



UNIDAD SERVICIOS MANTENIMIENTO REDES DE DISTRIBUCION  
EQUIPO PLANEACION REDES SUBTERRANEAS

CARGABILIDAD DEL SISTEMA SUBTERRANEO DEL CENTRO DE MEDELLIN  
MALLA SECUNDARIA

MEDELLIN, 16 DE ENERO DE 2019



# INDICE

<b>CARGABILIDAD DEL SISTEMA SUBTERRANEO DEL CENTRO DE MEDELLIN .....</b>	<b>1</b>
<b>MALLA SECUNDARIA .....</b>	<b>1</b>
<b>1. RESUMEN.....</b>	<b>1</b>
<b>2. HISTORIA.....</b>	<b>1</b>
<b>3. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS.....</b>	<b>2</b>
<b>3.2. PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACIÓN .....</b>	<b>3</b>
<b>3.2.1. La operación del protector:.....</b>	<b>4</b>
<b>4. ANALISIS DE DATOS.....</b>	<b>5</b>
<b>4.1. CIRCUITOS PRIMARIOS DE ALIMENTACION .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2. DATOS CIRCUITOS PRIMARIOS .....</b>	<b>7</b>
<b>4.3. DATOS TRANSFORMADORES SUBTERRANEOS .....</b>	<b>9</b>
<b>5. RESULTADOS.....</b>	<b>12</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>15</b>
<b>6. CONCLUSIONES.....</b>	<b>15</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>16</b>



## **CARGABILIDAD DEL SISTEMA SUBTERRANEO DEL CENTRO DE MEDELLIN MALLA SECUNDARIA**

### **1. RESUMEN**

En el presente documento se presentan los resultados del análisis de cargabilidad del sistema de distribución en baja tensión subterráneo de EPM, desde aspectos operativos, de localización, capacidad, y estado de los equipos, además del diseño de un aplicativo de consulta para cada transformador que compone la red.

Una breve descripción general de los equipos que operan en la red y algunas recomendaciones encaminadas al mejoramiento del sistema.

### **2. HISTORIA**

La topología de red empleada en el centro de la ciudad de Medellín corresponde a una RADS (Red Automática de distribución Subterránea). Las primeras redes automáticas de corriente alterna se pusieron en operación en Nueva York en 1922 por la compañía United Electric Light and Power. Poco después las patentes fueron compradas por la compañía Westinghouse, que perfecciono el sistema y los equipos. En 1924 Westinghouse puso en servicio la primera red automática trifásica en Nueva York y a partir de entonces su uso se extendió rápidamente por ciudades con una densidad de carga muy alta.

Estas grandes concentraciones de carga con sus exigencias de continuidad de servicio han tenido gran influencia en el diseño de los sistemas de distribución para estas zonas, enfocada en puntos con flexibilidad para manejar nuevas cargas que usualmente están instaladas en zonas con edificaciones y de gran comercio trae como resultado la necesidad de instalar sistemas subterráneos.

Un sistema de red automática garantiza un servicio prácticamente continuo debido a que las fallas en los alimentadores de alta y baja tensión no afectan directamente a los usuarios, únicamente habrá interrupción en el caso de una falla en la subestación principal y en la acometida principal del cliente o salida completa de todo el sistema lo que debería solucionarse en tiempos muy cortos.



Se puede considerar que una red automática está constituida por dos partes:

Alta tensión y baja tensión, a través de un interruptor salen de la subestación principal los alimentadores que se conectan directamente a los transformadores de distribución instalados en cámaras subterráneas. Los cables de baja tensión del transformador se conectan al protector de red, que es un interruptor automático controlado por relés, del protector salen los cables monofásicos que se conectan normalmente a buses de baja tensión que cumplen la función de interconectarse con otros buses de los demás transformadores formando una malla que constituye la red de baja tensión.

### 3. DESCRIPCION GENERAL DEL SISTEMA

La malla secundaria es un sistema de distribución en baja tensión que como su nombre lo indica, está formado como una malla de conductores interconectados, de calibres 500 MCM y 4/0 AWG, unidos por medio de conectores llamados “cangrejos” a los cuales a su vez les llegan la potencia inyectada desde los transformadores “tipo parrilla” con unas capacidades de 300,500 y 750 kVA.

#### 3.1. ELEMENTOS CONSTITUTIVOS

La red automática o malla secundaria consiste en una red interconectada en la baja tensión que opera a un voltaje de utilización de 208/120 y energizada desde alimentadores radiales de 13200 voltios, unidos por medio de transformadores 13.2/BT.

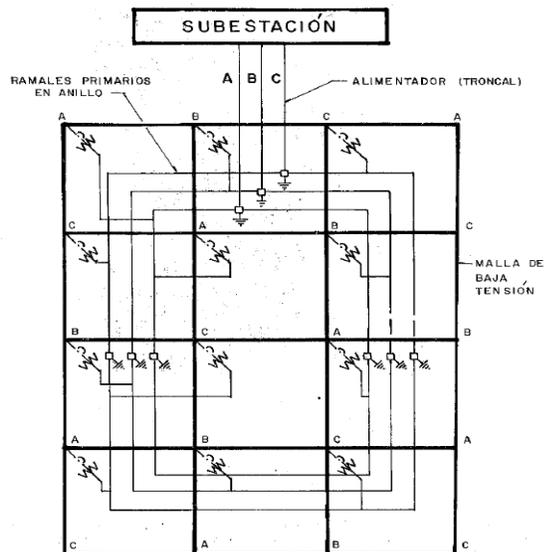


Figura 1. Topología de red



Un sistema de alimentadores múltiples en alta tensión está diseñado de tal manera que asegure una continuidad del 100%, excepto en el caso de que de una falla en la subestación principal, es decir que una falla en cualquiera de los alimentadores primarios o transformador del sistema no causa la interrupción del servicio dado que la carga sigue alimentada por el resto de los primarios y demás transformadores del sistema. La salida automática de un primario o transformador se garantiza por la operación de los protectores de red que operan por corriente inversa.

