



Comité Nacional Paraguayo



Unión de Ingenieros de ANDE

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25y 26 de Agosto de 2016

---

## **PROYECTO DE MÁS SUBESTACIONES Y MENOS REDES, CONSIDERANDO DISTRIBUCIÓN**

**Prof. MSc Ing. Miriam Elizabeth Medina Insfran**

**ANDE, Administración Nacional de Electricidad**

**Paraguay**

### **RESUMEN**

Debido a la extensión y la complejidad del sistema de Distribución en la ANDE, no es posible hacer un estudio, por la metodología actual, que abarca todo el sistema eléctrico de la empresa. Por lo tanto, el área a ser considerada sería la zona Metropolitana, que incluye Asunción y ciudades aledañas. Como la metodología tradicional es muy minuciosa, el estudio de cada alimentador considerado, es muy minuciosa, por la configuración dinámica, consume alrededor de un año de trabajo.

Principalmente la complicación se debe al comportamiento del sistema eléctrico, se observa que no es posible determinar las magnitudes eléctricas tales como la tensión, la carga, la pérdida, factor de potencia, etc., que son la base de estos estudios, con la misma precisión utilizada en los cálculos eléctricos tradicionalmente utilizados.

Otro valor asociado con la implementación de este proyecto, es el disminuir las grandes zonas de influencias de las SSEE, evitando riesgo de salidas por accidentes de gran número de clientes, de ejemplo, los siniestros suscitados en dos CDs Lambaré y San Lorenzo, durante los meses de Noviembre y Diciembre del Año 2015, la empresa a dejado fuera de servicio a más de 200.000 usuarios, con la propuesta suministrada, la cantidad de usuarios afectados sería reducido, ante cada dificultad en los CD del SE.

El método aquí propuesto tiene por objeto simplificar el modelo de cálculo, por lo que es más consistente con la precisión de la entrada de datos y que permite el diagnóstico de todo el sistema eléctrico de Distribución de la ANDE, sea hecho en un tiempo razonable. Utilizando esta metodología, se hizo un estudio algunos alimentadores de Distribución de la ANDE, considerando los datos estadísticos aproximados de los bloques de cargas de los alimentadores, considerando los datos del año 2014. Este estudio se consiguió en menos tiempo del proceso de cálculo convencional, teniendo en cuenta las etapas de levantamiento de datos y estudio de los datos, cálculo, análisis, propuestas de trabajos y conclusiones.

