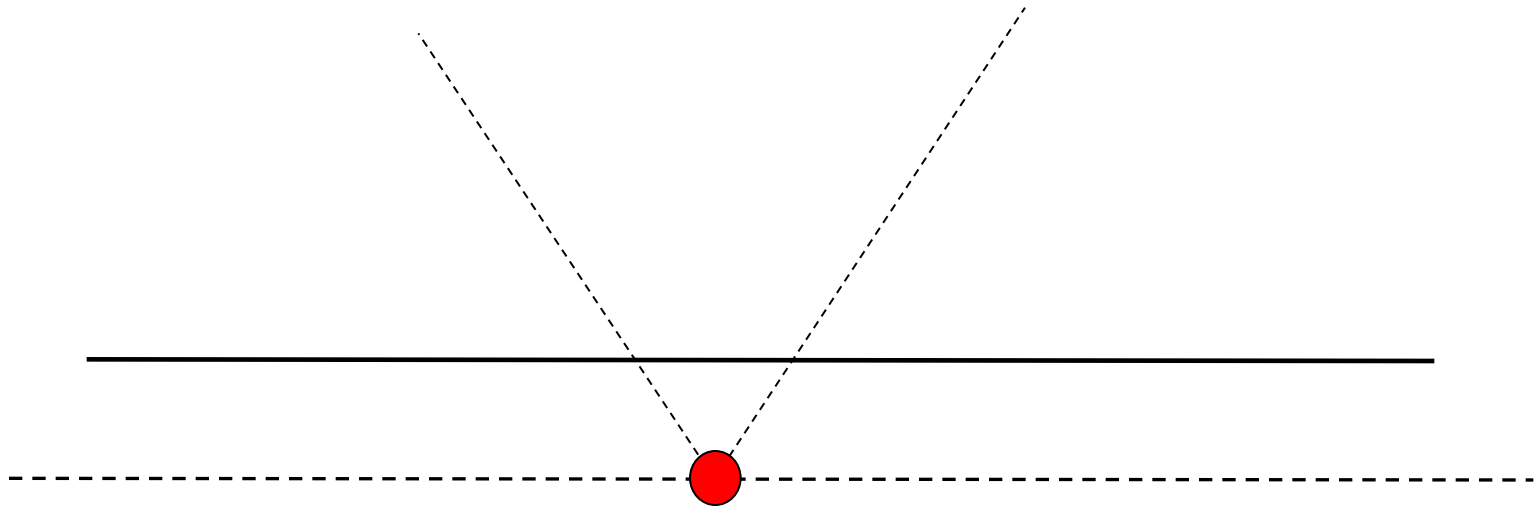


Coloración de aristas.



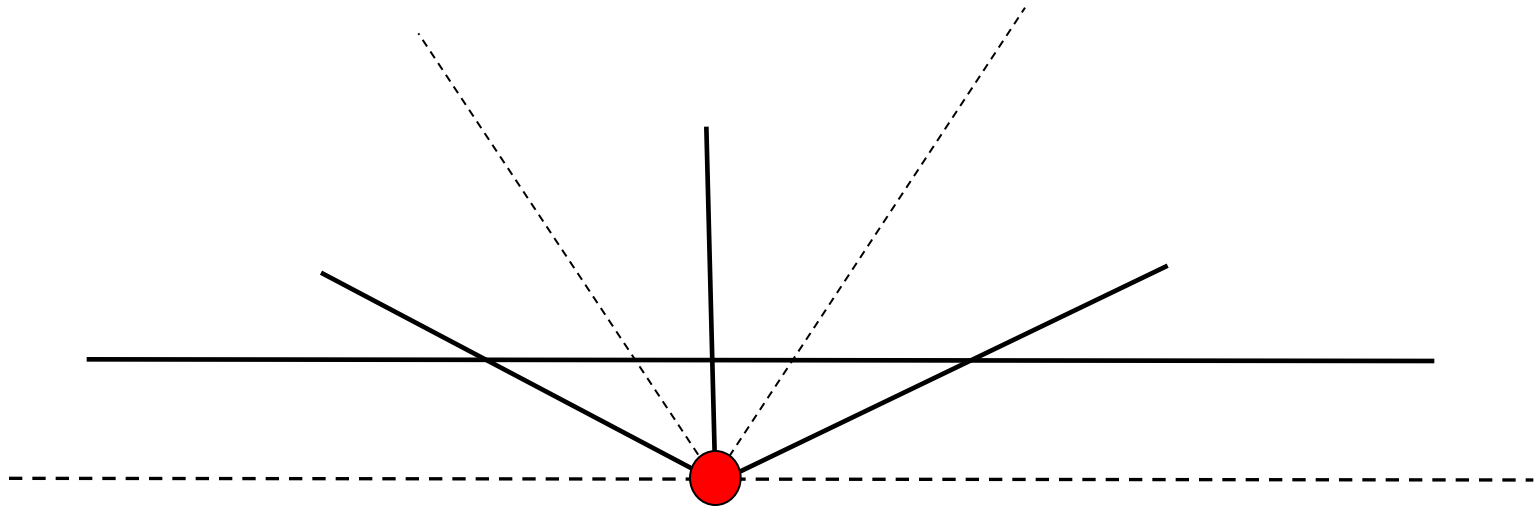


Coloración de aristas.



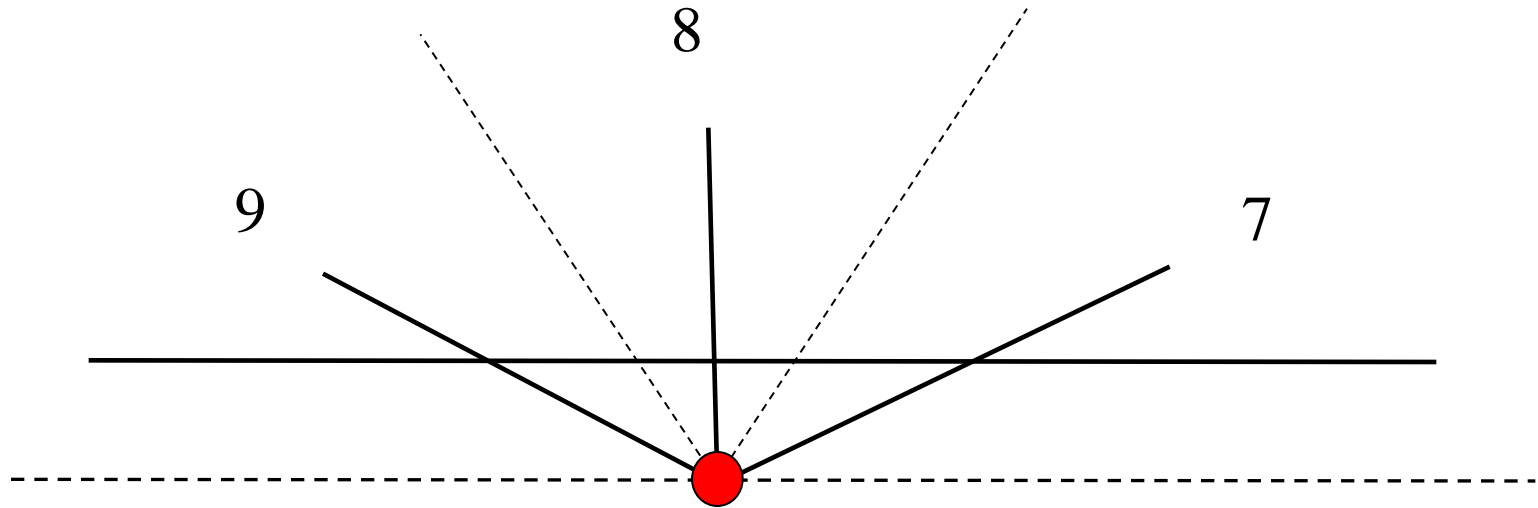


Coloración de aristas.

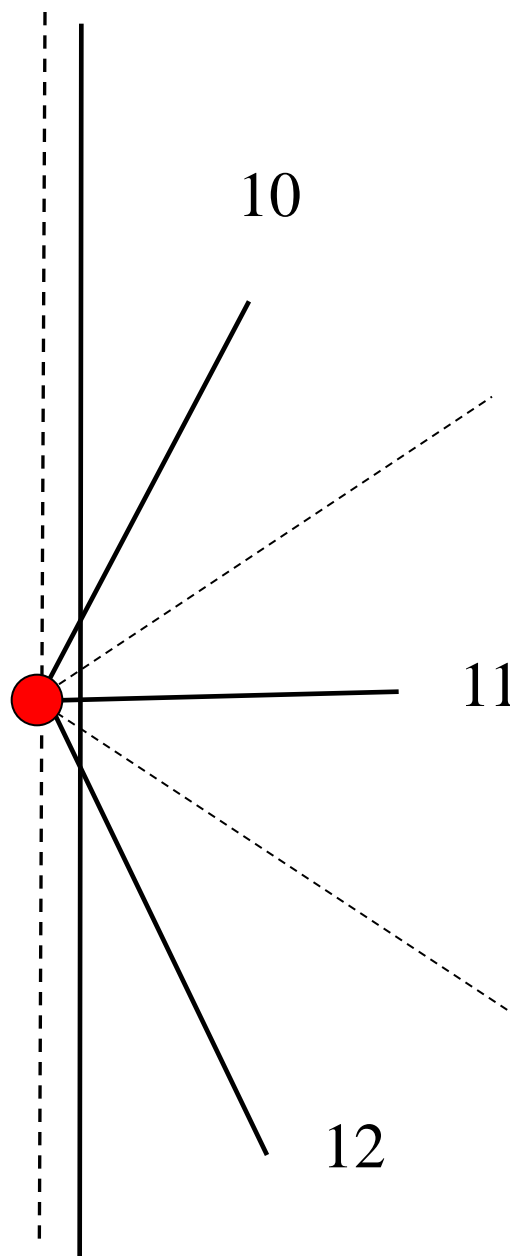




Coloración de aristas.



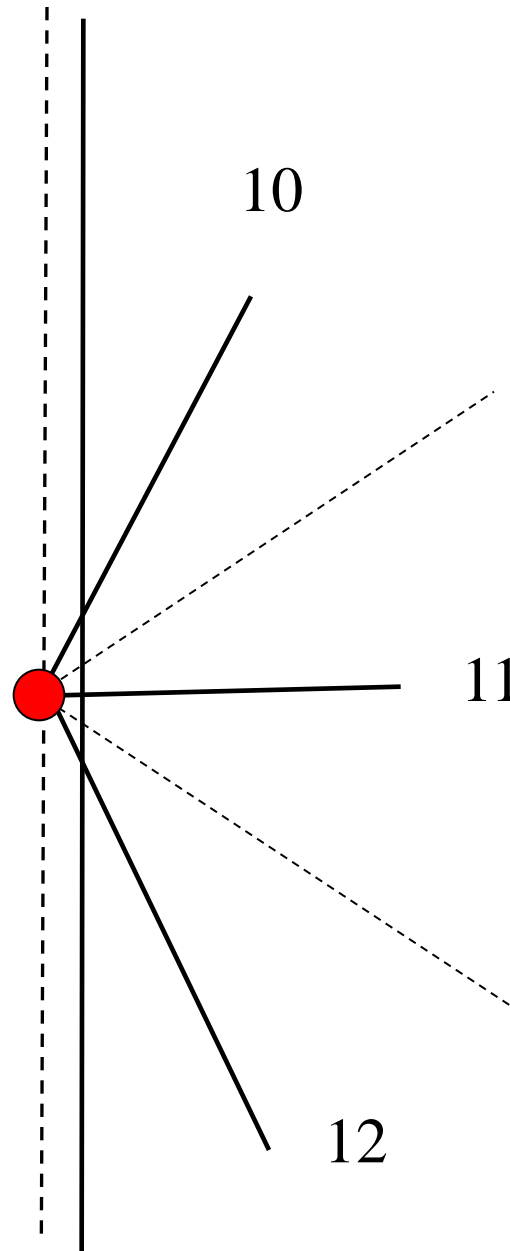
Coloración de aristas.





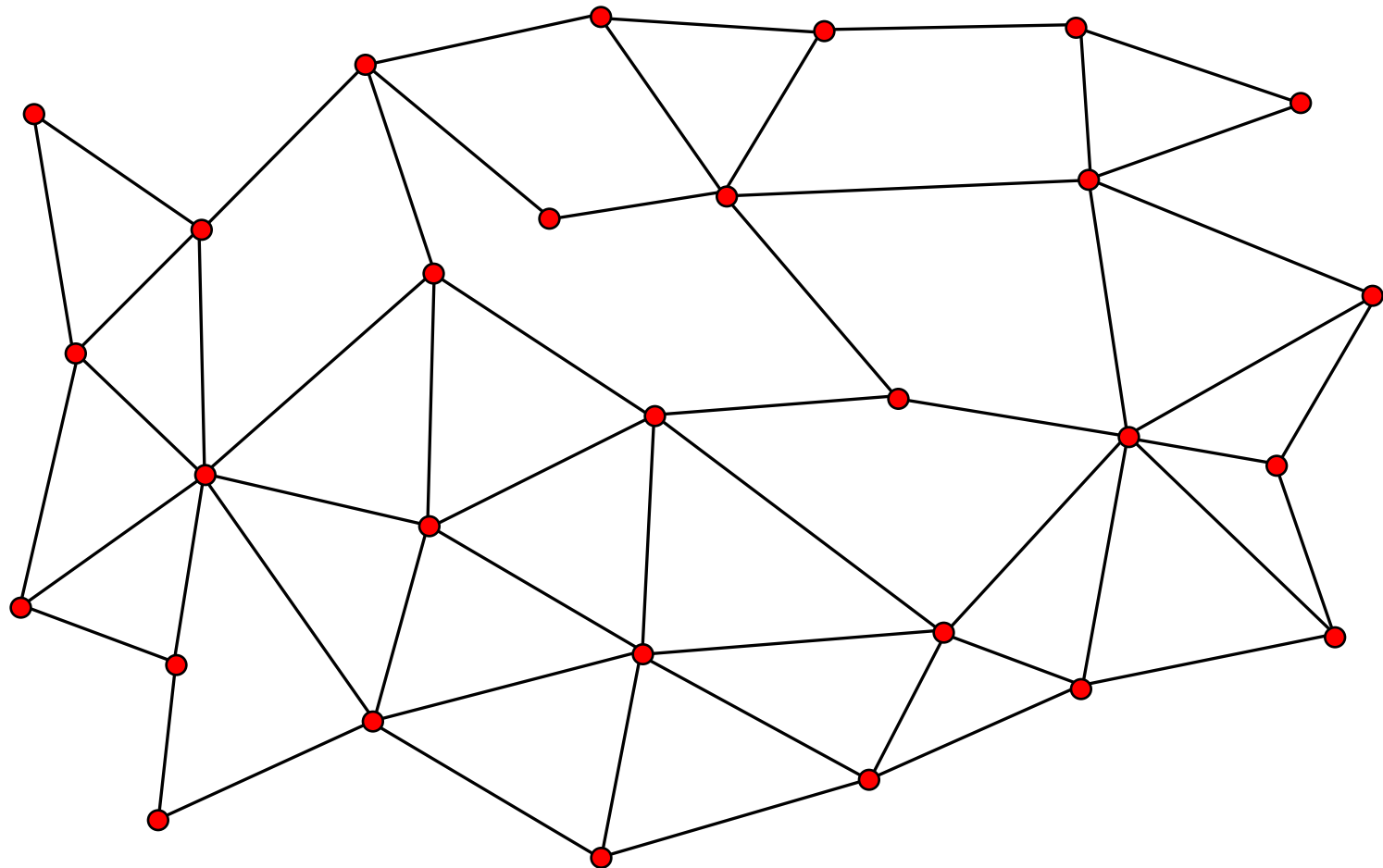
Coloración de aristas.

Teorema: Podemos obtener una 12 coloración de aristas con un algoritmo local.



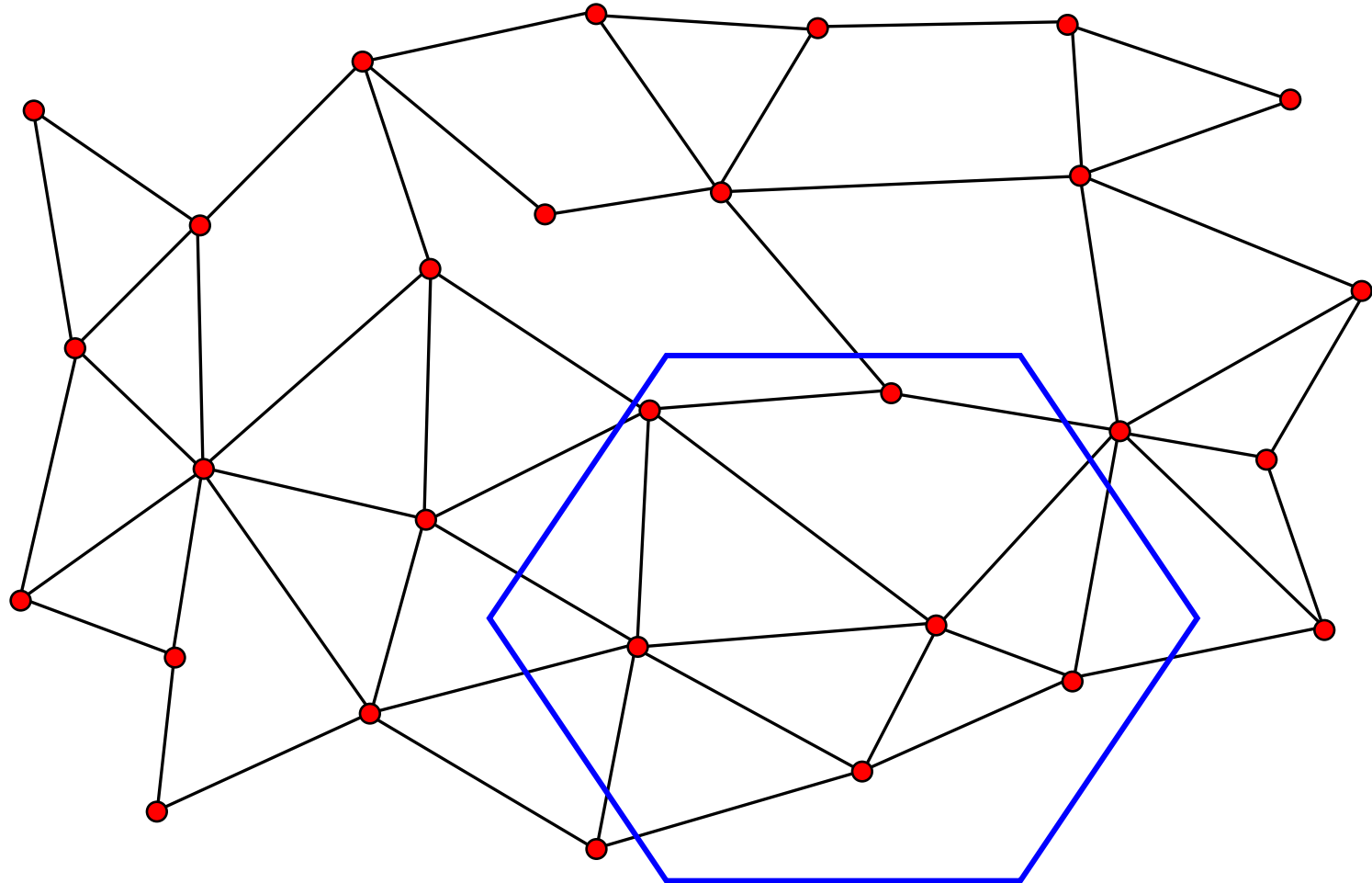


Coloración local de vértices.