### **3.2. PRINCIPIOS BASICOS DE OPERACIÓN**

Cuando un alimentador primario sufre una contingencia o se saca de servicio por mantenimiento, el interruptor principal que se encuentra en la subestación abre, así como el protector de los secundarios en los transformadores asociados a dicho alimentador, ya que es sensible a la energía que fluye de la malla al alimentador que esta fuera de servicio, los demás alimentadores deben ser capaz de asumir la carga total de la malla es decir que deben estar cargados normalmente a la  $1/n$  con  $n$  como el total de alimentadores primarios del sistema.

Los interruptores con recierre automático no tienen uso en redes subterráneas automáticas por dos razones:

- En circuitos subterráneos todas las fallas que se presentan son de carácter permanente.
- En un sistema de red automática no es necesario reenergizar rápidamente el circuito ya que no hay interrupción del servicio.

Una vez reparada la falla o terminado el mantenimiento se cierran los protectores que abrieron previamente y energiza nuevamente el circuito lo que obliga a que se cierren los contactos de los relés al detectar la diferencia de potencia a la cual están calibrados.

Los protectores de red tienen la función de cerrar sus contactos cuando las condiciones del alimentador primario son adecuadas en cuanto a tensión y ángulo de fase y abrir cuando la energía fluye a la red en dirección inversa hacia el alimentador. El protector tiene placas de desconexión del lado del transformador y fusibles del lado de la red con el objetivo de dejarlo totalmente libre cuando se necesite trabajar con el.

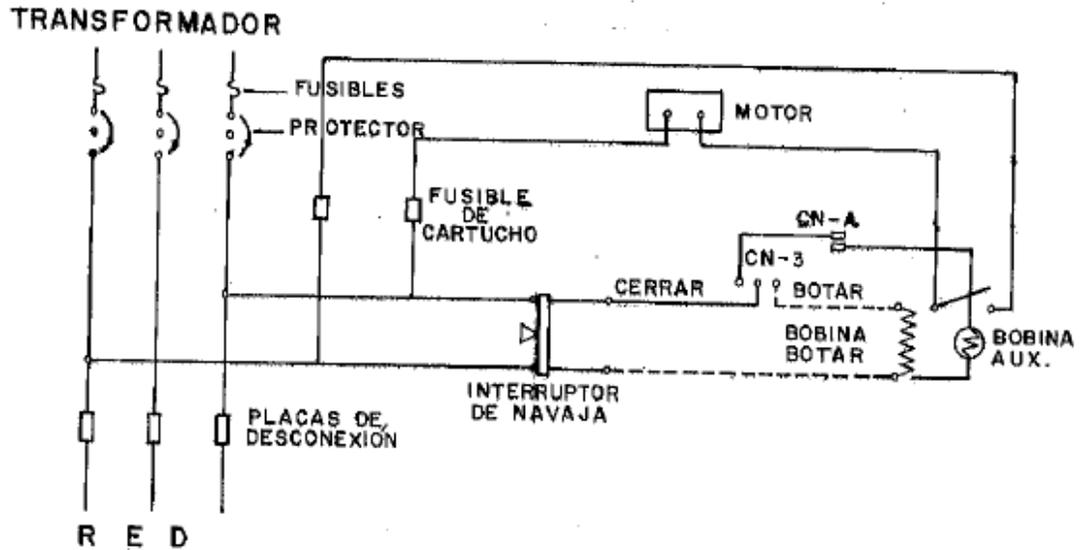


Figura 2. Protección de baja

### 3.2.1. La operación del protector:

1. Un cortocircuito en un alimentador hará que todos los protectores de ese alimentador se abran por energía inversa.
2. Una vez reparado el cable alimentador, los protectores de este se cerrarán automáticamente cuando se cierre el interruptor de la subestación.
3. Si al hacer la reparación las fases se invierten, los protectores fuera de fase no cerraran.
4. Si el voltaje del alimentador es inferior al de la red, los protectores no cerraran.
5. Si un alimentador se conecta a una malla de baja tensión muerta, los protectores cierran.
6. El operador de la subestación de potencia puede desconectar los alimentadores abriendo el interruptor de la propia subestación; los protectores se abren y se puede dejar muerto el alimentador para que se pueda trabajar en el.



## 4. ANALISIS DE DATOS

En transformadores de distribución de gran tamaño, es muy importante determinar la sobrecarga a la cual se encuentran sometidos, ya que con esto se puede establecer si el sobrepasar su capacidad nominal es conveniente o no en la operación del equipo. El sobrepasar la capacidad nominal del transformador se puede dar por diferentes causas y no en todos los casos es conveniente arriesgar el equipo sobrepasando sus valores nominales.

Se considera una sobrecarga como la cantidad o magnitud con que se están sobrepasando los valores nominales que da el fabricante del equipo y que recomienda para una operación adecuada sin que afecte la vida útil del equipo.

El caso ideal de trabajo de un transformador de distribución es en el que la potencia reactiva no afecta su capacidad nominal esto conlleva a un aprovechamiento máximo del equipo que se da entre el 70 y el 80% de su capacidad total.

Los transformadores del sistema enmallado secundario debido a su topología de red y cantidad de clientes acoplados al sistema se podrían encontrar continuamente expuestos a diferentes tipos de sobrecargas “Repentinas” dadas por tensión, corriente, factor de potencia o Demanda.

Por esto es necesario una continua supervisión de cada uno de estos parámetros, y un análisis continuo de cómo está la cargabilidad de cada transformador operativo del sistema.

