

Redes y Sistemas Complejos

Práctica 3: Estudio Comparativo de Métodos para Poda y
Visualización de Redes

Curso 2024-2025

NOMBRE Y APELLIDOS: **CARLOS GUASP LÓPEZ**

DNI: **43222505P**

CORREO ELECTRÓNICO: **carlosguasp@correo.ugr.es**



**UNIVERSIDAD
DE GRANADA**

ÍNDICE

PRIMERA PARTE	2
Resultados obtenidos	2
Análisis de los Resultados	5
¿Existe alguna correlación entre la intensidad de la poda y el valor de q ?	5
¿Existe alguna correlación entre la distancia media y el valor de q ?	5
¿A partir de qué valor de “ q ” la PFNET alcanza su máximo nivel de poda?	6
¿Es alto o bajo el valor $q=n-1$? ¿A qué puede deberse?	6
¿Hay mucha dispersión en el umbral de “ q ” dependiendo del cienciograma?	6
Conclusiones Generales	6
Visualización de los cienciogramas	7
Cienciograma: World.net	7
Distribución: Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas)	7
Distribución: Fruchterman-Reingold (F-R)	8
Cienciograma: Spain-2004.net	9
Distribución: Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas)	9
Distribución: Fruchterman-Reingold (F-R)	10
SEGUNDA PARTE	11
Tabla - Comparación de los tiempos de ejecución de las variantes de Pathfinder en redes aleatorias	11
Análisis de los Resultados	11
Visualización de los cienciogramas	12

PRIMERA PARTE

Resultados obtenidos

<World.net> (n=218)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	20154 / 0,852	1,148
q=2	280 / 0,012	4,938
q=3	233 / 0,010	6,236
q=4	223 / 0,009	6,938
q=5	220 / 0,009	7,190
q=n-1	217 / 0,009	7,698

<Spain-1998.net> (n=258)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	12971 / 0,391	1,638
q=2	320 / 0,010	5,028
q=3	279 / 0,008	6,429
q=4	267 / 0,008	8,058
q=5	267 / 0,008	8,058
q=n-1	267 / 0,008	8,058

<Spain-2002.net> (n=264)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	21807 / 0,628	1,372
q=2	320 / 0,009	4,792
q=3	274 / 0,008	5,829
q=4	265 / 0,008	6,546
q=5	263 / 0,008	6,870
q=n-1	263 / 0,008	6,870

<Spain-2004.net> (n=269)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	24991 / 0,693	1,307
q=2	332 / 0,009	4,776
q=3	280 / 0,008	5,881
q=4	272 / 0,008	7,035
q=5	271 / 0,008	7,199
q=n-1	270 / 0,007	7,712

<United_States-2002.net> (n=276)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	31292 / 0,825	1,175
q=2	314 / 0,008	5,226
q=3	287 / 0,008	6,295
q=4	279 / 0,007	7,531
q=5	277 / 0,007	7,603
q=n-1	275 / 0,007	8.168

<Japan-2002.net> (n=265)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	21754 / 0,622	1.379
q=2	316 / 0,009	4.972
q=3	279 / 0,008	5.689
q=4	269 / 0,008	6.271
q=5	267 / 0,008	7.134
q=n-1	267 / 0,008	7.134

<Portugal-2005.net> (n=265)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	20699 / 0,592	1.410
q=2	318 / 0,009	5.059
q=3	280 / 0,008	6.108
q=4	272 / 0,008	6.866
q=5	270 / 0,008	7.339
q=n-1	268 / 0,008	7.750

<United_Kingdom-2002.net> (n=276)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	28707 / 0,756	1.244
q=2	326 / 0,009	5.114
q=3	288 / 0,008	6.220
q=4	280 / 0,007	6.935
q=5	279 / 0,007	6.980
q=n-1	276 / 0,007	7.734

<Argentina-2005.net> (n=266)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	17938 / 0,509	1.497
q=2	324 / 0,009	4.700
q=3	277 / 0,008	5.726
q=4	269 / 0,008	6.080
q=5	268 / 0,008	6.114
q=n-1	267 / 0,008	6.211

<France-2002.net> (n=267)	Número de enlaces / Densidad	Distancia media <d>
Red original	23986 / 0,675	1.325
q=2	312 / 0,009	4.970
q=3	275 / 0,008	5.878
q=4	271 / 0,009	6.519
q=5	270 / 0,008	6.718
q=n-1	268 / 0,008	7.522

Análisis de los Resultados

A partir de las tablas, se pueden observar varios patrones en cómo cambia la estructura de las redes al aplicar el algoritmo Pathfinder con distintos valores de q.