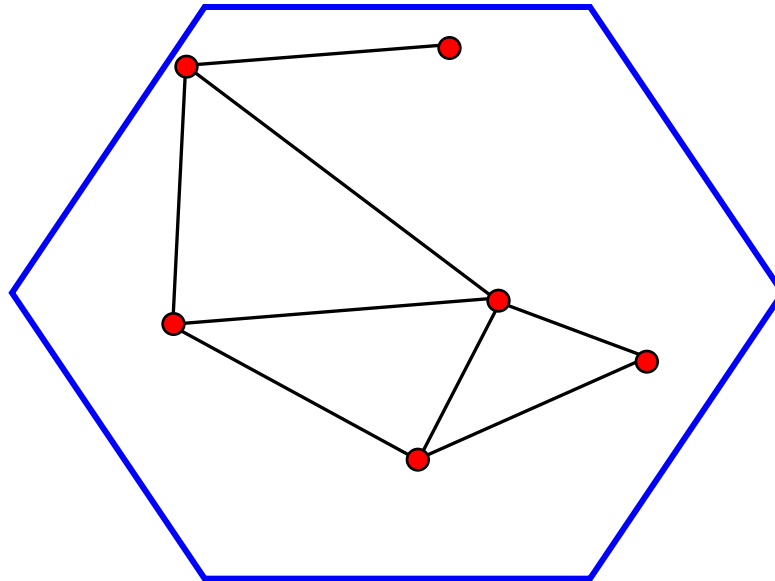


Coloración local de vértices.



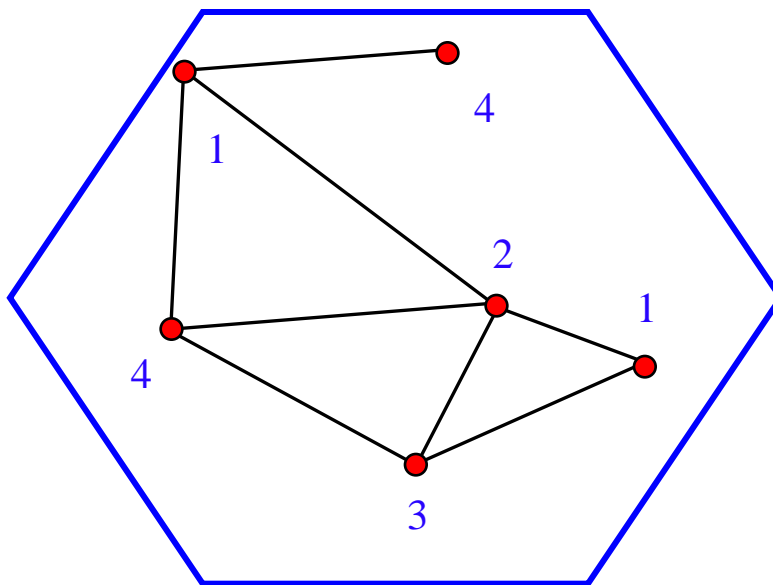


Coloración local de vértices.

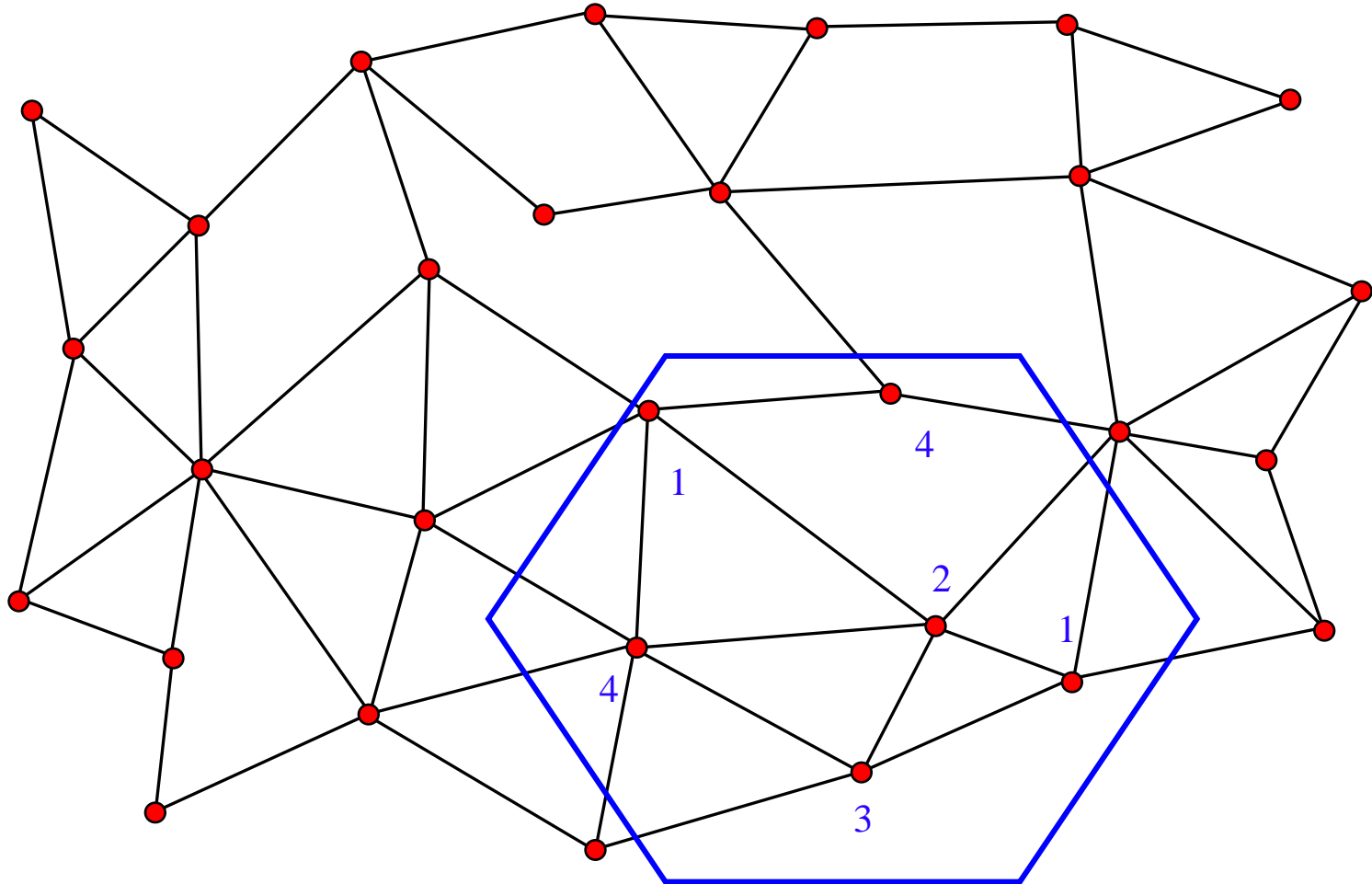




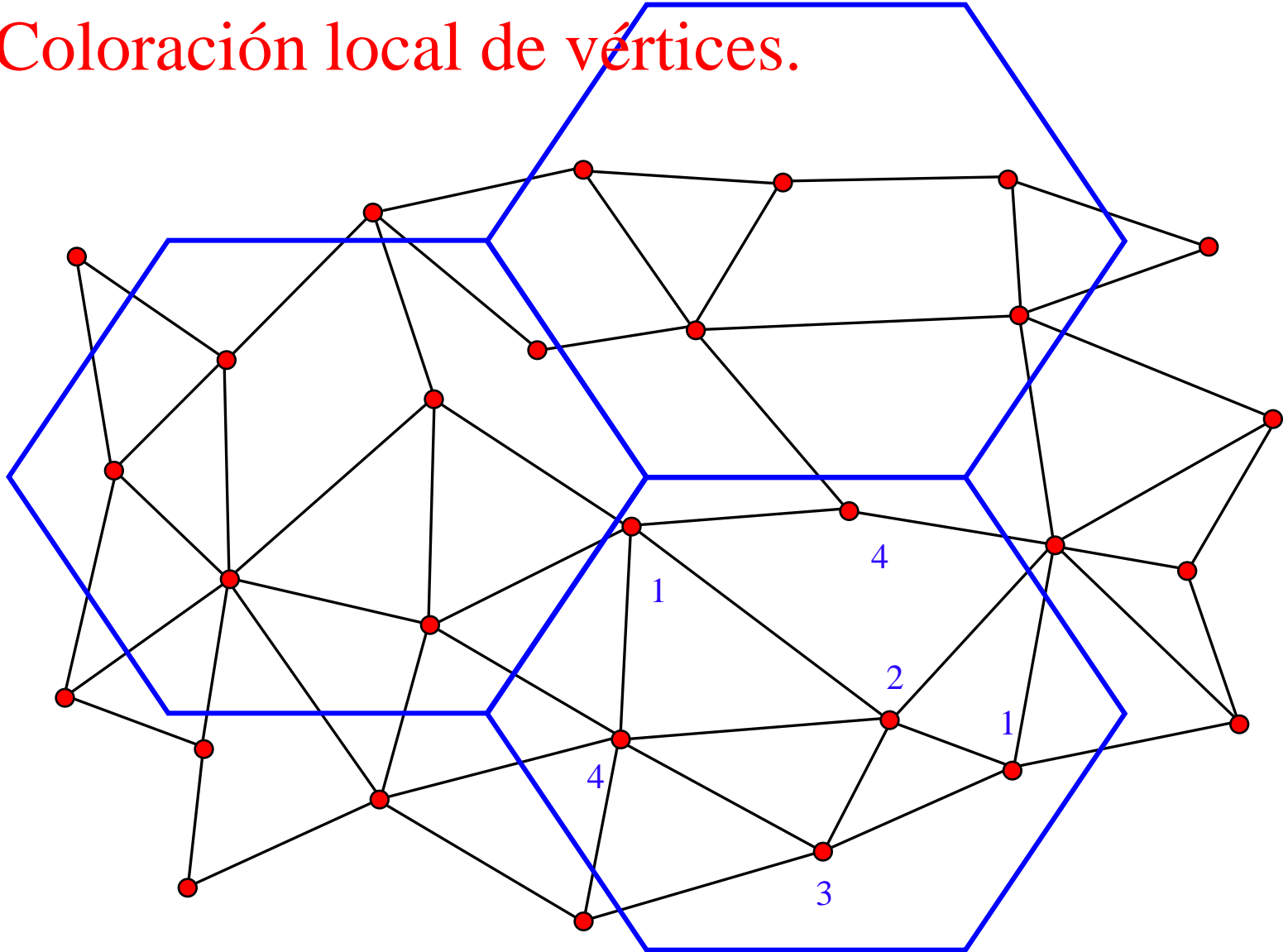
Coloración local de vértices.



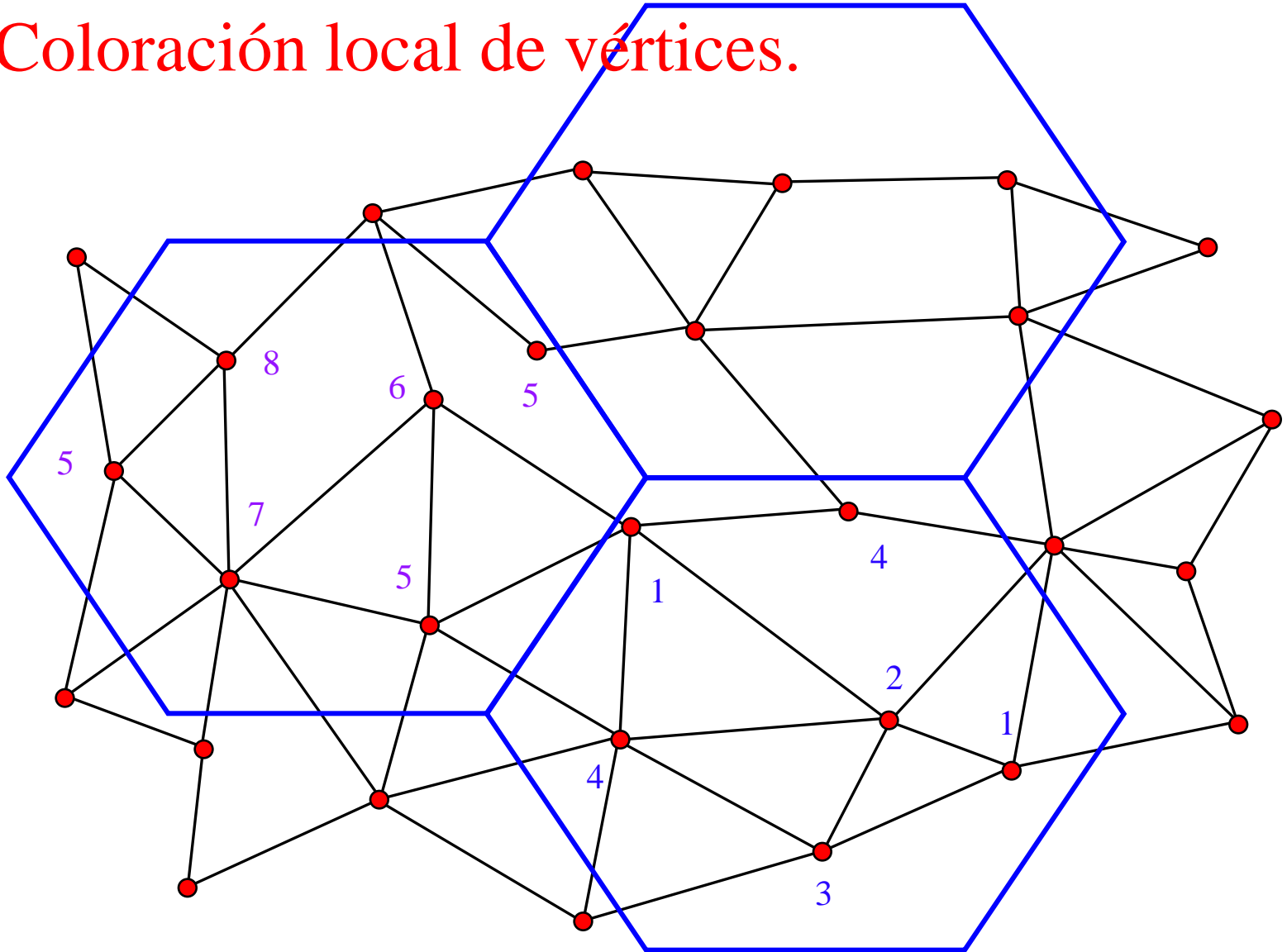
Coloración local de vértices.



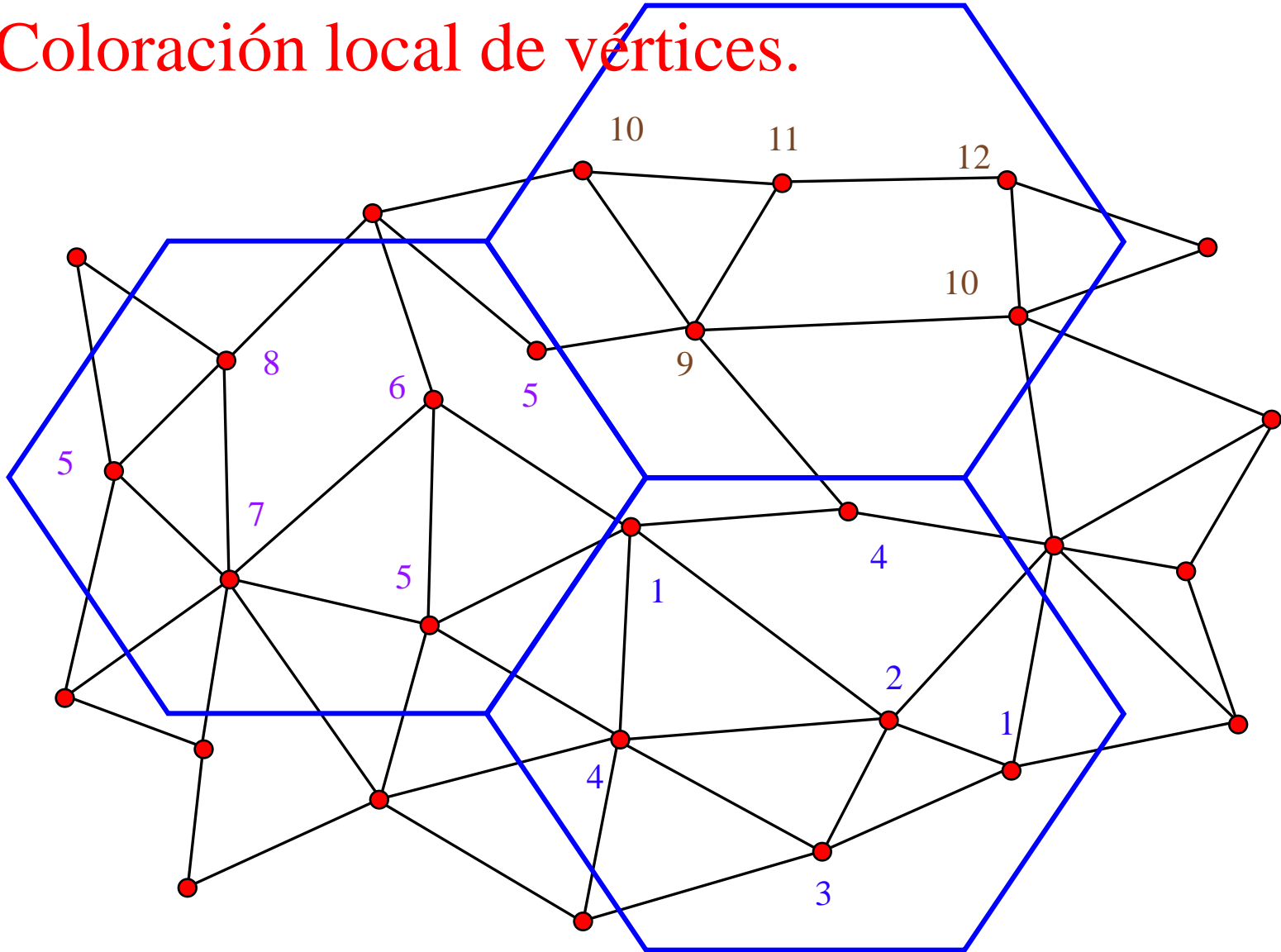
Coloración local de vértices.