En este primer análisis de cargabilidad se enfocó en el aprovechamiento de cada equipo respecto a su capacidad nominal para este fin se obtuvieron datos de operación de los circuitos primarios y de algunos transformadores que ya tienen comunicación con el SCADA en el centro de control y algunos tomados de forma puntual en el sitio de operación del equipo.

Los primeros datos obtenidos permitieron construir las curvas de carga típicas del sistema enmallado más puntualmente de los circuitos primarios de alimentación, criterio necesario para conocer las horas en las que el sistema se encuentra en sus puntos máximos de operación.

### 4.1. CIRCUITOS PRIMARIOS DE ALIMENTACION

El sistema de distribución subterránea del centro de Medellín esta alimentado a través de 12 circuitos provenientes de 2 subestaciones cercanas CENTRAL y SAN DIEGO, circuitos con una tensión nominal de 13.2kV acoplados a la barra del transformador número 2 de cada subestación.



- **SUBESTACION CENTRAL**

Circuitos (R02-01, R02-02, R02-03, R02-04, R02-05, R02-06)

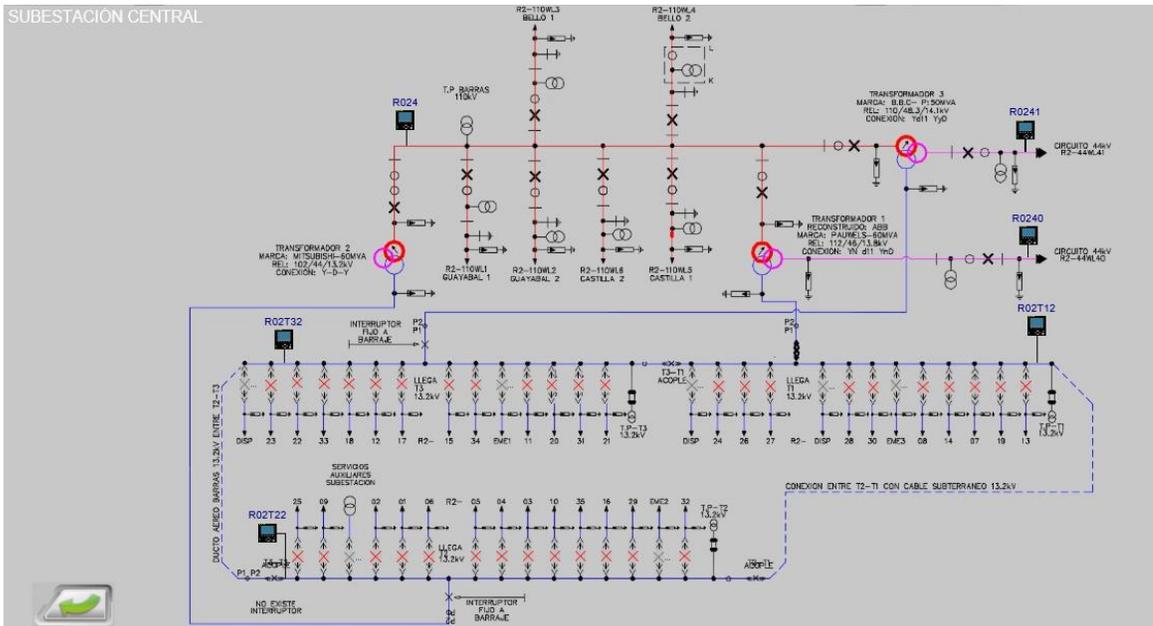


Figura 3. Subestación Central

- **SUBESTACION SAN DIEGO**

Circuitos ( R15-01, R15-02, R15-03, R15-04, R15-05, R15-06)

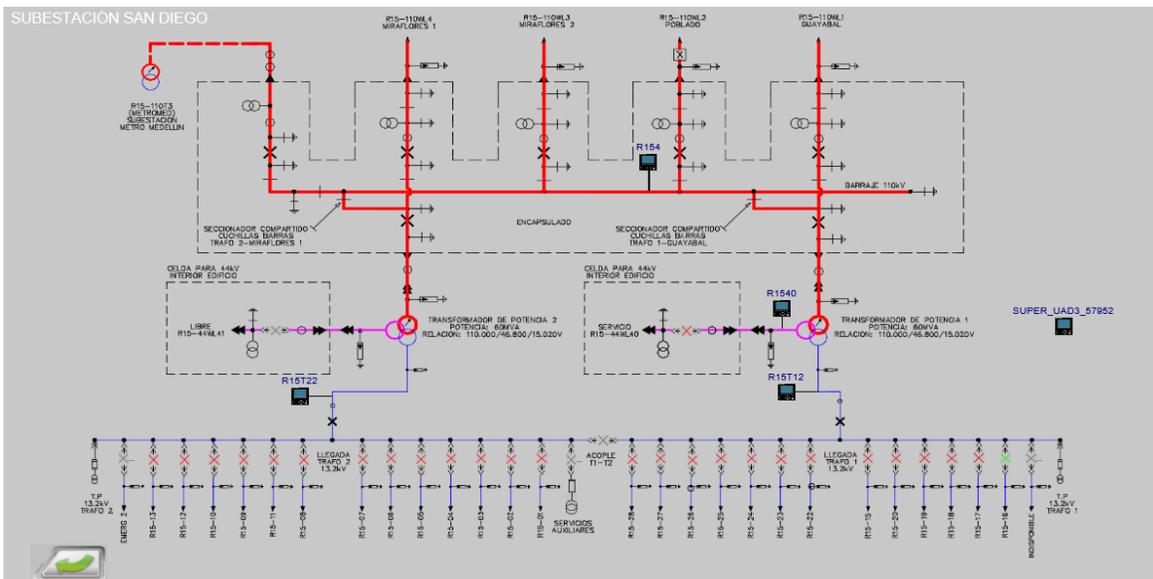


Figura 4. Subestación San Diego



Los datos obtenidos fueron tomados durante el mes de septiembre de 2018 mes típico para el sistema donde se pueden tomar buena referencia de datos de baja densidad y alta densidad de carga.