¿Existe alguna correlación entre la intensidad de la poda y el valor de q?

Sí, hay una relación clara, que es que a medida que “q” aumenta, se eliminan más enlaces en la red.

- Para **q=2**, la poda es muy intensa y elimina la mayoría de los enlaces originales.
- **A partir de q=3**, el ritmo de eliminación se reduce, y los enlaces restantes disminuyen de forma más progresiva.
- **Con q=n-1**, aparece la red con menor número de enlaces, donde se consigue la poda máxima.

Por lo tanto, podemos afirmar que la intensidad de la poda está directamente relacionada con “q”.

¿Existe alguna correlación entre la distancia media y el valor de q?

En este caso, también existe una correlación, en la que la distancia media aumenta mientras “q” crece. Al eliminar enlaces en la red, los caminos entre los nodos tienden a hacerse más largos, por lo que tiene sentido que sea así.

- Para **q=2**, la distancia media ya es mucho mayor que en la red original, reflejando una estructura más dispersa.
- **A partir de q=2**, los incrementos en la distancia media son más suaves, pero el patrón se mantiene.

¿A partir de qué valor de “q” la PFNET alcanza su máximo nivel de poda?

El nivel máximo de poda, donde quedan el menor número de enlaces, siempre se alcanza con **$q=n-1$** . Este es el valor más alto posible para “q”, lo que significa que Pathfinder evalúa todas las conexiones de la red antes de eliminar las redundantes.

No obstante, **en algunas** redes (como por ejemplo, Spain-1998.net), el número de enlaces ya no cambia significativamente a partir de valores como **$q=4$** . Por lo que llegamos a la conclusión de que **el nivel máximo** de poda **puede alcanzarse antes** en redes densas o con estructuras bien conectadas.

¿Es alto o bajo el valor $q=n-1$? ¿A qué puede deberse?

El valor **$q=n-1$** **es alto** porque se corresponde con el análisis más completo de los caminos posibles en la red. En este caso, Pathfinder elimina todos los enlaces redundantes, manteniendo solo los estrictamente necesarios para conectar los nodos.

Esto explica por qué $q=n-1$ siempre produce la poda más intensa, ya que al evaluar todos los caminos posibles, se eliminan incluso las redundancias menos evidentes.

¿Hay mucha dispersión en el umbral de “q” dependiendo del cienciograma?

Sí, hay dispersión, ya que en redes densas, como Spain-1998.net o **Spain-2002.net**, la poda **se estabiliza pronto**, y el número de enlaces no cambia mucho para valores mayores de q. En redes más dispersas, como **World.net** o United_States-2002.net, es necesario llegar a **$q=n-1$** para alcanzar la poda máxima.

Esto depende de la estructura inicial de cada red. Las redes densas suelen estabilizarse más rápido porque tienen muchos enlaces redundantes que se eliminan en las primeras etapas. Por el contrario, en redes menos conectadas, el algoritmo necesita considerar valores más altos de “q” para alcanzar el mismo efecto. Aún así, las diferencias no son muy grandes.

Conclusiones Generales

Una vez respondidas las preguntas, podemos sacar unas conclusiones generales:

- La **poda** es más **intensa** para **valores pequeños de “q”**, especialmente entre $q=2$ y $q=3$.
- La **distancia media aumenta con “q”** ya que la red se vuelve más dispersa al eliminar enlaces cortos.
- El valor **$q=n-1$** asegura la **poda máxima**, pero en redes densas, este nivel puede alcanzarse antes.
- Las diferencias entre redes dependen de su densidad: las **redes densas** estabilizan la **poda más rápido**, mientras que las **dispersas** necesitan analizar **más caminos**.

