

Manual de Uso del Programa de Agrupamiento de Redes de Distribución

Escuela de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Costa Rica

Setiembre 2020

V.1.0

Se ha desarrollado una herramienta ejecutable para agrupar redes de distribución. El software puede leer una tabla de datos, ya sea de un archivo .csv o de capas de información geográfica .shp y resulta en un conjunto de familias de redes de distribución y las redes representativas para cada familia. El presente documento presenta la guía de uso de dicho programa.

La interfaz de la herramienta se muestra en la figura 1, donde se puede observar los bloques de entrada del programa. Cada bloque de entrada recibe información específica la cual utiliza para realizar el proceso de agrupamiento. A lo largo de este documento se explica cada bloque de entrada para que el usuario introduzca los datos solicitados de forma correcta.

The screenshot shows the main window of the 'Agrupamiento de Redes de Distribucion' program. The window has a title bar with the program name and standard Windows window controls. The main area is divided into several sections, each with a specific input field and a 'Browse' button (represented by three dots). The sections are: 1. 'Seleccione los archivos' (highlighted with a green box) containing 'Datos de Entrada' with radio buttons for 'CSV' and 'Capas de QGIS'. 2. A text input field for 'CSV' (highlighted with a red box). 3. 'Capas de QGIS' section with three input fields for 'Lineas de Media Tension', 'Lineas de Baja Tension', and 'Transformadores'. 4. 'Cargas' section with two input fields. 5. 'Redes de Distribucion' section with one input field. 6. 'Carpeta Destino' section with one input field. 7. 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons at the bottom right. 8. A blue box highlights the entire main content area of the window.

Figura 1. Ventana principal y bloques de entrada

Los bloques de entrada son los siguientes:

1- Selección de Formato de Entrada:

En este bloque se selecciona cuál formato se utilizará para realizar los archivos de entrada que serán utilizados en el ejercicio de agrupamiento.

2- Tabla de Datos

En caso de seleccionar la tabla de datos en el bloque de entrada 1, en este bloque se ingresa la ubicación del archivo **.csv** donde se encuentra la tabla con la información correspondiente a los circuitos por estudiar.

3- Capas de QGIS de Media Tensión

En caso de seleccionar las capas de QGIS en el bloque de entrada 1, en este bloque se ingresa la ubicación del archivo **.shp** donde se encuentran las capas de Líneas de Media Tensión.

4- Capas de QGIS de Baja Tensión

En caso de seleccionar las capas de QGIS en el bloque de entrada 1, en este bloque se ingresa la ubicación del archivo **.shp** donde se encuentran las capas de Líneas de Baja Tensión.

5- Capas de QGIS de Transformadores

En caso de seleccionar las capas de QGIS en el bloque de entrada 1, en este bloque se ingresa la ubicación del archivo **.shp** donde se encuentran las capas de Transformadores.

6- Capas de QGIS de Cargas

En caso de seleccionar las capas de QGIS en el bloque de entrada 1, en este bloque se ingresa la ubicación del archivo **.shp** donde se encuentran las capas de Cargas, ya sea de media tensión o de baja tensión.

7- Archivo de Redes de Distribución

El archivo de redes de distribución es un archivo **.txt** que contiene el nombre de las subestaciones y de las redes de distribución por estudiar.

8- Carpeta Destino

La carpeta destino indica en donde se va a guardar los resultados finales. Los resultados finales incluyen un archivo **.txt** de cada familia resultante y en caso de seleccionar archivos de entrada de formato **.shp** también incluye un mapa GIS de las redes representativas resultantes.

1. Selección de Formato de Entrada

La selección de formato de entrada requiere escoger un formato, ya sea CSV o GIS.

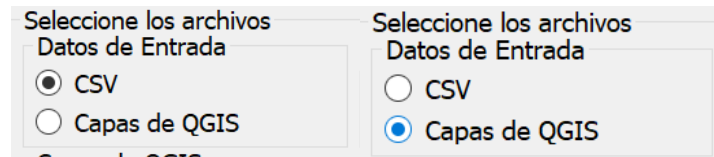


Figura 2. Elección de formato de entrada

En caso de escoger CSV, se pasa al punto 2, donde se ingresa un archivo de tabla de datos en formato ***.csv**.