#### 4.2. DATOS CIRCUITOS PRIMARIOS

MES DE SEPTIEMBRE														
Horas	SABADO	semana1					semana2							
		LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	LUNES	MARTES	MIERCOLES	JUEVES	VIERNES	SABADO	LUNES
0		19,7	24,7	24,35	22,94	22,18	23,41	22,3	22,3	22,19	22,35	22,35	22,95	21,65
1		16,68	24,7	24,06	20,39	21,35	21,35	22,3	22,3	21,65	21,97	21,57	21,65	17,06
2		16,65	20,05	19,82	18,83	18,68	19,32	20,38	22,3	20,45	19,65	19,65	21,65	16,35
3		16,65	16,65	16,48	17	18,65	18,65	17	22,3	18,95	19,65	19,65	21,65	16,35
4		16,65	16,65	16,35	17	18,65	18,65	17	22,3	18,95	19,65	19,65	21,65	16,35
5		16,65	16,65	16,35	17	18,65	18,65	17	22,3	18,95	19,65	19,65	21,65	16,35
6		16,65	16,65	16,35	17	18,65	18,65	17	22,3	18,95	19,65	19,65	21,65	16,35
7		17,81	18,69	18,66	17,73	19,11	18,72	19,48	22,3	20,22	20,59	20,12	21,65	17,59
8		31,42	32,27	32,54	30,69	30,62	28,57	32,84	33,19	33,24	32,87	30,38	28,93	30,34
9		58,57	56,88	57,68	55,01	54,42	51,01	58,16	58,24	56,34	58,51	55,09	52,96	54,2
10		78,34	73,44	76,47	72,06	72,01	68,9	76,19	76,34	72,34	75,42	73,37	70,43	72,69
11		87,15	81,27	80,3	80,22	81,3	74,7	84,73	85,95	78,94	82,99	80,69	77,7	79,56
12		89,31	85,2	81,24	81,36	82,37	79,94	86,35	90,01	82,91	83,35	82,95	79,84	84,8
13		94,05	88,35	86,89	83,7	90,23	82,3	88,81	90,65	85,35	83,35	85,3	80,35	87,11
14		94,05	88,35	84,06	83,7	90,35	82,3	91,35	90,65	85,35	83,35	85,3	78,43	87,65
15		94,05	88,35	80,65	83,7	90,35	82,3	93,92	90,65	90,18	83,35	85,3	75,89	89,2
16		93,7	88,35	80,65	83,7	90,35	80,47	94	90,65	90,65	83,35	85,3	70,58	92,51
17		88,65	84,86	80,65	83,7	87,21	74,35	93,03	90,65	90,4	83,35	85,3	69,65	90,35
18		83,62	79,34	78,94	81,59	81,02	71,43	85,95	86,6	82,51	79,97	84,47	66,64	85,82
19		67,61	65,43	65,29	67	66,97	61,33	70,53	70,12	67,34	66,12	71,44	58,62	69,13
20		40,99	40,3	40,34	41,55	41,16	45,12	43,04	42,23	41,62	41,33	44,98	40,62	41,35
21		31,58	31,26	29,94	30,63	31,34	30,46	30,7	31,51	30,23	29,97	31,85	30,28	30,45
22		24,85	24,71	25	26,7	26,7	25,93	29,02	27,29	27,65	27,65	28,32	24,67	26,65
23		24,7	24,35	25	26,63	26,66	22,54	22,8	27,05	25,03	23,25	24,3	24,24	26,65

Figura 5. Corrientes Circuito R02-04

Los datos de corriente son tomados por el medidor de la subestación cada 5 minutos, para construir estas tablas se tomaron esos datos cada 5 minutos y se promediaron para obtener los datos puntuales de cada una de las 24 horas del día y así construir su curva típica de carga.

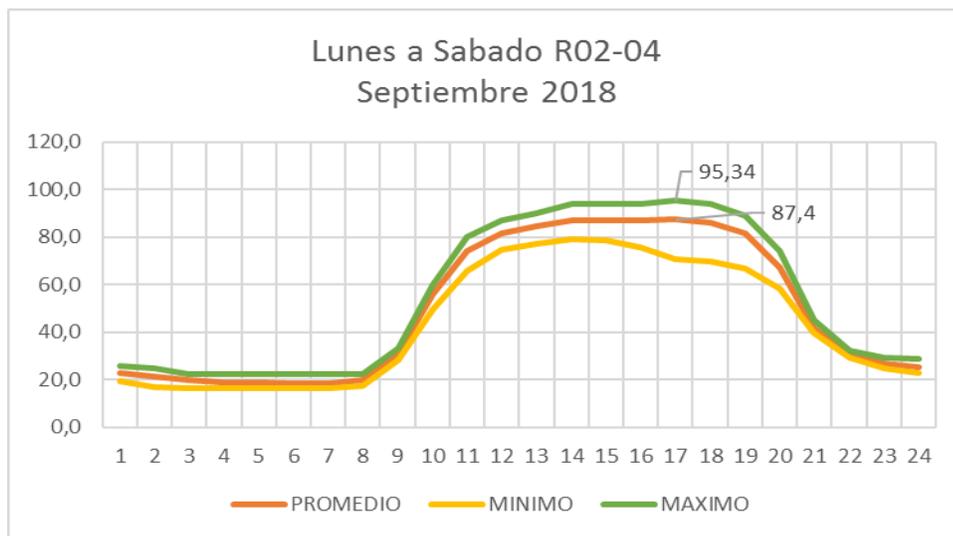


Figura 6. Curva de carga circuito R02-04



Como se puede observar en la figura 6 el comportamiento típico de la curva muestra horas valle y horas pico donde el sistema se encuentra en condiciones operativas de mayor carga, así pues, entre las 12 am y 8 am el sistema se encuentra en un periodo bajo de demanda con un promedio de 20 Amperios de corriente en el lado de alta del sistema, debido a los pocos usuarios que utilizan el servicio.