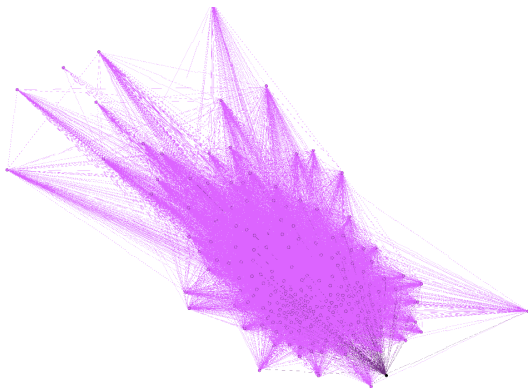
En conclusión, el comportamiento del algoritmo es consistente en todas las redes, pero su impacto varía según las características de cada una.

Visualización de los cienciogramas

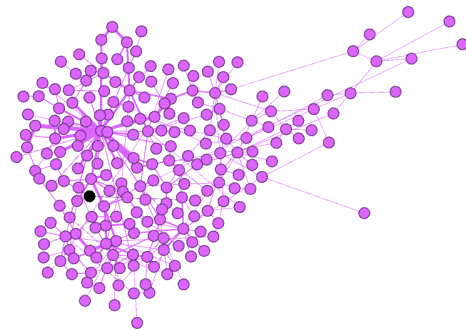
Cienciograma: World.net

Distribución: Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas)

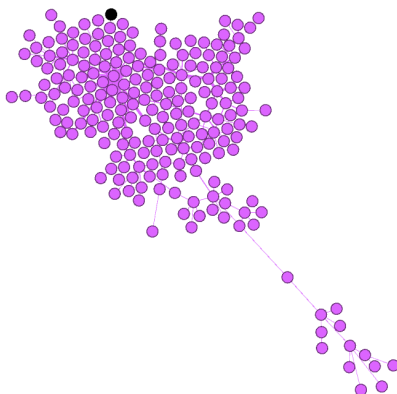
$PFNET(r=\infty, q=1)$



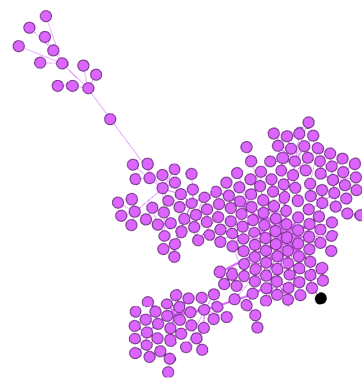
$PFNET(r=\infty, q=2)$



$PFNET(r=\infty, q=4)$

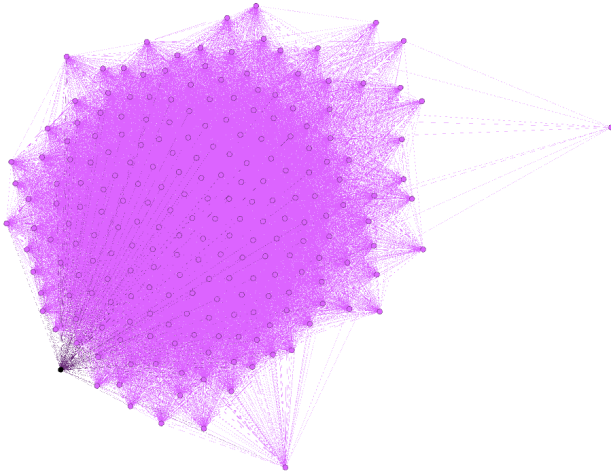


$PFNET(r=\infty, q=n-1)$

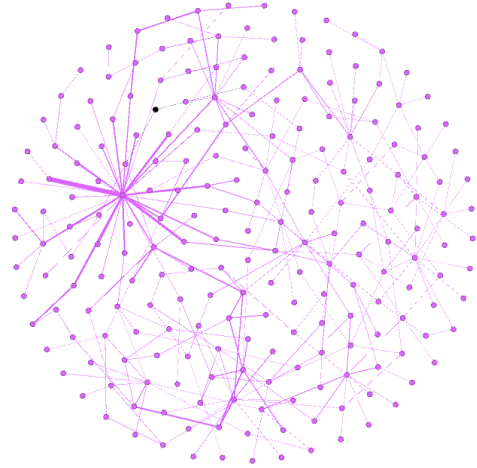


Distribución: Fruchterman-Reingold (F-R)