En caso de escoger capas de GIS, se sigue el procedimiento de los puntos 3-6, donde se ingresan los archivos en formato ***.shp**. Si se marca esta opción se debe ingresar como mínimo una capa de GIS que tenga *Líneas de Media Tensión, Líneas de Baja Tensión, Transformadores y Cargas*.

2. CSV

El formato de CSV asume que el usuario ya tiene una tabla de datos creada para las redes de distribución, con las características ya escogidas. El archivo debe tener seguir dos requerimientos:

- La primera fila contiene los nombres de cada característica por estudiar, esto dependiendo de los valores disponibles para el usuario.
- La segunda fila en adelante contiene las cantidades de cada característica para cada red de distribución por estudiar.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de un archivo CSV aceptable para el algoritmo de agrupamiento.

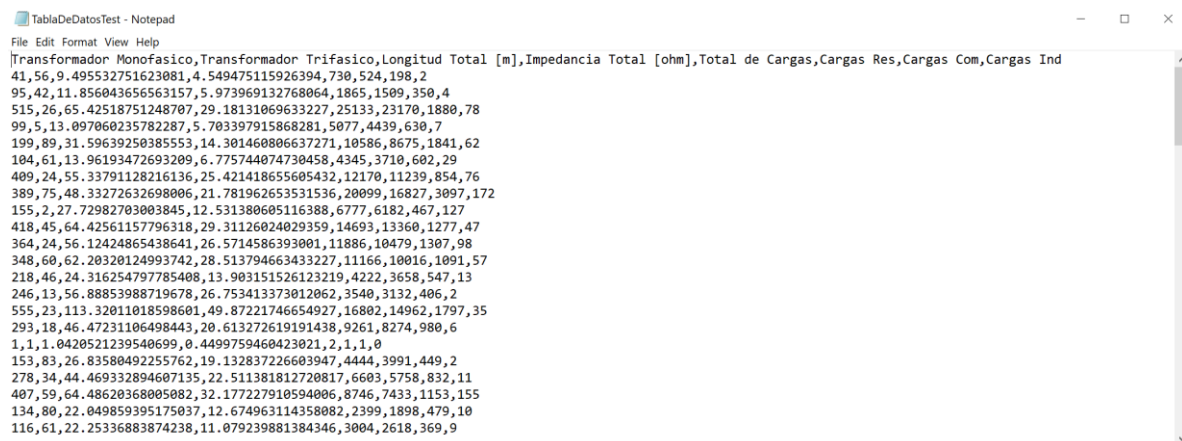


Figura 3. Ejemplo de tabla de datos en formato *.csv

Es posible observar que el archivo CSV no contiene los nombres de las redes de distribución, esto viene del archivo de Redes de Distribución que se discute en el punto 7. De escoger el formato de entrada CSV, el usuario puede ignorar los puntos 3-6.

3. Capas de QGIS de Líneas Media Tensión

En caso de escoger el formato GIS el usuario puede ignorar el punto 2 e ingresar los archivos de capas de línea de media tensión, líneas de baja tensión, transformadores y cargas. En el cuadro __ se muestran los atributos necesarios para las capas de líneas de media tensión.

Tabla 1. Atributos requeridos para capas de líneas de media tensión

Archivo Shape	Atributos Requeridos
Líneas de Media Tensión (Aéreas o Subterráneas)	FEEDERID
	SUBESTACION
	LENGTH
	NEUTMAT
	NEUTSIZ
	NOMVOLT

FEEDERID: El nombre de la red de distribución a la cual pertenece cada elemento de la capa. Por ejemplo:

- 1101 SAN DIEGO
- 1901 SUB_URUCA_1A
- 401 HIGUITO

Nota: Las redes de distribución identificadas con el prefijo “SUB”, serán caracterizadas como redes subterráneas.

SUBESTACION: El nombre de la subestación de distribución a la cual pertenece el elemento de la capa. Por ejemplo:

- GUADALUPE
- ESCAZU
- LA CAJA

LENGTH: Longitud del elemento en metros. Cualquier valor es aceptado mientras que sea un número válido.