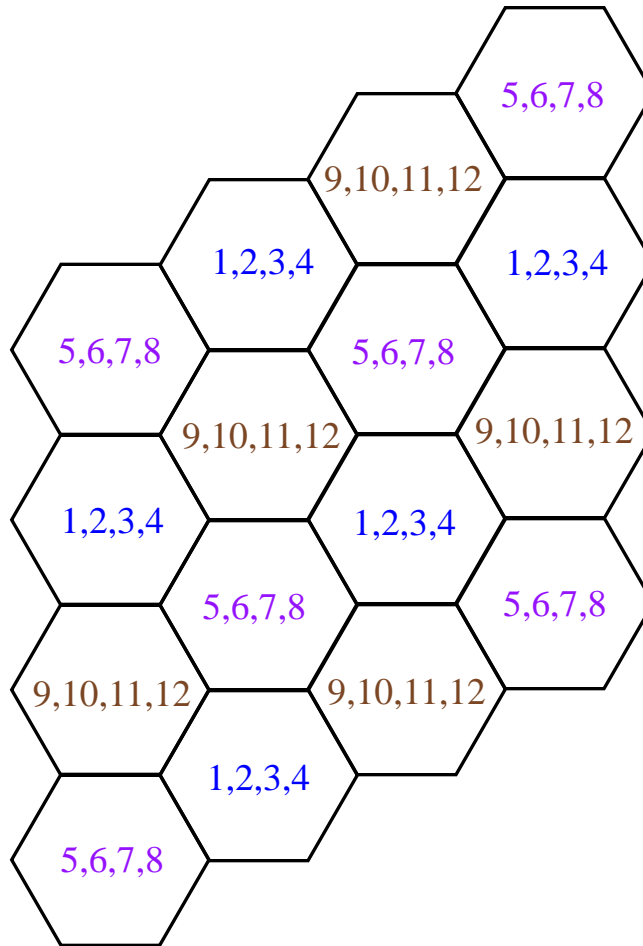
Coloración local de vértices.



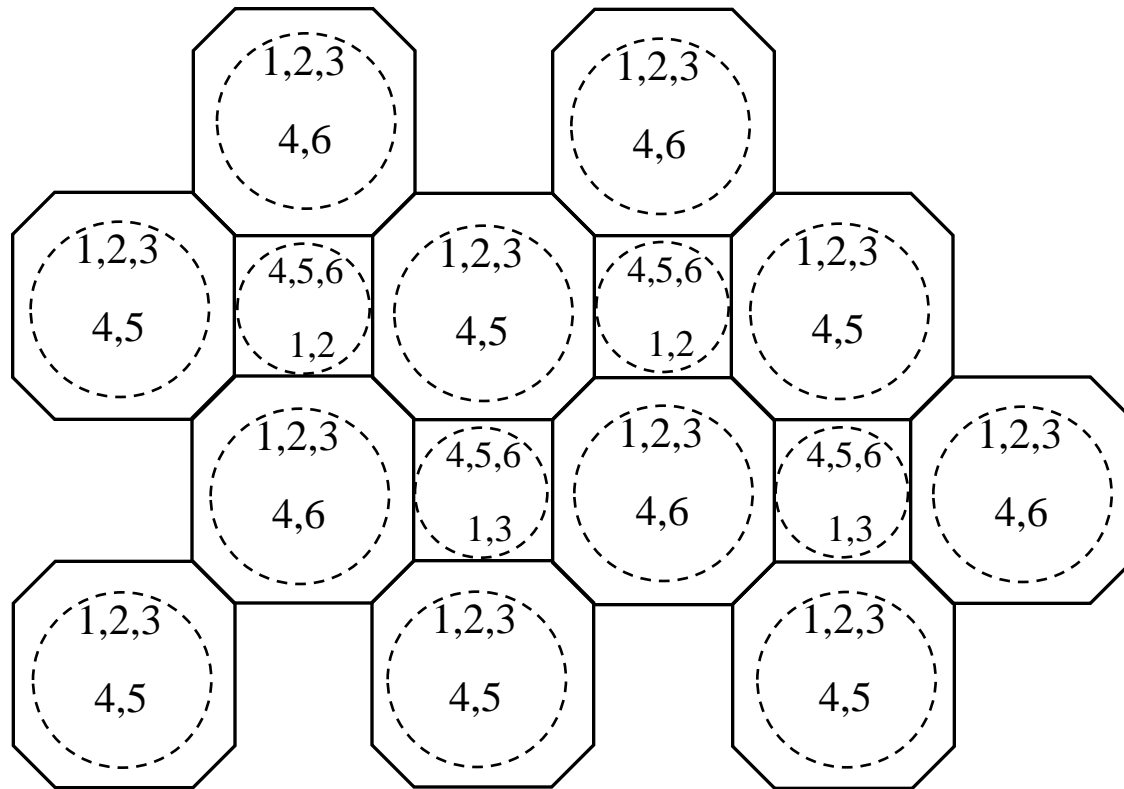
Coloración local de vértices.



Coloración local de vértices.

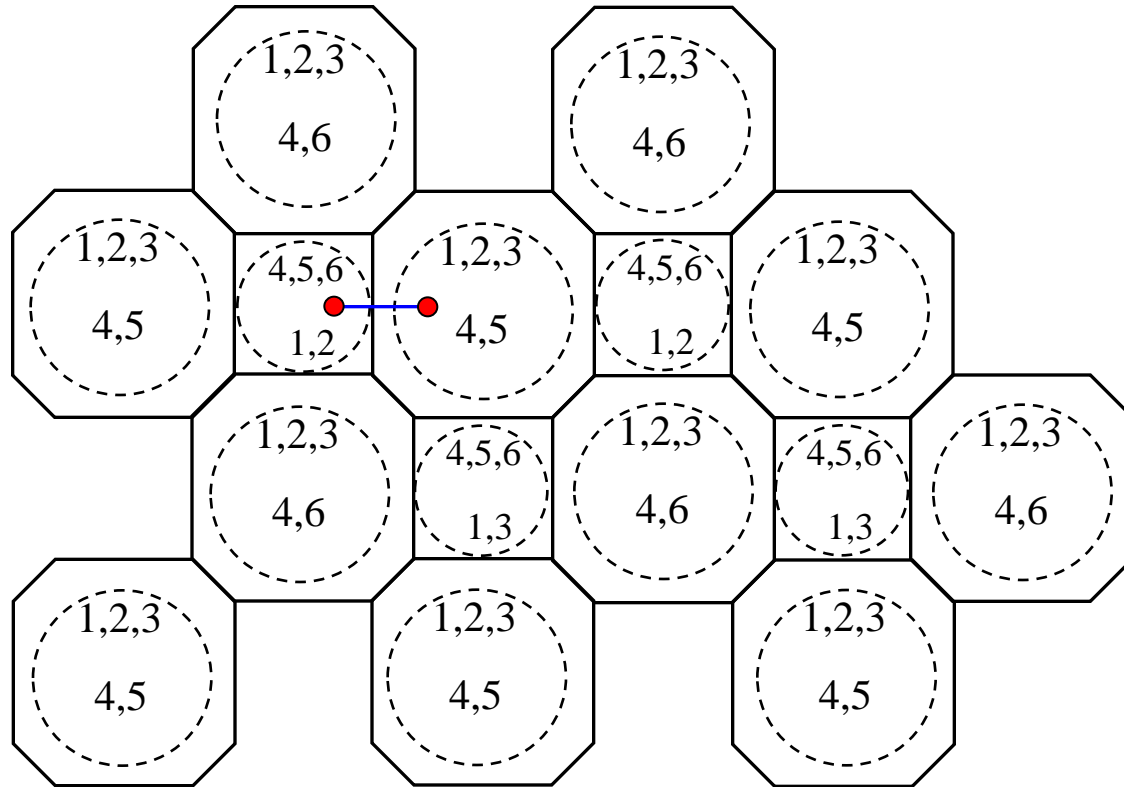


Coloración local de vértices.



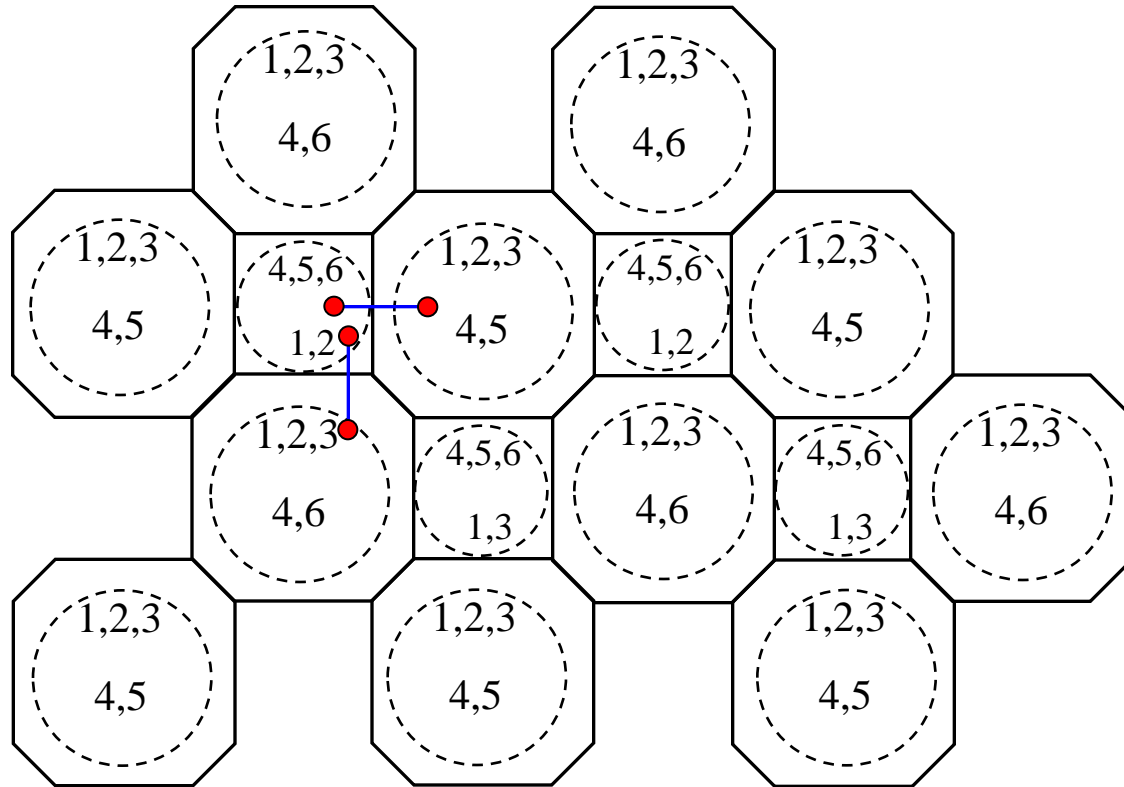
Coloración local de vértices.

Aristas están bien coloreadas!



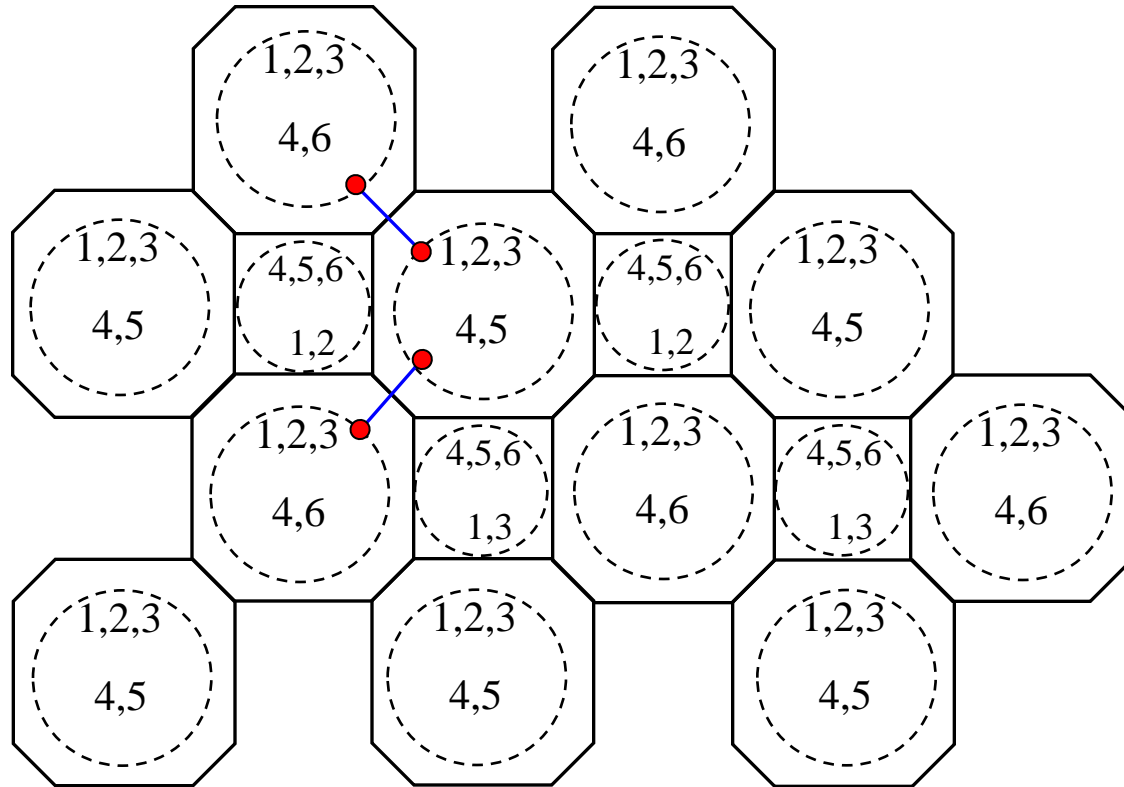
Coloración local de vértices.

Aristas están bien coloreadas!



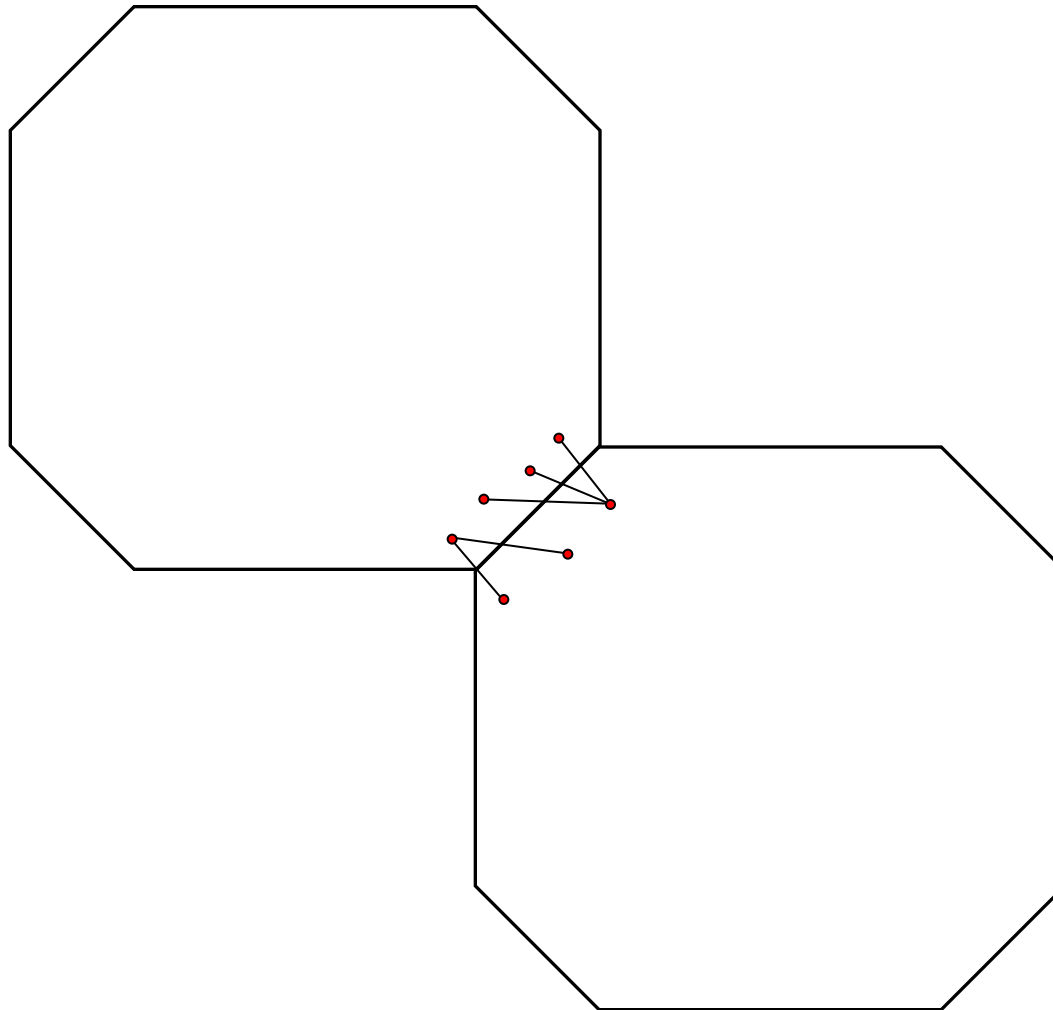
Coloración local de vértices.

Aristas no necesariamente están bien coloreadas!



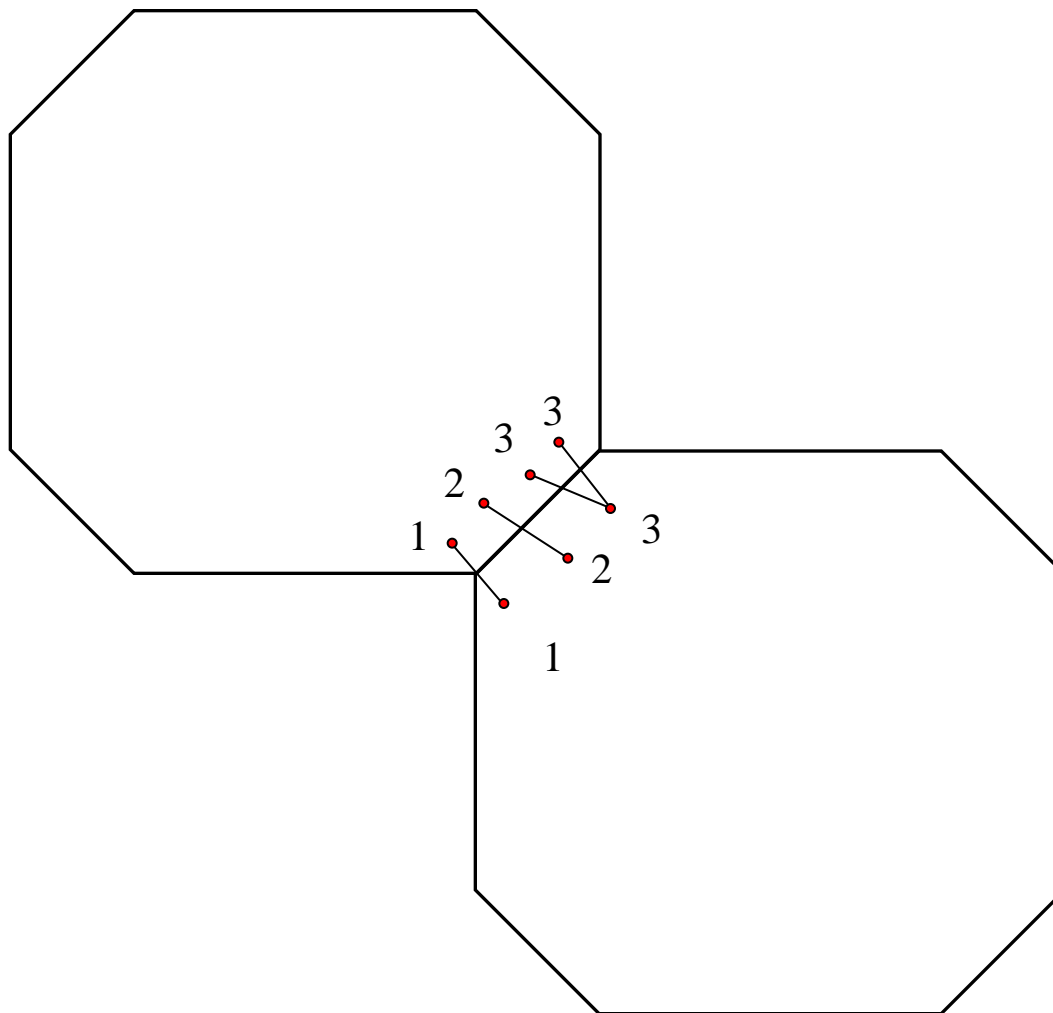


Coloración local de vértices.