Llegada las 8:30 am la energía demandada por el sistema comienza subir de manera exponencial hasta las 12 pm donde la curva de operación se estabiliza en un promedio de 90 A de corriente y una máxima de 96 A, la demanda es continua hasta 7pm donde la carga comienza a caer nuevamente debido al cierre del comercio del centro de la ciudad.

La figura 6 corresponde a los días de lunes a sábado de cada semana, para los días Domingos se observó otro comportamiento de la demanda, la cual se ve reflejada en la figura 7.

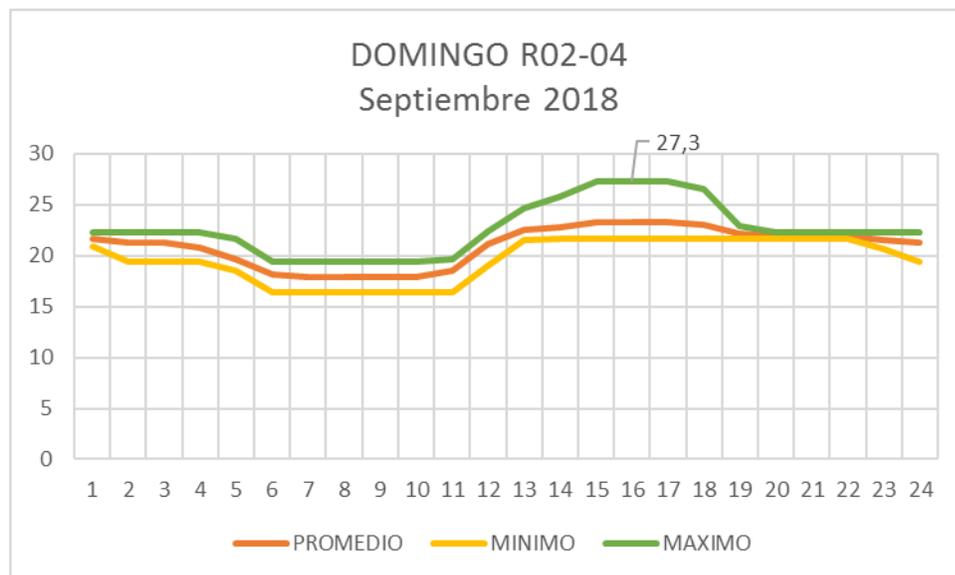


Figura 7. Curva de carga circuito R02-04

Se puede observar en la figura 7 que los días Domingos la carga de servicio es mucho menor teniendo un máximo de corriente de 28 A a partir del mediodía y un mínimo de carga entre las 5 y las 11 am donde se ve un leve incremento de corriente proporcional a la demanda atendida.

En este análisis se pudo determinar que la curva de carga de cada circuito es idéntica en su forma y comportamiento, variando solamente en la magnitud de su corriente demandada, por esto en el presente documento solo se presentan las figuras 6 y 7 del circuito R02-04, las demás graficas se pueden observar en la aplicación de cargabilidad desarrollada para la muestra de resultados.



### 4.3. DATOS TRANSFORMADORES SUBTERRANEOS

Para la toma de corrientes de los transformadores subterráneos se utilizó la plataforma del SCADA que se muestra en la figura 8 a la cual están comunicados hasta la fecha 21 transformadores de los 89 que se encuentran en operación.

Con estos datos se procedió de la misma manera que con los circuitos primarios, obteniendo primero las corrientes (Figura 9) medidas durante las 24 horas del día para poder construir para cada transformador su curva de demanda, esta recolección de datos se realizó durante la tercera semana de septiembre entre los días 17 y 23.

Durante esta semana también se realizaron medidas puntuales de corriente en el sitio donde se encuentran los transformadores que no están comunicados con el sistema, tomando como criterio el intervalo de máxima demanda conocido a partir de las curvas de los circuitos primarios, para realizar las respectivas mediciones puntuales, obteniendo siempre el valor máximo de la corriente en el transformador.