NEUTMAT: Material del conductor de neutro, utilizado para el cálculo de impedancia. Los valores aceptables son:

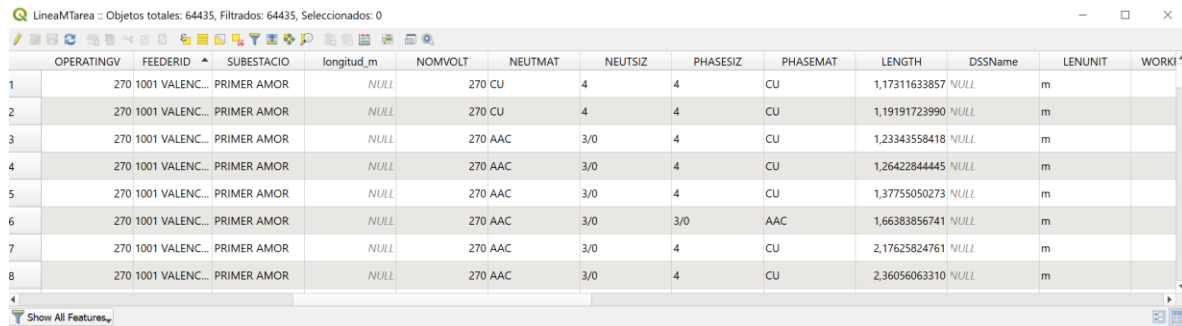
- CU: cobre
- AAC: aluminio
- AAAC: aluminio
- None: se toma como valor predeterminado Aluminio

NEUTSIZ: Calibre del cable conductor del neutro, utilizado para el cálculo de impedancia.

- 6: para #6 (AWG)
- 4: para #4 (AWG)
- 2: para #2 (AWG)
- 1/0: para #1/0 (AWG)

- 2/0: para #2/0 (AWG)
- 3/0: para #3/0 (AWG)
- 4/0: para #4/0 (AWG)
- 250: para 250 (kcmil)
- 300: para 300 (kcmil)
- 350: para 350 (kcmil)
- 400: para 400 (kcmil)
- 500: para 500 (kcmil)
- 600: para 600 (kcmil)
- 750: para 750 (kcmil)
- 1000: para 1000 (kcmil)

La figura 4 muestra una capa ejemplo con algunos de los valores aceptables para esta capa.



LineaMTarea - Objetos totales: 64435, Filtrados: 64435, Seleccionados: 0

	OPERATINGV	FEEDERID	SUBESTACION	longitud_m	NOMVOLT	NEUTMAT	NEUTSIZ	PHASESIZ	PHASEMAT	LENGTH	DSSName	LENUNIT	WORKI
1		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 CU	4	4	4	CU	1,17311633857	NULL	m	
2		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 CU	4	4	4	CU	1,19191723990	NULL	m	
3		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	4	4	CU	1,23343558418	NULL	m	
4		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	4	4	CU	1,26422844445	NULL	m	
5		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	4	4	CU	1,37755050273	NULL	m	
6		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	3/0	3/0	AAC	1,66383856741	NULL	m	
7		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	4	4	CU	2,17625824761	NULL	m	
8		270 1001 VALENC...	PRIMER AMOR	NULL	270 AAC	3/0	4	4	CU	2,36056063310	NULL	m	

Figura 4. Ejemplo de capa de línea de media tensión

4. Capas de QGIS de Líneas Baja Tensión

En esta primera versión del software, las capas de líneas de baja tensión no contribuyen a la construcción de la tabla de datos para el agrupamiento por lo que no tienen atributos requeridos. Son importantes para el resultado final donde se guardan las redes representativas de cada familia.

5. Capas de QGIS de Transformadores

En el cuadro se observa los atributos necesarios para la capa GIS de transformadores.

Tabla 2. Atributos requeridos para capa de transformadores

Archivo Shape	Atributos Requeridos
Transformadores	FEEDERID
	SUBESTACION
	CONEXBANCO

FEEDERID: El nombre de la red de distribución a la cual pertenece cada elemento de la capa. Por ejemplo:

- 1101 SAN DIEGO
- 1901 SUB_URUCA_1A
- 401 HIGUITO

SUBESTACION: El nombre de la subestación de distribución a la cual pertenece el elemento de la capa. Por ejemplo:

- GUADALUPE

- ESCAZU
- LA CAJA

CONEXBANCO: la configuración de conexión para el transformador estudiado, ya sea un transformador de una fase o de más de una fase.