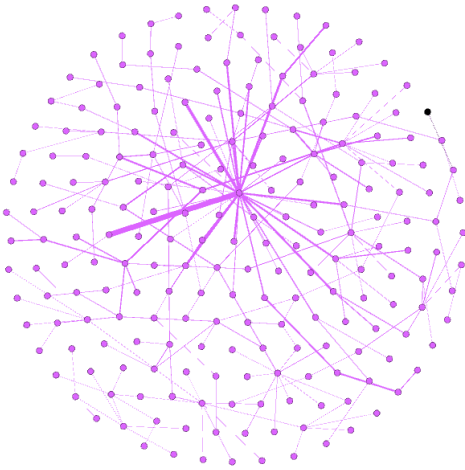
$PFNET(r=\infty, q=1)$



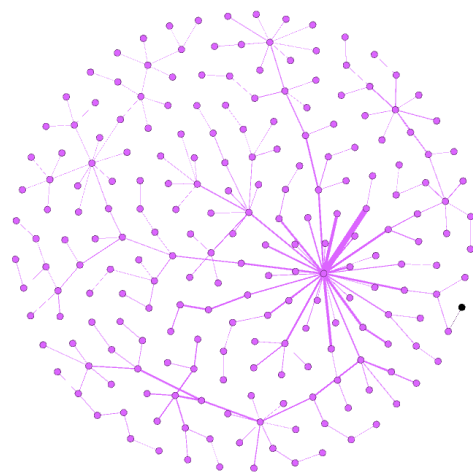
$PFNET(r=\infty, q=2)$



$PFNET(r=\infty, q=4)$



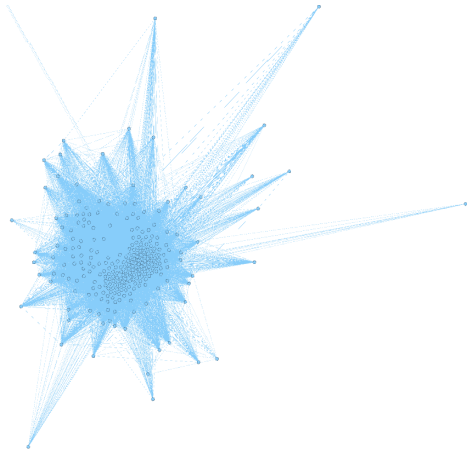
$PFNET(r=\infty, q=n-1)$



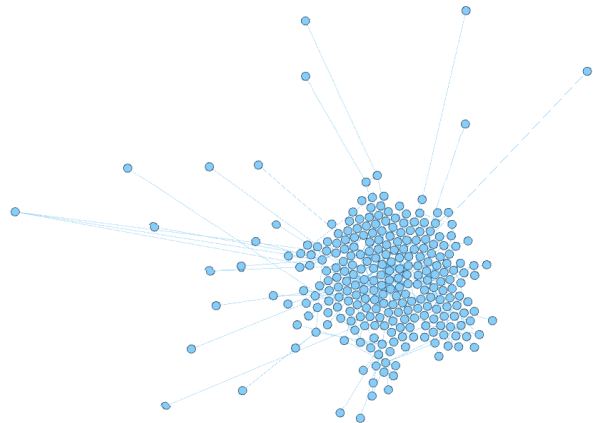
Cienciograma: Spain-2004.net

Distribución: Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas)