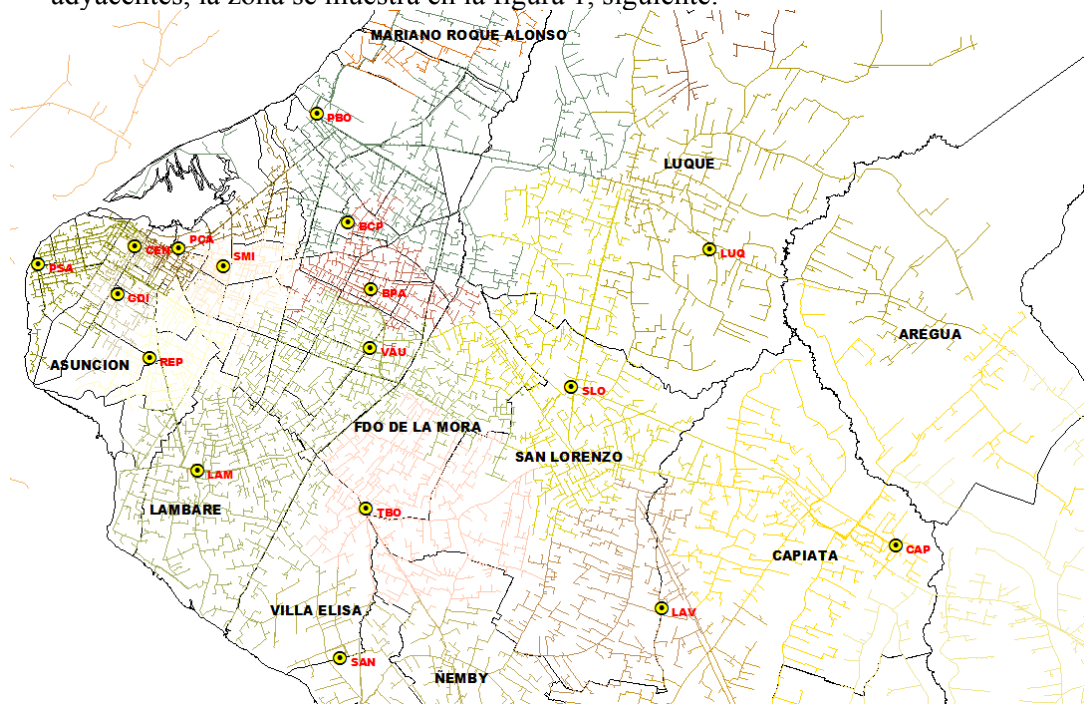
### **PALABRAS CLAVES**

Subestaciones compactas, Alimentadores, Transformador de Distribución, Factor de carga, Planificación de Alimentadores, Momento Eléctrico.

## 1. METODO ACTUAL

### 1.1 Diagnóstico de la Situación.

Para facilitar los estudios de los alimentadores, y por los datos obtenidos, el área a considerar es la zona Metropolitana que corresponde a la ciudad de Asunción y ciudades adyacentes, la zona se muestra en la figura 1, siguiente.



**Figura 1: Zona de Planificación de alimentadores**

El diagnóstico y el análisis de alternativas en los estudios de redes de MT se realizaron utilizando el software de simulación CYMDIS de CYME, que es un programa de flujo eléctrico y tiene alguna característica de planificación. Para la zona Metropolitana, este programa se utiliza, los datos disponibles de la red de media tensión eléctrica de la ANDE.

También en el software CYMDIST, se incluyen "instantáneas" representativas de la demanda estimada para cada cargamento de cada año de estudio. Con esta información se puede calcular las magnitudes eléctricas tales como la tensión, la carga, el desequilibrio y factor de potencia en todos los puntos de la red de media tensión en el horizonte del estudio es normalmente de 10 años. Todos los alimentadores fragmentos con alguna extrapolación de los niveles de calidad se ponen de relieve en el diagnóstico del estudio.

## 1.2 Propuesta de alternativas

En la etapa de propuesta de alternativas, se hacen análisis y simulaciones de obras para cada tramo de la red de MT con una estimación de los niveles de calidad esperados por el horizonte del estudio.

Para cada alternativa planteada se hace un análisis económico y luego se elige la alternativa ganadora. Toda esta información es detallada y en el informe del estudio que después de aprobado se convierte en parte de la propuesta de las obras de refuerzo de las redes de media tensión.

## 2. PROPUESTA DEL METODO

### 2.1 Criterios

Para este trabajo se consideraron los siguientes criterios.

- 2.1.1 Límite del 60% del porcentaje de carga de los alimentadores en MT.
- 2.1.2 Límite máximo de 5.000 clientes por alimentadores..
- 2.1.3 Límite del 60% del porcentaje de carga de las SSEE, de la zona considerada.

### 2.2 Recopilación de datos

Para este trabajo, se utilizaron los datos de las redes de MT con que cuenta la ANDE, específicamente el Arc View, que es un software corporativo e institucional.

#### 2.2.1 Datos de los alimentadores en MT:

- 2.2.1.1 Configuración
- 2.2.1.2 Longitud
- 2.2.1.3 Sección
- 2.2.1.4 Fases
- 2.2.1.5 Mediciones de carga en la salida de la SSEE (datos de la GT)

#### 2.2.2 Datos de los equipos transformadores de distribución:

- 2.2.2.1 Coordenadas
- 2.2.2.2 Potencia instalada
- 2.2.2.3 Demanda (calculada o estimada).
- 2.2.2.4 Número de clientes (datos estimados)

Cuando se trabaja con datos del Arc View, se a tenido dificultades considerables para ajustar los valores de las cargas del alimentar, considerando a que configuración puede

corresponder esa demanda, sea debido al factor de diversidad o simultaneidad, que es diferente para cada alimentador y debe ser aplicada de manera diferente a las cargas concentradas y distribuidos. Otra dificultad fue la consideración de las mediciones existentes a lo largo del alimentador, ya que la propuesta es un cálculo lo más automatizado posible.