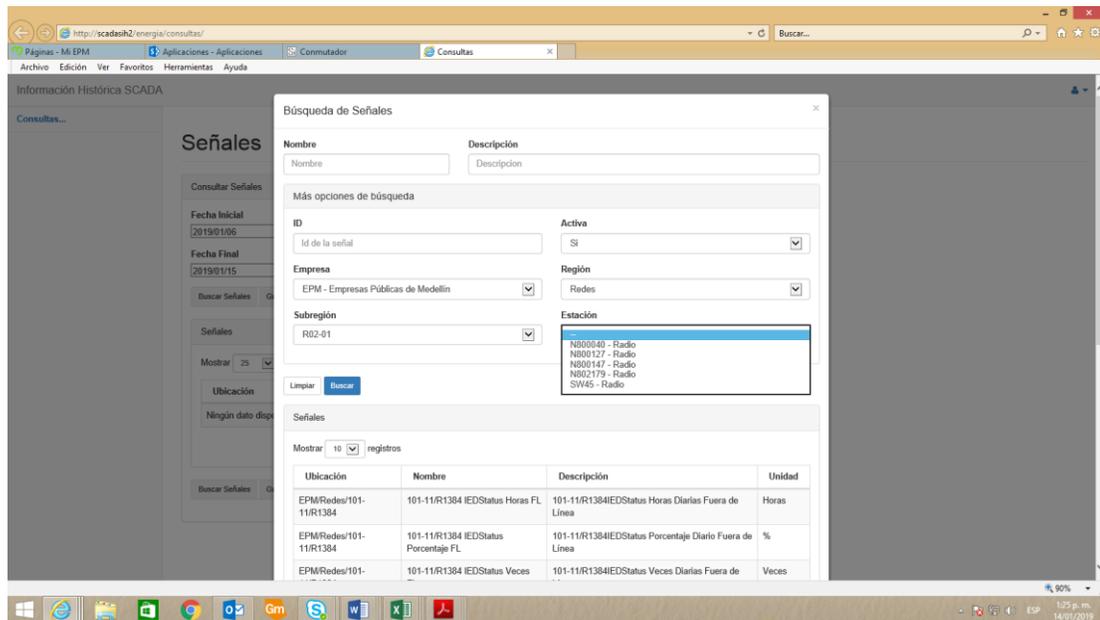


Figura 8. Sistema SCADA



Mostrar  registros

Ubicación	Nombre	Descripción	Unidad
EPM/Redes/R02-01/N800127	Angle	Reclose Angle	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	BlkedFromClosing	Blocked From Closing	Off On
EPM/Redes/R02-01/N800127	CrossPhTrip	Cross Phase Trip	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	CT_Ratio	CT Ratio	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	DiffVoltsLowToClose	Diferential Volts Too Low to Close	Off On
EPM/Redes/R02-01/N800127	I_R	Phase 1 Relay Current	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	I_S	Phase 2 Relay Current	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	I_T	Phase 3 Relay Current	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	IEDBadMsgCount	IED Bad Message Count Point	Units
EPM/Redes/R02-01/N800127	IEDFastScan	IED Fast Scan Point	Off On

Anterior **1** 2 3 4 5 Siguiente

Figura 9. Variables Medidas

El tratamiento de estos datos se encuentra en el archivo de Excel **Datos** en el que se calculan las corrientes mínimas, promedio, y máximas de los transformadores, en este archivo se deja la posibilidad de ingresar mas datos de los transformadores cuando estén completamente comunicados con el sistema SCADA, estas graficas se deben actualizar una vez se ingrese la información, ver manual de “Ingreso de datos”.

En la figura 10 se puede ver las curvas de demanda de todos los transformadores durante una semana, se observa que estas curvas corresponden en forma y proporción con las de los circuitos alimentadores principales (Figura 6 y Figura 11). Se pueden observar tanto los valores de corriente como los de tensión de servicio de los transformadores.