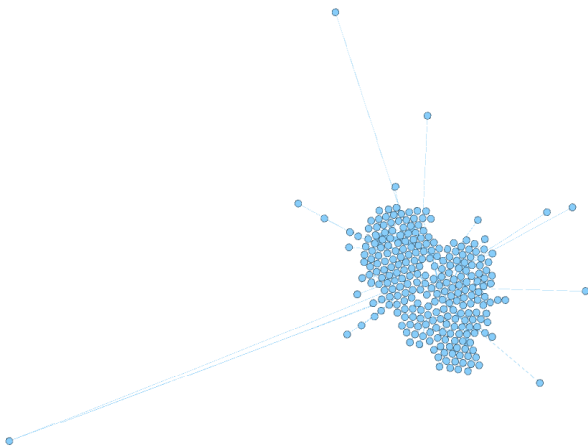
$PFNET(r=\infty, q=1)$



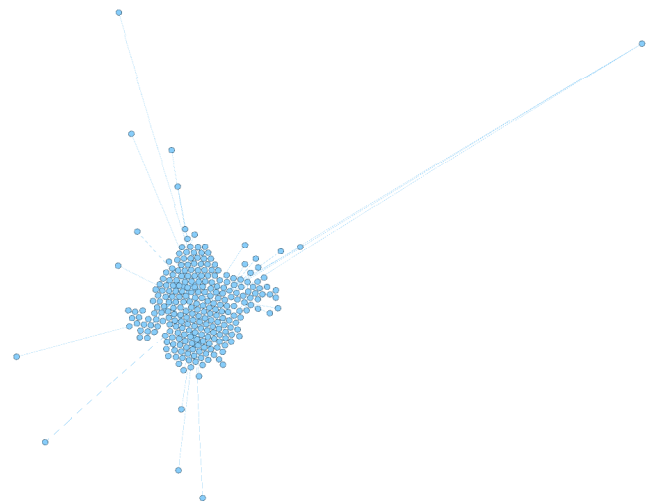
$PFNET(r=\infty, q=2)$



$PFNET(r=\infty, q=4)$

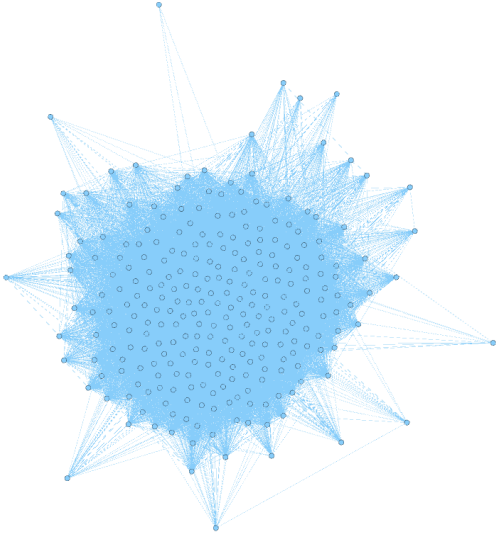


$PFNET(r=\infty, q=n-1)$

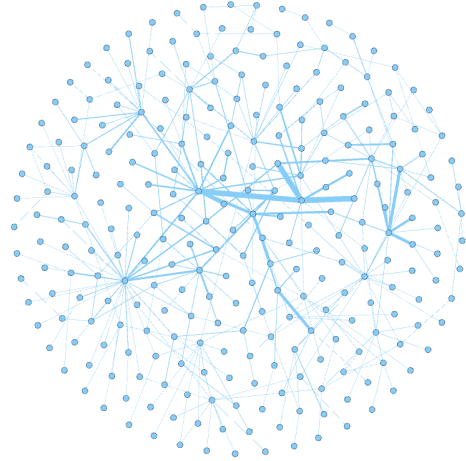


Distribución: Fruchterman-Reingold (F-R)

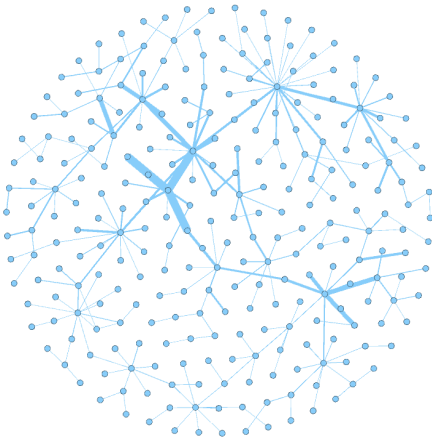
$PFNET(r=\infty, q=1)$



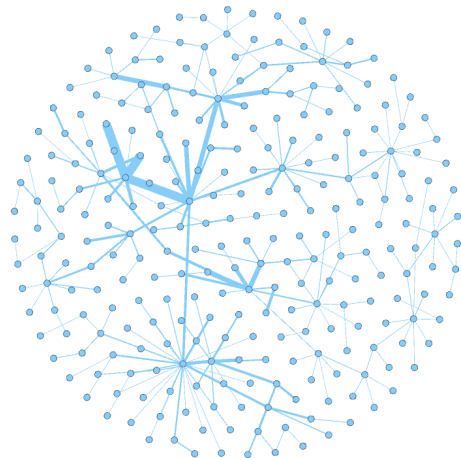
$PFNET(r=\infty, q=2)$



$PFNET(r=\infty, q=4)$



$PFNET(r=\infty, q=n-1)$



SEGUNDA PARTE

Para la generación de redes aleatorias se han tenido en cuenta una serie de parámetros:

size=10000: Define el tamaño de la red, es decir, el número de nodos en la red aleatoria que se va a generar. En este caso, se están generando redes con 10,000 nodos.