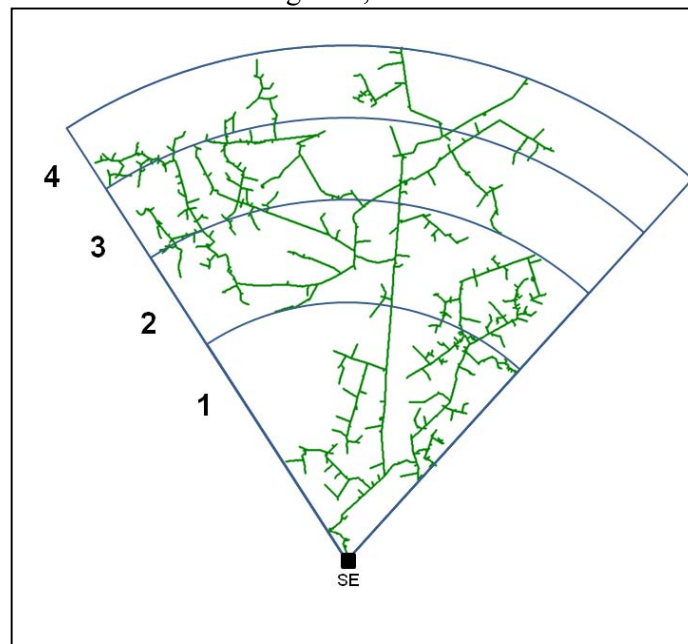
### 2.3 Cálculo del momento eléctrico

La determinación de fragmentos de MT que no cumplan con los criterios ya establecidos, serán basados en los momentos eléctricos, calculado como se muestra a continuación.

#### 2.3.1 Análisis de la distribución de las cargas

Con el análisis de la configuración de los alimentadores de MT, se encontró que la distribución de la carga sobre los diferentes bloques del alimentador, son bastantes variables, que no siguen un patrón definido. Para representar las distintas opciones de distribución de carga se utilizó el concepto de distancia carga equivalente, representado por el factor alfa, cuyo concepto se presenta a continuación.

En primer lugar, el sistema eléctrico en cuestión se divide en cuatro sectores de igual superficie, como se muestra en la figura 2, a continuación.

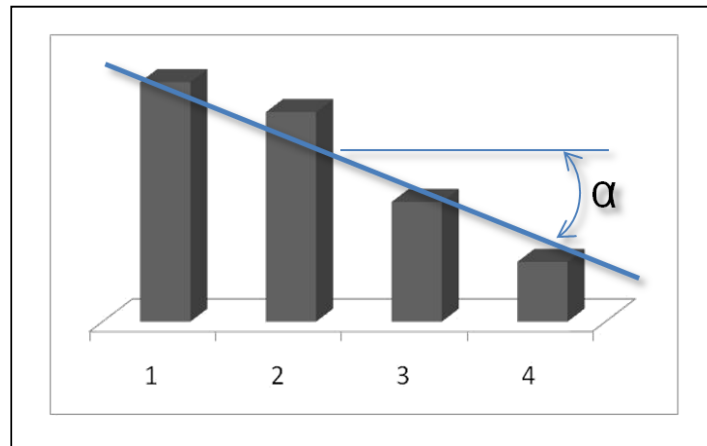


**Figura 2: Alimentador dividido en cuatro sectores de igual área**

A continuación, se añaden las cargas existentes en cada sector. Entonces se genera una regresión lineal para los valores de las cuatro regiones. La pendiente de la línea generada

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25y 26 de Agosto de 2016

en esta regresión lineal, es el factor alfa. Por lo tanto, un valor de alfa negativo, como se muestra en la figura 3, a continuación, indica que la carga disminuye a lo largo del alimentador.



**Figura 3: Definición de factor alfa**

Un factor alfa positivo indica que la carga crece a lo largo del alimentador. Un factor alfa de cero indica la carga distribuida uniformemente a lo largo de la red. El valor del factor alfa puede variar de -0,3 (para cargas localizadas completamente cerca de la fuente) a +0,3 (para cargas concentradas en el extremo de la red).