- MONOFASICO
- TRIFASICO
- BOOSTER
- DELTAABIERTO
- PARALELO

NOMVOLT: tensión eléctrica de línea en el circuito de distribución. El valor en kV está determinado según los siguientes códigos:

Código	Tensión (kV)	Configuración
120	4.16	Estrella
150	7.20	Delta
160	7.20	Estrella
210	12.5	Estrella
230	13.2	Estrella
260	13.8	Delta
270	13.8	Estrella
340	24.9	Estrella
380	34.5	Estrella

6. Capas de QGIS de Cargas

Las capas de cargas pueden venir en múltiples capas, ya que existe mucha variación en el tipo de cargas que puede existir en una red de distribución. Para el caso general, el cuadro ejemplifica los atributos mínimos requeridos para esta capa.

Tabla 3. Atributos requeridos para capas de cargas

Archivo Shape	Atributos Requeridos
Cargas	FEEDERID
	SUBESTACION
	SECTOR

FEEDERID: El nombre de la red de distribución a la cual pertenece cada elemento de la capa. Por ejemplo:

- 1101 SAN DIEGO
- 1901 SUB_URUCA_1A
- 401 HIGUITO

SUBESTACION: El nombre de la subestación de distribución a la cual pertenece el elemento de la capa. Por ejemplo:

- GUADALUPE
- ESCAZU
- LA CAJA

SECTOR: El sector corresponde al tipo de carga del elemento:

- 1.0: Residencial
- 2.0: Comercial
- 3.0: Comercial

Una vez que se ingresan las capas requeridas para ejecutar la preparación de datos, el programa revisa que contenga las columnas correctas y de ser así, genera una tabla de datos sin normalizar, la cual contiene las siguientes columnas:

- | | |
|--------------------------------|---------------------------|
| • Transformadores Monofásicos. | • Número total de Cargas. |
| • Transformadores Trifásicos. | • Cargas residenciales. |
| • Longitud total de línea. | • Cargas Comerciales. |
| • Impedancia total de línea. | • Cargas Industriales. |

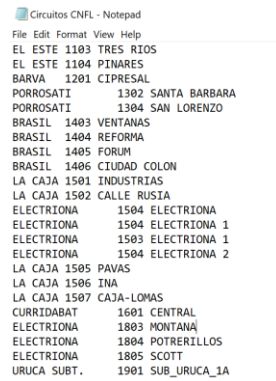
Con esta tabla creada es posible realizar el algoritmo de agrupamiento.

7. Archivo de Redes de Distribución

El archivo de redes de distribución corresponde a un documento de texto (*.txt) el cual contenga dos columnas:

- La primera es la columna de subestaciones.
- La segunda es la columna de redes de distribución.

Este archivo es de suma importancia para cualquier formato de valores de entrada, esto pues provee la guía y el orden para el proceso de agrupamiento. La figura 5 muestra un ejemplo válido de un archivo de redes de distribución, las columnas del archivo de texto están separadas por un carácter tabulador.



```

File Edit Format View Help
EL ESTE 1103 TRES RIOS
EL ESTE 1104 PINARES
BARVA 1201 CIPRESAL
PORROSATI 1302 SANTA BARBARA
PORROSATI 1304 SAN LORENZO
BRASIL 1403 VENTANAS
BRASIL 1404 REFORMA
BRASIL 1405 FORUM
BRASIL 1406 CIUDAD COLON
LA CAJA 1501 INDUSTRIAS
LA CAJA 1502 CALLE RUSTIA
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA 1
ELECTRIONA 1503 ELECTRIONA 1
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA 2
LA CAJA 1505 PAVAS
LA CAJA 1506 INA
LA CAJA 1507 CAJA-LOMAS
CURRIDABAT 1601 CENTRAL
ELECTRIONA 1803 MONTANA
ELECTRIONA 1804 POTRERILLOS
ELECTRIONA 1805 SCOTT
URUCA SUBT. 1901 SUB_URUCA_1A

```

Figura 5. Ejemplo de archivo de redes de distribución

8. Carpeta Destino

La carpeta destino es cualquier carpeta donde el usuario desee guardar los resultados finales.

Ejemplo

Este ejemplo utilizará la base de datos CNFL-SIGEL-COMPLETO, que se encuentra en múltiples capas de GIS. Las capas presentes en esta base de datos se pueden observar en la figura 6.