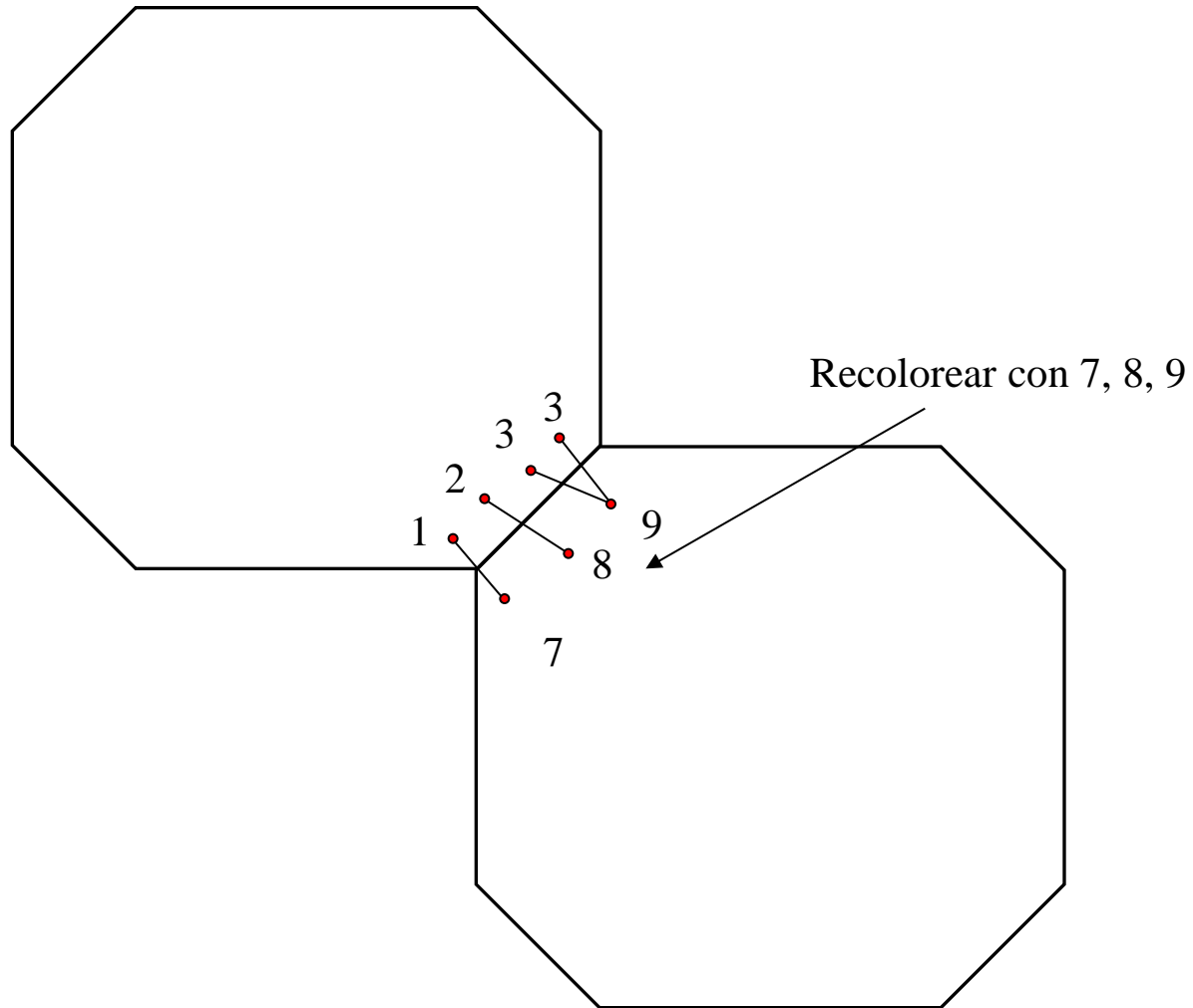




Coloración local de vértices.

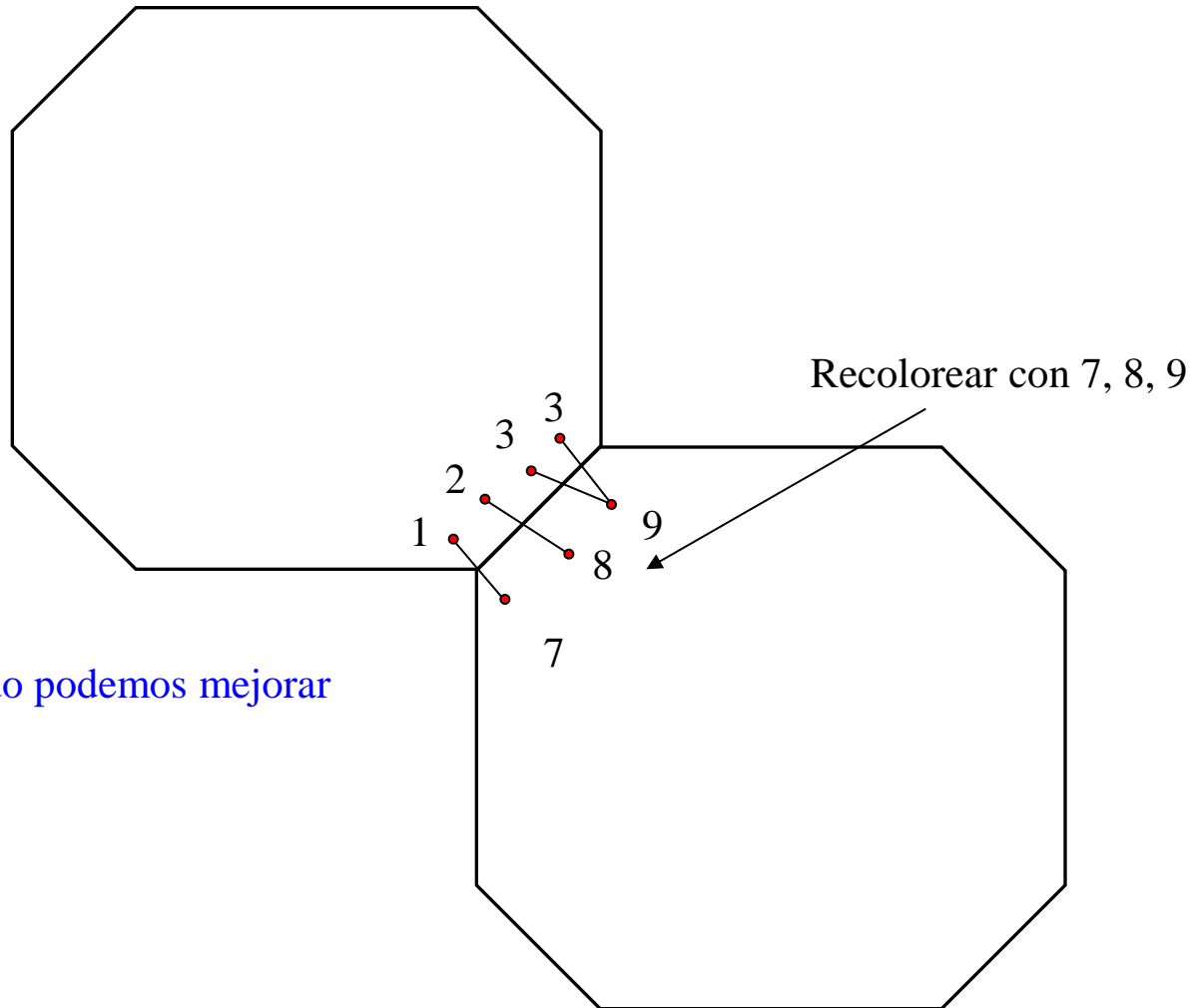


Coloración local de vértices.





Coloración local de vértices.

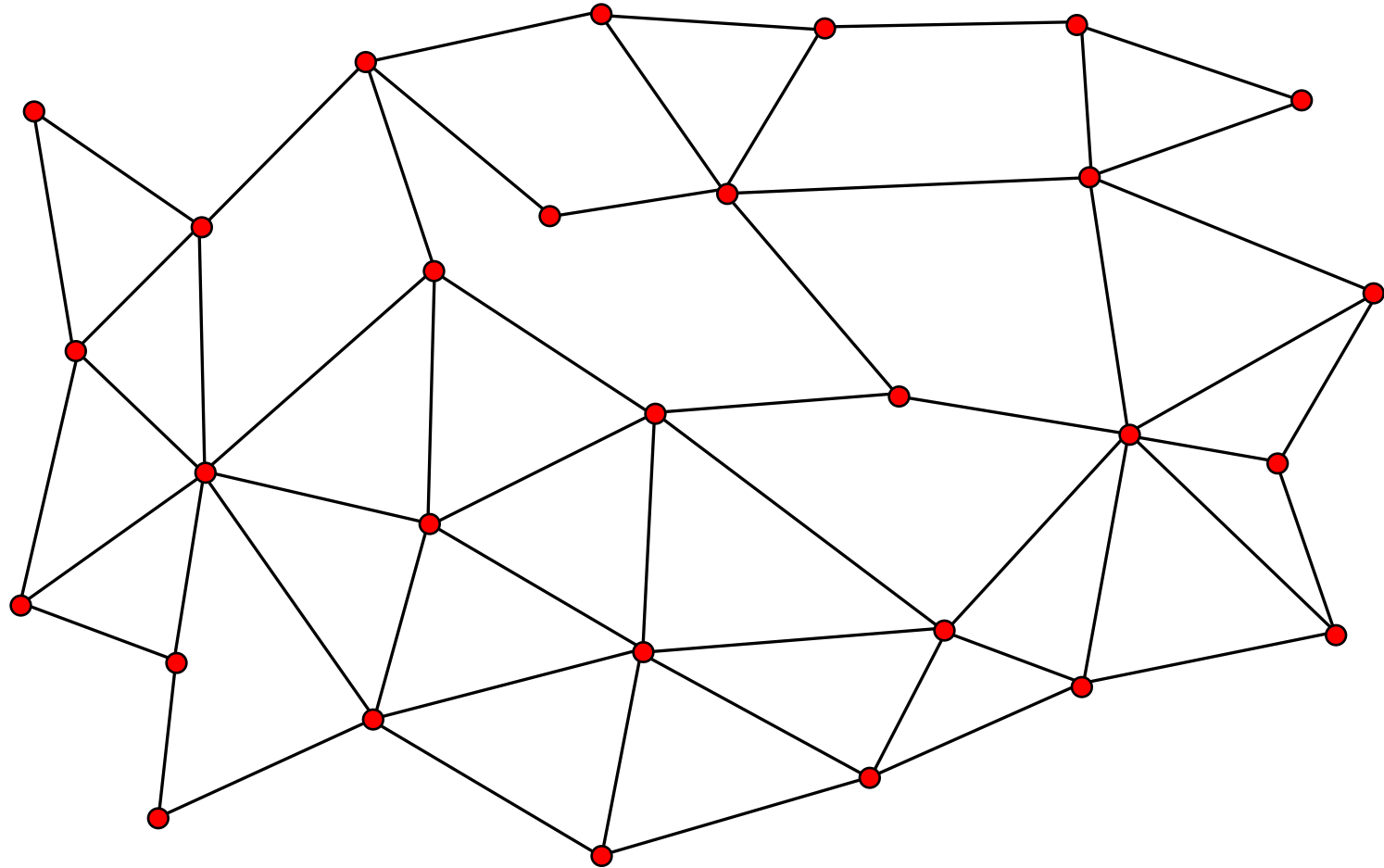


Con mucho cuidado podemos mejorar a 7 colores.



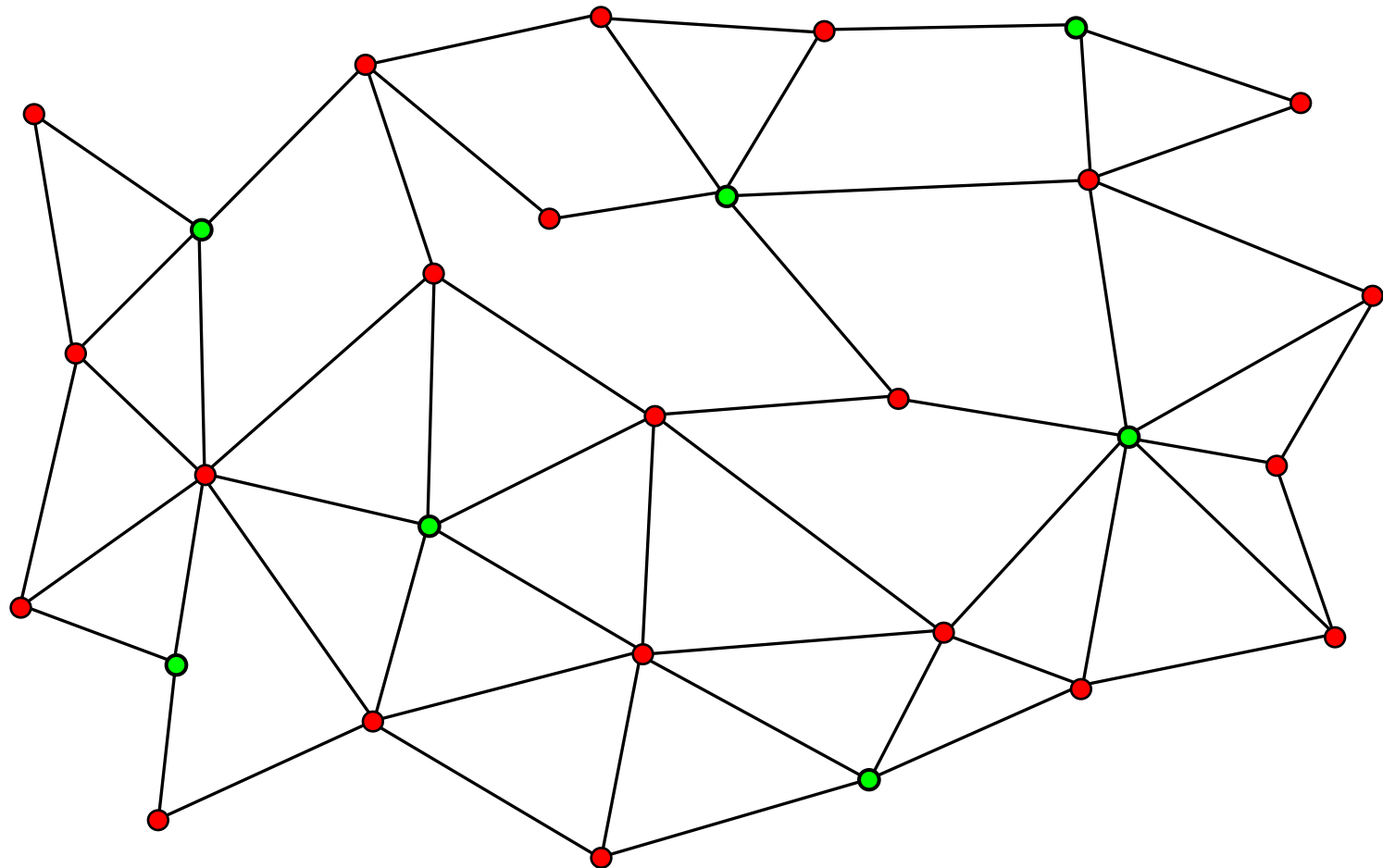


Conjunto dominador.



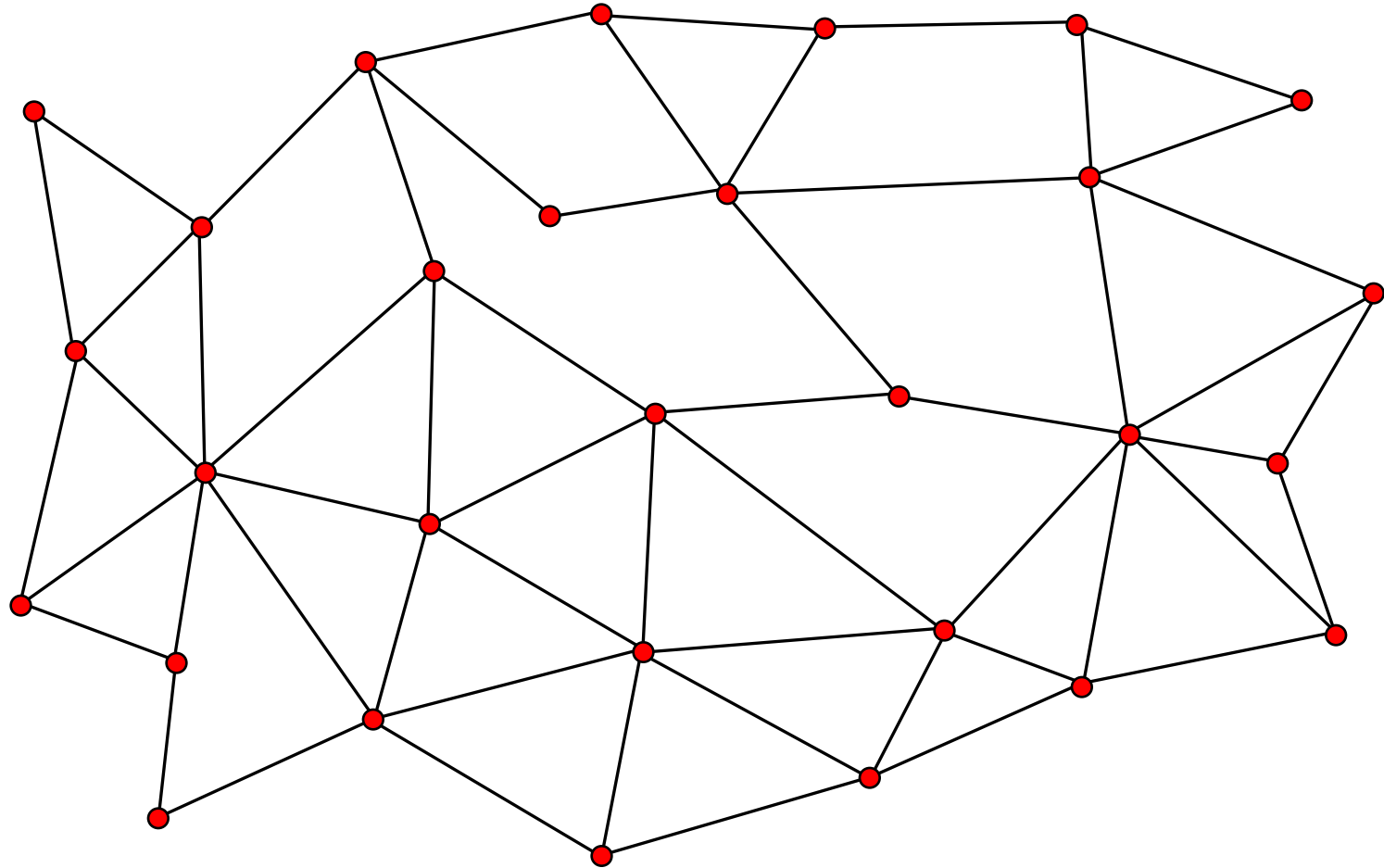


Conjunto dominador.