symmetry=1: Indica que la red es no dirigida. Si fuera 0, la red sería dirigida, es decir, los enlaces tendrían una dirección específica entre los nodos. Con 1, los enlaces son bidireccionales.

diagonal_value=0: Determina si los nodos tienen un valor en sus "diagonales" (autoenlaces). En este caso, el valor 0 indica que no se permiten enlaces a sí mismos (los nodos no tienen un autoenlace).

weight_type=1: Define el tipo de pesos que tendrán los enlaces en la red. El valor 1 indica que los pesos serán reales, es decir, valores numéricos que pueden representar diferentes propiedades de los enlaces como distancia, coste, etc.

min_weight=1.5: Establece el peso mínimo para los enlaces en la red. En este caso, los enlaces tendrán un peso de al menos 1.5.

max_weight=10.5: Establece el peso máximo para los enlaces en la red. Los enlaces tendrán un peso que estará entre 1.5 y 10.5.

edge_prob=0.1: Define la probabilidad de que exista un enlace entre dos nodos. En este caso, hay un 10% de probabilidad de que dos nodos estén conectados por un enlace.

iterations=5: Define el número de redes aleatorias que se van a generar. En este caso, se generarán 5 redes diferentes.

max_time=1800: establece el tiempo máximo permitido para la ejecución de un proceso, en este caso, 1800 segundos, lo cual equivale a 30 minutos.

De estos parámetros el único que se ha ido modificando es "size", para cambiar la cantidad de nodos de las redes generadas (500, 1000, 2000, 5000, 10000)

Tabla - Comparación de los tiempos de ejecución de las variantes de Pathfinder en redes aleatorias

Todos los **tiempos** están calculados **en segundos**. Además, donde aparece “1800”, se trata de limitaciones por parte del usuario de media hora por ejecución.

n	Media E	Media D	Tiempo PF original	Tiempo Binary PF	Tiempo Fast PF	Tiempo MST-PF (baja cmpl.)	Tiempo MST-PF (práctico)
500	12.422	0,1	50,123	3,525	0,317	0,37	0,38
1000	50.023	0,1	1167,987	61,214	2,417	0,120	0,158
2000	199.772	0,1	1800	523,071	14,953	0,339	0,344
5000	1.249.711	0,1	1800	1800	217,341	2,035	2,129
10000	4.999.933	0,1	1800	1800	1719,773	9,308	10,524

Análisis de los Resultados

Como análisis general podemos concluir que los resultados muestran un **comportamiento esperado** según la complejidad teórica de los algoritmos. Los tiempos de ejecución **aumentan significativamente** con el tamaño de la red, siendo **especialmente** notorio en los algoritmos de mayor complejidad, como el **PF original y el Binary PF**.

Por otro lado, los algoritmos optimizados, como el **Fast PF y las variantes MST**, destacan por su **eficiencia**, manteniendo tiempos bajos incluso en redes grandes. La densidad de las redes es constante (**D=0.1**, elegida por nosotros), lo que permite una comparación equitativa entre los métodos, y **resalta cómo la optimización** del algoritmo puede marcar **grandes diferencias**, especialmente en redes de gran escala.