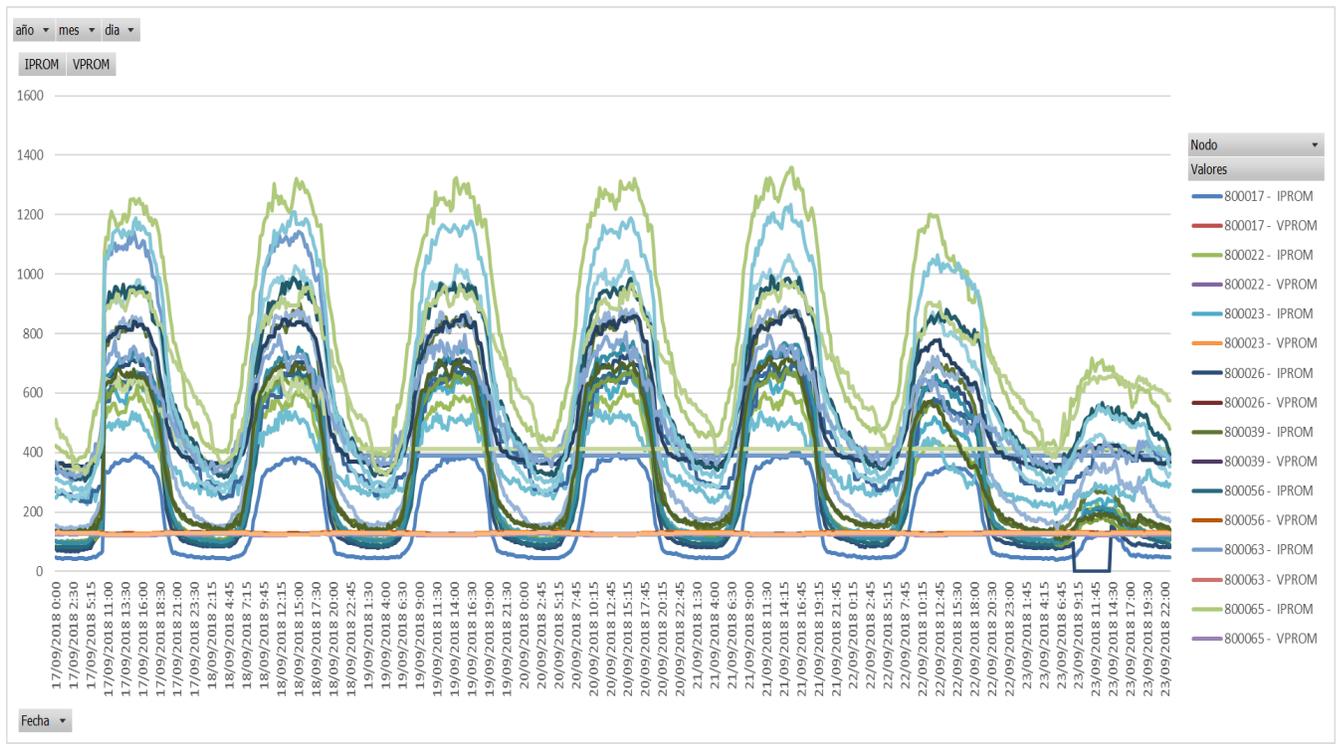


Figura 10. Curvas de los 21 Transformadores comunicados

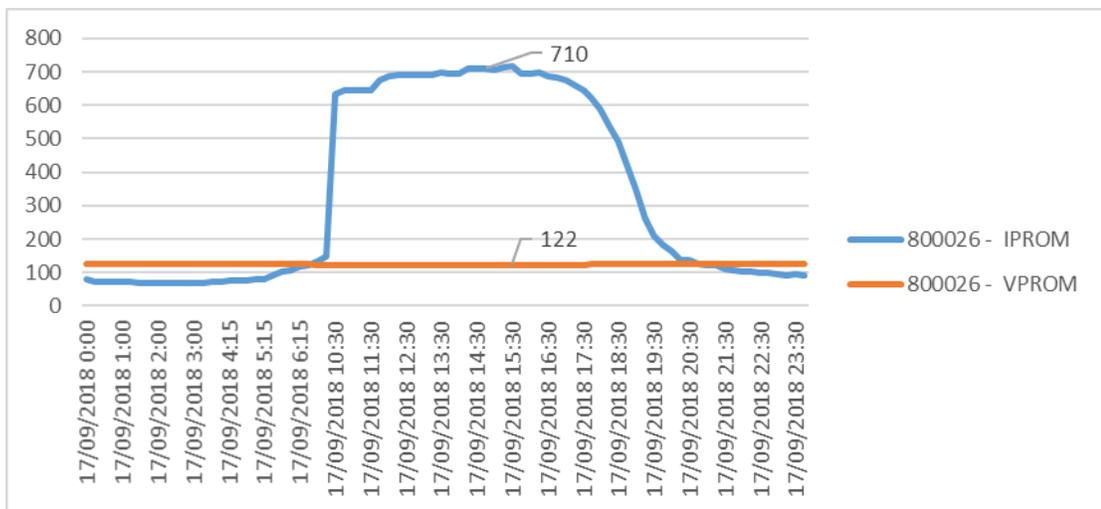


Figura 11. Valor máximo de Corriente y tensión Transformador 56389



## 5. RESULTADOS

Para la presentación de los datos se realizó una macro en Excel donde se pueden consultar todos los datos generales correspondientes a la malla secundaria, datos como subestaciones alimentadoras, potencias instaladas, curvas de demanda y un formato de consulta de resultados de su estado de carga e índice de salud para cada equipo. (Figura12) (Figura 13)

**SISTEMA DE DISTRIBUCION SUBTERRANEO MALLA SECUNDARIA**

**CIRCUITOS PRIMARIOS**

- SUBESTACIONES
- POTENCIA INSTALADA
- POTENCIA DEMANDA S/DIEGO
- POTENCIA DEMANDA CENTRAL
- CURVAS DE CARGA CENTRAL
- CURVAS DE CARGA SAN DIEGO
- PARRILLA TRANSFERIDA

**MALLA SECUNDARIA**

- SISTEMA ENMALLADO
- IMAX OCCIDENTAL
- IMAX ORIENTAL
- INGRESO MANUAL
- ACTUALIZAR CORRIENTE ORI
- ACTUALIZAR CORRIENTES OCC

**CONSULTA DE TRANSFORMADORES**

TRANSFORMADOR	56334	CIRCUITO	R02-06
MALLA	OCCIDENTAL	PROTECTOR	15
MARCA	WH	CAPACIDAD	300
DIRECCION	CR 51 N 46 25 NOROCC		
NODO	800017	TIPO RELE	EL
ALIAS	Toro	COMUNICADO	SI

INOM (A)	834	IMAX (A)	403
VOLUMEN ACEITE	0	INDICE DE SALUD	POBRE
% IMPEDANCIA	5	PRIORIDAD ATENCION	1

**CARGABILIDAD (%)** 48

Figura 12. Aplicación de Excel

CONSULTA DE TRANSFORMADORES			
TRANSFORMADOR	56334	CIRCUITO	R02-06
MALLA	OCCIDENTAL	PROTECTOR	15
MARCA	WH	CAPACIDAD	300
DIRECCION	CR 51 N 46 25 NOROCC		
NODO	800017	TIPO RELE	EL
ALIAS	Toro	COMUNICADO	SI

INOM (A)	834	IMAX (A)	403
VOLUMEN ACEITE	0	INDICE DE SALUD	POBRE
% IMPEDANCIA	5	PRIORIDAD ATENCION	1

<b>CARGABILIDAD (%)</b>	<b>48</b>
-------------------------	-----------

Figura 13. Consulta de Resultados



El tipo de sobrecarga al que se encuentran sometidos los transformadores de la malla y que fue calculada en este trabajo no involucra parámetros como la frecuencia y la tensión que son variables que usualmente constituyen otro tipo de sobrecarga que se puede evaluar a futuro.

Es importante considerar la sobrecarga repentina a la que se encuentran sometidos los transformadores cuando se encuentran acoplados en paralelo, teniendo en cuenta la entrada imprevista y no constante de una carga no proyectada.