Conjunto dominador.



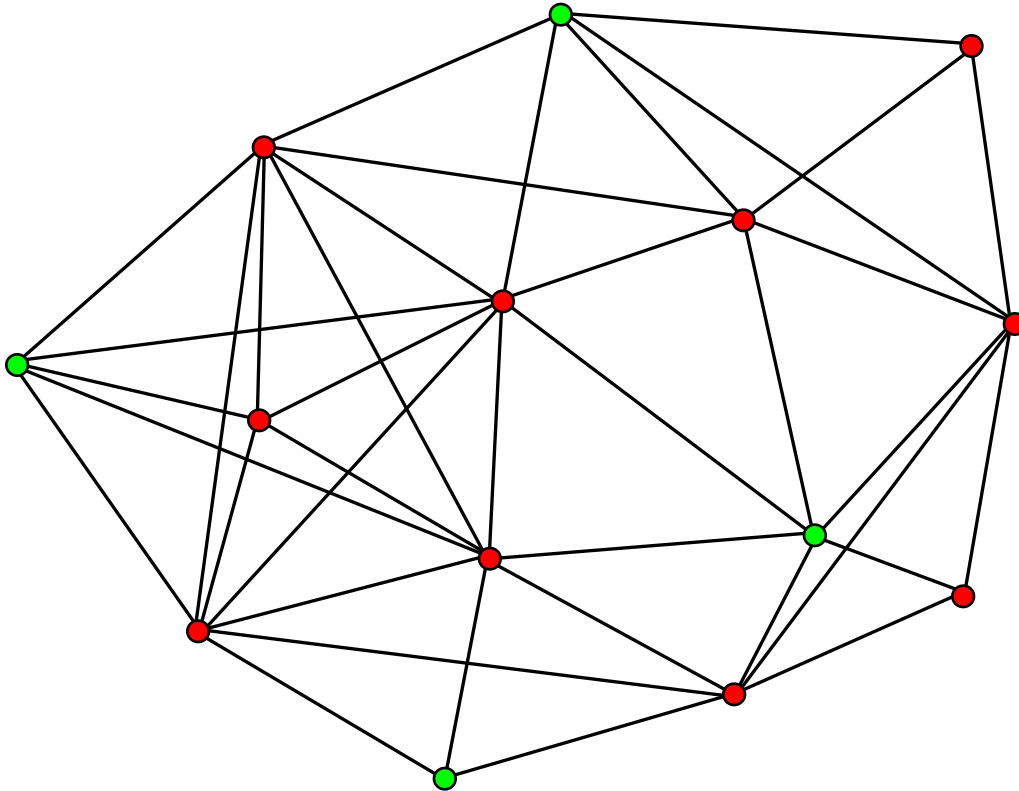
Calcular un conjunto dominador buenos, e.g. de tamaño a lo mas un factor constante del tamaño del óptimo.





Conjunto dominador.

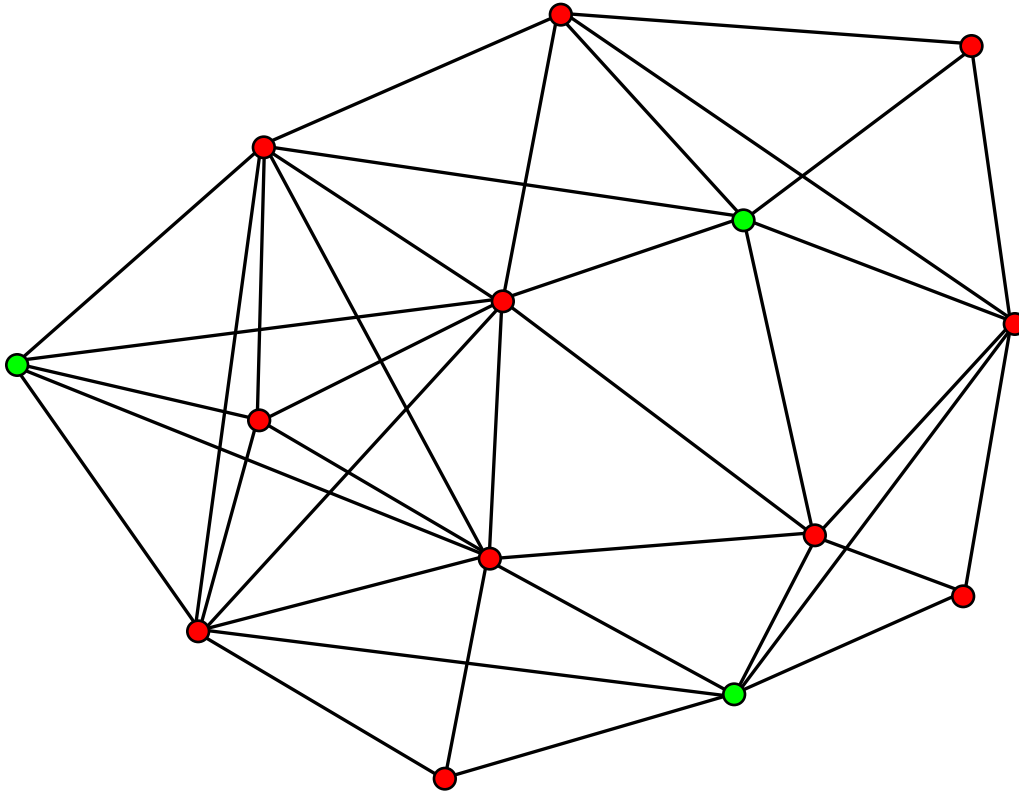
Lema 1: Sea G una gráfica, y D un conjunto dominador de tamaño mínimo de G , y sea I un conjunto independiente maximal de G , entonces $|D| \leq |I|$.





Conjunto dominador.

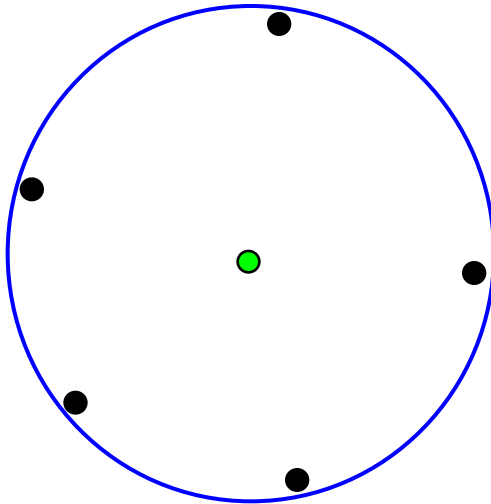
Lema 1: Sea G una gráfica, y D un conjunto dominador de tamaño mínimo de G , y sea I un conjunto independiente maximal de G , entonces $|D| \leq |I|$.





Conjunto dominador.

Lemma 2: Sea D un conjunto dominador mínimo de una gráfica unitaria G . Entonces el tamaño de cualquier conjunto independiente de G es a lo mas $5|D|$.



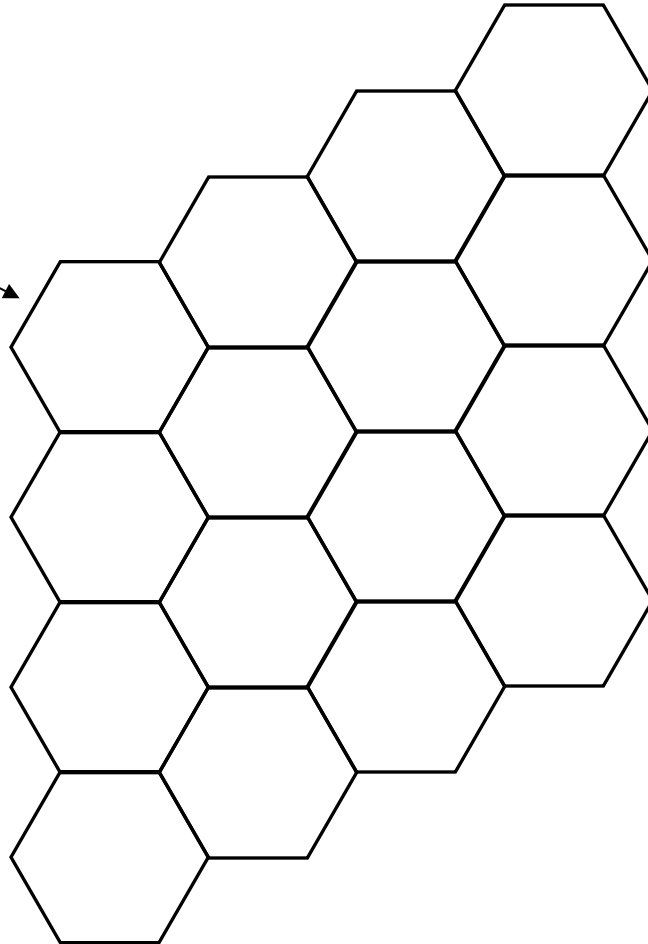
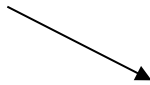
¿Cuántos puntos podemos colocar en un círculo de radio uno de tal forma que la distancia entre cualesquiera dos de ellos es mayor que 1?





Conjunto dominador.