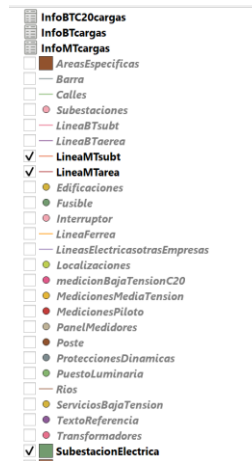


Figura 6. Capas de GIS para bloque de entrada

Ahora que se sabe se va a trabajar con capas de GIS, se pueden llenar los espacios de la ventana principal del programa.

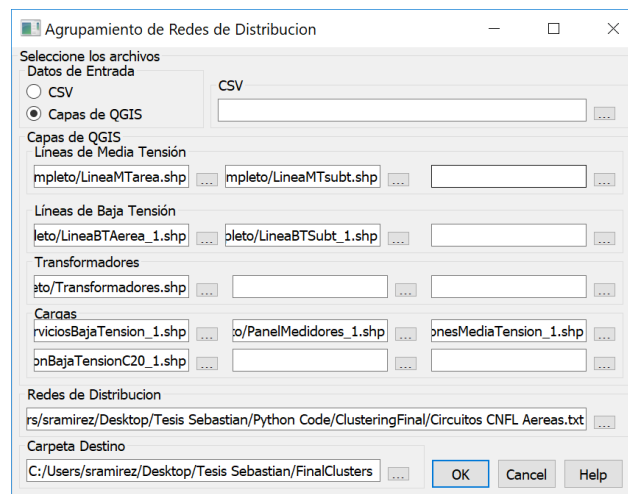


Figura 7. Configuración de bloques de entrada

El archivo de Redes de Distribución cumple con los requerimientos establecidos en el punto 7, donde la primera columna es el nombre de la subestación y la segunda columna es el nombre de las redes que son parte de esta subestación.

```

EL ESTE 1103 TRES RIOS
EL ESTE 1104 PINARES
BARVA 1201 CIPRESAL
PORROSATI 1302 SANTA BARBAR.
PORROSATI 1304 SAN LORENZO
BRASIL 1403 VENTANAS
BRASIL 1404 REFORMA
BRASIL 1405 FORUM
BRASIL 1406 CIUDAD COLON
LA CAJA 1501 INDUSTRIAS
LA CAJA 1502 CALLE RUSIA
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA 1
ELECTRIONA 1503 ELECTRIONA 1
ELECTRIONA 1504 ELECTRIONA 2
LA CAJA 1505 PAVAS
LA CAJA 1506 INA
LA CAJA 1507 CAJA-LOMAS
CURRIDABAT 1601 CENTRAL
ELECTRIONA 1803 MONTANA
ELECTRIONA 1804 POTRERILLOS
ELECTRIONA 1805 SCOTT

```

Figura 8. Archivo de redes de distribución

El programa corre iteraciones de cada algoritmo de agrupamiento y obtiene métricas de calidad para cada uno de ellos, el resultado de este proceso es una recomendación al usuario sobre cuál es el mejor algoritmo dependiendo del número de grupos estudiados.

```

For 2.0 clusters, recommend using K-Means
For 3.0 clusters, recommend using K-Means
For 4.0 clusters, recommend using K-Means
For 5.0 clusters, recommend using K-Means
For 6.0 clusters, recommend using K-Means
For 7.0 clusters, recommend using K-Means
For 8.0 clusters, recommend using K-Means
For 9.0 clusters, recommend using K-Means
For 10.0 clusters, recommend using K-Means
For 11.0 clusters, recommend using K-Means
For 12.0 clusters, recommend using K-Means
For 13.0 clusters, recommend using K-Means
For 14.0 clusters, recommend using K-Means
For 15.0 clusters, recommend using K-Means
For 16.0 clusters, recommend using K-Means
For 17.0 clusters, recommend using K-Means
For 18.0 clusters, recommend using K-Means
For 19.0 clusters, recommend using K-Means

```

Figura 9. Recomendación del algoritmo óptimo

Además, el programa provee imágenes comparativas de las métricas de calidad para que el usuario observe cuál es el algoritmo más eficaz y el número de grupos óptimo.