### 2.3.2 Cálculo del momento eléctrico Ideal - MEI

La multiplicación de la demanda total considerada por la distancia, se denomina momento eléctrico Ideal (MEI), expresada en MVA x km. Como ejemplo, los resultados de las simulaciones para el cable 4 AWG se muestran en la tabla I, siguiente:

Tabla I - Los resultados del MEI para el conductor 4 AWG

Conductor	Simulación	$\alpha$	Longitud (km)	Carga Total (MVA)	Mom. Elect. (MVA x km)
4 AWG	1	-0,27	7.62	1.9	14.48
	2	-0,2	5.02	1.6	8.03
	3	-0,11	3.28	1.5	4.92
	4	0	2.48	1.4	3.47
	5	0,11	1.98	1.2	2.38
	6	0,2	1.70	1.1	1.87
	7	0,27	1.57	1.0	1.57

Uso de las funciones de regresión lineal se establecieron para representar el MEI de acuerdo con la impedancia de la red (controlador) y el factor alfa.

Con estas funciones, fue calculado el (MEI) para cada bloque de la red de MT. Utilizando los datos de registro también se calculó el momento eléctrico real (MER) para cada segmento de red. La división de la MEI por MER da el porcentaje del momento eléctrico (PME). Un bloque con PME menos del 100%, es un indicador de porcentaje de carga apropiado. Por otro lado, un bloque con PME mayor que el 100%, no es adecuado el nivel de carga en ese bloque del alimentador. De esta manera, fue posible definir los bloques de cargas que son superiores a las exigencias ya estipuladas, estos bloques serán identificados como no adecuados.

### 2.3.3 Cálculo del número de clientes

El cálculo de la cantidad de clientes es bastante simple, ya que es una simple acumulación de valores en los bloques de los alimentadores en MT. Sin embargo en este caso el cálculo se hizo utilizando un concepto diferente. La suma fue hecha por el alimentador de la subestación, y en cada iteración la suma se considera como el número de clientes ubicados en el extremo más próximo a la SSEE. De esta manera se puede verificar desde qué punto de la red el número de clientes aguas abajo es mayor que el límite considerado. Para el propósito de este estudio fue considerado como el límite de 5.000 clientes por alimentador

La figura 4, a continuación ilustra esta situación. los pasajes se pusieron de relieve que, desde ese punto, contribuir a la alimentación es más de 5.000 clientes.