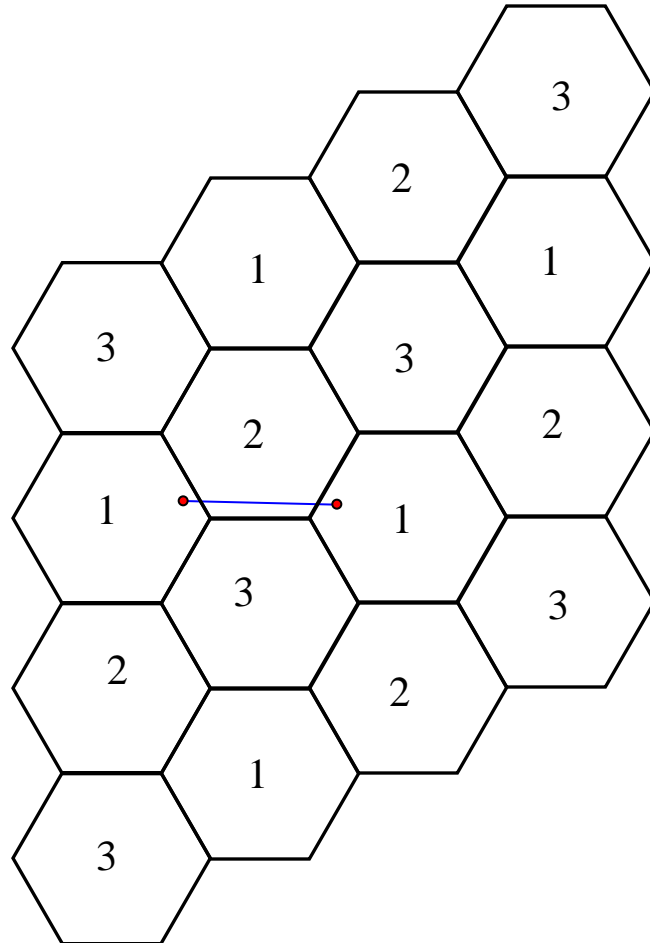
Longitud > 1

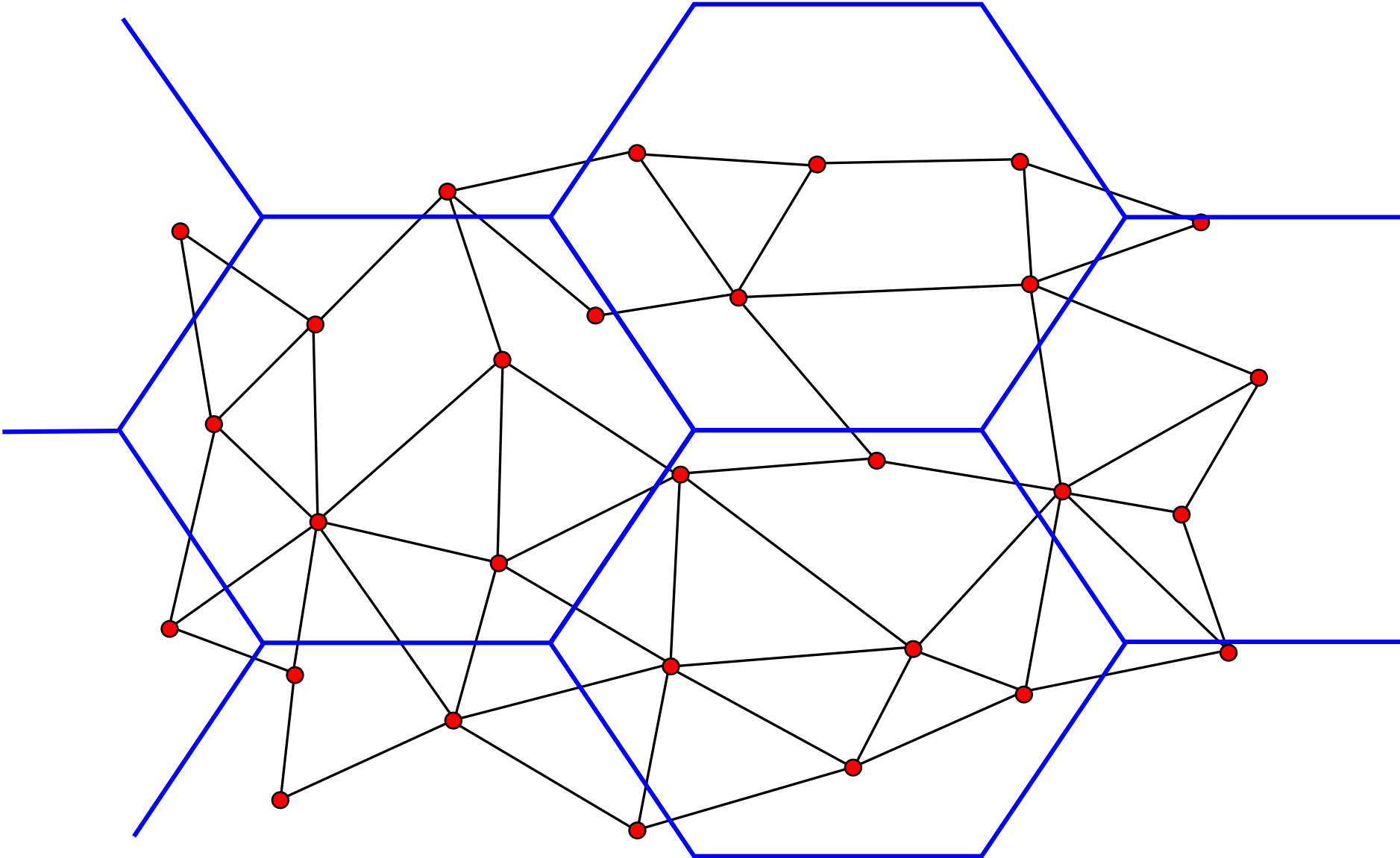


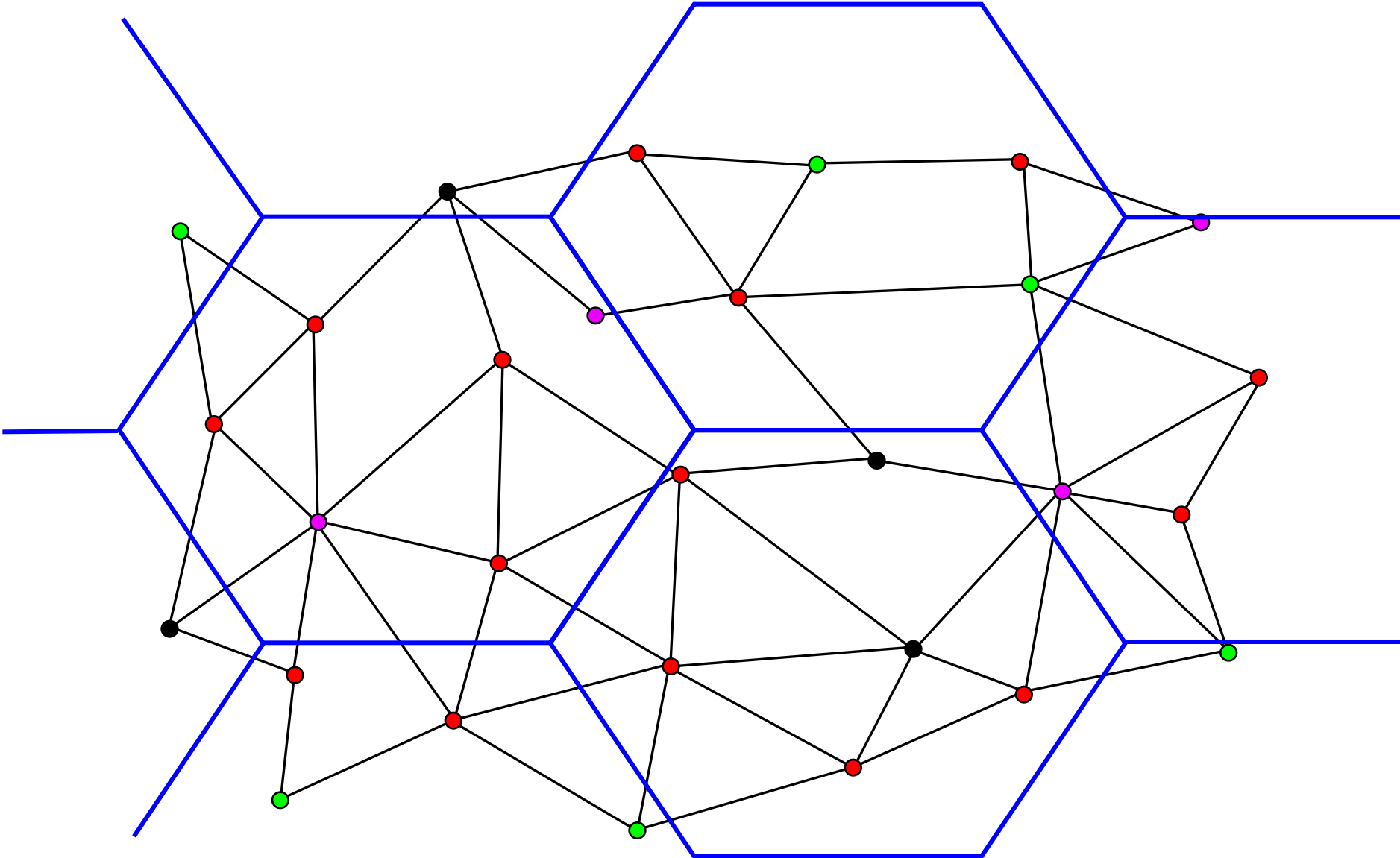


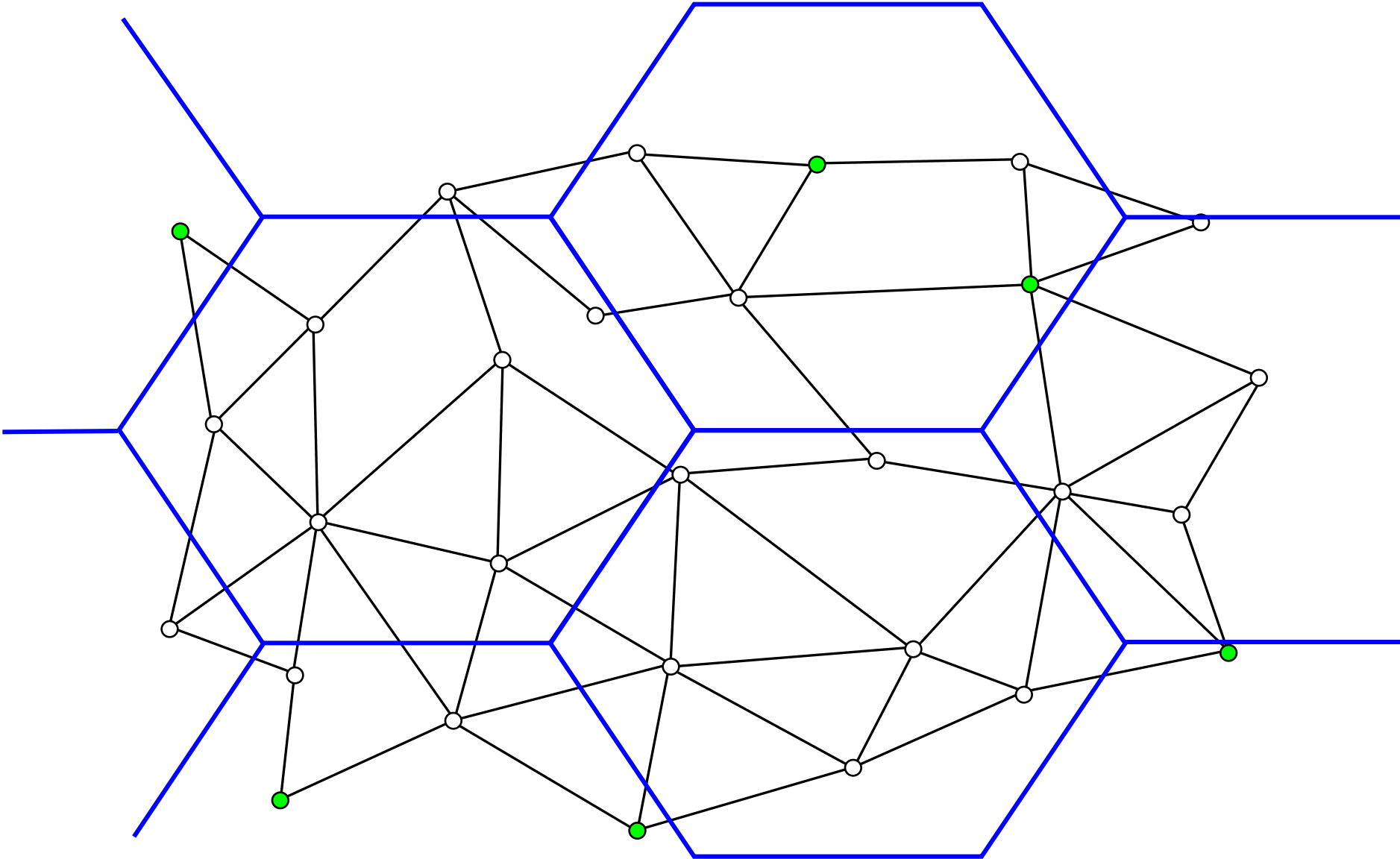
Conjunto dominador.