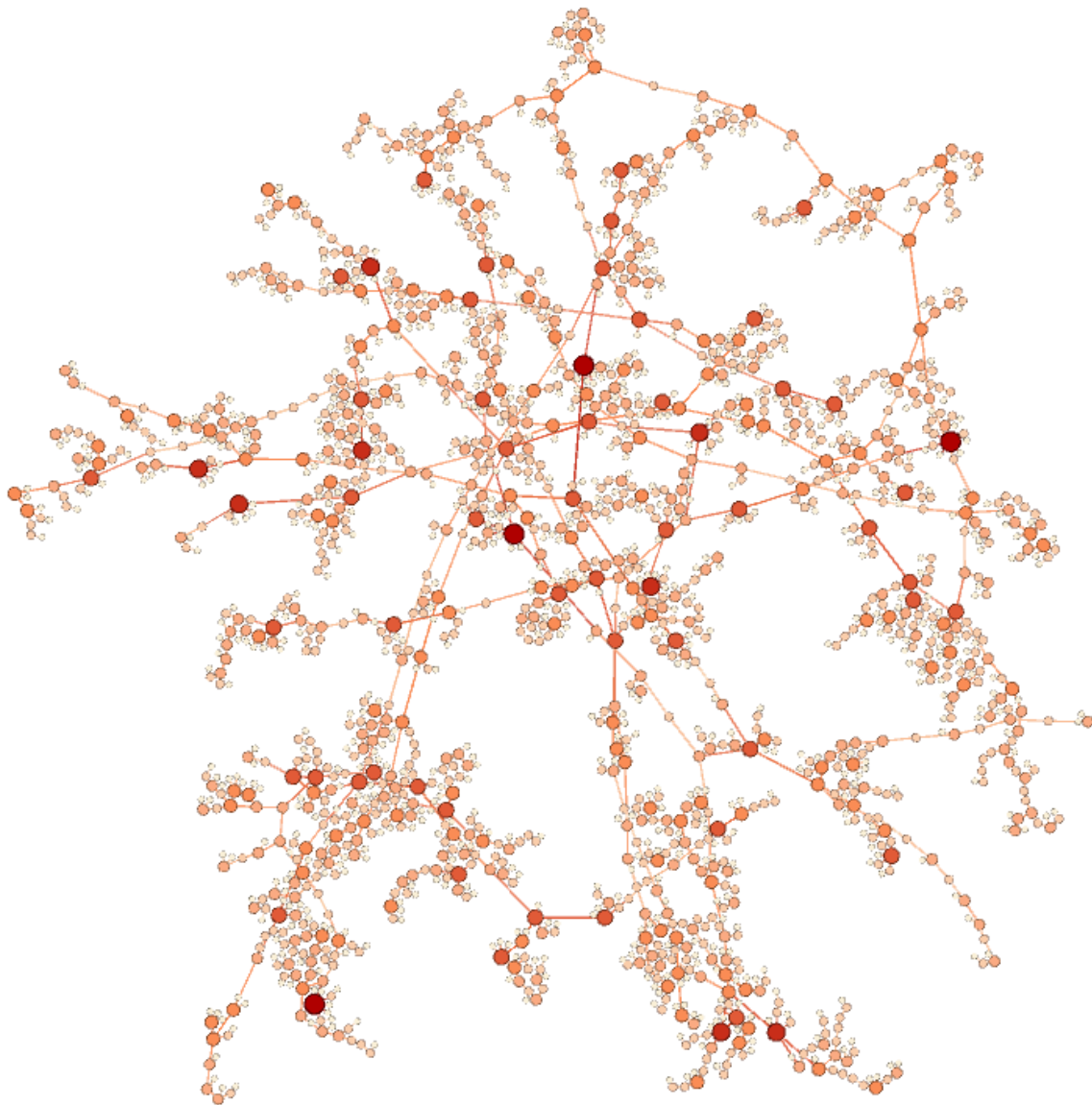
Análisis MST-PF (baja complejidad) | MST-PF (práctico)

Al comparar los tiempos de ejecución, la variante de baja complejidad **$O(n^2 \cdot \log n)$** es consistentemente **más rápida** que la práctica **$O(n^3)$** en todos los tamaños de red. Para redes pequeñas ($n=500, 1000$), la diferencia es mínima: en $n=500$, ambas tardan aproximadamente 0,37-0,38 segundos. Sin embargo, en redes más grandes ($n=5000, 10000$), la variante de baja complejidad muestra tiempos significativamente menores. Por ejemplo, en **$n=10000$** , toma **9,3** segundos **frente a 10,5** de la práctica.