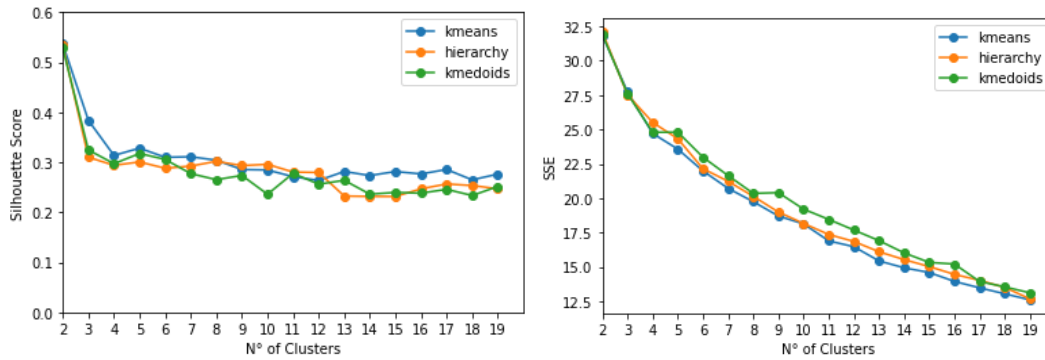


Figura 10. Imágenes de métricas de calidad

De manera intuitiva, se puede obtener el número óptimo de grupos si se busca maximizar las métricas de calidad de Coeficiente de Silueta, Criterio de varianza (VRC) o Matriz de Similitudes (SMI), así como minimizar el coeficiente de errores cuadrados (SSE).

Una vez que el usuario escoja el método adecuado y el número óptimo de grupos, puede responder las preguntas realizadas por el programa:

```
Which Clustering Method to use (1.KMeans, 2.Hierarchy, 3.KMedoids)?
1
How many clusters?:
8
```

Figura 11. Solicitud de input del usuario

Una vez hecho esto, el programa repite el proceso de agrupamiento con el algoritmo óptimo y guarda los resultados en la carpeta destino definida anteriormente.

```

In Cluster 1 there are 16 distribution networks. Making up 15.24% of the
total count
In Cluster 2 there are 33 distribution networks. Making up 31.43% of the
total count
In Cluster 3 there are 4 distribution networks. Making up 3.81% of the
total count
In Cluster 4 there are 13 distribution networks. Making up 12.38% of the
total count
In Cluster 5 there are 24 distribution networks. Making up 22.86% of the
total count
In Cluster 6 there are 4 distribution networks. Making up 3.81% of the
total count
In Cluster 7 there are 1 distribution networks. Making up 0.95% of the
total count
In Cluster 8 there are 10 distribution networks. Making up 9.52% of the
total count
Saving Final Clusters

```

Figura 12. Guardando clústers finales al terminar el agrupamiento

Una vez guardado el resultado final, en la carpeta destino se encuentran archivos de texto que definen cada uno de los grupos obtenidos:

```

This is Cluster1
The centroid is ['SAN MIGUEL', '2603 S.MIGUEL-S.DOM.']

Cluster Members:
['ALAJUELITA', '107 EL LLANO']
[155, 2, 29.20571685940423, 12.53138060511639, 6777, 6182, 467, 127]

['BARVA', '1201 CIPRESAL']
[246, 13, 59.64482722828583, 26.753413373012066, 3540, 3132, 406, 2]

['PORROSATI', '1304 SAN LORENZO']
[293, 18, 47.32429911624819, 20.613272619191434, 9261, 8274, 980, 6]

['BRASIL', '1405 FORUM']
[278, 34, 51.02602654721982, 22.5113818127208, 6603, 5758, 832, 11]

['CURRIDABAT', '1601 CENTRAL']
[174, 21, 23.875646844713366, 11.626082220959399, 6877, 5969, 763, 145]

['BELEN', '2201 ASUNCION']
[218, 51, 34.376975408722565, 15.12712232769979, 4965, 4050, 673, 44]

['SAN MIGUEL', '2603 S.MIGUEL-S.DOM.']

```

Figura 13. Resultado del agrupamiento

Debido a que se utilizaron datos de entrada en formato GIS, fue posible obtener archivos Shapefile para las redes representativas de cada uno de los grupos, como se observa en la figura 14.



Figura 14. Resultado del agrupamiento en caso de utilizar capas de GIS