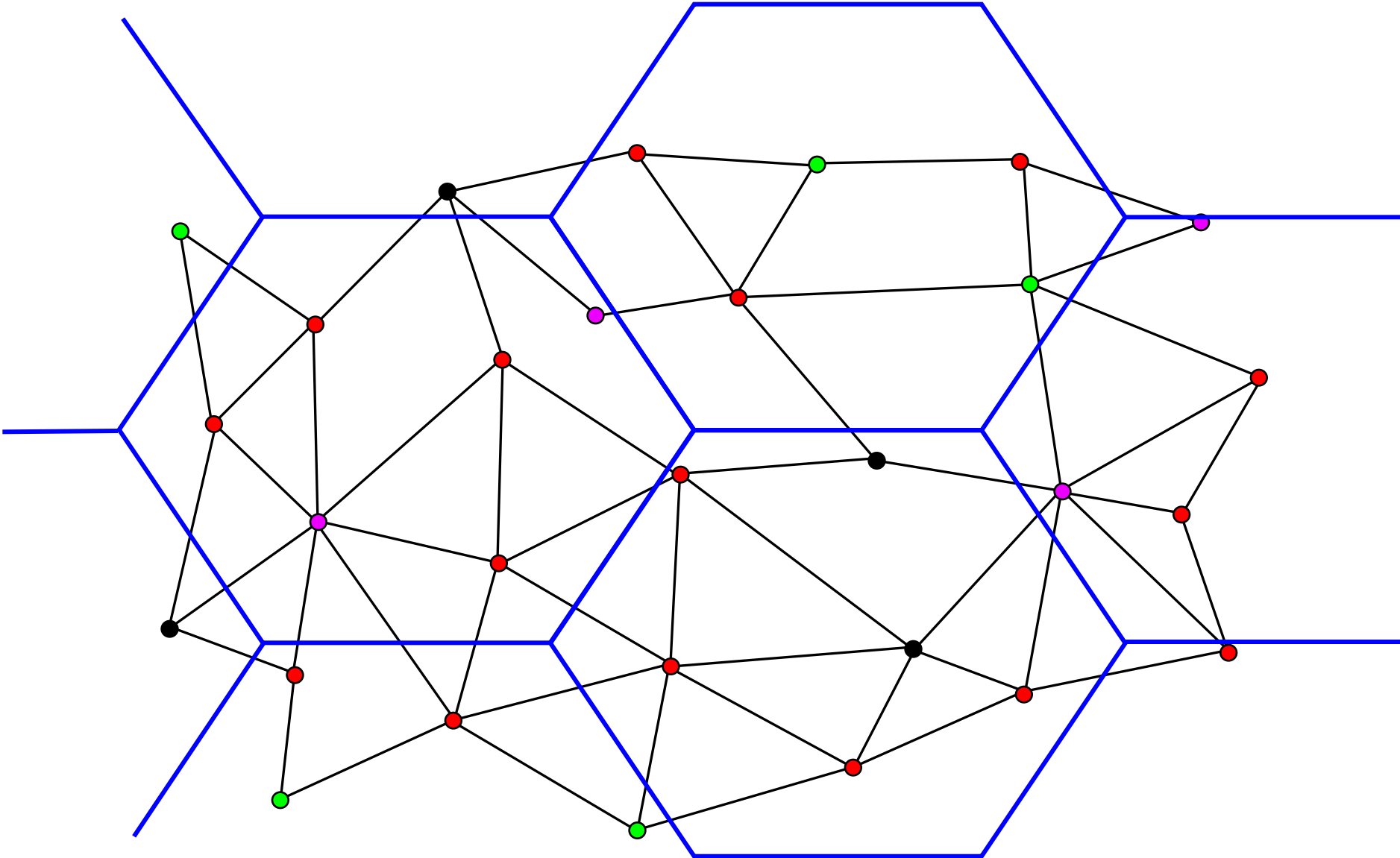
Longitud > 1

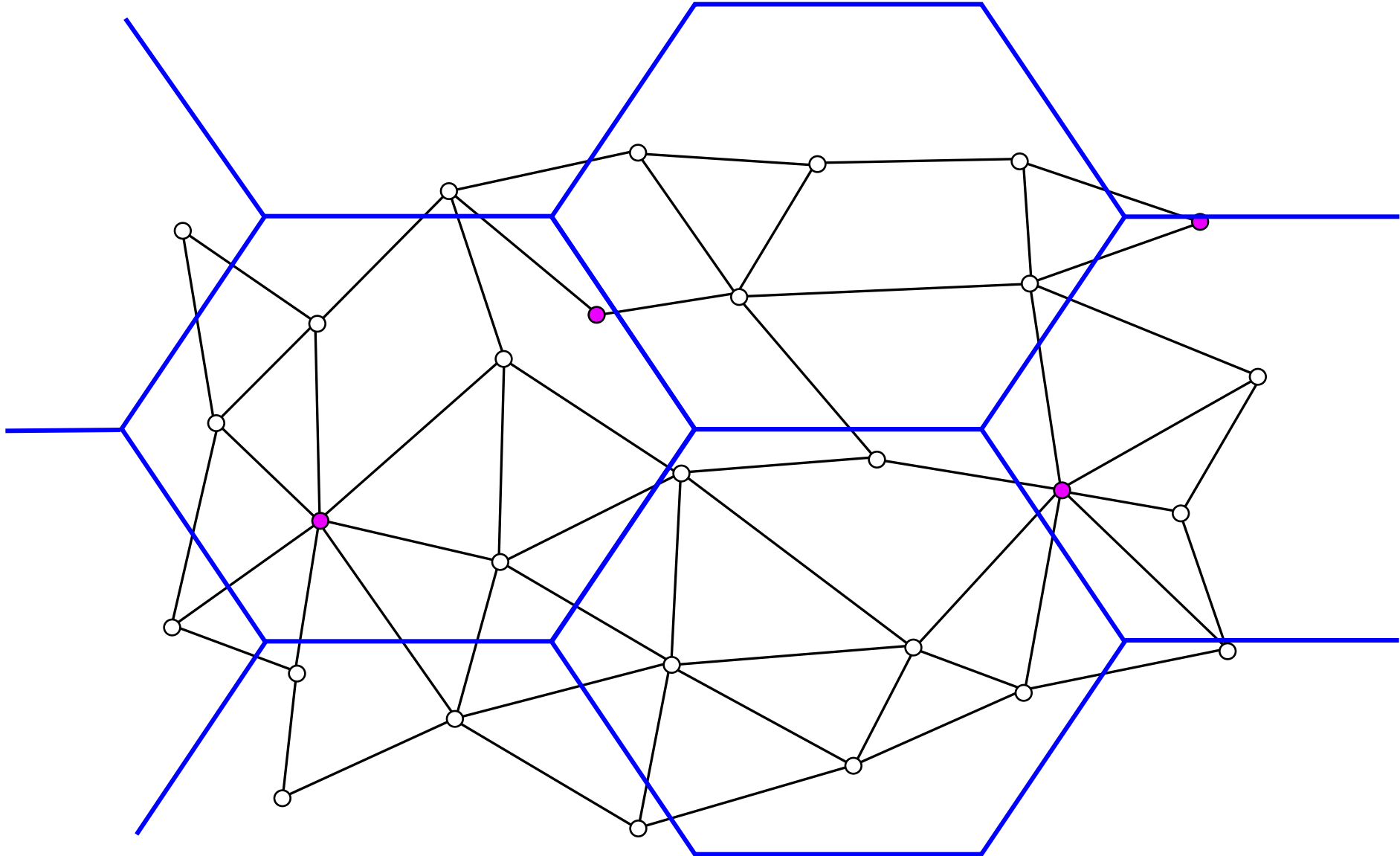


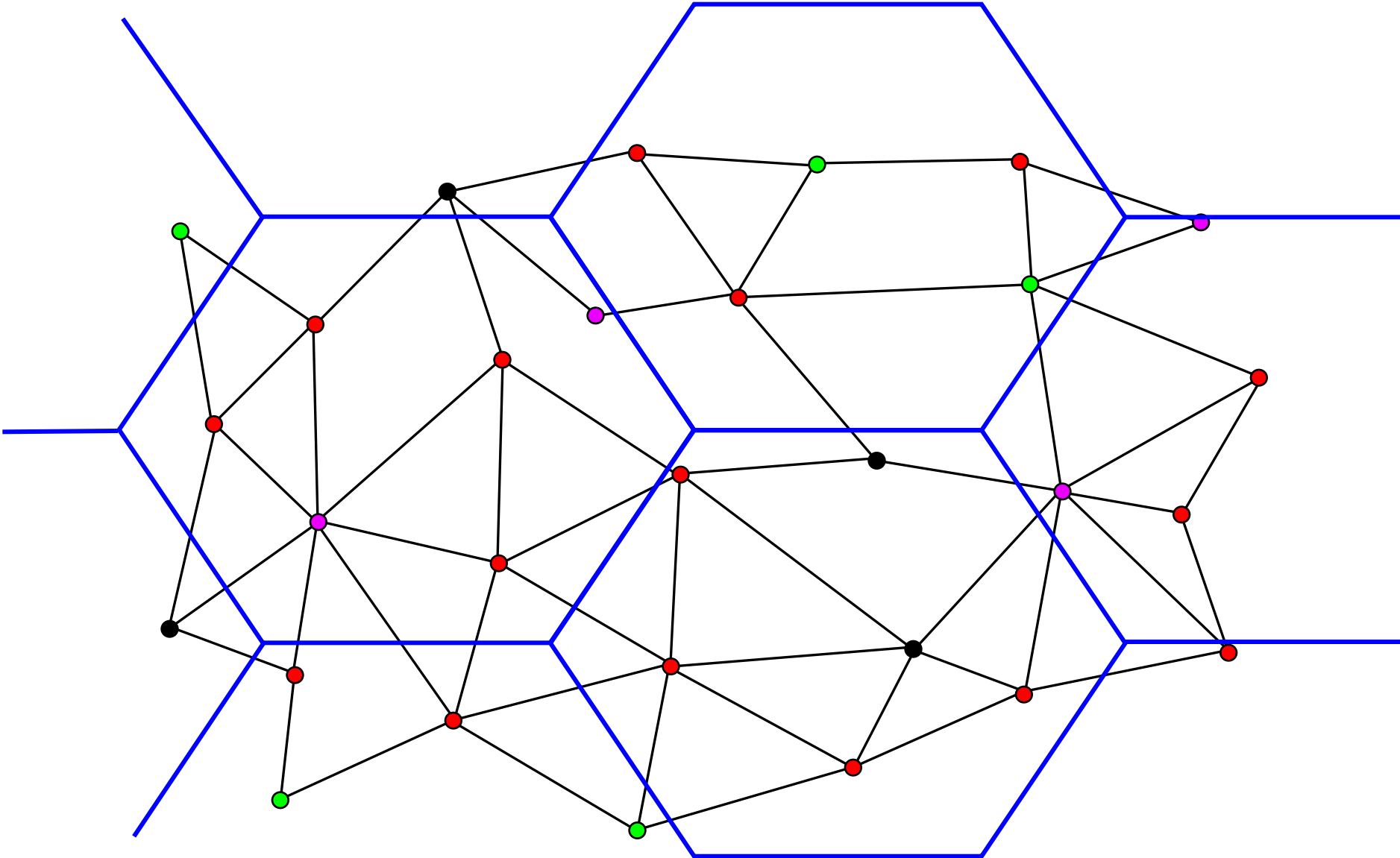


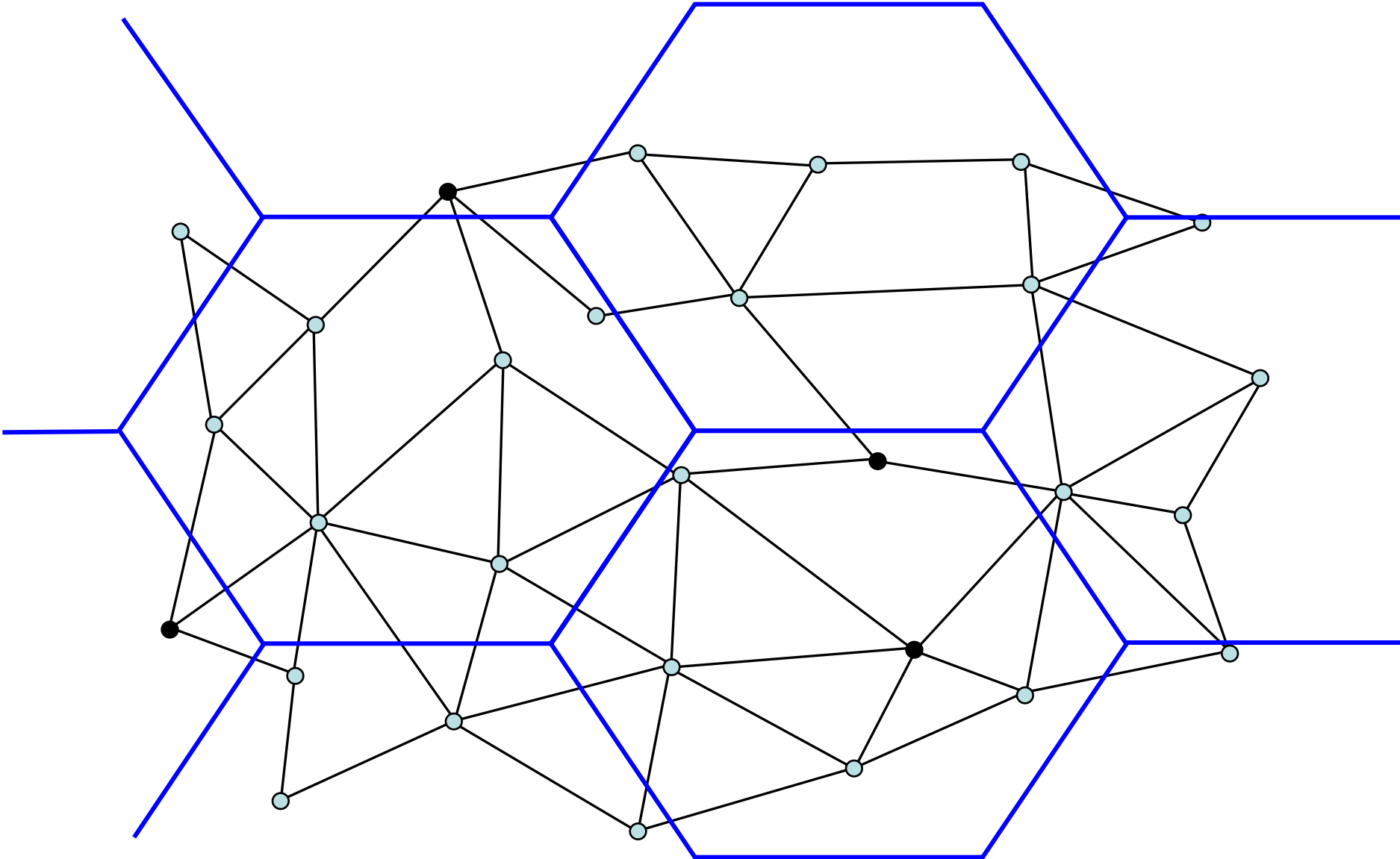


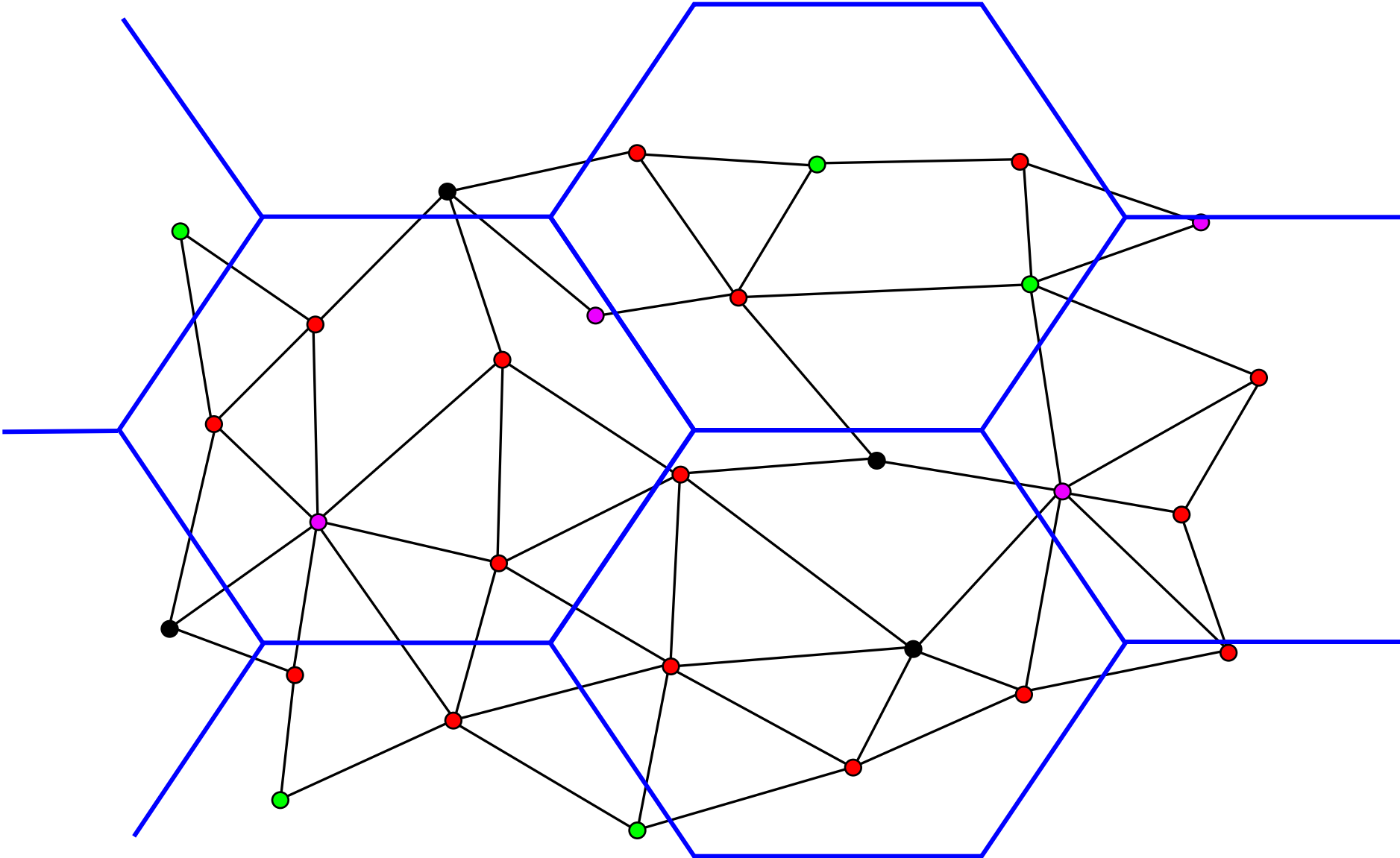


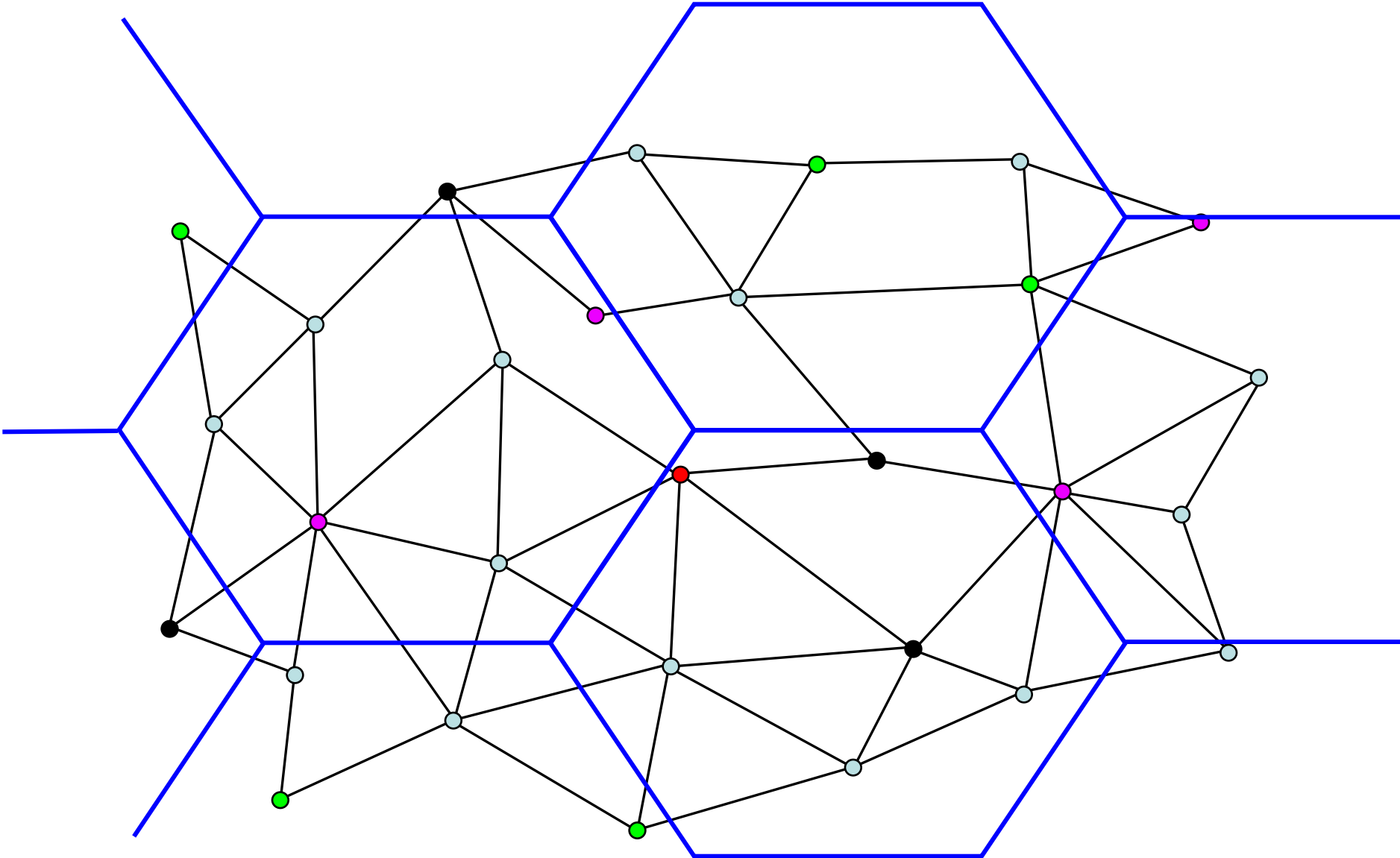






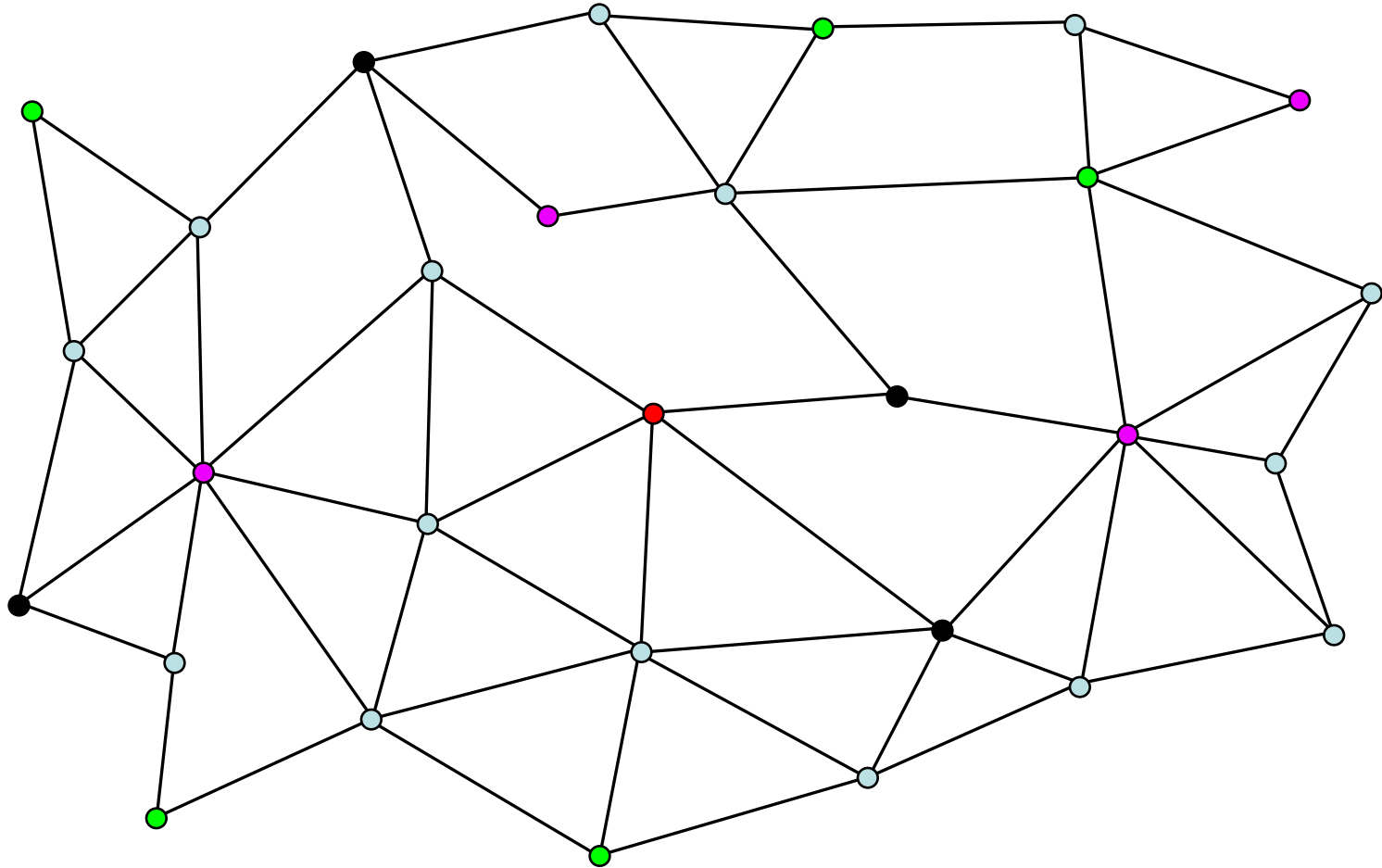






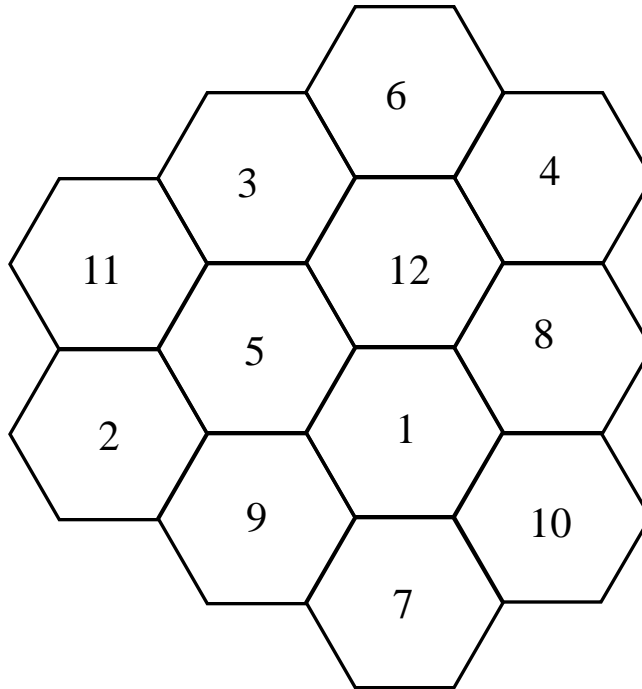


Teorema: Dada una red unitaria, podemos calcular de forma local un conjunto dominante de tamaño a lo más **15** veces el tamaño de un conjunto dominante **N** óptimo usando un algoritmo local.



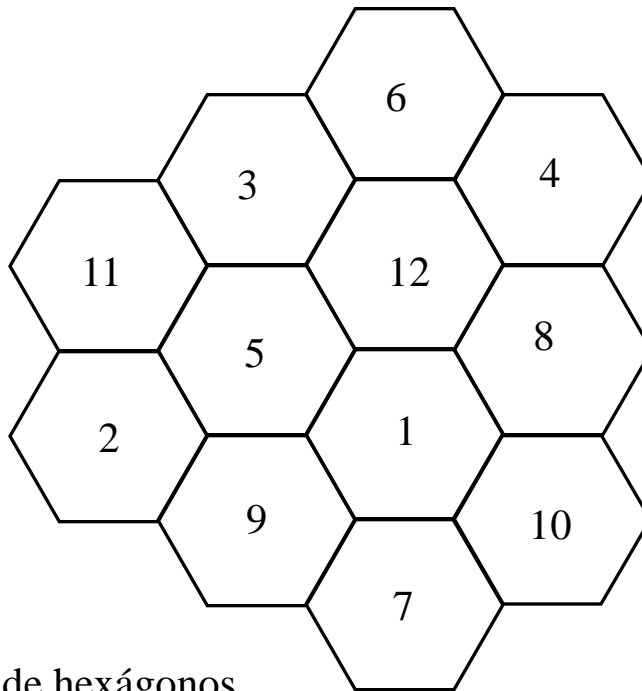
Teorema: Dada una red unitaria, podemos calcular de forma local un conjunto dominante de tamaño a lo más **5** veces el tamaño de un conjunto dominante **N** óptimo usando un algoritmo local.

Czyzowicz, Dobrev, Kranakis,
Stacho, Urrutia



Teorema: Dada una red unitaria, podemos calcular de forma local un conjunto dominante de tamaño a lo más **5** veces el tamaño de un conjunto dominante **N** óptimo usando un algoritmo local.

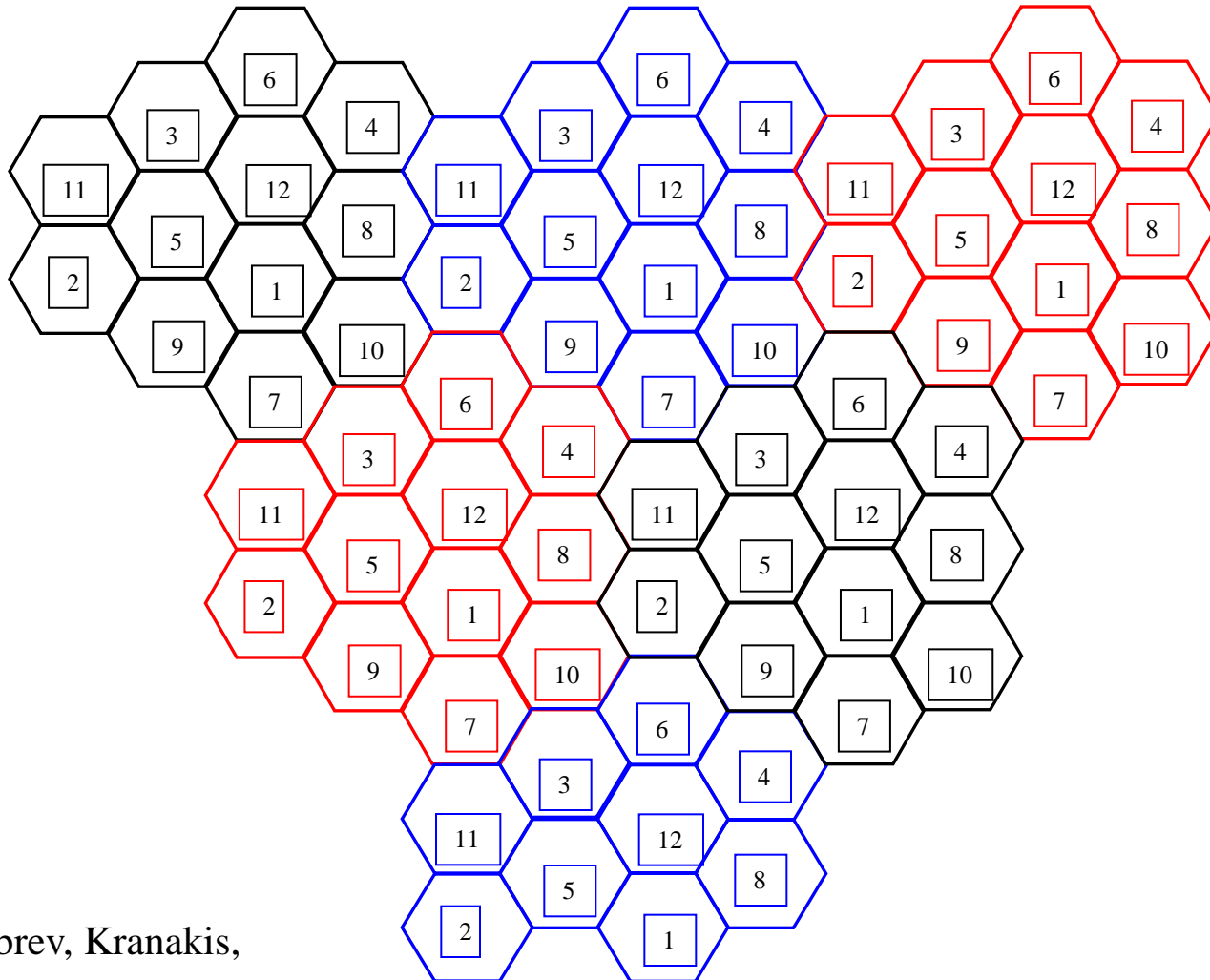
Czyzowicz, Dobrev, Kranakis,
Stacho, Urrutia



Obtenemos un conjunto *ordenado* de hexágonos.

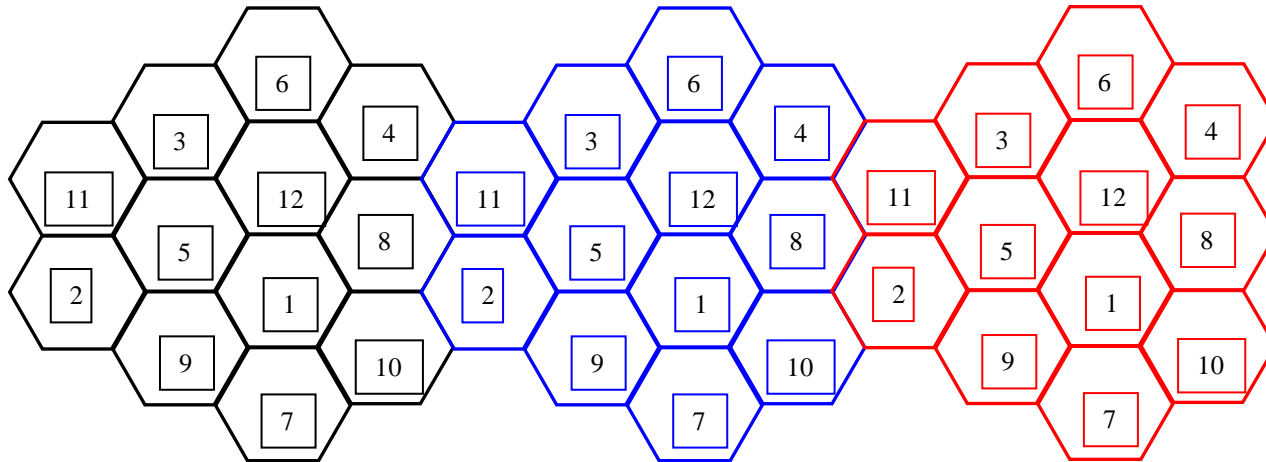


Teorema: Dada una red unitaria, podemos calcular de forma local un conjunto dominante de tamaño a lo más **5** veces el tamaño de un conjunto dominante **N** óptimo usando un algoritmo local.