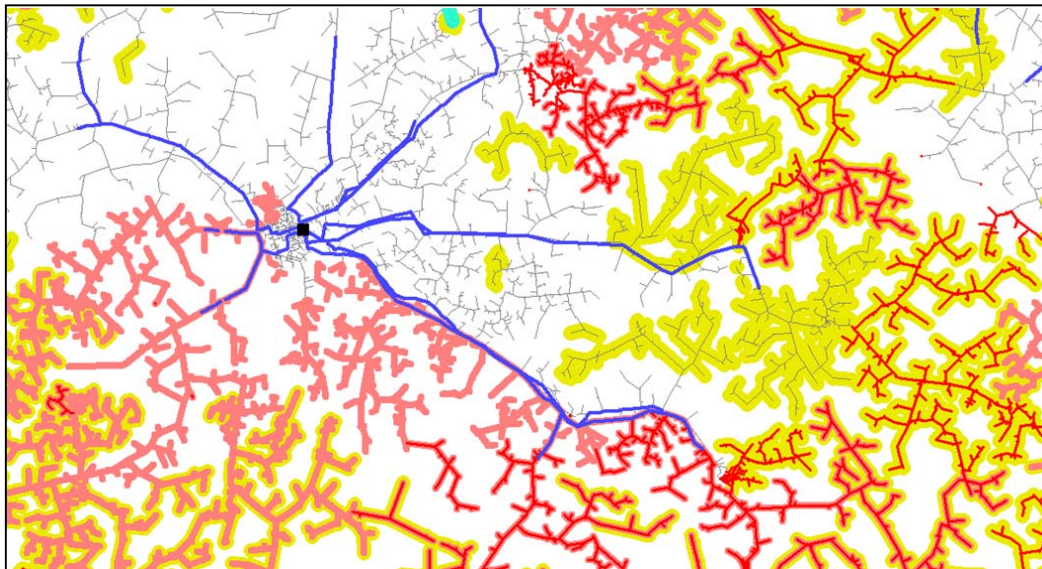


**Figura 4: Bloques con más de 5.000 clientes**

El análisis se puede realizar a través de esta forma de acumular el número de clientes es que si se excluyen las partes destacadas de este alimentador de la base de datos, las partes restantes serían no más de 5.000 clientes.

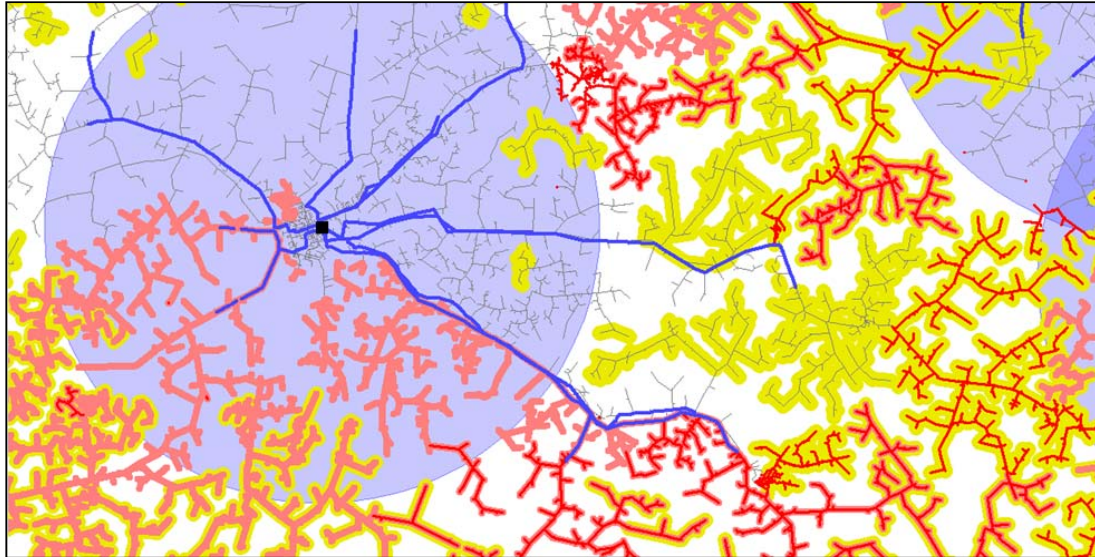
### 3. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LOS CÁLCULOS.

Para facilitar el análisis de los resultados de los cálculos, fue creada una personalización utilizando el CYMDIST y el Arc View. La siguiente figura 5, muestra un ejemplo de la combinación en una sola presentación, el resultado del cálculo del momento eléctrico, carga del alimentador y el número de clientes.



**Figura 5: Bloques de alimentadores que no cumplen con las exigencias pre establecidas.**

Posteriormente, fue incluido un círculo de 20 km alrededor de las subestaciones existentes. Este radio sirve como referencia, para determinar la nueva configuración y para proyectar las nuevas SSEE y futuras zonas de influencias de las otras SSEE, como puede observarse en la figura 6, siguiente:

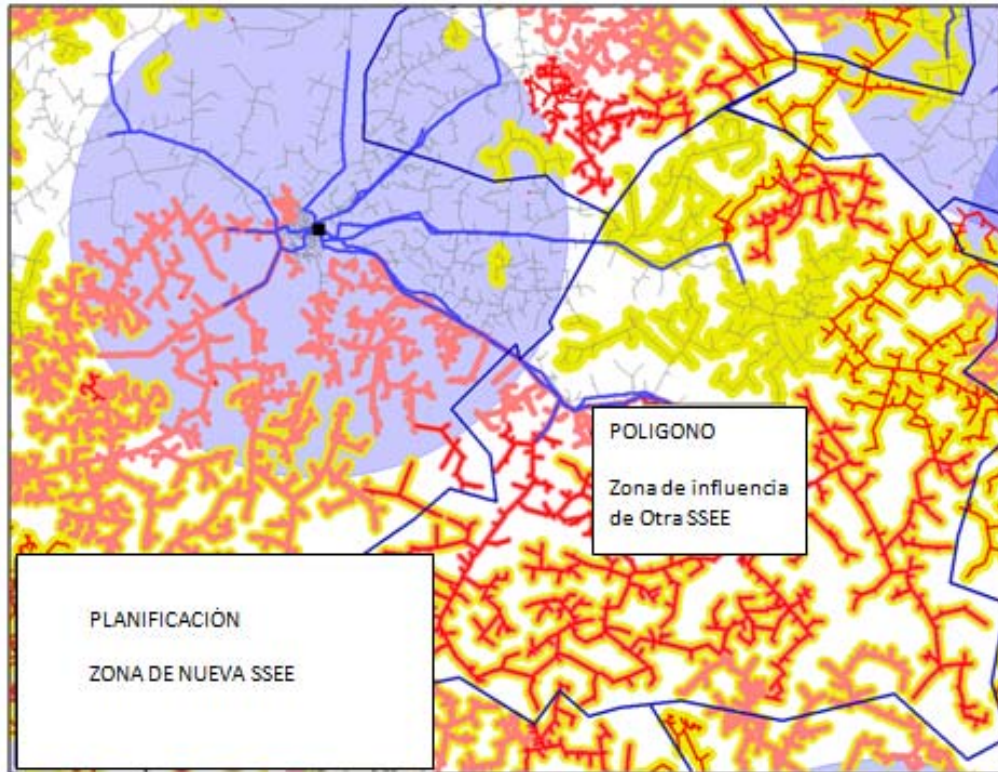


**Figura 6: Circulo alrededor de las SSEE existentes.**

#### 4. ANALISIS DE LOS EQUIPOS DE PLANIFICACIÓN.

Fueron creados polígonos con Arc View y el CYMDIST, estos delimitan todas las áreas del sistema de MT, con probabilidades para identificar la zona de influencia de las nuevas subestaciones. En esta etapa, lo fundamental es identificar los bloques de los alimentadores que tengan información adecuada y que no cumplen con las exigencias pre establecidas. La siguiente figura 7, muestra un ejemplo de polígonos creados y la información proporcionada por el Arc View y el CYMDIST.





**Figura 7: Polígono indicando zona de influencia de nuevas SSEE**

Con este método se han propuesto la instalación de 70 nuevas subestaciones en el sistema metropolitano de la ANDE. Como también las 15 subestaciones simplificadas según los parámetros ya definidos. La siguiente figura 8, muestra el diseño de estos polígonos en el mapa.

XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25y 26 de Agosto de 2016

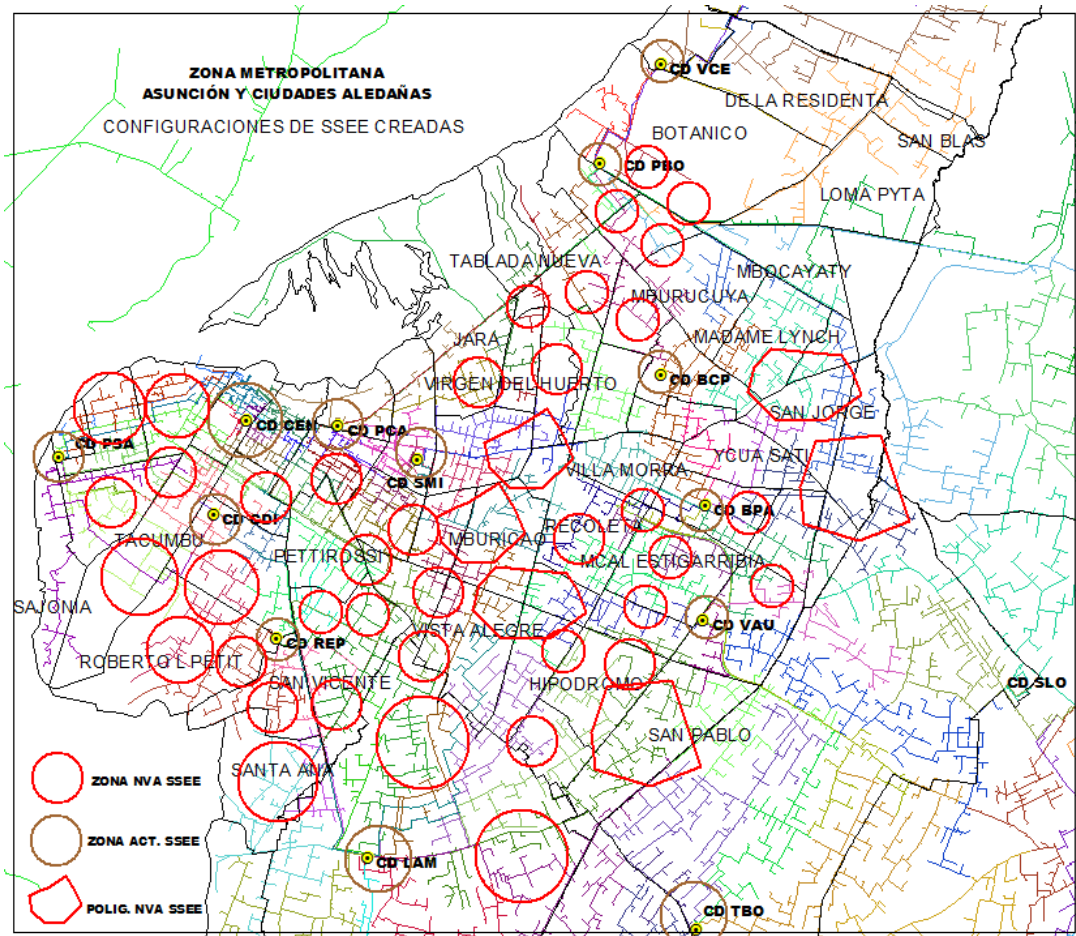


Figura 8: Disposición de los polígonos creado

## 5. CONCLUSIONES

El método propuesto es bastante innovador y eficiente para la evaluación general del sistema de Distribución de la ANDE. La adopción del método propuesto tiene las siguientes ventajas:

- 5.1 Utilizar métodos de cálculos rápidos y precisos, compatible con los datos disponibles;
- 5.2 La posibilidad de diagnóstico del sistema de MT, en un tiempo más reducido;
- 5.3 La facilidad y la seguridad en la mejor definición alternativa para cada problema existente en MT, incluyendo la nueva propuesta de subestaciones;
- 5.4 Capacidad para priorizar las redes más importantes teniendo en cuenta, la densidad de carga y los tipos de clientes sensibles existentes en la zona.



XII SEMINARIO DEL SECTOR ELECTRICO PARAGUAYO - CIGRÉ  
25y 26 de Agosto de 2016

---

- 5.5 Método de estandarización de estudios, para zonas con mayor densidad de carga, o zonas urbanas;
- 5.6 La posibilidad de incluir en el futuro, nuevos criterios para mejorar el diagnóstico;

6. BIBLIOGRAFIA.

CEMIG-ND 1.1 - Pautas básicas para la planificación de distribución eléctrica. Belo Horizonte / MG, Septiembre / 2002.

CEMIG-ND 2.2 - servicios básicos redes de distribución rural. Belo Horizonte / MG, Oct / 1997.

CEMIG-ND 3.2 - Distribución Aerolíneas rurales Proyectos de Redes. Belo Horizonte / MG, Oct / 1997.

ANEEL: Procedimientos de distribución de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional - PRODIST - Módulo 2 - Planificación de la Expansión del Sistema de Distribución. Brasilia / DF, Diciembre / 2008 revisada en enero / 2010.

ANEEL: Procedimientos de distribución de electricidad en el Sistema Eléctrico Nacional - PRODIST - Módulo 7 Pérdidas Técnicas Reguladoras - Revisión 0. Brasilia / DF, Diciembre / 2008.