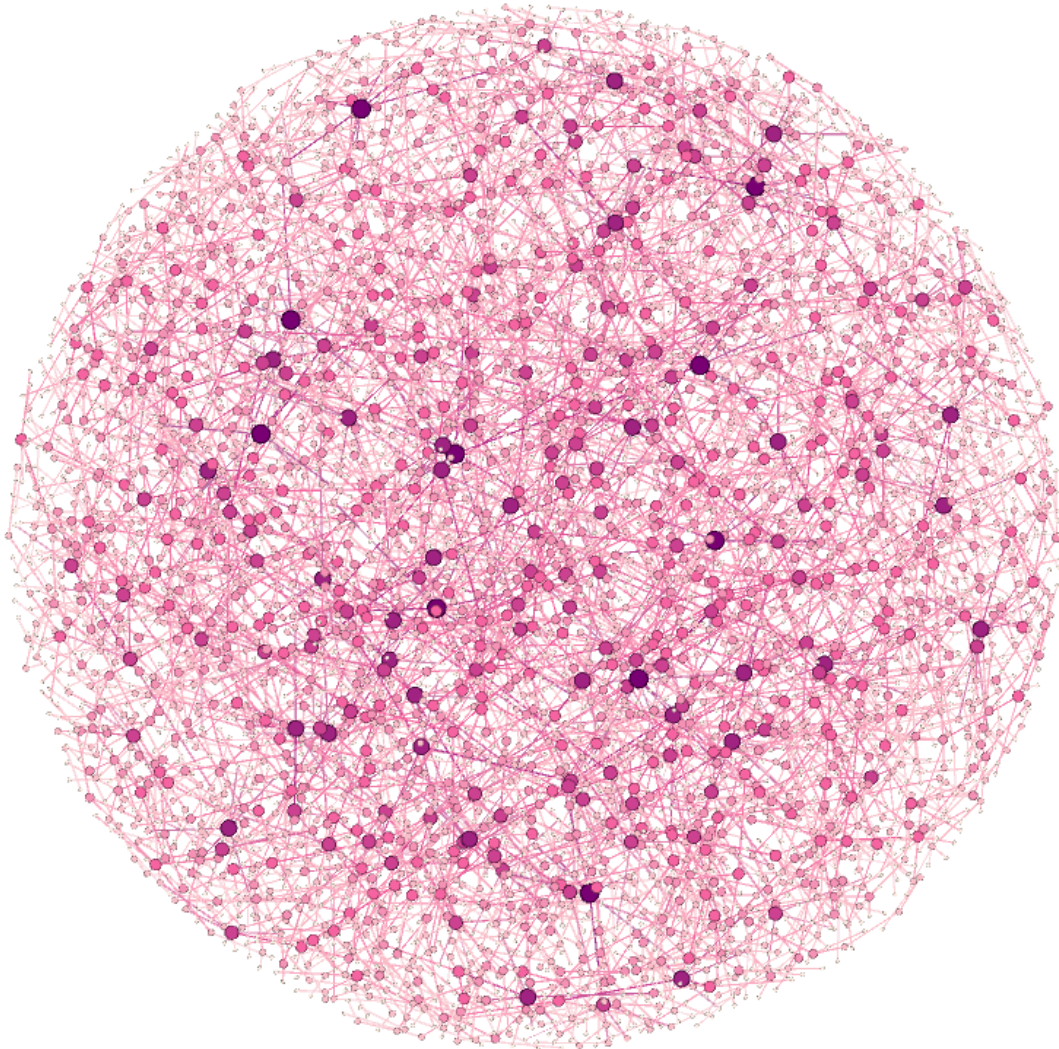
Esto se debe a su mejor **escalabilidad teórica**. Mientras que la variante práctica tiene un crecimiento cúbico, la de baja complejidad aprovecha su **dependencia logarítmica en n**, lo que la hace más eficiente conforme aumenta el tamaño de la red.

Visualización de los cienciogramas

Visualización de la PFNET($r=\infty$, $q=n-1$) de una red aleatoria realizada con el método de distribución **Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas)**..
La PFNET tiene $n=2000$ y $|E|=1999$



Visualización de la PFNET($r=\infty$, $q=n-1$) de una red aleatoria
realizada con el método de distribución **Fruchterman-Reingold (F-R)**
La PFNET tiene $n=5000$ y $|E|=5000$



Visualización de la PFNET($r=\infty$, $q=n-1$) de una red aleatoria
realizada con el método de distribución **Kamada-Kawai (K-K) (Force Atlas 2)**..
La PFNET tiene $n=10000$ y $|E|=10001$