1: If your class number is 1 then the node N in your hexagon closest to the center of it is designated as a dominator. Continue at Step 5.

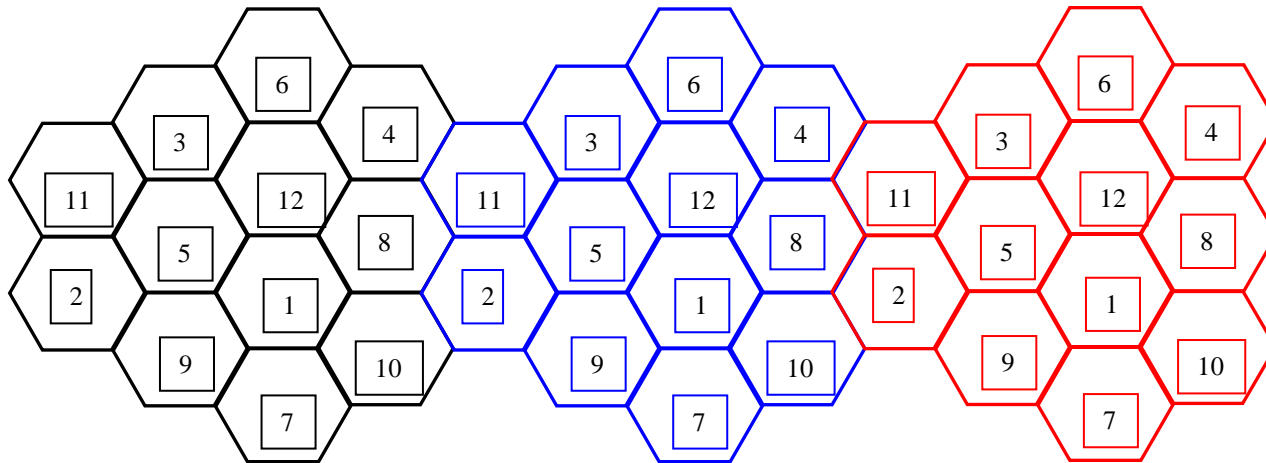




1: If your class number is 1 then the node N in your hexagon closest to the center of it is designated as a dominator. Continue at Step 5.

2: Find whether there is a node in your hexagon that has no neighbor of lower class. If such nodes exist then the one of them that is closest to the center of the hexagon is designated as a dominator. Continue at Step 5.

3: If you have a neighbour V of a lower class number then send to V a request to execute the algorithm for finding its dominator. Once the replies from all neighbours of lower class number are received, determine if you are already dominated. Inform your neighbours in your hexagon of the result. When all nodes of your hexagon finish this calculation, node W in your hexagon closest to the center and not dominated yet is designated as a dominator, if such a node exists.



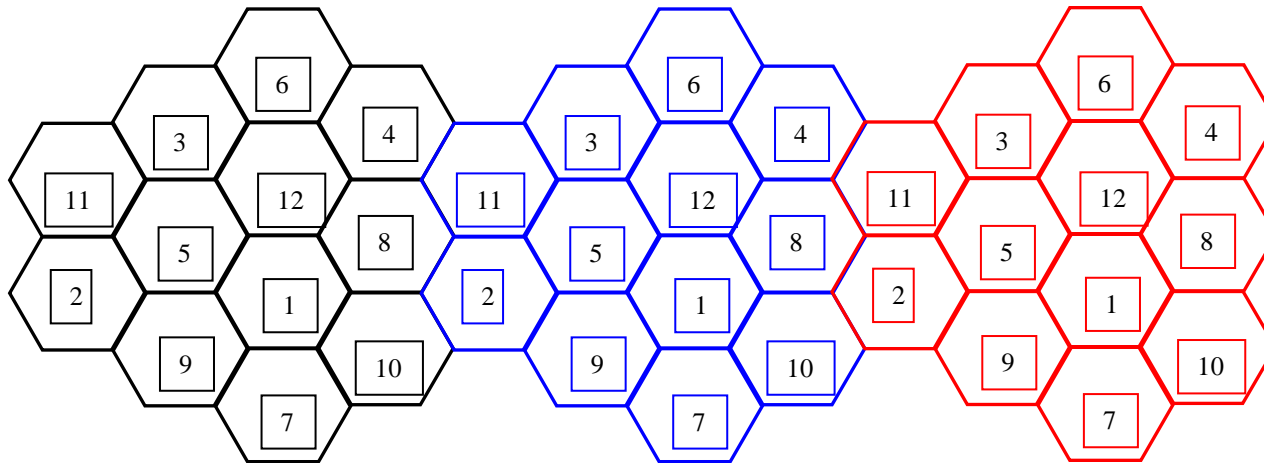


1: If your class number is 1 then the node N in your hexagon closest to the center of it is designated as a dominator. Continue at Step 5.

2: Find whether there is a node in your hexagon that has no neighbor of lower class. If such nodes exist then the one of them that is closest to the center of the hexagon is designated as a dominator. Continue at Step 5.

3: If you have a neighbour V of a lower class number then send to V a request to execute the algorithm for finding its dominator. Once the replies from all neighbours of lower class number are received, determine if you are already dominated. Inform your neighbours in your hexagon of the result. When all nodes of your hexagon finish this calculation, node W in your hexagon closest to the center and not dominated yet is designated as a dominator, if such a node exists.

The resulting dominating set is independent!





¡Gracias!





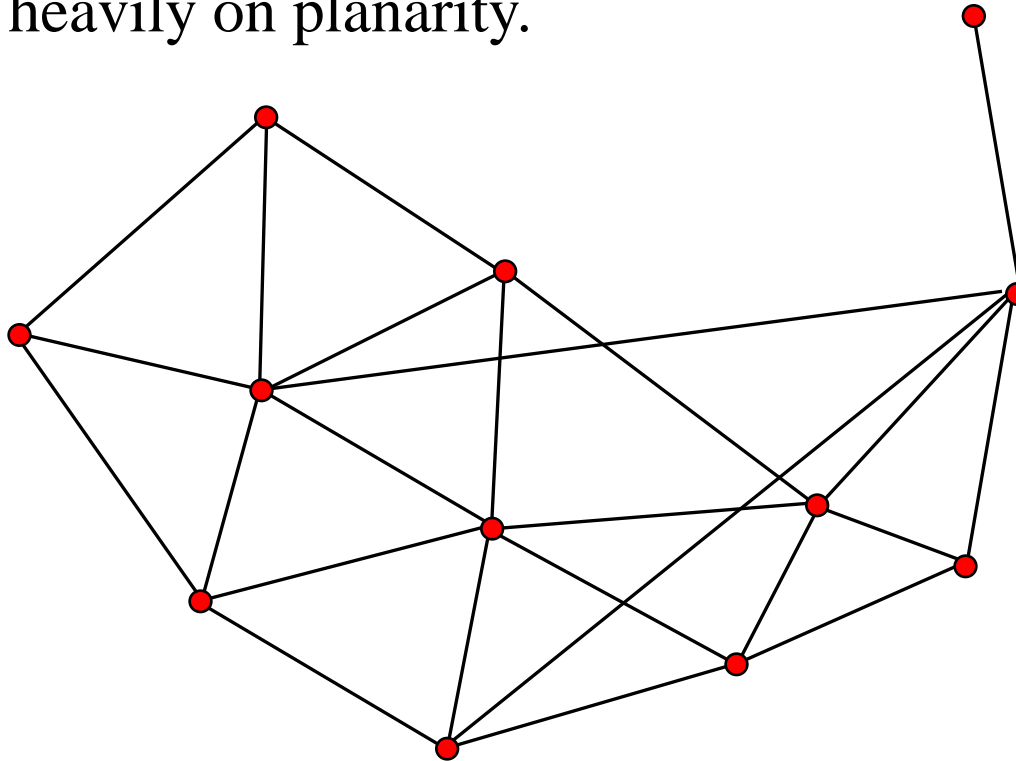
Problems with face routing?

It depends too heavily on planarity.



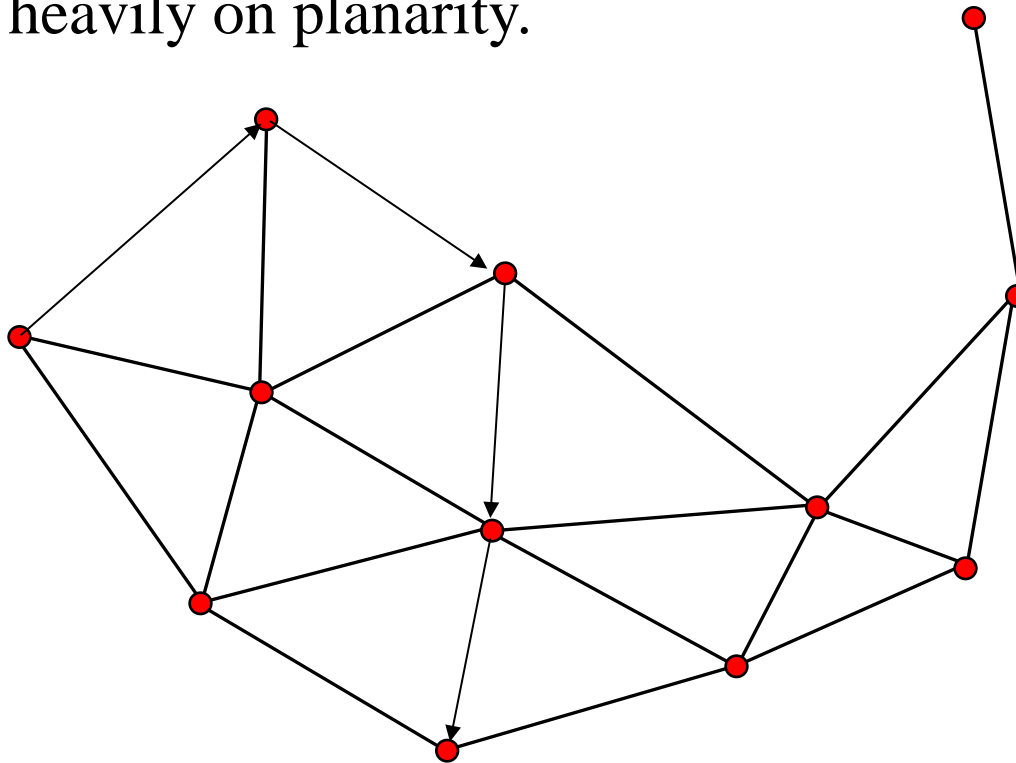
Problems with face routing?

It depends too heavily on planarity.



Problems with face routing?

It depends too heavily on planarity.

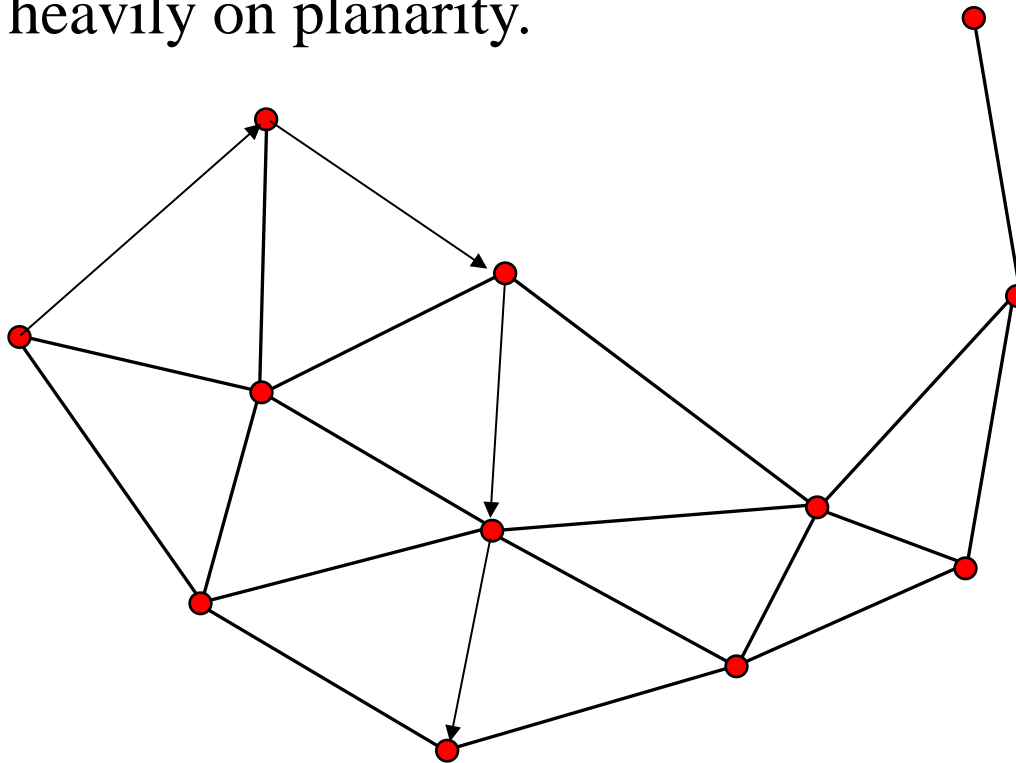


Strongly connected graphs?



Problems with face routing?

It depends too heavily on planarity.



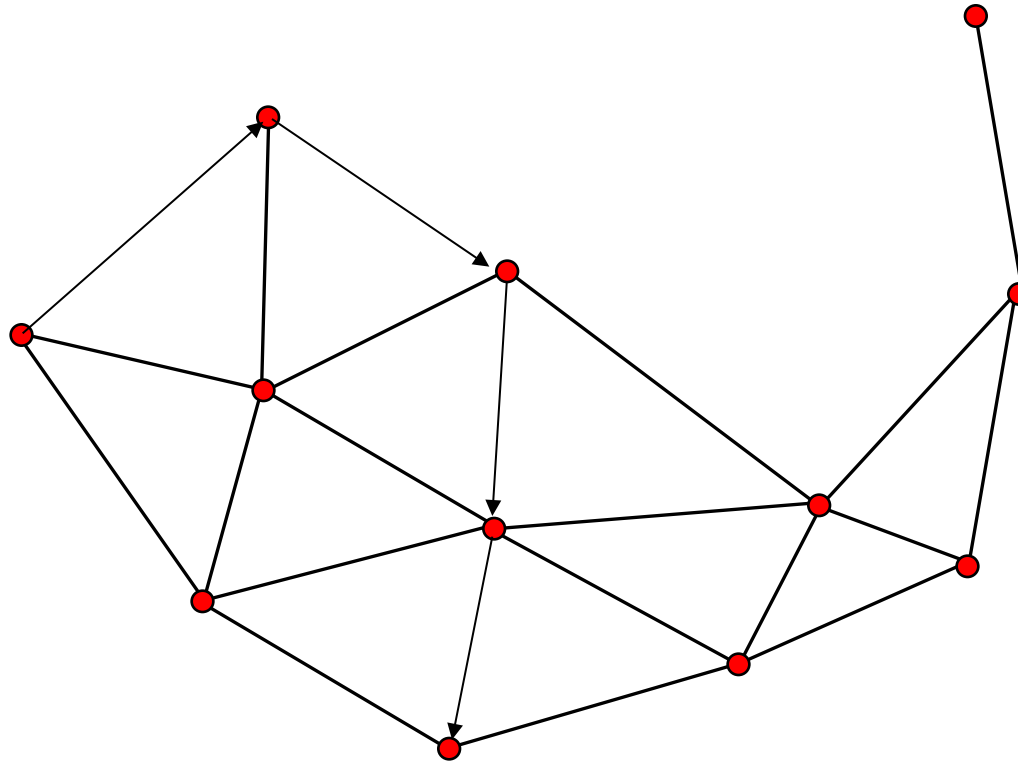
E.g. nodes have different ranges of transmission.





Problems with face routing?

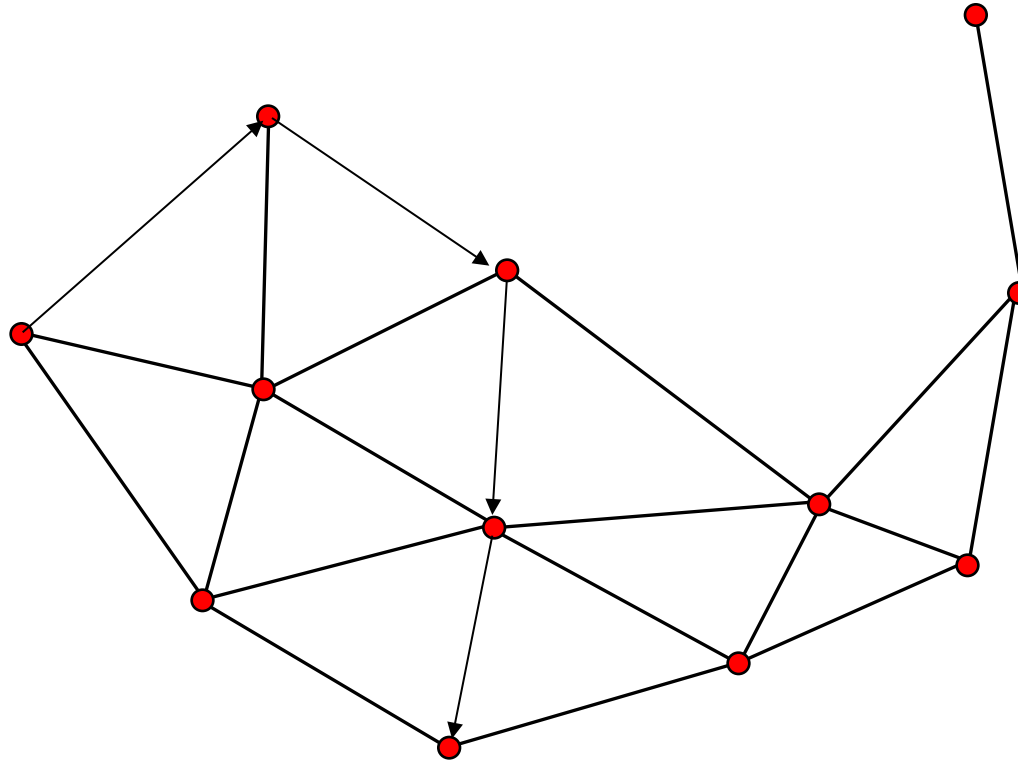
3-d





Problems with face routing?

3-d



In a full Delaunay triangulation compass routing works.