Causas de carga repentina:

1. Salida de más de un transformador en paralelo, en donde los que estén conectados deben asumir la carga compartida y mas cercana.
2. Salida de un circuito principal. Dada la topología de enmallada del sistema se puede presentar una sobrecarga a los transformadores que permanecen conectados a la red de baja que serán los que suplan el flujo de carga que dejaron de suministrar los transformadores salientes asociados al circuito fallado.
3. Desequilibrio de las cargas en las tres fases de cada transformador, este evento conlleva a que el transformador se cargue en forma no balanceada y sobrecargue uno sus devanados, este comportamiento se puede observar para el mismo transformador que se a tratado en este documento 56389 (Figura 13)

Suma de Valor				Señal				
año	mes	día	Fecha	Nodo	I_R	I_S	I_T	
2018		9	2018/09/17 00:00	800026	90,55999756	73,27999878	74,23999786	
2018		9	2018/09/17 00:15	800026	80	68,48000336	66,23999786	
2018		9	2018/09/17 00:30	800026	80,95999908	69,12000275	66,23999786	
2018		9	2018/09/17 00:45	800026	80	68,80000305	66,23999786	
2018		9	2018/09/17 01:00	800026	80,63999939	68,48000336	65,59999847	
2018		9	2018/09/17 01:15	800026	80,63999939	68,16000366	65,59999847	
2018		9	2018/09/17 01:30	800026	77,44000244	67,19999695	62,08000183	
2018		9	2018/09/17 01:45	800026	81,91999817	65,91999817	64,95999908	
2018		9	2018/09/17 02:00	800026	77,12000275	66,55999756	65,59999847	
2018		9	2018/09/17 02:15	800026	76,80000305		64 65,27999878	
2018		9	2018/09/17 02:30	800026	81,59999847	63,36000061	65,27999878	
2018		9	2018/09/17 02:45	800026	78,08000183	66,55999756	62,72000122	
2018		9	2018/09/17 03:00	800026	78,08000183	66,55999756	65,91999817	
2018		9	2018/09/17 03:15	800026	77,76000214	66,55999756	62,40000153	

Figura 13. Desbalances en magnitud de las corrientes por fase

El principal problema que se puede ver con los resultados de cargabilidad es la forma como se reparte la carga entre las unidades de transformación, el mejor funcionamiento de la red se da cuando se divide la carga proporcionalmente a sus potencias nominales y cuando la corriente que circula por el secundario de cada transformador esta en equilibrio con la que circula por la malla.



Es posible notar que la capacidad de los transformadores funcionando a plena carga o carga máxima demanda es menor que sus potencias nominales esto debido a que al no estar la carga dividida de manera proporcional entre las unidades se crean desequilibrios en el flujo de energía necesario para respaldar las densidades de carga demandadas por los usuarios del sistema.

Se puede ver a continuación dos transformadores cercanos de igual capacidad y cargabilidad muy diferente:

CONSULTA DE TRANSFORMADORES			
TRANSFORMADOR	56354	CIRCUITO	R15-01
MALLA	ORIENTAL	PROTECTOR	48
MARCA	ACH	CAPACIDAD	500
DIRECCION	CL 56 x CR 51 Nororiental		
NODO	800052	TIPO RELE	EL
ALIAS	Banco	COMUNICADO	NO

INOM (A)	1390	IMAX (A)	549
VOLUMEN ACEITE	0	INDICE DE SALUD	POBRE
% IMPEDANCIA	4,7	PRIORIDAD ATENCION	1

CARGABILIDAD (%)	40
------------------	----

Figura 14. Transformador de con cargabilidad media

CONSULTA DE TRANSFORMADORES			
TRANSFORMADOR	56349	CIRCUITO	R02-01
MALLA	OCCIDENTAL	PROTECTOR	43
MARCA	WH	CAPACIDAD	500
DIRECCION	CL 54 X CR 51 SUR OCC		
NODO	800127	TIPO RELE	EL
ALIAS	Colombiano	COMUNICADO	SI

INOM (A)	1390	IMAX (A)	980
VOLUMEN ACEITE	900	INDICE DE SALUD	MUY POBRE
% IMPEDANCIA	4,9	PRIORIDAD ATENCION	1

CARGABILIDAD (%)	71
------------------	----

Figura 15. Transformador de mayor cargabilidad



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6. CONCLUSIONES

- Según las curvas de carga de los transformadores que operan en el sistema, su carga promedio es inferior a su capacidad nominal, por lo tanto, estos pueden operar con sobrecargas admisibles en ciertos periodos de tiempo sin afectar su vida útil.
- Para dar un manejo seguro a los transformadores en condiciones de salud bajo y sobrecargas, es necesario que se le efectúe un riguroso plan de mantenimiento basado en confiabilidad y además contar con equipos de medición y protección comunicados con el sistema SCADA.
- La eficiencia diaria de un transformador disminuye a medida que este toma menos carga; sin embargo, esta eficiencia relacionada a partir de la cargabilidad calculada muestra que escasamente alcanza el 60 % de su rendimiento óptimo en casi el 100% de las unidades de transformación de la red.
- Con las inspecciones de campo realizadas se logró consolidar la información de los componentes activos y en servicio de la malla de red secundaria.
- Se logra conocer el estado de carga de la malla de red secundaria, verificando puntos débiles del sistema que deban ser atendidos de manera prioritaria por el centro de servicios mantenimiento T&D.



## 7. RECOMENDACIONES

- Es importante tener en cuenta que en las reparaciones realizadas donde se desarme el transformador, es posible que al sujetar nuevamente las láminas del núcleo se aumenten las pérdidas magnéticas del transformador
- Para tener un mayor control y seguridad ante eventuales sobrecargas, se deben tener los instrumentos de medida y protección capaces de soportar el valor máximo de la sobrecarga específica y además contar con un medio de comunicación de datos confiable con el centro de control de EPM.
- Los estudios de sobrecargas en transformadores permiten analizar el dimensionamiento e inversión de todos las cámaras de transformación, es importante complementar estos estudios, determinando ciclos de sobrecarga de corta o de alta duración que conllevan efectos de altas temperaturas que deterioran la vida útil de los equipos.
- Debido a la edad en servicio de los transformadores de la red secundaria, es prioridad establecer planes rigurosos de mantenimiento en los que se incluyan inspecciones de temperatura y pruebas de pérdidas eléctricas, con el fin de obtener un diagnóstico individual del estado de operación de cada equipo del sistema.